

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

PLASTİK HATA ANALİZİ ve ÇÖZÜMLERİ

Makine Müh. Emre ÇELİKKOL

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Muharrem BOĞOÇLU

İSTANBUL, 2008

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	xiv
KISALTMA LİSESİ	xv
ÖNSÖZ	xvi
ÖZET	xvii
ABSTRACT	xviii
1. GİRİŞ	1
2. ÜRÜN VE KALIP	3
2.1. Kalıpta Çekme	3
2.2. Dahili Gerilim ve Eğilme	5
2.3. Parça Kalınlığı	6
2.4. Parça Eğimi ve Eğim Açısı	8
2.5. Kaburga/Feder (Rib)	8
2.6. Boslar (Bosses)	9
2.7. Kaynak İzi (Weld Line)	10
2.8. Hava Boşlukları (Air Traps)	11
2.9. Yüzeysel İşlemler	12
3. KALIP TASARIM KRİTERLERİ	13
3.1. Kalıp Terminolojisi	13
3.1.1. Kalıp Göz Sayısı	13
3.1.2. Erkek Kalıp	13
3.1.3. Kalıp Boşluğu	13
3.1.4. Kalıbın Ayırım Çizgisini Belirleme	14
3.1.5. Havalandırma	15
3.1.6. İticiler	16
3.1.7. Arka Plaka	17
3.1.8. Yolluk Burcu	18
3.1.9. Sabitleme Halkası	18
3.1.10. Kalıptaki Parçaların Yerleştirilmesi	18
3.2. Kalıp Tipleri	18
3.3. Doğru Kalıbın Seçimi	20
4. İKİ PLAKALI KALIP	21
4.1. Parça Yapımı	21
5. YOLLUK VE YOLLUK GİRİŞİ DİZAYNI	25

5.1. Donarak Akma Karakteristiği (Freeze Flow Characteristics)	25
5.1.1. Yolluk Etkinliklerinin Hesabı	27
5.2. Yolluk Şekli.....	29
5.3. Yolluk Giriş Pozisyonu ve Dizaynı	30
5.4. Yolluk Giriş Tipleri (Gate)	31
5.5. Kenar Yolluk Giriş (Edge gate)	31
5.6. Fan Yolluk Giriş (Gate, Kapı).....	33
5.7. Diyafram Kapı (Diaphragm Gate, Yolluk Giriş)	33
5. 8. Halka Kapı.....	34
5. 9. Yolluk Kapı	35
5. 10. Tünel veya Dalgıç Kapı.....	35
5. 11. İğne Yolluk.....	36
5. 12. Kulaklı Kapı (Tab Gate)	37
6. KALIP SOĞUTMA	38
6. 1. Tek Parçalı Kalıp Plakasını Soğutma	39
6. 1. 1. Tek Parçalı Diş Kalıp Plakasının Soğutulması	39
6. 1. 2. Erkek plaka soğutma sistemi.....	49
6.2. Soğutma lokması sistemi	53
6.2.1. Kalıp soğutma plakası.....	53
6. 2.2. Kalıbın diş lokmasını soğutma.....	54
6. 3. 3. Erkek lokma soğutma	58
6. 4. Diğer Kalıp parçalarının soğutulması	64
6.4.1. Diğer kalıp plakaları	64
6.4.2. Valf tipi iticiyi soğutma.....	65
6. 5. O-ring (Keçeler)	66
7. İTİCİLER.....	72
7. 1. İtici Sistemi Seçimi.....	72
7. 2. İtme Metotları.....	74
7. 2. 1. Pimler ve Bıçaklar (Blades)	74
7. 2. 2. İtici Bilezik.....	75
7. 2. 3. Valf Başlıklı İtici.....	76
7. 2. 4. Sıyrma Halkalı ve Plakalı İtici	77
7. 2. 5. Havalı İtici.....	77
8. YOLLUKSUZ KALIP (SICAK YOLLUK)	79
8. 1. Sıcak Yollukların Avantajları.....	79
8. 2. Sıcak Yolluk Sistemleri	80
8. 3. Harici (Dışarıdan) Isıtılmış Sıcak Manifoldlu Kalıp	80
8. 4. Dahili Isıtılmış Manifold Kalıp.....	82
8. 5. İzolasyonlu Sıcak Yolluk Kalıp	85
9. MAÇALI (UNDERCUT) KALIP	87
9. 1. Maçanın Geri Çekilmesi (Core Pulling).....	87
9. 2. Maça Çalışma Metotları (core pulling actuation methods)	87
9. 2. 1. Hareketli Maça Çalışma	87

9.2.2. Hareket Kaybetmiş Maça Pimi (Lost action cam pin).....	90
9.2.3. Hareketli Kenarlar (Action wedges).....	90
9.2.5. Pnömatikle Çalışan Maça.....	94
9.2.6. Elektro-Mekanik Hareketli Maça.....	94
10. STANDART KALIP PARÇALARI.....	96
10.1. Standart Kalıp Parçası Kullanım Avantajları.....	96
10.2. Standart Parçalar ve Bunların Montajı.....	97
10.3. Yardımcı Parçalar.....	98
10.3.1. Soğutucu Parçaları.....	98
10.3.2. İtici Parçalar.....	100
10.3.3. Kalıp Besleme Sistemi.....	100
10.3.4. Maça Sistemi.....	101
11. KALIP MALZEMESİ SEÇİMİ.....	102
11.1. Kalıp Üretiminde Kullanılacak Malzemelerde Aranılan Özellikler.....	102
11.2. Kalıp Yapımındaki Malzemeler.....	103
11.2.1. Demirli Kalıp Malzemeleri.....	103
11.2.2. Alaşımli Çelikler.....	103
11.2.3. Genel Kullanımlı Kalıp Çeliği.....	104
12. ENJEKSİYON MAKİNESİNİN KALIP DİZAYNINA ETKİLERİ.....	105
12.1. Makina Fonksiyonu.....	105
12.1.1. Makine Gövdesi.....	105
12.1.2. Enjeksiyon Ünitesi.....	106
13. ENJEKSİYONDA TEMEL BİLGİLER.....	107
13.1. Plastiğin İsimlendirilmesi.....	107
13.2. Plastik Kısaltmalar.....	108
13.2.1. Diğer İsimleri.....	108
13.2.2. Plastik Satıcıları.....	108
13.2.3. Ticari İsim ve Markalar.....	108
13.3. Plastik Malzemenin Yapısı.....	109
13.3.1. Akışkanlığı Kolaylaştırma.....	109
13.3.2. Çekme (Shrinkage).....	110
13.3.3. Plastiğin Dayanıklı Olduğu Maddeler.....	111
13.3.4. Plastiğin Dayanıklı Olmadığı Maddeler.....	112
13.3.5. Plastiklerin Tanımlanması.....	112
13.3.6. Plastiği Boyama (Renklendirme).....	112
13.4. Enjeksiyonla Kalıplamada Önemli Kavramlar.....	114
13.4.1. Kalıp ve Yolluk Girişi (Gate).....	114
13.4.2. Yolluğun Baskı Duvar Kalınlığına Oranı.....	115
13.4.3. Parçanın Kalıpta İzdüşüm Alanı.....	116
13.4.4. Baskı Ağırlığına Göre Vida Stroğunun Hesaplanması.....	117
13.4.5. Programlanmış Enjeksiyon Basıncı.....	117
13.4.6. Malzemenin ve Baskının Bakımı.....	117
13.4.7. Malzemenin Temini ve Bakımı.....	117

13.4.8. Plastiğin Nem Alması ve Kurutulması	118
13.4.9. Makineye Beslenecek Plastik Miktarının Hesaplanması	119
13.4.10. Baskı Kirlenmesi.....	119
13.4.11. Silindir	120
13.4.12. Vida Yastığı (Screw Cushion)	120
13.4.13. Baskı (Shot) Kapasitesi	121
13.4.14. Erime Sıcaklığı.....	121
13.4.15. Plastiğin Ocakta Kalma Süresi.....	122
13.4.16. Sıcaklık Ayarı.....	122
13.4.17. Enjeksiyon Hızı.....	123
13.4.18. Enjeksiyon Basıncı	124
13.4.19. Vida Dönme Hızı.....	125
13.4.20. Ütuleme Basıncı (Arka Basıncı)	125
13.4.21. Makineyi Kapatma.....	126
13.5. Enjeksiyon Baskısının Temel Prensipleri.....	127
13.6. Makine Ayar Operasyonu.....	130
13.6.1. Enjeksiyon Ünitesinin Ayarı	131
13.6.2. Makine Kontrolünün Ayarlanması	132
13.6.3. Enjeksiyon İşlemine Başlama	132
14. PLASTİK ÜRÜN TASARIM İLKELERİ	133
14.1. Çözülebilir Bağlantılar	133
14.1.1. Boss133	
14.1.2. Snap (Lock Arm)	135
14.2. Çözülemez Bağlantılar	138
14.2.1. Ultrasonik kaynak	138
14.2.1.1. Ultrasonik Yöntemle Plastiklerin Kaynağı	143
14.2.2. Dağlama.....	161
14.2.3. Yapıştırma	161
14.3. Destek Elemanları	161
14.3.1. Bayrak Ribler	161
14.3.2. Destek Ribleri (Gussets).....	162
14.3.3. Yuvarlak Ribler.....	163
14.4. Genel Prensipler	164
14.4.1. Parça çıkış (Draft) Açısı	164
14.4.2. Living Hinges.....	164
14.4.3. Kesit Değişimi ve Duvar Kalınlığı	167
15. SIK KULLANILAN MÜHENDİSLİK PLASTİKLERİNİN ÖZELLİKLERİ.....	177
15.1. Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS).....	177
15.2. Naylon 6 (PA 6)	183
15.3. Naylon 66 (PA 66).....	186
15.4. Naylon 11 VE 12 (PA 11 VE PA 12)	190
15.5. Polikarbonat (PC).....	194
15.6. Poliasetal (POM, POM-K, POM-H).....	197
15.7. Kristal Polistiren (PS)	204
15.9. Stiren/Akrilonitril Kopolimer (SAN).....	206
15.10. Alçak Yoğunluklu Polietilen (AYPE)	206

15.11. Polipropilen (PP).....	208
15.12. Polimetilmetakrilat (PMMA)	210
16. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	213
16.1. Deney 1	213
16.1.1 Heat&Cool Enjeksiyon Prosesi.....	213
16.1.2. Deneyin Yapılışı	214
16.1.2.1. Moldflow Analiz Sonuçları.....	214
16.1.3 Parçada Görülen Hatalar.....	228
16.1.3.1. Kaynak çizgisi (Weld line) oluşması.....	228
16.1.3.2. Hava boşluğu (Air traps) oluşması	231
16.1.3.3. Çökme (Sink marks) oluşumu.....	233
16.1.3.4. Çarpılma (Warp) oluşumu.....	237
16.2. Deney 2	238
16.2.1. Kaynak Çizgisi (Weld line) oluşumu	238
16.2.2. Hare oluşumu	240
16.2.3 Parçanın mukavemetinin artırılması	242
17. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME	244
17.1. Deney 1	244
17.1.1 Kaynak çizgisi (Weld Line) oluşması.....	244
17.1.2. . Hava boşluğu (Air traps) oluşması	244
17.1.3. . Çökme (Sink marks) oluşumu.....	244
17.1.4 . Çarpılma (Warp) oluşumu.....	244
17.2. Deney 2	245
17.2.1 Kaynak çizgisi (Weld Line) oluşması.....	245
17.2.2 Hare oluşumu	245
17.2.3 Parçanın mukavemetinin artırılması	245
18. GENEL SONUÇ ve ÖNERİLER.....	246
KAYNAKLAR	247
ÖZGEÇMİŞ	249

SİMGE LİSTESİ

D	O-ringin iç çapı
Dm	O-ringin ortalama çap
D	O-ringin kesit çapı
W	Kanal genişliği
t	Kanal derinliği
T	Plastik et kalınlığı

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Kalın parçanın soğutulması esnasında çekmenin gösterilişi a) Soğutma sonrası çökme, b) Soğutma sonrası boşluk görüntüsü.....	4
Şekil 2.2. Malzemenin kalıp içerisindeki akış yönüne bağlı olarak çekme miktarı gösterilmektedir. (Shoemaker, 2006)	4
Şekil 2.3. Malzemenin, kalıbın homojen şekilde doldurması için parçaya et kalınlığı ilavesi yapılacak yerlerin görüntüsü. [2]	6
Şekil 2.4'de Feder dizayn gösterilişi.	7
Şekil 2.5 de malzemenin akış esnasında geçtiği dar kesit gösterilmiştir.	7
Şekil 2.6.a) da Parçaya kalıp çıkma açısı verilmediği takdirde b) Parçaya kalıp çıkma açısı verildiği takdirde kalıptan çıkış kolaylığı görüntüsü yer almaktadır. (Shoemaker, 2006)	8
Şekil 2.7. Malzemede bulunan riblerde parçanın enjeksiyonu esnasında yolluk yerine göre doldurma probleminin yaşandığı vurgulanmıştır. a) Yolluk federe paralel b) Yolluk federe dik [2]	9
Şekil 2.8. Plastik malzemenin kalıp içerisindeki akışı esnasında oluşan donmuş tabaka ve akış bölgesi gösterilmiştir.	10
Şekil 2.9 a) Malzemenin akış diyagramında kaynak çizgisi oluşumu gösterilmektedir. b) Malzemenin akışı esnasında donmuş tabakanın birleştirilmesi gösterilmiştir. [2]11	11
Şekil 2.10. Analiz sonuçlarıyla malzemenin akış esnasında hava boşluk oluşumu gösterilmektedir. (Shoemaker, 2006)	12
Şekil 3.1 Temel kalıp elemanları gösterilmiştir. (Beaumont ve Sherman, 2002)	14
Şekil 3.2 Kalıp ayırım çizgisine örnekler; gösterilmektedir. (Osswald ve Gramann, 2007)....	15
Şekil 3.3 Havalandırma kanal geometrisi gösterilmektedir.....	16
Şekil 3.4 Kalıp dizaynına göre kalıp ayırım çizgisinin pozisyonu gösterilmiştir. (Stoekhert ve Mennig, 1998).....	19
Şekil 3.5 Resimde sıcak yolluk sistemine örnek gösterilmiştir. [2]	20
Şekil 4.1. İki plakalı kalıbın elemanları gösterilmiştir. (Stoekhert ve Mennig, 1998).....	21
Şekil 4.2. Erkek ve dişi kısmın kalıpta yerleştirilmesine örnekler gösterilmektedir. (Bryce, 1998)	22
Şekil 5.1. Temel kalıp besleme sisteminin bölümleri gösterilmiştir.....	26
Şekil 5.2. Yolluk giriş geometrileri gösterilmiştir. [1].....	26
Şekil 5.3. En çok kullanılan yolluk çeşitleri gösterilmiştir. a) yuvarlak b) trapazoidal c) yarım daire d) altıgen	28
Şekil 5.4. Çeşitli yolluk tiplerinin plastik akışındaki etkinliği gösterilmektedir.....	28
Şekil 5.5. Yolluk eğimlerinin etkin uzunlukları. D'nin R=1/3 ile 1/2 si için etkin uzunluk L. Keskin köşeler için etkin uzunluk 25L. Eğik geçişli köşeler için etkin uzunluk 2.5L	29
Şekil 5.6. a)Balanslı ve b) balansız yolluk şekilleri gösterilmektedir.....	29
Şekil 5.7. Direk yolluk girişine örnek gösterilmektedir. (Gerdeen, Lord, Rorrer ve Ronald, 2005)	32
Şekil 5.8. Yolluk kesiti gösterilmiştir.	32
Şekil 5.9 Tipik fan yolluk girişi.....	33
Şekil 5.10. Diyafram kapı yolluk giriş şekli gösterilmiştir. (Olmsted ve Davis, 2001).....	34
Şekil 5.8. Halka kapı yolluk girişi gösterilmiştir. (Olmsted ve Davis, 2001).....	34
Şekil 5.9 Yolluk kapı girişine örnek gösterilmiştir. (Olmsted ve Davis, 2001)	35

Şekil 5.10 Tünel kapı yolluk girişi gösterilmektedir. (Malloy, 1994).....	36
Şekil 5.11. İğne yolluk girişine örnek gösterilmiştir.	37
Şekil 5.12 Kulaklı kapı (Tab kapı) yolluk girişine örnek gösterilmiştir.	37
Şekil 6.1. Dişi kalıp soğutma şekli (en basit metot) gösterilmiştir. (Olmsted ve Davis, 2001)	40
Şekil 6.2. Dişi kalıp soğutma şekli (U devresi) gösterilmiştir. (Stoekhert ve Mennig, 1998)	40
Şekil 6.3 U devresi birbirleriyle bağlantılı frezelenmiş kanal sistemi gösterilmektedir. (Stoekhert ve Mennig, 1998).....	40
Şekil 6.4 U devresi birbirleriyle bağlantılı frezelenmiş kanal sistemi gösterilmektedir. (Osswald ve Gramann, 2007)	41
Şekil 6.5 Tek parçalı plakanın dikdörtgen su devresi gösterilmiştir. (Beaumont ve Sherman, 2002).....	41
Şekil 6.6. Tek parçalı plakanın Z su devresi gösterilmiştir. (Beaumont ve Sherman, 2002) ...	42
Şekil 6.7 a) Balanslı Z devresi b) Şematik devre c) Alternatif balanslı Z devresi gösterilmektedir. (Olmsted ve Davis, 2001)	43
Şekil 6.8 Su devresi tıkaçları a) Doğru takılmış b) Yanlış takılmış gösterilmektedir.....	43
Şekil 6.9 DMS Basınçla genişleyen tıkaç sistemi gösterilmiştir. (Chanda ve Roy, 1998).....	44
Şekil 6.10 Hasconun tıkaç sistemi gösterilmiştir. (Chanda ve Roy, 1998)	45
Şekil 6.11 DME tıkaç montajı gösterilmiştir. (Chanda ve Roy, 1998).....	45
Şekil 6.12. Çok katlı soğutma sistemi (kalıp plakasında) gösterilmiştir.....	47
Şekil 6.13 Kalıp boşluğu düz soğutma, çok seviyeli sistem a) Ayrı su devresi b) Kısmi bağlantılı su devreleri gösterilmiştir.	47
Şekil 6.14 Soğutma plakası sistemi gösterilmiştir.....	48
Şekil 6.15 Soğutma plakası için frezelenmiş soğutma kanalı şekli gösterilmiştir.	49
Şekil 6.16 Erkek kalıp soğutma açılı delik (kanal) sistemi gösterilmiştir.	50
Şekil 6.17 Erkek kalıp soğutma sistemi tıkaçlı (baffle) düz kanal gösterilmiştir. (Beaumont ve Sherman, 2002).....	51
Şekil 6.18 Erkek lokma soğutma, basamaklı devre gösterilmektedir.	52
Şekil 6.19 Çoklu devre a) Açılı kanal sistemi b) su engelli (baffleli) kanal sistemi c) basamaklı su devresi gösterilmiştir.	52
Şekil 6.20 Kalıp soğutma plakası ile soğutma, Z su devresi gösterilmiştir.	53
Şekil 6.21 Dikdörtgen kalıp plakası soğutma devresi gösterilmiştir.....	54
Şekil 6.22 Lokma soğutma a) U su devresi (b-d) alternatif metotlar gösterilmiştir. (Olmsted ve Davis, 2001)	55
Şekil 6.23 Lokma soğutma, bakır boru sistemi gösterilmektedir. (Osswald ve Gramann, 2007)	56
Şekil 6.24 Lokma soğutma, yuvarlak soğutma metodu gösterilmiştir.	57
Şekil 6.25 Lokmalar hat halinde düzenlendiğinde, bir delik her lokmanın dıştan bağlantısını sağlar.....	58
Şekil 6.26 Lokma soğutma, soğutma kolu metodu gösterilmiştir.	58
Şekil 6.27. Sığ lokma soğutma, yuvarlak kanal dizaynı gösterilmiştir. (Olmsted ve Davis, 2001)	59
Şekil 6.28. Sığ lokma soğutma, dikdörtgen freze kanalı dizaynı gösterilmiştir. (Stoekhert ve Mennig, 1998).....	60
Şekil 6.29. Erkek lokmaya takılmış soğutma dizaynı 3 helis kanal sistemi gösterilmiştir.....	61
Şekil 6.30 Erkek lokma soğutma baffli delik sistemi a) Üstten görünüş b) Yandan görünüş c) Alttan görünüş d) Şematik devre e) Üst görünüş gösterilmektedir. (Olmsted ve Davis, 2001)	62
Şekil 6.31. Ufak lokmaların soğutulması için tıkaçlı soğutma sistemi gösterilmiştir. (Beaumont ve Sherman, 2002).....	63
Şekil 6.32. Ufak lokmalar için bubbler sistemi gösterilmiştir.	64

Şekil 6.33. Valf itici elemanını soğutma: bubbler itici gösterilmektedir. (Stoekhert ve Mennig, 1998).....	65
Şekil 6.34. Valf itici elemanlarını soğutma: Valf başlığındaki soğutma devresi dizaynı gösterilmiştir. (Stoekhert ve Mennig, 1998)	65
Şekil 6.35 Valf itici elemanlarını soğutma: Valf başlığındaki soğutma devresi dizaynı gösterilmiştir.	66
Şekil 6.36. Düz yüzeyler için O-ring takılma detayları gösterilmiştir.	67
Şekil 6.37 Eğimli yüzeylerin sızdırmazlığı için o-ring takma detayları gösterilmiştir.	68
Şekil 6.38. Et kalınlığının sabit tutulmasına örnek verilmiştir.	69
Şekil 6.39. Kesin köşelerden kaçınmak için yapılan uygulamalara örnekler gösterilmiştir.	70
Şekil 6.40 Feder ile parçaya mukavemet kazandırmak (Doğru feder dizaynı ile yüzeydeki çökmeler engellenir ve parçanın mukavemeti artırılır.) için yapılan örnekler gösterilmiştir.	71
Şekil 7.1 İtici pim tipleri gösterilmiştir.	74
Şekil 7.2 Pim ve bıçakların pozisyonu gösterilmiştir.	75
Şekil 7.3 Standart boru formatları gösterilmektedir.	75
Şekil 7.4 İtici boru pozisyonları gösterilmektedir. (Stoekhert ve Mennig, 1998).....	76
Şekil 7.5 Standart valf başlıklı itici format ve takılma metotları gösterilmektedir.	77
Şekil 7.6 Hava destekli karışık itici metodu gösterilmektedir. (Osswald ve Gramann, 2007).	78
Şekil 8.1. Tipik bir manifoldlu sıcak yolluk gösterilmiştir. [2].....	79
Şekil 8.2 Tipik harici ısıtılmış sıcak manifold kalıp gösterilmektedir. (Olmsted ve Davis, 2001)	81
Şekil 8.3 Tipik dahili ısıtılmış manifoldlu kalıp gösterilmiştir.	84
Şekil 8.4 Tipik izolasyonlu sıcak yolluklu kalıp gösterilmiştir. (Osswald ve Gramann, 2007).....	86
Şekil 9.1. Tipik maçalı baskılardan özellikler gösterilmiştir.	88
Şekil 9.2. Cam pin hareket gösterilmiştir. (Beaumont ve Sherman, 2002)	89
Şekil 9.3 Tipik yandan hareketli kalıp emniyet devresi gösterilmiştir. (Stoekhert ve Mennig, 1998).....	90
Şekil 9.4 Köpek ayağı maça pimi gösterilmiştir.	91
Şekil 9.5 Kenar hareket tekniği gösterilmiştir. (Osswald ve Gramann, 2007).....	91
Şekil 9.6 Hidrolikle çalışan maça sistemi gösterilmiştir.	93
Şekil 9.7 Elektrikli vida açma Mekanizması (maçası) gösterilmiştir.	95
Şekil 10.1 Kalıp yapım süresi % olarak gösterilmiştir. a) Standart olmayan parçalardan yapılan kalıp yapım süresi b) Hazır standart parça ile yapılan kalıp üretim süresi(Beaumont ve Sherman, 2002).....	96
Şekil 10.2 Standart kalıp plakaları gösterilmiştir.	97
Şekil 10.3 Soğutma pimli soğutma gösterilmiştir.	99
Şekil 10.4 Su tıkaçlarının kullanılışı gösterilmektedir.	99
Şekil 10.5 Standart itici pim gösterilmiştir.	100
Şekil 10.6 Başlıklı yolluk burcunun kullanılmasına örnekler gösterilmiştir(Stoekhert ve Mennig, 1998).	101
Şekil 12.1 Enjeksiyon makinasının genel görünüşü gösterilmiştir.	106
Şekil 14.1 Tipik bir boss gösterilmiştir. (Campbell, 1996)	133
Şekil 14.2 Çökmeyi önlemek için boss şeklinde yapılan değişiklikler gösterilmiştir. (Campo, 2006).....	134
Şekil 14.3 Bossun dibine verilen radyüsün gerilmeye etkisi gösterilmiştir. (Fischer, 2003) .	134
Şekil 14.4 Bossların dayanımını artırmak için destek ribleri gösterilmiştir e)-Dayanımı arttırmak için boss, bulunduğu yerdeki en yakın duvara rib yapısı ile bağlanabilir.	135
Şekil 14.5 Yan duvarlara bağlanmış boss dizaynı gösterilmiştir.	135

Şekil 14.6 a) Tek yönlü snap fit b) Çift yönlü snap fit gösterilmiştir. (Rotheise, 2004).....	136
Şekil 14.7 Maksimum eğilme gösterilmiştir. (Rotheise, 2004).....	137
Şekil 14.8 Trapez kollar için K sabit eğrisi gösterilmiştir.	137
Şekil 14.9. Şematik olarak ultrasonik kaynak makinası gösterilmiştir.	138
Şekil 14. 10 Butt joint dizayn tipleri gösterilmektedir. (Tres, 2006)	140
Şekil 14.11 Çeşitli butt joint tipleri gösterilmiştir. a) flat step b) double step c) flush step d) double flush step.....	141
Şekil 14.12 Shear joint tasarımına örnek gösterilmiştir. (Rotheise, 2004)	141
Şekil 14.13. Farklı malzemelerin birbirleriyle olan kaynak uyumu gösterilmiştir. X:Uyumlu malzemeler O:Bazı durumlarda uyumlu (genelde karışımlar) (Malloy, 1994).....	143
Şekil 14.14 Ultrasonik yöntemle kaynak yapma esasları gösterilmiştir.	146
Şekil 14.15 Ultrasonik kaynak cihazının elemanları gösterilmiştir.	148
Şekil 14.16 Düz alın tipi birleştirme ve doğan problemler gösterilmiştir.....	149
Şekil 14.17. Sivri uçlu ve kalın cidarlı parçalarda doğan problemler gösterilmiştir.....	149
Şekil 15.18. Enerji yollukları gösterilmiştir. a) Amorf reçine için b) Yarı kristalin reçine için.....	151
Şekil 15.19. Düz alın tipi birleştirme için enerji yolluğu gösterilmiştir. (Fischer, 2003).....	151
Şekil 15.20. Enerji yolluğunun sıcaklık ve kaynak süresine etkisi gösterilmiştir.....	153
Şekil 15.22. Basamak tipli birleştirmeye örnek gösterilmiştir. (Campbell, 1996).....	154
Şekil 15.23.'de bu tip bir birleştirme için tavsiye edilen diğer boyutlar görülmektedir. (Campbell, 1996).....	155
Şekil 14.24. Makaslama tipli birleştirmeye örnek gösterilmiştir.	156
Şekil 14.25. a) Yakın alan ve b) Uzak alan kaynakları gösterilmiştir.....	157
Şekil 14.26. a) Horn, temas yüzeyine paralel değil, fakat birleşme tek bir düzlemde b) Birleşme yüzeyi horn temas yüzeyine paralel, fakat tek bir düzlem üzerinde değil.....	158
Şekil 14.27 a) Horn temas yüzeyi tek bir düzlemde fakat birleşme ara yüzeyi paralel değil b) Horn temas yüzeyi birleşme ara yüzeyine paralel fakat birleşme tek bir düzlem üzerinde değil.	159
Şekil 14.28. Dağlama yapılacak parça örneği gösterilmektedir.	161
Şekil 14.29. Tavsiye edilen bayrak dizayn boyutları gösterilmiştir.....	162
Şekil 14.30. Tavsiye edilen destek rib boyutları gösterilmiştir.....	163
Şekil 14.31. Yuvarlak tipe örnek gösterilmiştir.....	163
Şekil 14.32. Draft açısı parça üzerinde gösterilmektedir. (Rotheise, 2004)	164
Şekil 14.33. Living Hingers tasarımına örnek gösterilmiştir. (Malloy, 1994)	165
Şekil 14.33. PP ve PE için Living Hinger boyutları gösterilmiştir.	165
Şekil 14.34. Hatalı yapılmış Living Hinge tasarımı gösterilmiştir.	166
Şekil 14.35 Doğru yapılmış Living Hinge tasarımı gösterilmiştir.	166
Şekil 14.36. Et incelmeye örnekler gösterilmiştir.	168
Şekil 14.37. Plastik molekül zinciri gösterilmiştir.	169
Şekil 14.38. Moleküller arası oluşan kross linkler gösterilmiştir.....	169
Şekil 14.39. Kristalin yapıların moleküler yapıları gösterilmiştir. a) Erimiş b) Katı.....	170
Şekil 14.40. Amorf polimerler için molekül zincirleri şeklindeki gibidir. a) Erimiş b) Katı ...	170
Şekil 14.41. Likit kristaller için moleküler zincir gösterilmiştir. a) Sıvı b) Katı	171
Şekil 14.42. Homopolymer için moleküler zincir yandaki gibidir.....	171
Şekil 14.43. Copolymer için moleküler zincir yandaki gibidir.	171
Şekil 14.44 Malzemelerin elastiklik ve plastiklik özellikleri gösterilmiştir.	174
Şekil 14.45. Sert (Tough) ve Gevrek (Brittle) malzemelerin gerilme diyagramları verilmiştir.....	175
Şekil 14.46. Gerilme üzerinde çentik hassasiyeti gösterilmiştir.....	175
Şekil 16.1 Akış esnasında kaynak çizgisinin oluşması gösterilmiştir.....	214
Şekil 16.2. 230.338 adet üçgen piramitten oluşan meshlenmiş model resmi gösterilmiştir...215	

Şekil 16.3. Kalıbın hammaddeyle dolma süresi gösterilmiştir. Dolma süresi malzemenin enjeksiyonu sırasındaki hız ve basınç değişimini etkiler.	215
Şekil 16.4. Dolma esnasında akışın önündeki malzeme sıcaklığını gösterir. Malzemenin ön akış sıcaklığı bize gerekli basınç ve sıkıştırmanın sağlamayacağı ve böylece renk skalasında aşağı doğru inildikçe parçada çökmenin, kaynak çizgilerinin ve deformasyonların olabileceği bölgeleri gösterir.	216
Şekil 16.5. Enjeksiyon noktasındaki basıncın zaman göre değişim grafiği gösterilmiştir.	216
Şekil 16.6. Dolum sırasındaki hacimsel çekme yüzde olarak gösterilmiştir.	217
Şekil 16.7. Donma süresi gösterilmiştir. Donma süresi skalası bize soğumanın geç olduğu bölgeleri bundan kaynaklanacak deformasyonları gösterir.	217
Şekil 16.8. Akış sırasında oluşacak hava boşluklarını göstermektedir.	218
Şekil 16.9. Malzemenin akış sırasındaki ortalama hızı ve buna bağlı olarak moleküllerin yönlenme vektörleri gösterilmektedir.	218
Şekil 16.10. Kilitleme kuvveti merkezi gösterilmiştir.	219
Şekil 16.11. Kilitleme kuvvetinin zamana göre değişimini göstermektedir.	219
Şekil 16.12. Dolum sonundaki basınç değerleri gösterilmiştir.	220
Şekil 16.13. Kayma oranı gösterilmiştir.	220
Şekil 16.14. Malzemede çökmeye maruz kalacak bölgeler gösterilmiştir.	221
Şekil 16.15. Hacimsel çekme oranı (%) gösterilmiştir.	221
Şekil 16.16. Kaynak çizgilerinin oluşabileceği bölgeler gösterilmiştir.	222
Şekil 16.17. Kalıp konstrüksiyonuna göre tasarlanmış ve analiz programında simüle edilmiş soğutma kanalları gösterilmiştir. (Suyun giriş ve çıkış sıcaklıkları diyagramda belirtilmiştir)	223
Şekil 16.18. Soğutma kanallarının en çok ısıya maruz kalan bölgeleri gösterilmektedir.	223
Şekil 16.19. Soğutma kanallarına göre malzemenin sıcaklık diyagramı gösterilmiştir.	224
Şekil 16.20. Parçanın soğutma kanallarına bağlı olarak donma süresi gösterilmiştir.	224
Şekil 16.21. Parçanın soğutma kanallarına bağlı maksimum sıcaklık diyagramı gösterilmiştir.	225
Şekil 16.22. Parçanın soğutma kanallarına bağlı ortalama sıcaklık diyagramı gösterilmiştir.	225
Şekil 16.23. Parça üzerindeki maksimum sıcaklıkla minimum sıcaklığın 1-0 arası gösterilmesi.	226
Şekil 16.24. Parça üzerinde gerçekleşebilecek deformasyonlar gösterilmiştir.	226
Şekil 16.25. Parçada X ekseninde meydana gelebilecek çekme miktarları gösterilmiştir.	227
Şekil 16.26. Parçada Y ekseninde meydana gelebilecek çekme miktarları gösterilmiştir.	227
Şekil 16.27. Parçada Z ekseninde meydana gelebilecek çekme miktarları gösterilmiştir.	228
Şekil 16.28. Yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelen kaynak çizgisi gösterilmiştir.	229
Şekil 16.29. Şekil 16.12 deki analiz sonucunda belirtilen kaynak çizgisinin yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelmiş kaynak çizgisi ile karşılaştırılması gösterilmiştir.	229
Şekil 16.30. Kaynak çizgisinin etkisini azaltmak için erkek çeliğe uygulanmış lokma izleri gösterilmiştir.	230
Şekil 16.31. Erkek çeliğin lokmalara ayrılmasından sonraki durum gösterilmiştir. Kaynak çizgileri ortadan kaldırılmıştır.	230
Şekil 16.32. Yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelen hava boşluğu gösterilmiştir.	231
Şekil 16.33. Şekil 16.8. de ki analiz sonucunda belirtilen hava boşluğunun yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelmiş hava boşluğu ile karşılaştırılması gösterilmiştir.	231
Şekil 16.34. Hava boşluğunun oluştuğu bölgedeki erkek çelik gösterilmiştir.	232
Şekil 16.35. Hava boşluğunun ortadan kaldırılması için erkek çeliğe uygulanmış lokma izleri gösterilmiştir.	233
Şekil 16.36. Yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelen çöküntüler gösterilmiştir.	233
Şekil 16.37. Çöküntüyü meydana getiren feder gösterilmiştir.	234

Şekil 16.38. Federin olduğu bölgedeki plastik et kalınlığının artışı gösterilmiştir.	234
Şekil 16.39. Yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelen çöküntüler gösterilmiştir.	235
Şekil 16.40. Şekil 16.14. de ki analiz sonucunda belirtilen çökmelerin yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelmiş çöküntüler ile karşılaştırılması gösterilmiştir.	235
Şekil 16.41. Yüzey işlemlerinin yapılmadan önceki enjeksiyon baskısı gösterilmiştir. Yüzey parlatılmıştır.	236
Şekil 16.42. Yüzey işlemleri yapıldıktan sonra enjeksiyon baskısı gösterilmiştir. Resimde mat olarak görünen yüzeye 3 mikron derinliğinde yüzey kuşlama işlemi yapılmıştır.	236
Şekil 16.43 Yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelen çarpılma gösterilmiştir.	237
Şekil 16.44. Şekil 16.24. de ki analiz sonucunda belirtilen çarpılmaların yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelmiş çarpılmalar ile karşılaştırılması gösterilmiştir.	238
Şekil 16.45. Parçada oluşan kaynak çizgisi gösterilmiştir.	238
Şekil 16.46. Parçanın görünmeyen (kozmetik olmayan) alt kısmı gösterilmiştir.	239
Şekil 16.47. Parçada oluşan kaynak çizgisini önlemek amacıyla erkek çeliğe kaynak yapılarak malzemenin akışı yönlendirilmeye çalışılmıştır.	239
Şekil 16.49. Parçanın görünür yüzeyindeki hare oluşumu gösterilmiştir.	240
Şekil 16.50. Parçanın alt kısmındaki yolluk girişi gösterilmiştir.	241
Şekil 16.51. Parçanın muz yolluğu gösterilmiştir.	241
Şekil 16.52. Parçanın üst yüzeyinin hare oluşumunu gizlemek üzere boyanmış hali gösterilmiştir.	242
Şekil 16.53. b) Parçanın ilk hali a) Parçanın son hali gösterilmiştir.	243

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Farklı çekme miktarlarının yüzde çekme miktarları. (Shoemaker, 2006)	3
Çizelge 3.1 Plastik malzemeler için malzemenin viskozite değerlerinden elde edilen havalandırma kanal derinlikleri gösterilmiştir. (Osswald ve Gramann, 2007). 16	16
Çizelge 11.1 Plastik kalıp çeliklerinde alaşım elementlerinin oranı ve etkisi gösterilmiştir. (Olmsted ve Davis, 2001).....	104
Çizelge 13.1 Bazı malzemelerin viskozite değerleri gösterilmiştir. (Harper,2006).....	110
Çizelge 14.1 Plastik malzemelerin kaynak usullerine göre kabiliyetleri belirtilmiştir. (Malloy, 1994).....	142

KISALTMA LİSESİ

PE-LD – LDPE	Polietilen Düşük yoğunluk
PS	Polistiren
PP	Polipropilen
PA	Poliamid
PC	Polikarbonat
ABS	Akrilonitril bütadien stiren
CPC	Kalıp boşluğu basıncı
VPT	Hızdan basınca geçiş noktası
Dye	Çözünerek boyama etkisi yapan maddeler
PVC	Polivinil klorür
POM	Polioksimetilen

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezimin seçiminde ve hazırlanmasında değerli bilgi ve önerileriyle çalışmalarına yön veren saygıdeğer hocam Yrd.Doç.Dr. Muharrem BOGOÇLU 'ya teşekkürlerimi borç bilirim.

Okul hayatım boyunca beni destekleyen sevgili aileme de sonsuz teşekkürler sunarım.

Mayıs 2008

Mak.Müh. Emre ÇELİKKOL

ÖZET

Son yıllarda dünyada plastik üretim ve tüketimi 200 milyon tona ulaşmıştır. Bu büyük artışla birlikte plastik ürün tasarım, kalıp imalat ve plastik enjeksiyon mühendislerinin sorumluluğu giderek artmaktadır. Bu sorumluluk ve rekabetin en kritik rolünü plastik ürünlerde meydana gelebilecek hataların önceden tespit edilip gerekli önlemlerin tasarım aşamasında alınması oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın literatür kısmında; tasarım mühendislerinin plastik ürün tasarımında dikkat etmesi gereken noktalar, kalıp tasarım kriterleri ve plastik enjeksiyon prosesinin temelini oluşturan bilgiler yer almaktadır.

Deneysel çalışmalarda; uydu alıcısının üst kapağı olarak tasarlanmış olan plastik parçanın Moldflow programıyla plastik akış analizi yapılmış ve sonuçlar irdelenmiştir. Bu analiz sonuçları neticesinde belirlenen hatalar ile gerçekte elde edilen parça üzerindeki hatalar karşılaştırılmış ve tüm değerlerde ortalama olarak % 70-80 başarı elde edildiği görülmüştür.

Tasarımdan, kalıp imalatından ve enjeksiyon prosesinden kaynaklanan hataların bulunduğu plastik parçalarda hata analizi yapılmıştır. Bu hataların nedenleri literatür kısmında irdelenmiş ve bu hataların giderilmesi için çözüm önerileri sunulmuştur. Yapılan iyileştirmelerin parça üzerindeki etkileri görülmüştür.

Sonuç olarak bir plastik parçanın imalatı öncesinde Moldflow akış analiz sonuçlarının dikkate alınması; yapılacak hataların en aza indirilmesini ve buna bağlı olarak maliyet ve süre avantajına önemli ölçüde katkı sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Plastik ürün tasarımı, Moldflow akış analizi, kalıp tasarım ve imalatı, enjeksiyon prosesi

ABSTRACT

In recent years, production and consumption of plastics achieved 200 million ton in the world. According to these improvements, responsibilities of plastic product designer engineers, mold production and plastic injection engineer gradually increases. Therefore, determination of the plastic product defects and precautions during design stage formed as the critical part of both responsibilities and competition.

Literature part of this study contains important points of plastic product design, criteria's of mold production and basic developments of plastic injection process.

In experimental part; flow analyzed of a plastic component as the top cover part for satellite receiver was made by using Moldflow program. The analyze results were compared with real results and the success was achieved as averagely % 70-80 in all values.

Moreover, certain defects in plastic item, which caused from design, mold production or injection process, were determined. The reasons of these defects were examined in literature part and the solution suggestions were proposed. Furthermore, results of these improvements on product were seen.

As a result, considering of Moldflow flows analyze results before production step provides cost benefit from regarded to achievement of design, mold and injection processes.

Key words: Design of plastic products, Moldflow flow analyze, mold design and production injection process.

1. GİRİŞ

Günümüzde plastikler, sanayide oldukça önemli bir konuma gelmişlerdir. Artık plastikler gıdaların paketlenmesinden, ulaşıma kadar hemen hemen her sahada başarıyla kullanılmaktadır . 1994 yılı itibariyle polimer maddeleri yıllık tüketimi tüm dünya ülkeleri için 150 milyon ton/yıl dan fazladır.Ülkemizde tüketim yaklaşık olarak bu miktarın yüzde biri kadardır. Bu miktarın 2000 li yıllarda dünya için 200 milyon tonu aşması beklenmektedir ve bunun yanında polimer uygulama alanları giderek çeşitlenmektedir.

Plastik üretim ve tüketiminin ve bununla birlikte rekabet ortamının giderek artması plastik imalat prosesini tek başlarına uzmanlık gerektiren 3 ana prosese ayırmıştır. Bunlar şöyle sıralanabilir.

- 1) Plastik ürün tasarımı
- 2) Kalıp Tasarım ve İmalatı
- 3) Plastik enjeksiyon prosesi

Bu belirtilen proseslerde yukarı doğru gidildikçe yapılan hatalar daha maliyetli olmaya başlar.

Bir ürün tasarım mühendisleri tarafından tasarlanır, bu tasarımın finalize edilmesinden önce, kalıp mühendisleri kalıbın sağlıklı çalışmasıyla ve parçanın kalıplanabilme yeteneğiyle ilgili endişelerini, enjeksiyon mühendisleri ise enjeksiyon şartlarını ve bu şartların parça üzerindeki etkileriyle ilgili görüşlerini bildirirler. Tasarım mühendisleri enjeksiyon ve kalıp imalat mühendislerinden gelen bu endişeleri tasarımın elverdiği ölçüde parçaya yansıtarak hataları önlemeye ve maliyeti indirmeye çalışır. Fakat bu yapılan toplantılar tasarım mühendislerinin kalıp imalat ve plastik üretim proseslerine hakim olmaması ölçüsünde sık tekrarlanır ve bu tekrarlar imalat süreçlerinin uzamasına ve maliyet artışlarına sebep olur.

Tasarım mühendislerinin tasarım sürecinin hızlı ve hatasız olması için kalıp ve enjeksiyon proseslerine oldukça hakim olmaları gerekmektedir. Çarpıcı bir örnek vermek gerekirse Japonya'da herhangi bir fabrikada tasarım mühendisi olabilmek için en az 3 er sene o fabrikanın ilgili bölümlerinde çalışmış olma şartı istenmektedir, bu da tasarımın ne kadar bilgi ve deneyim gerektirdiğinin bir göstergesidir.

Bu alışmalarda;

Tasarım mühendislerinin tasarımı sonlandırmadan önce kalıp ve enjeksiyon prosesinden kaynaklanacak sorunları önceden görerek önlem alması ve sürecin uzamasından kaynaklanan maliyeti minimumda tutması amacıyla yapılan Moldflow analiz sonuçlarının gerçek sonuçlarla karşılaştırılması yapılmıştır.

Plastik parçalarda görülen hatalar belirlenerek bu hataların ortadan kaldırılması veya etkisinin azaltılması için yapılan çalışmalar ve öneriler vurgulanmıştır.

2. ÜRÜN VE KALIP

Kalıp boşluğu kalıbın bir parçası olup, enjeksiyon ünitesinden gelen erimiş plastiği direk yolluğa alıp istenilen kalıp şeklinde soğutarak plastik parça üretir. Kalıp boşluğu dizaynıyla, belirli bir ürün yapımında bazı faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu faktörler; kalıp boşluğunun kolay doldurması, basılan parçanın iç gerilimsiz olması, plastik soğuma esnasında çeker ve plastik parçanın açılan kalıptan atılabilir olmasıdır. Kalıp tasarımcıları kalıp dizayn ederken, bu faktörleri göz önüne alıp bu konuyla ilgili sınırlayıcı faktörleri belirlemelidir.

2.1. Kalıpta Çekme

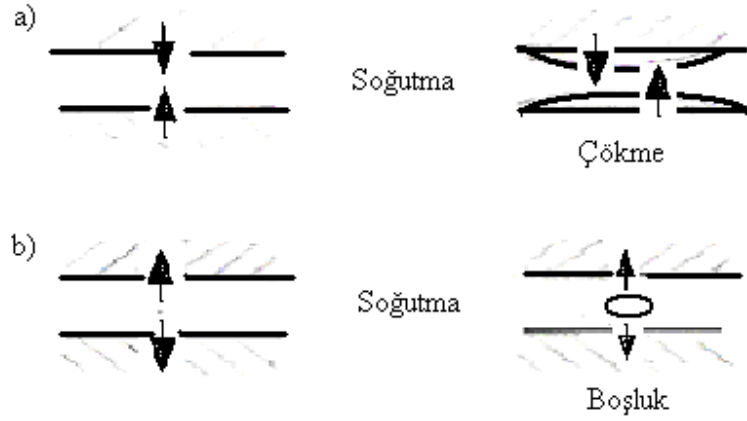
Bütün malzemeler soğuması esnasında çekerler. Plastiğin erime sıcaklığından kalıp sıcaklığına soğumasına kalıp çekmesi adı verilir. Plastikteki çekmenin ana nedeni plastiğin termal genişleme miktarına bağlıdır. Bu genişleme katsayısı ile ölçülür. Plastik malzemenin termal genişleme katsayısı metallerle karşılaştırıldığında yüksektir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Farklı çekme miktarlarının yüzde çekme miktarları. (Shoemaker, 2006)

Bazı malzemelerde farklı çekme miktarları	%
Dökme reçine	0.9-1.3
Katkı maddesi tahta tozundan fenoplast	0.6-0.8
Katkı maddesi kumaş liflerinden tozundan fenoplast	0.3-0.5
Katkı maddesi kağıt kırıntısından olan fenoplast	0.3-0.6
Katkı maddesi aspest olan fenoplast	0.15-0.3
Reçineler ve selüloz	0.5-0.7
PVC	0.2-0.3

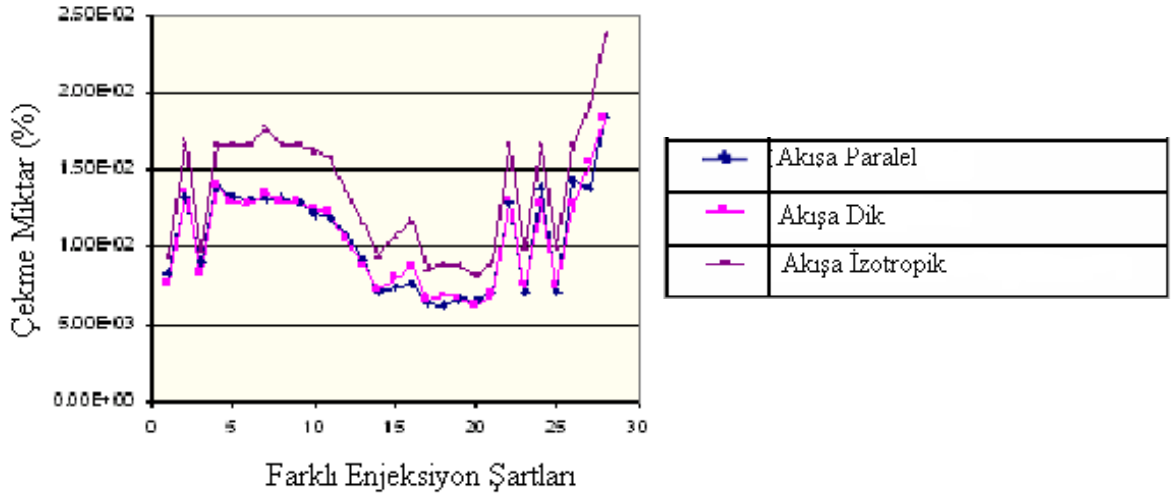
Genel olarak 100 °C sıcaklık artışı veya azalışında malzemeye bağlı olarak 0,001 ve 0,02 yüzde genişleme veya çekme görülür. Şekil 2.1’de kalın parçanın soğutulma esnasında çekme davranışı yer almaktadır. Kristalleşen termoplastikler, kristalleşme oranına göre ilave bir çekmeye maruz kalırlar, bu kristalleşme ve çekme oranı soğuma hızına bağlıdır. Örneğin, polietilen hızı

soğutulduğunda çok zor kristalleşir fakat yavaş soğutma ile %50'ye kadar kristalleşme sağlanabilir. İçindeki katkılar soğuma esnasında dahili basıncın kalmasını sağlar.



Şekil 2.1 Kalın parçanın soğutulması esnasında çekmenin gösterilişi a) Soğutma sonrası çökme, b) Soğutma sonrası boşluk görüntüsü.

Malzeme kalıp içerisindeki akışı sırasında plastiğin akışına bağlı olarak çekme miktarlarında farklılık gösterir. dik yönde çekmeler gösterir.(Şekil 2.2.)



Şekil 2.2. Malzemenin kalıp içerisindeki akış yönüne bağlı olarak çekme miktarı gösterilmektedir. (Shoemaker, 2006)

Dahili basıncı üretmenin en uygun yolu erimiş plastiğin içinde gaz oluşturmaktadır. Bu da plastiğin içine köpükendirici katkı maddesi koyularak yapılırken proses esnasında nitrojen gazı

çıkar. Ürün çok az hücresele yapıya sahiptir. Nitrojen gazına alternatif olarak enjeksiyon tekniği kalıp bölümlerinin ortasından gaz tüneli sağlayarak bu boşluğu sağlar. Bu ikinci tekniğin avantajı, birinci teknikle üretilen gazın yüzeye doğru kaçarak yüzey bozukluğu gibi hataların olmamasıdır. Sertleşebilen plastiklerde çekme, sertlikle ters orantılı olarak değişir. Fenolik plastik maddelerindeki çekme payı miktarı 25 mm boyda 0.025-0.375 mm arasında değişir. Termoplastiklerdeki maddelerden polietilenin 25 mm boydaki en büyük çekme payı miktarı 1.25 mm, naylonunda 1 mm'dir.

2.2. Dahili Gerilim ve Eğilme

Kalın kısmı parça üretildiği zaman sıcaklıklardaki ani değişim, farklı soğumalardan dolayı termal olarak oluşturulmuş dahili gerilim oluşturur. Eğer bu oluşan iç gerilim, belirlenen stres seviyesinden yüksekse parçada yamulma oluşur. Üretim esnasında oluşan termal iç gerilim, üretim esnasında veya üretimden sonra parçanın yavaş soğuması işlemiyle azaltılabilir. Dahili stres ayrıca akma yönünde oluşan molekül yönelmesiyle akma yönünde olur. İzotropik olmayan yapı iki sebepten ortaya çıkar. Molekül yönelmesi ve fiber gibi katkı maddelerinin yönelmesiyle oluşur. Molekül yönelmesi, erimiş polimer akışında moleküllerin gelişigüzel şeklinde uzatılmış şekle zorlanarak gelmesiyle oluşur. Moleküllerdeki uzama oranı polimerin özelliğine ve uygulanan yüzeysel kuvvetlere bağlıdır. Yüzeysel kuvvetler yolluk boyutuna bağlıdır. Yolluk boyutu küçüldükçe artar. Enjeksiyon baskıda genel akma oranı değerleri 1000-5000 1/sn' dir. Bu moleküllerin şekillerin uzaması dikkate değer miktardadır. Yolluk girişinden, kalıp boşluğuna giren uzatılmış moleküller eski, gelişigüzel hallerine dönme eğilimindedir. Eğer bu oluşursa ürün izotropik yapıdadır. Pratikte bu durum aşağıdaki nedenlerden dolayı tam olarak oluşmaz.

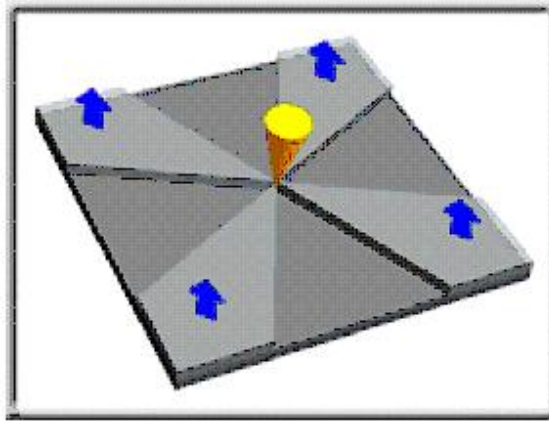
- Soğuma esnasında polimer zincirinin hareket kabiliyetini kaybetmesi.
- Kalıp boşluğuna devamlı plastik akışının olması sonuç olarak, genelde akma yönünde moleküller yönlendiği şekilde soğuyarak donar.

Bu işlemdeki molekül oryantasyonu, film üretiminden azdır. Bu film üretiminde molekül yönelmesi istenilerek verilmiştir. Molekülün yönlendirilerek soğuması ürün içerisinde iç gerilim oluşturur, bu da ürünü zayıflatır ve düşük bir kuvvet uygulanmasında ürünün kırılmasına sebep olur. Ufak bir çatlak, plastiğin akma yönünde kolayca büyür. Bununla beraber akma yönünde sertlik artar. Ayrıca yönelmiş molekül soğuması boyutsal dengesizliğe sebep olabilir. Isı uygulandığında donmuş moleküller eski haline gelirler. Bu da parçada eğilmeye ve bozulmaya

sebepler olur. Moleküllerdeki izotropik olmayan yapı geniş yolluk kullanılarak düşük akma oranı ve yavaş soğutmayla en aza indirilebilir. Parçada çok ince kısım olmaması sağlanmalıdır. Cam fiberler 0.3-05 mm uzunluğunda polimerle birlikte kuvvetlendirici takviye maddesi olarak kullanılır, polimer zincirleri ile aynı yönde yönleneceklerinden izotropik olmayan yapı oluştururlar. Mineral tozlar asbest oranı düşük olduğundan fiberler kadar, izotropik olmayan yapı oluşturmazlar.

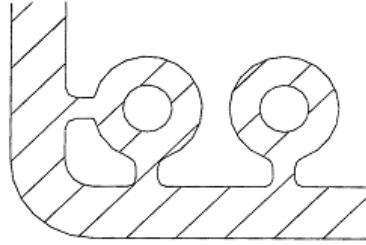
2.3. Parça Kalınlığı

Parça kalınlığında bazı faktörlerin hesaba katılması gerekir. Parçanın belli bölgelerin mekanik ihtiyacı parça kalınlığının belirlenmesinde baz oluşturur. Parçada kalın kısım soğuma etkinliğinden dolayı engellenmelidir. Soğutma süresi üretim oranını sınırlarken, çökmeyi, parçada eğilmeyi engellemek için kalın kısmı olmamalıdır. Şekil 2.3’de malzemenin, parçanın her yerini homojen şekilde doldurması için parçanın gerekli yerlerine et kalınlığı ilavesi yapılmasına örnek gösterilmektedir.



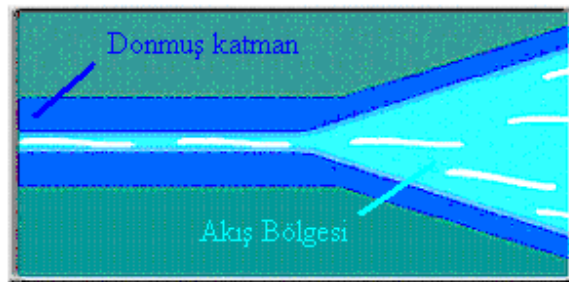
Şekil 2.3. Malzemenin, kalıbın homojen şekilde doldurması için parçaya et kalınlığı ilavesi yapılacak yerlerin görüntüsü. [2]

Erimiş plastiğin kalıp boşluğunu doldurmayacağından ince kısımlar da olmamalıdır. Ekonomik faktörlerde parçanın kalınlığını belirleyen unsurdur. Eğer parça çok ince yapıldıysa mekanik kuvveti arttırmak için federlerle kuvvetlendirilmelidir. Şekil 2.4’de Feder dizayn gösterilişi yer almaktadır.



Şekil 2.4'de Feder dizayn gösterilişi.

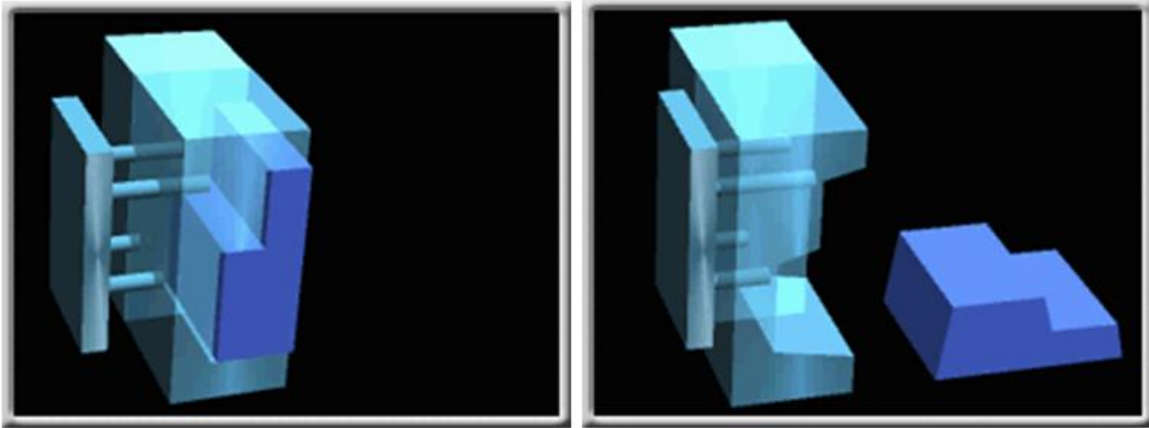
Malzeme akma karakteristikleri plastikten plastiğe değişir. Parça kalınlığı mümkünse parçanın her tarafında sabit olmalıdır, değil ise parçanın kalın kısmından ince kısmına bağlantısı eğimli olmalıdır. Bu olmazsa burada plastik akması ve farklı soğuma oranından dolayı stres oluşur. Genel olarak, kalın ve ince kısımlar arasındaki oran 3/1 den büyük olmamalıdır. Parça doldurma, parçanın kalın tarafından ince tarafına doğru olmalıdır. Kalın bölümler için akma uzunluğunda bazı sınırlamalar olur. Çünkü plastik akarken soğumaya başlar. Soğurken akma direnci artar. Sonuç olarak soğuyup sertleşir ve parçanın tamamen dolmasına engel olabilir. Erimiş plastik akma uzunluğu parça kalınlığına, kullanılan plastik çeşidine (kolay akan- zor akan) bağlıdır, kalıplama şartlarına da bağlıdır. Şekil 2.5 de malzemenin akış esnasında geçtiği dar kesitte katılaşması ve parçanın diğer taraflarını doldurmada zorluk çekmesi gösterilmiştir.



Şekil 2.5 de malzemenin akış esnasında geçtiği dar kesit gösterilmiştir.

2.4. Parça Eğimi ve Eğim Açısı

Parça dizayn edilirken kalıp ayırım çizgisine dik olan bütün yüzeyler, parçanın kalıptan atılabilmesi için eğimlendirilmelidir. Bu eğim açısı kullanılan malzemenin, parça şekline, eğim açısına bağlıdır. En az eğim açısı $0,5^\circ - 1,5^\circ - 3^\circ$ normal eğim açısıdır. Termoplastik soğurken kalıp erkek kısmına doğru çeker. Baskının parçanın itilmeden önce erkek kısmı üzerinde kalması için dahili ve harici yüzeyler için düzgün eğim açısı seçimi gereklidir. Şekil 2.6.a) da Parçaya kalıp çıkma açısı verilmediği takdirde b) Parçaya kalıp çıkma açısı verildiği takdirde kalıptan çıkış kolaylığı görüntüsü yer almaktadır.



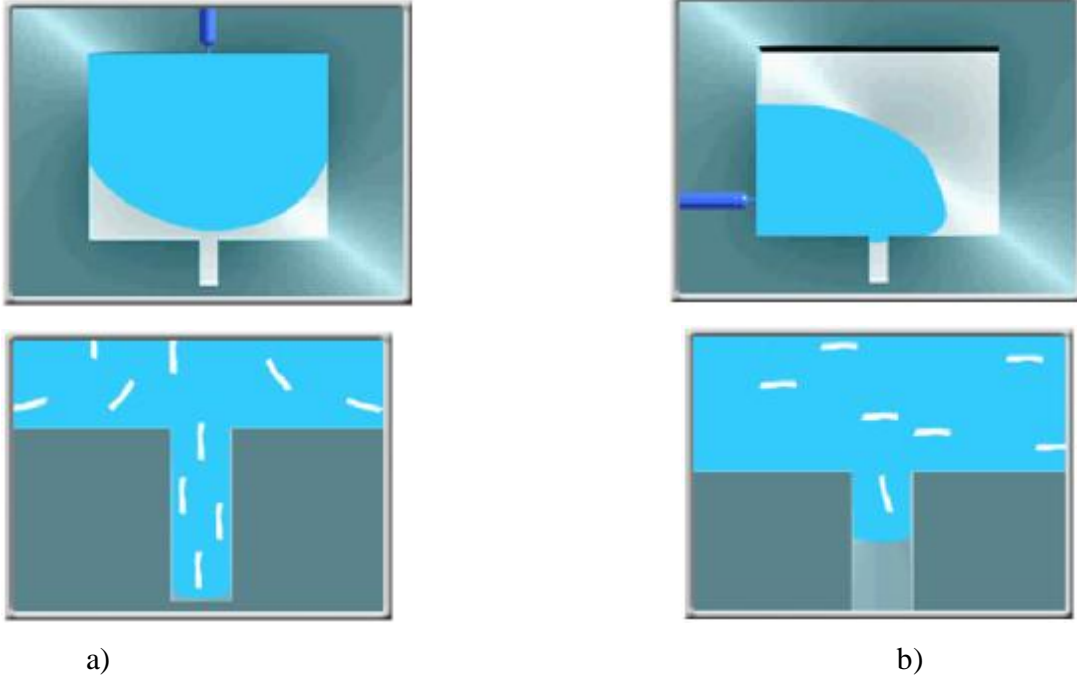
Şekil 2.6.a) da Parçaya kalıp çıkma açısı verilmediği takdirde b) Parçaya kalıp çıkma açısı verildiği takdirde kalıptan çıkış kolaylığı görüntüsü yer almaktadır. (Shoemaker, 2006)

Örnek olarak parça erkek lokma üzerinde kalması isteniyor ise eğim açısı kalıp boşluğunda dışıdan az olmalıdır. Federler için eğim açısı en az 5 derece olmalıdır. Parça köşeleri yuvarlatılarak erimiş plastik mümkün olduğu kadar engelsiz uzun akması sağlanmalıdır.

2.5. Kaburga/Feder (Rib)

Malzemeyi kuvvetlendirmek için, parça duvarlarında kaburga kullanılır. Federlerin kullanılması, stres konsantrasyonu ve çekmeye sebep olabilir. Bundan dolayı federin parçaya en yakın olan kısmı, parça kalınlığının $1/3$ ile $1/2$ 'si arasında olmalıdır. Feder yatay olarak desteklenmediyse çift feder kullanılır. Federin tavsiye edilen yüksekliği parça kalınlığının 3 -5 katı arasında

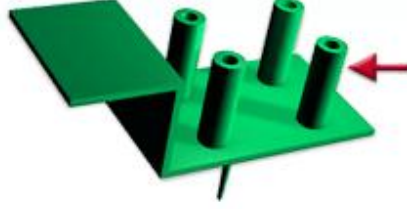
olmalıdır. Büyük tek feder yerine, birden fazla küçük feder tercih edilmelidir. Parça duvarındaki federler, yükseklik ve genişlik olarak aynı olması gerekmez. Köşeleri bağlayıcı federlerde en az 0,2mm radyüs olmalıdır.(Şekil 2.7)



Şekil 2.7. Malzemede bulunan riblerde parçanın enjeksiyonu esnasında yolluk yerine göre doldurma probleminin yaşandığı vurgulanmıştır. a) Yolluk federe paralel b) Yolluk federe dik [2]

2.6. Boslar (Bosses)

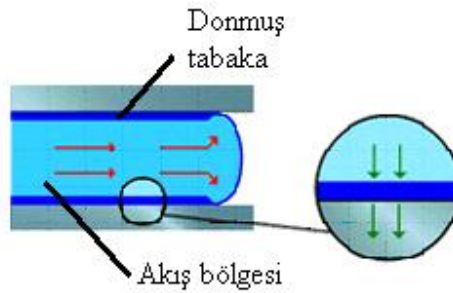
Parçanın içine takılmış pimleri desteklemek için kullanılır. Parça içine vidalama yapmak içinde kullanılır. Çökmeyi engellemek için keskin köşeli olmamalıdır. Kalınlıklar duvar kalınlığının 3/4'ünden az olmamalıdır. Yuvarlak şekil dışındaki boslar mümkün olduğunca kullanılmamalıdır. Birinci sebebi, stres oluşmasına engel olmak İkinci sebebi, kalıp maliyetini azaltmaktır. Parçanın genel kuvveti üzerinde federin pozisyonu önemlidir. Parçanın köşelerinde veya duvar kenarlarında olur. Parça içine metal konulacaksa, farklı dizayn edilmelidir. Metal parçada keskin köşe olmamalıdır. Tavsiye edilen iç çap,vida adım aralığı olmalıdır. Federin dış çapı, vida çapının 2.5 katı olmalıdır. Aynı zamanda buraya havalandırma takılmak suretiyle kalıp boşluğunun tam dolması halindeki yanma izlerine engel olunur. Şekil 2.8. Plastiklerde kullanılan boss örneği gösterilmiştir.



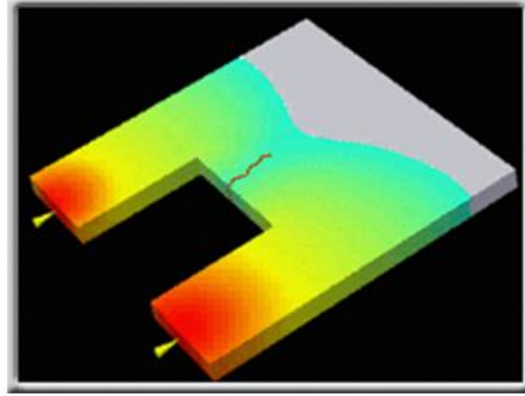
Şekil 2.8. Plastiklerde kullanılan boss örneği gösterilmiştir.

2.7. Kaynak İzi (Weld Line)

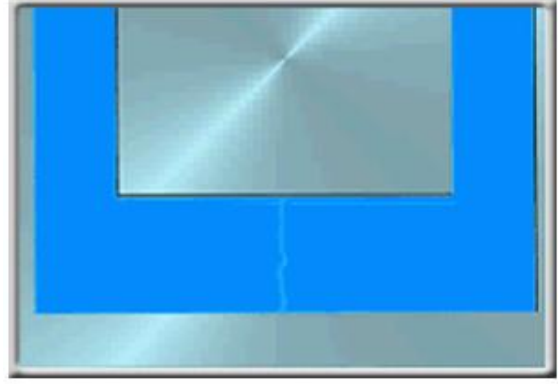
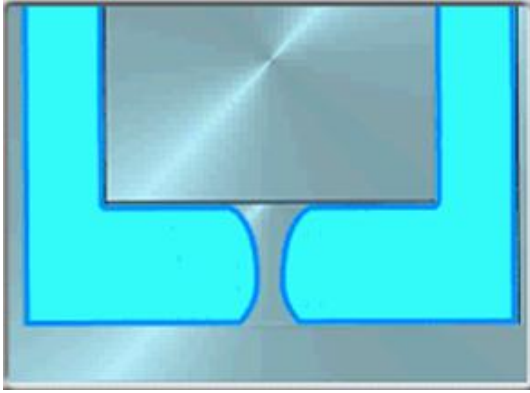
Akan iki plastiğin, ön kısmının birleştiği yerde oluşur. Bu oluşum parçanın zayıflamasına sebep olur. Kaynak izi, genellikle parça yüzeyinde iz bırakır. İki sebebi vardır. Birden fazla yollukla doldurma, plastiğin pimlerin çevresinden dolaşması. Büyük ve karmaşık kalıplarda çoklu yolluk kullanmak gerekir. Kaynak izi giderilemez, ancak etkisi en aza indirilebilir. Şekil 2.8. Plastik malzemenin kalıp içersindeki akışı esnasında oluşan donmuş tabaka ve akış bölgesi gösterilmiştir. Şekil 2.9. a) Malzemenin akışı esnasında kaynak izinin oluşumu gösterilmiştir. (renkler malzemenin akışı esnasında giderek soğumasını göstermektedir) b) Malzemenin akışı sırasında koyu mavi ile gösterilen donmuş tabakanın sıcak birleşmemesi sonucu kaynak çizgisi oluşumu gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Plastik malzemenin kalıp içersindeki akışı esnasında oluşan donmuş tabaka ve akış bölgesi gösterilmiştir.



a)

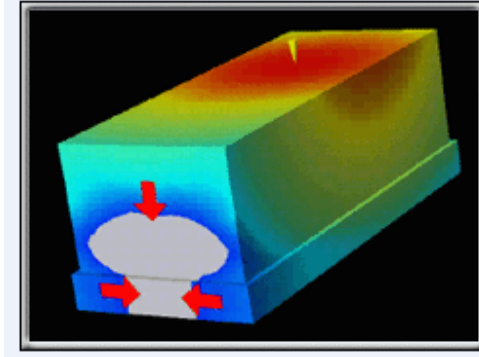


b)

Şekil 2.9 a) Malzemenin akış diyagramında kaynak çizgisi oluşumu gösterilmektedir. b) Malzemenin akışı esnasında donmuş tabakanın birleştirilmesi gösterilmiştir. [2]

2.8. Hava Boşlukları (Air Traps)

Malzemenin kalıbı doldurması sırasında kalıptaki havanın tahliye edilmesi gerekmektedir. Enjeksiyon sırasında bu hava dişi ve erkek kalıbın ayırım hattından dışarı atılır. Fakat farklı yönlerden gelen malzemeler buluşma noktalarında önlerine aldıkları havayı plastik parça içinde hapsederler ve o bölgede havadan kaynaklanan boşluk yada plastiğin sıcaklık ve basınç etkisiyle boşluktaki sıkışan havayı kullanarak yanmasından ötürü is oluşumu yani plastiğin o bölgesinin siyahlaşması gözlenir. Şekil 2.10. Analiz sonuçlarıyla malzemenin akış esnasında hava boşluk oluşumu gösterilmektedir.



Şekil 2.10. Analiz sonuçlarıyla malzemenin akış esnasında hava boşluk oluşumu gösterilmektedir. (Shoemaker, 2006)

2.9. Yüzeysel İşlemler

Plastik parçada aranan yüzeysel özellikler, kalıp yüzeyine yapılması gereken işlemleri belirler. Çok parlak yüzeyle ürün elde etmek için, kalıp yüksek kaliteli nikel krom çeliğinden veya çok parlatılabilir krom yüzeyle çeliklerden üretilmelidir. Bu çeşit kalıpların üretilmesi uzun süreli parlatma işleminden dolayı çok pahalıdır. Ve bunun yapılmasında da boyutsal dengeli olması da dikkat edilmesi gereken husustur. Bazı durumlarda kumlu yüzey aranan bir özellik olabilir. Bu belirli bir yüzey elde etmek için kullanılır veya baskıdan oluşan problemleri gizlemek için kumlu yüzey kullanılabilir. Örneğin, kaynak izi, cam fiberli plastikten yapılmış parçalardaki hatayı gizlemek için kalıp yüzeyinin istenilen şekilde kumlamayarak üretimi maliyeti arttırır, fakat bu maliyet artışı basit kumlama şekli kullanılarak azaltılabilir.

3. KALIP TASARIM KRİTERLERİ

Temel kalıp tipi ve parçaları, şekil ve boyut olarak çok çeşitlilik gösterir. Bunların bazıları aynı isimlere sahiptir, bu karışıklığa sebep olabilir. Bu bölüm çeşitli münferit kalıp parçalarının listesini ve bunların fonksiyonlarını açıklar.

3.1. Kalıp Terminolojisi

3.1.1. Kalıp Göz Sayısı

Kalıp boşluğu, kalıbın içinde erimiş plastiğin gönderildiği ve soğutulduğu kısımdır. Kalıp bir boşluk ihtiva ettiğinde buna tek gözlü, birden fazla boşluk ihtiva ettiğinde çok gözlü denir. Kalıp boyutu genellikle içindeki boşluk sayısı ile ifade edilir. Kalıp boşluğu, kalıbın kapanması esnasında kalıbın erkek ve dişi kısmının oluşturduğu boşluktur Şekil 3.1 de Temel kalıp bölümleri gösterilmiştir.

3.1.2. Erkek Kalıp

Kalıbın erkek kısmı, kalıbın iç kısmını oluşturur. Bu şekilde kalıp boşluğunun oluşmasını da sağlar. Kalıp erkek kısmının bulunduğu kalıp yarımına, erkek plaka veya kalıbın erkek kısmı denir. Erimiş polimerin soğuması esnasında, çekme karakteristiğinden dolayı soğuyan baskı, kalıbın erkek kısmı üzerine çekilir, kalıbın dişi kısmından ayrılır. Bu çekme karakteristikleri kalıbın içinden parçanın atılması için iticilerin, bu kısımda yerleştirilmesine sebep olur. İtici sistemi makinanın hareketli plakasının arkasına yerleştirildiği için genellikle kalıbın erkek kısmı makinanın hareketli plakasının olduğu tarafa takılır.

3.1.3. Kalıp Boşluğu

Baskının dış yüzeyini belirler. Erkek kısmı gibi, tek plaka üzerine yerleştirilir. Yerleştirildiği plakaya da, kalıbın dişi plakası denir. Kalıbın dişi plakası, genellikle makinanın hareketsiz plakası üzerine monte edilir. Kalıp besleme sistemi genellikle kalıbın dişi kısmının üzerine

yerleştirilir. Çünkü makinanın enjeksiyon ünitesi bu taraftadır. Kalıp tasarımcıları itici sistemini erkek kalıba, besleme sistemini de dişi kalıp yarımına koyarlar.

3.1.4. Kalıbın Ayırım Çizgisini Belirleme

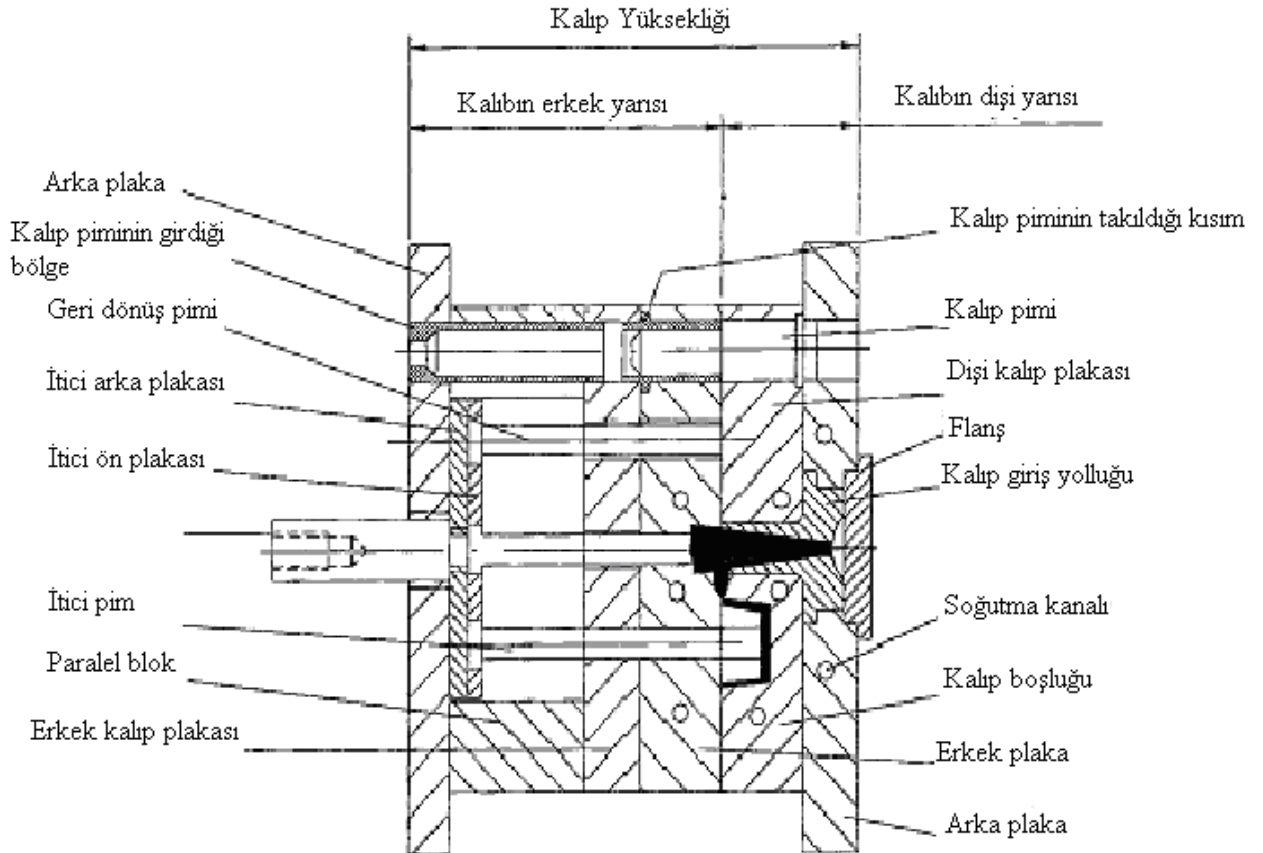
Kalıp erkek ve dişi yüzeylerinin, kalıp kapanması esnasında oluşan çizgiye denir. Şekil 3 .

2'de kalıp ayırım çizgisine örnekler verilmiştir.

a- Ayırım çizgisi, parçanın dışarı kolayca atılmasını sağlamak için aynı hat üzerinde kurulmamıştır.

b- Kalıp ayırım çizgisi, parçanın yan tarafına alınarak kalıp dizaynı basitleştirmiştir. Kalıp yapım maliyeti, yan taraftan erkek kalıp parçası çekilmek suretiyle düşürülmüştür.

c- Kalıp ayırım çizgisi parçanın ön yüzünden ayrılmış, bununla çapak gizlenmek istenmiştir. Kalıp içinde basılmış parçanın pozisyonu, erkek ve dişi kalıp boşluklarının birleşiminin karmaşıklığı ile belirlenir. Kalıp tasarımcıları kalıptaki karmaşıklığı azaltmak, basılmış parçanın kolayca dışarı atılmasını sağlamak için kalıp ayırım çizgisini basitleştirmişlerdir.

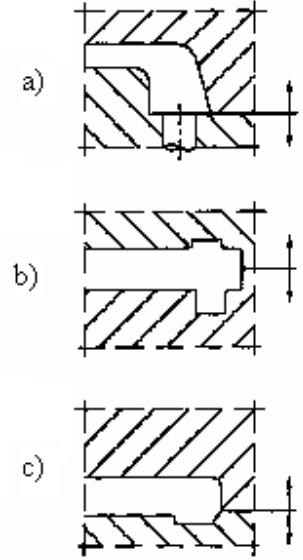


Şekil 3.1 Temel kalıp elemanları gösterilmiştir. (Beaumont ve Sherman, 2002)

a- Kalıp ayırım çizgisi parçanın dışarı atılması için ayarlanmıştır.

b- Ayırım çizgisi parça kenarına çekilerek kalıp maliyeti azaltılmış parçanın dışarı atılması kolaylaştırılmıştır.

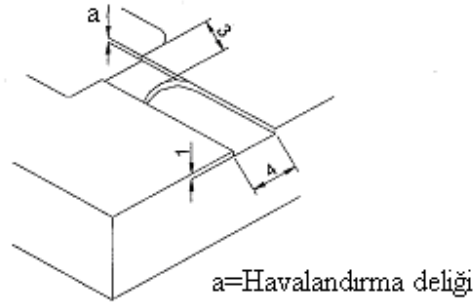
c- Ayırım çizgisi parçanın önünden uzaklaştırılıp çapak izi gizlenmiştir.



Şekil 3.2 Kalıp ayırım çizgisine örnekler; gösterilmektedir. (Osswald ve Gramann, 2007)

3.1.5. Havalandırma

Kalıbın çalışması esnasında kalıp dolma sürecinde, kalıp içine giren erimiş polimer, kalıp içindeki havanın kalıp içinde kalmasına sebep olur. Enjeksiyon kalıplarında aranan yüksek hassaslıktan dolayı, bu yakalanmış hava çoğunlukla kalıp ayırım çizgisinden kaçamaz. Bundan dolayı Şekil 3.3 'deki sığ yarık kalıp yüzeylerini birleştigi kalıp ayırım çizgisine açılarak yakalanan havanın, kalıp dolması esnasında kaçmasına imkan sağlar. Bu yarığın derinliği, havanın kaçmasına imkan sağlayacak kadar derin, fakat erimiş polimerin buraya akarak çapak oluşmamasını sağlayacak kadar da az olmalıdır. Bu münferit yarıklara havalandırma denir. Çizelge 3.1 'de en çok kullanılan polimerler için verilen havalandırma derinlikleri verilmiştir. Havalandırma derinliği kullanılacak polimerin vizkozitesi ile belirlenir. Çok düşük vizkoziteli erimiş plastik için sığ havalandırma derinliği gerektirir. Akma vizkozitesi yüksekse daha derin olur.



Şekil 3.3 Havalandırma kanal geometrisi gösterilmektedir.

Çizelge 3.1 Plastik malzemeler için malzemenin viskozite değerlerinden elde edilen havalandırma kanal derinlikleri gösterilmiştir. (Osswald ve Gramann, 2007)

MALZEME	MAKSİMUM TAVSİYE EDİLEN HAVALANDIRMA DERİNLİĞİ
PA 66	0.01/0.015 mm
ASETAL	0.015/0.02 mm
HDPE	0.015/0.02 mm
POLİPROPİLEN	0.018/0.025 mm
POLİSTREN	0.042/0.06 mm
ABS	0.042/0.06 mm
AKRİLİK	0.06/0.078 mm
POLİKARBONAT	0.06/0.078 mm

3.1.6. İtçiler

Kalıp itici sistemi karmaşıklığına ve tasarımına göre çeşitlilik gösterir. İtici sisteminin ana fonksiyonu; kalıp açılması esnasında parçanın dışarı atılmasıdır. Bu itilme esnasında düşen parça, yerçekimi ile makinadan uzaklaşır veya baskı bir şekilde makinadan alınır örneğin robot veya hava ile. Genellikle kalıbın erkek kısmına yerleştirilir. İtici sistemi enjeksiyon makinası tarafından veya kalıp açılması ile harekete geçer.

Çok kullanılan iticilerden bazıları aşağıda tanımlanmıştır.

a- İtici barı(çubuğu): İtici barı, mekanik olarak kalıp itici sistemi ile enjeksiyon makinasına bağlantılıdır. Örneğin, vidalarla veya kalıpla makina arasında bir bağlantı olmadan çarpma ile düşürülür.

b- İtici plaka: İtici bar, itici kuvveti plakanın bir noktasına gönderir. Uygulanan kuvvet, plakaya takılmış değişik parçalara dağıtılır. itici plaka, devamlı darbeye maruz kaldığı için kuvvetli bir yapıya sahip olmalıdır. Eğer plaka, yük altında esner veya eğilirse, kalıp eskimesi oluşur, bu da kalıbın kullanma süresini azaltır.

c- Destekleyici pimler ve paralel bloklar: Kalıp kapanması esnasında, itici plakaların geri gelmesini sağlar. Destek pimleri ilave olarak itici plaka sistemine kılavuzluk yapar. İtici stroku, bu iki parçanın yüksekliği ile belirlenir.

d- İtici pimler ve çubuklar: Şekil 3.1. Bu çeşit parçalar kalıbın erkek kısmı üzerinde sürekli sürtünmeden dolayı eskir. Kalıp parçaları üzerinde olan bu iticiler ve itici bıçakları, standart parça olarak kullanılır. Standardizasyon, kalıp bakım ve imalatını ucuzlatır.

e- Sıyırıcı plakanın kullanımı: Uygulanan enjeksiyon kuvvetinin basılmış parçanın çevresine eşit olarak dağılmasına, sonuç olarak da; pimlerden veya çubuklardan daha etkili bir itme yapılmasını sağlar. Bunlar genellikle ince duvarlı parçalarda, parçaların zarar görmesini engellemek için yapılır.

Sıyırıcı plaka, erkek kalıp plakasının ön kısmına yerleştirilir. Ayrıca erkek lokmanın bir uzantısı olarak da yapılır. Bu sıyırıcı plakanın hareketi, kalıbın ana pimleriyle hareket ettirilir. İtici güç, bu plakaya birkaç yolla uygulanır.

- 1- Kalıbın açılmasıyla itici plakanın çekilmesi,
- 2-İtici bar tarafından itilmesiyle çalışır,
- 3- İtici plakaların itme milleri tarafından, en direk olarak itilmesiyle çalışır.

3.1.7. Arka Plaka

Burada kalıp ayırım çizgisi kalıbın erkek ve dişi kısmının yapılma hassasiyetine bağlıdır.

Sonuç olarak; arka plakanın ayırım çizgisine bağlıdır. Arka plaka genellikle aşağıdaki fonksiyonlar için kullanılır:

- a- Her iki kalıp parçasını bir arada tutan bağlantı yeri olarak,
- b- Kalıbı makina plakasına bağlamak için yer temin etmesi,
- c- Kalıp yapımında sertliği sağlaması,
- d- Bağlantı destek kalıplarının boyutu bir kalıptan diğerine standardize edilir.

3.1.8. Yolluk Burcu

Enjeksiyon ünitesinin kalıbı doldurması için, giriş noktasıdır. Diğer görevi de makina memesi ile burç arasındaki sızıntıyı en aza indirmektir. İçeri eğimli baş kısmına sahiptir. Bu kısım çok iyi parlatılır. Eğimlendirilerek soğumuş yolluk girişinin kalıp açılması esnasında, parçanın makinadan ayrılmasını sağlar. Kalıbın erkek kısmıyla beraber atılmasını sağlar.

3.1.9. Sabitleme Halkası

Dişi kalıp plakasının arkasına açılmış yuvarlak boşluk içine konulan merkezleme halkasıdır. Bu sabitleme halkası hassas bir parçadır. Enjeksiyon ünitesi ile yolluk burcunun aynı merkezde olmasını sağlar. Olmaması halinde kullanımı esnasında memeden polimer sızması olur. Sabitleme halkası ilave olarak, yolluk burcunun üzerinde yerleştirilebilir. İyi tasarlanmamış sabitleme halkası kullanımı esnasında sızıntıya sebep olur. Buda yolluğun kalıp açılımı esnasında yolluk burcuna yapışmasına sebep olur. Veya daha kötüsü makinanın memesine aynı zamanda yolluk burcuna zarar verir. Sabitleme halkası diğer kalıp parçaları gibi, örneğin yolluk burcu ve pimler gibi standart kalıp parçası olarak değerlendirilmelidir.

3.1.10. Kalıptaki Parçaların Yerleştirilmesi

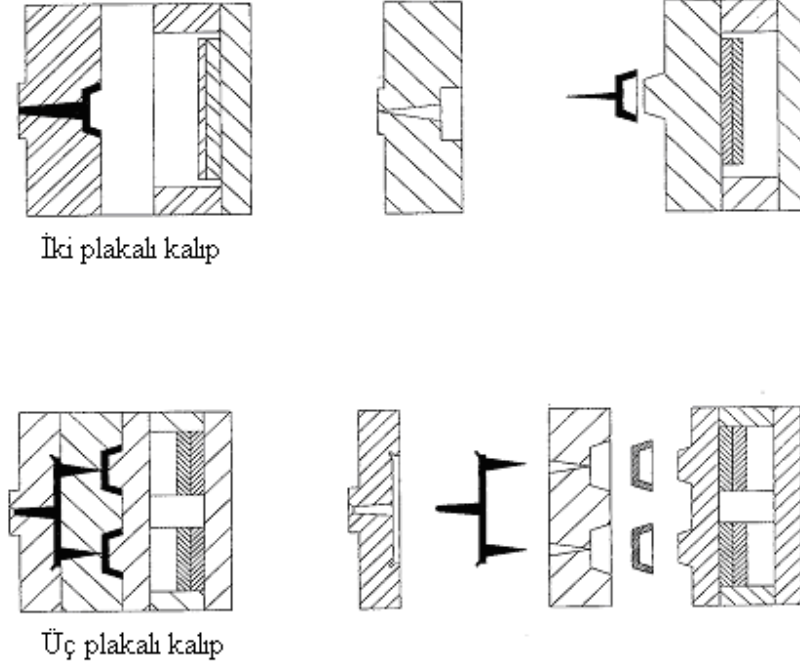
Kalıptaki parçaların uygun bir şekilde yerleştirilmesi, basılan parçanın hassaslığını ve iyi olmasını garanti eder. Kalıp bölgesi 2 kategoriye ayrılır: Ana bölge ve 2. bölge. Ana bölge genel olarak kalıp pimleri Şekil 3.1 'deki gibi, erkek ve dişi plakanın köşelerine yerleştirilmiştir. İkinci bölge parçada hassaslık istendiği zaman temin edilir. Örneğin, ince baskılı kalıplar.

Burçların eğimi, eğimli burçlar bu işlem için genellikle kullanılır. Veya çaprazlı plakalar kalıbın merkezine yerleştirilir. Bu parçalar kullanımı esnasında eskime gösterir. Bundan dolayı bu parçalara standart kalıp parçaları denir.

3. 2. Kalıp Tipleri

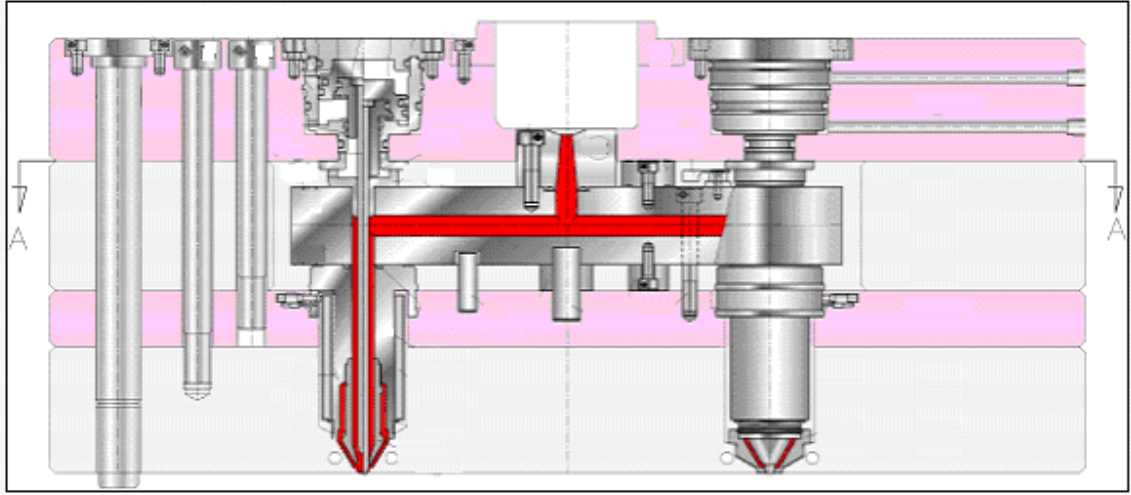
Basılacak parçadan aranılan teknik isteklere göre, enjeksiyon kalıp dizaynı çok çeşitlidir. Bundan dolayı kalıp parçalarının kategorizasyonunda genel uygulama yapılır. Bütün kullanılan kalıp dizaynları arasında iki ve üç plakalı kalıp dizaynı en çok kullanılanıdır. İki ve üç plakalı dizayn

isminden de anlaşılacağı gibi iki veya üç kalıp ayırım çizgileridir. Şekil 3.4 Kalıp dizaynlarına göre kalıp ayırım çizgilerinin pozisyonunu gösterir. İki ve üç plakalı dizaynlarda temel dizaynlara göre çok çeşitlilik gösterir.



Şekil 3.4 Kalıp dizaynına göre kalıp ayırım çizgisinin pozisyonu gösterilmiştir.
(Stoeckert ve Mennig, 1998)

a- Yolluksuz kalıp: Bunlar genellikle sıcak yolluklu kalıplar için verilen isimdir. Bunların içindeki besleme sisteminde plastik daima erimiş kalır. Yalnızca yolluk girişi, parça dışarı atılmadan önce donar. Şekil 3.5'te sıcak yolluk örneği gösterilmiştir. Resimde Kırmızı olarak belirtilen hammadde olarak tanımlanan plastik malzemedir.



Şekil 3.5 Resimde sıcak yolluk sistemine örnek gösterilmiştir. [2]

b- Parçalı kalıp (Maçalı kalıplar): Bunlarda üretilen parçaların erkek veya dişi kalıp kısmında çıkıntıları vardır. Bunların üretilmeleri esnasında maçaların parça kalıptan dışarı atılmadan önce geri çekilmeleri gerekir

c- Aynı kalıp içinde farklı parçaların üretilmesi: Örneğin model kitleri, mutfakta kullanılan parçalar. Bu tip kalıplar genellikle az sayıda üretim miktarlarında kullanılır. Kalıp maliyetlerini düşürmek için aynı kalıptan birkaç tane parça basılır.

d- Kademeli kalıp: Baskı boşluğu merkez plakanın, her iki plakanın her iki tarafına konmuştur. Bu genellikle diklemesine enjeksiyon makinalarında kullanılır. Baskı işlemleri için kullanılır.

3.3. Doğru Kalıbın Seçimi

Kalıp tasarımı ve üretim metodu tasarımcılara bildirilen çeşitli faktörlere ve isteklere göre belirlenir. Eğer kalıpla ilgili faktör ve istekler karşılanmazsa kolayca hata yapılabilir. İyi bir kalıp tasarımcısı aşağıdakiler hakkında, mümkün olduğunca fazla bilgi toplamalıdır.

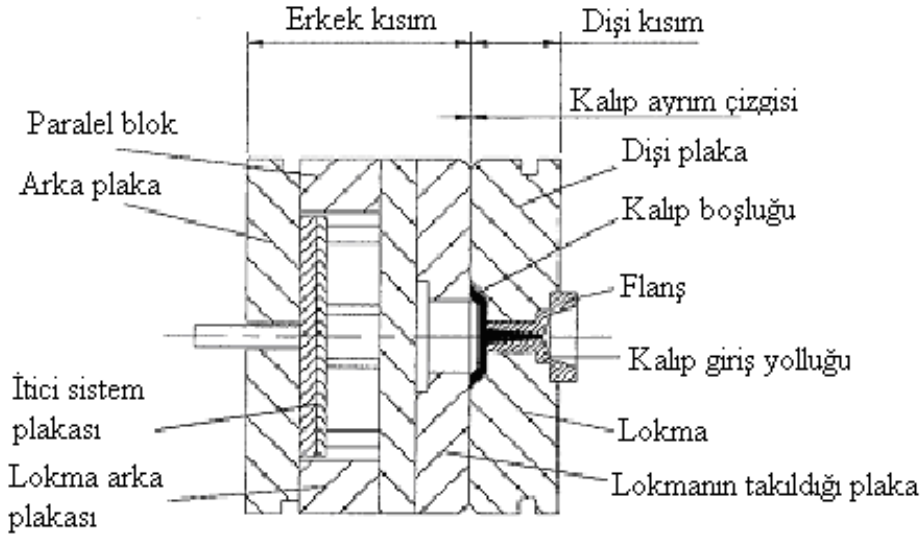
a- Parça; Müşteriden imzaladığı en son teknik çizimi almalıdır. Parça ile ilgili ticari bilgileri toplamalıdır. Örneğin, parça maliyeti, üretim esnasında istenilen gerekli mal miktarı. Bununla her bir baskı zamanı tahmin edilmelidir. Kalıptan beklenen kullanım süresi.

b- Kullanılacak malzeme ile ilgili bilgiler toplanmalıdır. Örneğin; çekmesi ve soğuması ile ilgili bilgiler, reolojik bilgileri, malzemenin termal stabilitesi vb...

c- Makina verileri: Makina ile ilgili özellikleri bilmelidir

4. İKİ PLAKALI KALIP

İki plakalı kalıp, kalıp endüstrisinde en çok kullanılan enjeksiyon kalıbıdır. Kalıp dizayncıları iki plakalı kalıbı, kullanıcıya kolaylık sağladığı için ve basit dizayn edilmesinden, dolayı tercih ederler. Standart kalıp seti kullanıldığı için, bütün bunların dışında en ucuz dizayn edilebilen kalıptır. İki plakalı kalıbın ana dizayn dezavantajları, yolluk giriş pozisyonlarındaki sınırlamalar, klasik besleme sisteminde çoklu kalıplarda kalıp boşluklarını doldurmak için balanslı yolluk sisteminde yeterli alanın olmaması ve yüksek oranda artık malzeme çıkışıdır. Şekil 3.1.1 de iki plakalı kalıbın elemanları gösterilmiştir.



Şekil 4.1. İki plakalı kalıbın elemanları gösterilmiştir. (Stoekhert ve Mennig, 1998)

4.1. Parça Yapımı

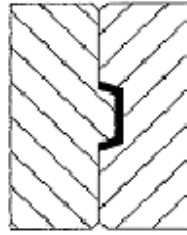
Kalıp dizayn konfigürasyonundaki en basit sistemdir, kısaca erkek ve dişi plakadan ibarettir. Bu iki kalıp parçasının birleştiği yüzeye kalıp ayrım çizgisi denilir. Bunun görevi, kalıp açıldığında parçanın dışarı atılmasını sağlamaktır. Kalıbın erkek kısmı genellikle enjeksiyon makinasının hareketli kısmına takılır; zira buraya itici sistemleri yerleştirilmiştir (genellikle hidrolik itici sistemi vardır). Bundan dolayı, kalıbın itici sistemleri kalıbın erkek tarafına yerleştirilmiştir. Kalıbın dişi kısmı enjeksiyon makinasının sabit plakasına takılır, buradan da kalıba erimiş plastik enjekte edilir. Soğutma kanalları kalıbın erkek ve dişi kısmına takılmıştır, kalıbın kullanımı

esnasında erkek ve dişi plakayı soğutur. Kalıbın her iki parçasının içine erkek ve dişi kalıp Şekil 4.2. Erkek ve dişi kısmın kalıpta yerleştirilmesine örnekler gösterilmektedir. parçaları çeşitli metotlarla yerleştirilir.

En çok kullanılan iki metot:

a- Kalıp plakası üzerine (erkek ve dişi) parçanın doğrudan işlenmesi (Şekil 4.2 a).

b- Parçayı iki ayrı lokmaya işleyip, bu lokmaları kalıp plakalarında açılmış boşluklara yerleştirme (Şekil 4.2 b).



a) Kalıp plakasına işlenmiş kalıp



b) Lokmalı tipi kalıp

Şekil 4.2. Erkek ve dişi kısmın kalıpta yerleştirilmesine örnekler gösterilmektedir. (Bryce, 1998)

Kalıp dizayncıları tarafından kalıp yapım tekniği, çok dikkatli seçilmeli ve aşağıdaki noktalar akılda tutulmalıdır.

a- Erkek ve dişi kalıp yapmanın karmaşıklığı, detaylı ve karmaşık erkek veya dişi kalıp boşluğu kalıp içine gerçekçi bir şekilde yerleştirilemez. Bunun yerine erkek ve dişi kalıp boşluğu lokmaların üzerine işlemek bazı avantajlar sunar. Bunlar kalıbın kolay servis yapılabilmesi, yüksek parça işleme hassaslığıdır.

b- Çıkmış üründe aranan hassaslık: İyi standartlar ve iyi standartlardaki parça hassaslığını sağlamak için, parça dizaynı parça detaylarını erkek ve dişi kalıp boşluğunda münferit olarak işlemeye imkan sağlamalıdır. Erkek ve dişi lokma kullanmak, kalıp yapımına hassas kalıp yapma imkanı sağlar.

c- Kalıp soğutmada aranan özellikler: Lokma şeklinde parçaların kullanımı kalıp yapmada hassaslığı ve parça işleme maliyetini düşürmesine rağmen, kalıp soğutma yönünden problemler çıkar. Bu genelde kalıp soğutma ve lokma çevresindedir. Eğer kalıbın kullanımı esnasında ısının kontrolsüz olarak artmasına müsaade edilirse, basılan parçanın kalitesi ters yönde çekme, parça yamulması şeklinde etkilenir.

d- Kalıp montaj metodu: Kalıp parçalarının hassas bir şekilde montajı kalıp kapama ve kilitlemesi esnasında kalıbın zarar görmemesi için gereklidir. Eğer kalıp kırılmaya müsait lokma özelliğine sahip ise, kalıp içindeki lokmalar öyle ayarlanmalıdır ki bunların kalıp kullanımından zarar görmesi engellenmelidir. Kalıp koruma özellikleri aşağıdaki şekilde kalıp dizaynına sahiptir.

I) Erkek ve dişi kalıp lokmaları kalıp kapanması esnasında, birbirinin içine girmeden evvel, kalıp burçlarının birbirinin içine girmesi sağlanmalıdır.

II) Bu kalıp ve mil burçlarının eğimleri, kalıp erkek ve dişi lokmalarının eğiminden az olmalıdır. Bu, kalıp kapanması esnasında ve kalıp kapanmadan hemen önce, yükün bu millerin üzerinde olmasını sağlar.

III) Erkek ve dişi kalıp lokmalarının eğim açıları, mil ve burçların kontak (dokunma) açısından ufak olursa, kalıp kapatma parçaları daha yumuşak ve daha az kırılğan çelikten imal edilmelidir.

IV) Eğer parça dizaynı, kalıp boşluğu eğim açısının maksimum olmasına, özellikle sert polimer basıldığında (örneğin: polikarbonat) müsaade ediyorsa, kalıp içi eğim açısını arttırmak, kalıp açıldığında basılan parçanın kalıp içine yapışmasını azaltır. Kalıp içine parçanın yapışması kalıbın kapanması esnasında kalıbın erkek-dişi kısmına zarar verir.

e- Kalıbın boyutları: Büyük dişi ve erkek kalıp plakası genellikle klasik kalıp işleme makinesinde işlenemeyecek kadar büyüktür (örneğin freze, taşlama vb.) özellikle bu detaylı kalıp işlemede zorluk çıkarır. Eğer pahalı kalıp işleme engellenecekse, lokma takılarak kalıp dizaynı kullanılır veya kalıbın yapılması esnasında çapak oluşumu engellenecekse, lokmalı dizayn kullanılır.

f- Isıl işleme ilgili: Kalıbın erkek ve dişi kısmı kullanımı esnasında, eskimesini azaltmak için yeterince sert olması için ısı işleme ihtiyacı duyar. Kural olarak plakalar sertleştirilmez. Bundan dolayı erkek ve dişi kalıpta sertlik aranıyorsa, lokmalı dizayn kullanılır.

g- Kalıp bakımıyla ilgili: Kaliteli kalıbın servisi, çoğunlukla kalıbın üretimde kullanılamaması ve sökülüp takılması nedeniyle pahalı bir uygulamadır. Kalıbın servise uygun ve kalıp bakımının daha kısa sürede olması için aşağıdaki şekilde dizayn edilmelidir.

I) Eskimenin çok olduğu yerlerde, standart kalıp parçalarının kullanımı örneğin, itici pimler ve burçlar, kalıp pimleri ve burçları, kalıp giriş yoluğu (sprue) burcu, standart boyutlu (büyükükte) ısıtıcılar vb.

II) Çok zor eskiyen, özellikle erkek ve dişi lokmaları kullanmak örneğin: kapanan yüzeylerde. Yolluk girişlerinin(gate) münferit lokmalara (ayrı) yerleştirilmesi.

III) Ön yüzeylerdeki eskimeyi engelleyici özellikleri kullanması için, örneğin: bağlantı vidası veya erkek ve dişi çehresini plakaların ön yüzeyinden koruma. Bu koruyucu parçalar, kalıbı makineden çıkarmadan değiştirilebilir.

IV) Eskiye kısımların dizaynını, parçanın hassaslığına ve karmaşıklığına göre basitleştirme.

h- Dizayn esnekliği: Belirli ürünleri üretirken örneğin: Şişe, kap ve kapak, kalıp parçalarında yüksek dizayn esnekliği istenir. Üretim esnasında veya yeni bir prototip denemesi esnasında, paketleme endüstrisinde sıkça aranan özellik, lokmaların makine üzerinde değiştirilebilmesidir. Bundan dolayı kalıp dizaynı kalıba kolayca ulaşabilme ve kalıbın montajında minimum zaman gerektirecek şekilde dizayn edilir.

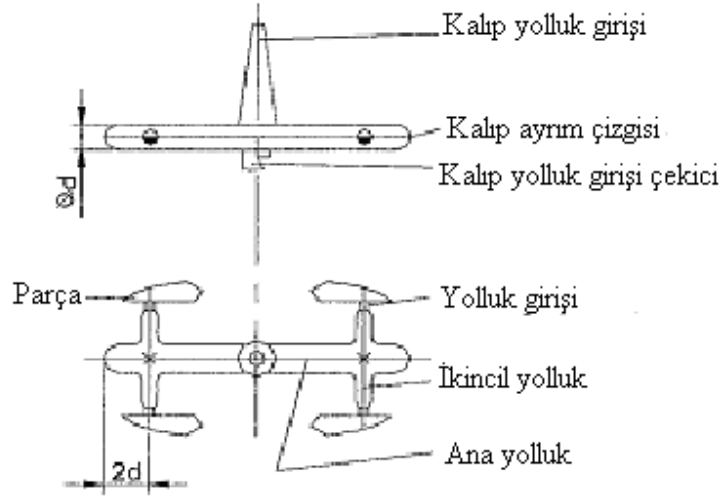
i- Proje üzerindeki finansal baskı: Dizayn mühendisleri projelerine başlamadan önce, bu projedeki finansal maliyeti tam olarak bilmeleri gereklidir. Projesi yapılan kalıp ömrü, üretilecek parçaya göre hesaplanmalıdır. Örneğin, uzun ömürlü kalıp yapmak için sertleştirilmiş erkek ve dişi kalıp parçaları gereklidir. Bunu da yapmak, makinede işleme, parlatma yönünden maliyeti arttırır. Kısa süre kullanılacak kalıp için sertleştirilmiş kalıp yapmaya gerek yoktur, bu da daha kısa zamanda daha ucuz kalıp yapma imkanı sağlar. Fazla kullanılmayacak kalıpların dizaynında ve üretiminde, fazla para harcanır veya bunun tersi olarak uzun süreli kullanılacak kalıptaki, çok çabuk eskimede parça değiştirme yönünden para israfı demektir.

5. YOLLUK VE YOLLUK GİRİŞİ DİZAYNI

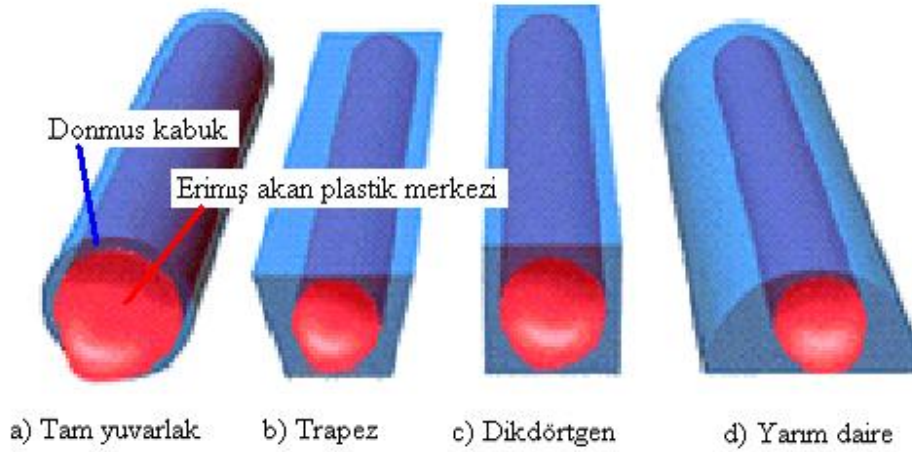
Kalıp dizayn mühendisleri için, kalıp boşluğunu doldurmanın önemi büyüktür. Besleme sistemlerinin geometrisi, uzunluğu, boyutu ve hacminin kaliteli parça üretime direkt etkisi vardır. Erimiş plastiğin aktığı yolun mümkün olduğunca kısa, düzgün ve en az dönemeçli olması aranır. Temel kalıp besleme sistemi üç parçadan ibarettir. Kalıp giriş yolluğu (Sprue), yolluk (Runner), yolluk girişi (Gate)

5.1. Donarak Akma Karakteristiği (Freeze Flow Characteristics)

Etkin kalıp besleme sistemi dizaynında, dizayn mühendisleri, erimiş plastiğin akma tabiatını anlaması ve bunun akma kanal geometrisine etkisine, basınç transferi ve akma etkinliği yönünden etkilerini anlaması gerekir. Sıcak erimiş polimer, soğuk metal kalıpla kontak kurduğu zaman, örneğin: yolluk (runner) polimerin yüzeyi donarak kabuk oluşturur. Bu donmuş kabuk termal izolatör gibi hareket ederek, erimiş plastiğin merkezinin sıcak kalmasını ve akmasını sağlar. Besleme kanallarının geometrisi, bu donmuş kabuğun şeklini belirler, akma hacmindeki düşmeye bağlı olarak basınç düşmesi olur. Akma donma karakteristikleri, yolluk geometrisi tarafından belirlenir ve bunların kanaldaki plastik akma oranına ve basınç iletimine etkisi vardır. Burada gösterilen kesit profili düz yüzeyi gösterir veya açısız olarak gösterilir. Örneğin: dört köşe, dikdörtgen ve yarım daire şeklindeki, yolluklar akma donma karakteristiklerinden dolayı fazla tercih edilmez. Şekil 5.1. Temel kalıp besleme sisteminin bölümleri gösterilmiştir. Şekil 5.2. de Yolluk giriş geometrileri gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Temel kalıp besleme sisteminin bölümleri gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Yolluk giriş geometrileri gösterilmiştir. [1]

Bu tip yollukların etkin akma hacimlerinde azalma olur ve bu tip kanallarda, basınç düşmesi fazladır. Baskıdaki kalıp içi basınç kontrolü azalır. Yolluk sisteminin kesiti, ayrıca yolluk sistemini dışarı atmak için gerekli itici kuvvetlerin üzerine etkisi vardır. Eğimli veya açılı şeklindeki yolluklar örneğin, yarım ve tam yuvarlak veya trapez kesitli yolluklar, kalıptan atılması esnasında daha az kuvvete ihtiyaç duyar. Tam yuvarlak yolluk sistemi, diğer yolluklara göre daha iyi akma ve kalıptan atılma karakteristiklerine sahiptir. Fakat bu yolluğun her bir yarısının, bir kalıp plakaya işlenmesinin zorluğundan dolayı yapılmaları pahalıdır. Tam yuvarlak yolluk

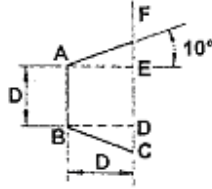
yapmak yerine, makul akma ve kalıptan atılma karakteristiğine sahip tabanı eğimli trapez yolluk daha ucuza yapıldığından, kullanılabilir. Özel freze çakısı, yolluk yapımı esnasında yolluk açmada kullanılır.

5.1.1. Yolluk Etkinliklerinin Hesabı

I)

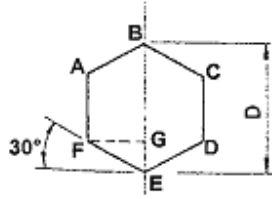
$$\frac{\text{alan}(c.s.a)}{\text{çevre}(s.a)} = \frac{1/4 \pi D^2}{\pi D} = 0.25D$$

II)



$$\begin{aligned} DC &= D \tan 10^\circ, BC = D/\cos 10^\circ \\ c.s.a. &= D^2 + D^2 \tan 10^\circ = D^2 (1 + \tan 10^\circ) \\ s.a. &= 2D + 2D/\cos 10^\circ + 2D \tan 10^\circ \\ \frac{\text{alan}(c.s.a)}{\text{çevre}(s.a)} &= \frac{D^2 (1 + \tan 10^\circ)}{2D(1 + (\cos 10^\circ)^{-1} + \tan 10^\circ)} \\ &= 0.268D \end{aligned}$$

III)



$$\begin{aligned} F &= (D/4) \tan 30^\circ \\ c.s.a. &= D^2(1.5)/4 \tan 30^\circ \\ s.a. &= 6(D/2) = 3D \\ \frac{\text{alan}(c.s.a)}{\text{çevre}(s.a)} &= \frac{D}{8 \tan 30^\circ} = 0.216D \end{aligned}$$

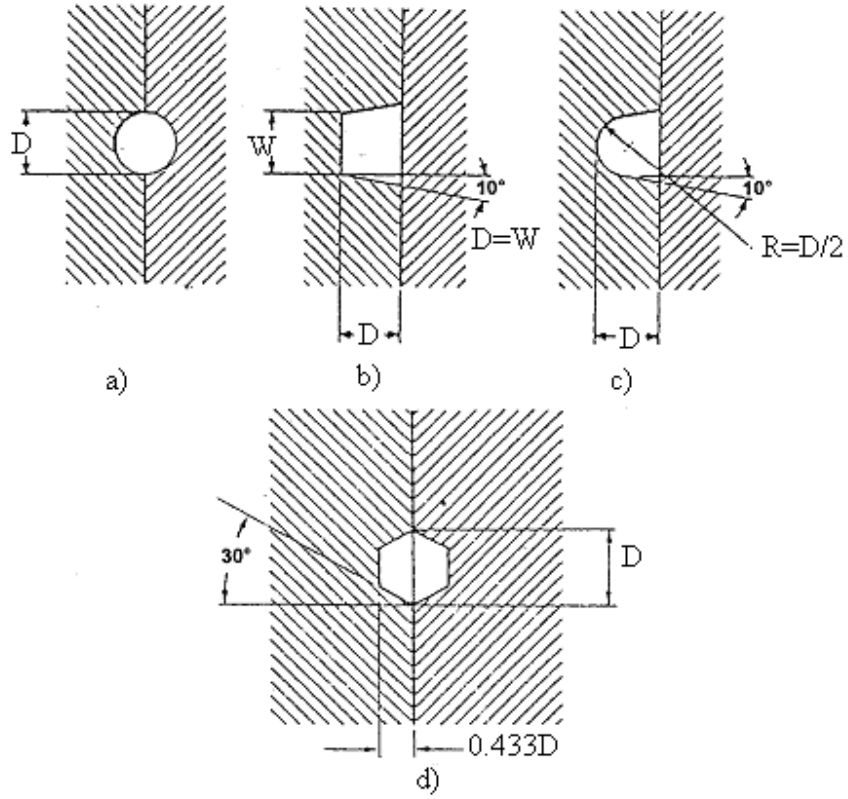
IV)



$$\begin{aligned} \text{alan}(c.s.a) &= D^2/2 \\ \text{çevre}(s.a) &= 2D + D = 3D \\ \frac{\text{alan}(c.s.a)}{\text{çevre}(s.a)} &= \frac{D^2}{6D} = 0.167D \end{aligned}$$

Şekil 5.3. En çok kullanılan yolluk çeşitleri gösterilmiştir. a) yuvarlak b) trapazoidal c) yarım daire d) altıgen .

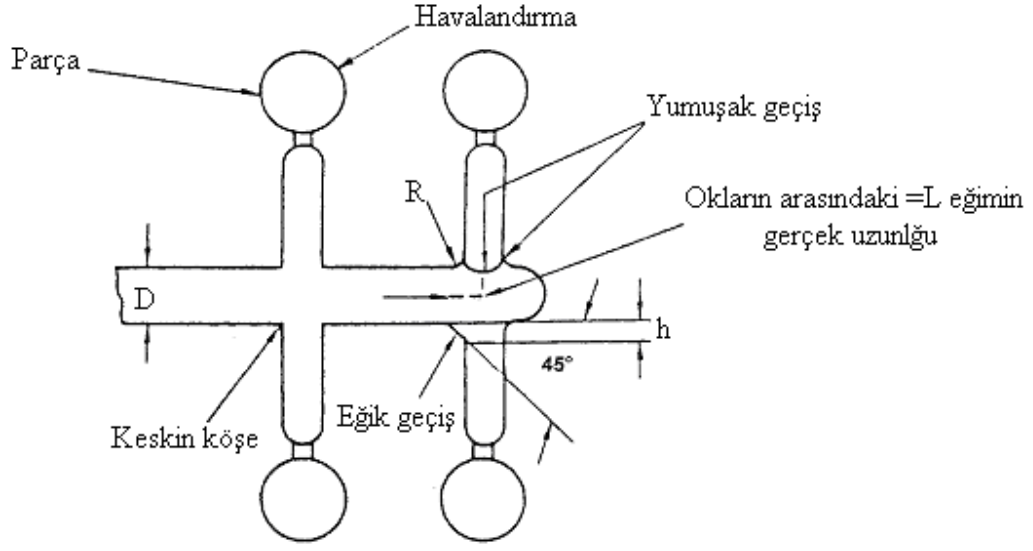
Şekil 5.4. Çeşitli yolluk tiplerinin plastik akışındaki etkinliği gösterilmiştir. Değer arttıkça yolluk etkinliği artar.



Şekil 5.3. En çok kullanılan yolluk çeşitleri gösterilmiştir. a) yuvarlak b) trapezoidal c) yarım daire d) altıgen

Daire	Kare	Yarım-Daire	Dikdörtgen						
Daire 0-25 D	Kare 0-25 D	Yarım-Daire 0-135 D	d= <table border="1"> <tbody> <tr> <td>$\frac{D}{2}$</td> <td>0-166D</td> </tr> <tr> <td>$\frac{D}{4}$</td> <td>0-1D</td> </tr> <tr> <td>$\frac{D}{6}$</td> <td>0-71D</td> </tr> </tbody> </table>	$\frac{D}{2}$	0-166D	$\frac{D}{4}$	0-1D	$\frac{D}{6}$	0-71D
$\frac{D}{2}$	0-166D								
$\frac{D}{4}$	0-1D								
$\frac{D}{6}$	0-71D								
Oran=Alan/Çevre									

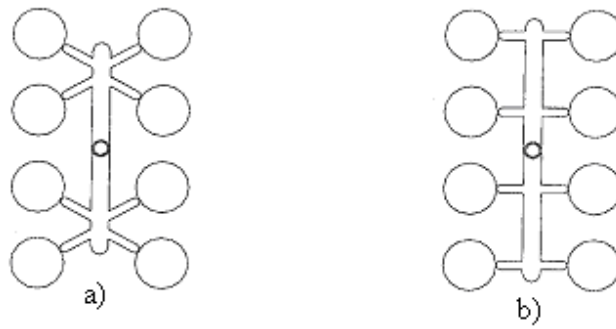
Şekil 5.4. Çeşitli yolluk tiplerinin plastik akışındaki etkinliği gösterilmektedir.



Şekil 5.5. Yolluk eğimlerinin etkin uzunlukları. D 'nin $R=1/3$ ile $1/2$ si için etkin uzunluk L . Keskin köşeler için etkin uzunluk $25L$. Eğik geçişli köşeler için etkin uzunluk $2.5L$

5.2. Yolluk Şekli

Kalıp dizayncıları tarafından yapılan, yolluk planı ve şekli aşağıdaki özellikleri yerine getirmelidir. Şekil 5.6. da dengeli (balanslı) ve dengesiz (balansız) yolluk şekilleri gösterilmektedir.



Şekil 5.6. a)Balanslı ve b) balansız yolluk şekilleri gösterilmektedir.

- a-** Her kalıp boşluğuna eşit basınç nakledilmesini sağlamalıdır.
- b-** Her kalıp boşluğuna giren yolluğu mümkün olduğunca kısa yapmalıdır.
- c-** Kalıptan kolayca atılmalarını sağlayacak şekilde olmalıdır.
- d-** Uygun şekilde fonksiyonunu yerine getirirken, en düşük ağırlıkta olmalıdır. (lowest possible shotweight)

Yolluk planlamasında iki temel yolluk sistemi vardır.

- 1) Dengeli (balanslı) basınç transfer dizaynı.
- 2) Dengesiz (balansız) dizayn.

Yolluk seçiminde, üretilecek üründe aranan kalite, önemli bir faktördür. Balanssız yolluk sisteminde, kalıp giriş yolluğuna yakın, kalıp boşluğunun önce dolma eğilimi vardır. Bu durumda, kalıp giriş yolluğuna yakın kalıp boşluğuna, gereğinden fazla malzemenin dolması (over packing) meydana gelirken, kalıp giriş yolluğundan uzak noktadaki kalıp boşluğuna da yeterli plastik dolmaz. Sonuç olarak; çıkan üründe, farklı ağırlıklar (shot weight) oluşur ve boyutlarda farklılıklar oluşur. Kalıbın, balanssız dolma özelliğinden dolayı kalıpta çapak oluşma ihtimali artar ve bunun kontrolü zorlaşır, zamanla kalıp yüzeyinde çökme oluşabilir. Kalıp doldurmanın balanssız olduğu durumlarda, her kalıp boşluğundaki basınç düşmesi her bir yolluk girişinin boyutları değiştirilerek eşitlenebilir veya yolluksuz kalıplarda (sıcak yolluklarda), yolluk giriş pozisyonuyla balanslı doldurma sağlanabilir. Bütün yolluk sistemleri ve bütün yan yolluklar veya bağlantılar, mümkün olduğunca basınç düşmesini minimize etmek için yuvarlanmalıdır, eğimlendirilmelidir. Yolluğun sonuna, erimiş akan plastiğin önündeki daha az sıcak plastiği, hapsetmek için boşluk yapılmalıdır. Bu daha az soğuk plastik parça içinde kaynak etkisi yapar. Boşluğun boyu, yolluk çapına eşit olmalıdır.

5.3. Yolluk Giriş Pozisyonu ve Dizaynı

Kalıp boşluğuna, erimiş polimerin aktığı yola göre, yolluk girişinin bulunduğu yer önemlidir. Yolluk giriş bölgesinin seçilmesinde göz önüne alacağımız diğer faktörler aşağıda belirtilmiştir.

- a-** Baskının estetik görünüşü.
- b-** Kalıba tekrar yolluk girişi takılması.
- c-** Baskının kompleksliği (karmaşıklığı).
- d-** Kalıp ısıtma.
- e-** İşlenecek polimerin özelliği.
- f-** Yolluk girişinden beslenen polimerin hacmi ve besleme oranı.

g- Kaynak izinin oluşacağı yerin önemi.

h- Kalıp doldurma eğrisinin sonucu olarak, kalıp içinde gazın çıkamadığı ve bu gazın bulunduğu bölge.

Daha önce belirttiğimiz bütün noktaları göz önüne aldıktan sonra, yolluk girişinin pozisyonunu, kalıp yapımına başlamadan belirlemek gerekir.

Eğer baskı, klasik beslemeyle doldurulacaksa, örneğin, sıcak yolluksuz, yolluk giriş yeri opsiyonu iki plakalı kalıp dizaynındaki sınırlamalardan dolayı kısıtlanmıştır. Bu sınırlama, yolluk girişinin kalıp ayırım çizgisindeki tek bir yüzeye yerleştirilmesinden dolayıdır. İki plakalı kalıp dizaynını, yolluk giriş pozisyonu yönüyle diğer sistemlerle karşılaştırıldığı zaman kalıp dizayncısı üç plakalı ve yolluksuz kalıp dizaynını seçerek, istenilen yolluk giriş bölgesini tayin edebilir.

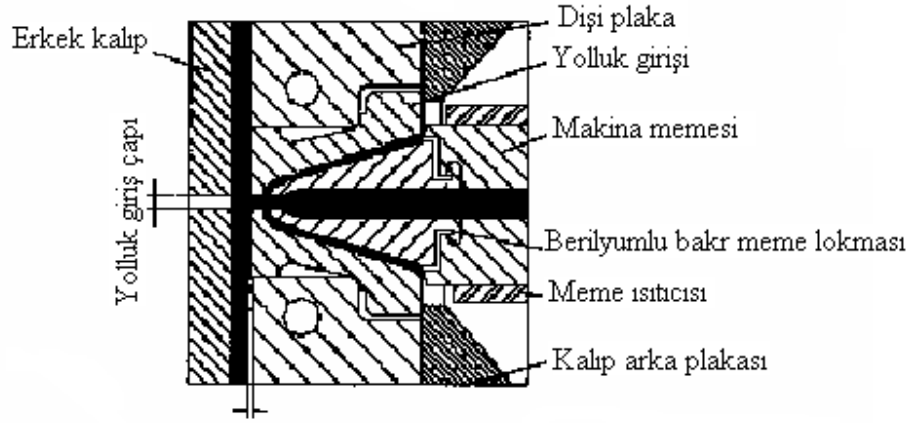
5.4. Yolluk Giriş Tipleri (Gate)

Yolluk giriş bölgesi kararlaştırıldıktan sonra, doğru yolluk giriş dizaynı ve geometrisi seçilir. Yolluk giriş dizaynı kullanılma yerine göre farklılık gösterir. Yolluk giriş bölgesinin tespitinde, etkili olan faktör aynı zamanda yolluk giriş dizaynına da etki eder. Tek gözlü kalıplarda veya büyük tek parçalı baskılarda direkt besleme, yolluk giriş (feed gating) sistemi benimsenir. Bu durumlarda makina memesi (nozzle) direkt baskıya plastik gönderir, sonuç olarak yolluk sistemine (runner) ihtiyaç yoktur. Baskıyı düzgün şekilde, kaynak izi oluşmadan, doldurmak için direkt besleme yolluk girişi, parçanın geometrik merkezine yerleştirilir. Örneğin, çöp kovası, kova, kap vb.

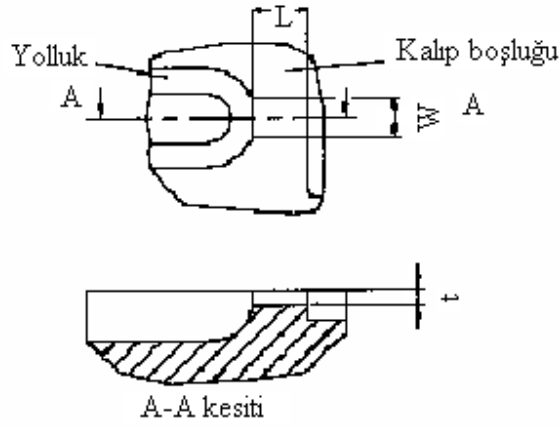
5.5. Kenar Yolluk Girişi (Edge gate)

Kenar yolluk girişi, en basit yolluk giriş dizaynıdır ve kolayca işlenebilir, genellikle, frezeyle bir paso alınarak yapılır. Kenar yolluk girişinin yapımının kolay olmasına rağmen kullanım alanı sınırlıdır, çünkü bu dizaynın kalıp doldurma karakteristiği iyi değildir. Yolluk giriş geometrisi, erimiş plastiğin kötü bir şekilde girişte yayıldığını gösterir. Bazı durumlarda, erimiş plastik kalıp girişindeki akışında hiç yayılmaz, solucan gibi kıvrılarak ve fışkırarak akan plastik, parça içinde kıvrımlar oluşturur. Bu durumların sonucu, baskının kuvveti azalır ve parça yüzeyi kötü olur. Kenar yolluk girişi, eğer parçada çok iyi kalite veya estetik aranmazsa kullanılır. Yolluk giriş

yerinde herhangi bir yırtılma (gate scar) olduğunda, kapının değiştirilmesi istenebilir. Şekil 5.7. de direk yolluk giriş örneği gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Direk yolluk girişine örnek gösterilmektedir. (Gerdeen, Lord, Rorrer ve Ronald, 2005)

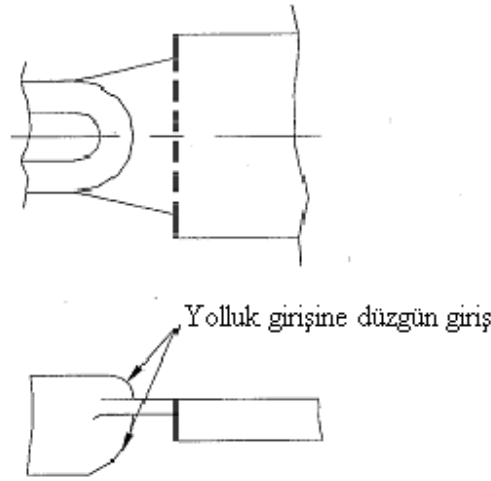


Şekil 5.8. Yolluk kesiti gösterilmiştir.

Şekil 5.8. Kenar yolluk geometrisi W , yolluk giriş genişliği, erimiş plastiğin akma şekline parça girişinde etki eder. L yolluk giriş uzunluğu yolluk girişindeki basınç düşmesine etki eder. t yolluk giriş derinliği yolluktan geçen plastik miktarına etki eder.

5.6. Fan Yolluk Girişi (Gate, Kapı)

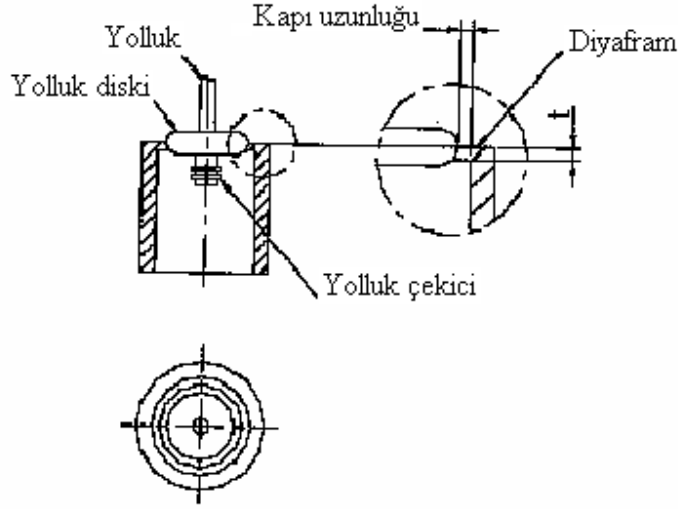
Fan kapı kenar yolluk girişinin şekillendirilmiş halidir. İnce parçaları doldurmakta kullanılır. Erimiş plastik kapıdan yayılarak girer, bunun sonucunda kalıp doldurma işlemi düzgün olur. Fan kapı, parçanın yamulmasını azaltır ve parçanın düzgün yüzeyli çıkmasına yardımcı olur. Etkili sonuç almak için, kapının parçayla kontak yüzeyinin büyüklüğü, besleme yolluğunun (feed runner) kesitinden büyük olmamalıdır. Büyük yolluk giriş alanından dolayı, yolluğun kesilmesi veya koparılması esnasında hafif yolluk giriş (kapı) izi problem olabilir. Şekil 5.9 Sıradan fan yolluk giriş geometrisi gösterilmiştir.



Şekil 5. 9 Tipik fan yolluk girişi

5.7. Diyafram Kapı (Diaphragm Gate, Yolluk Girişi)

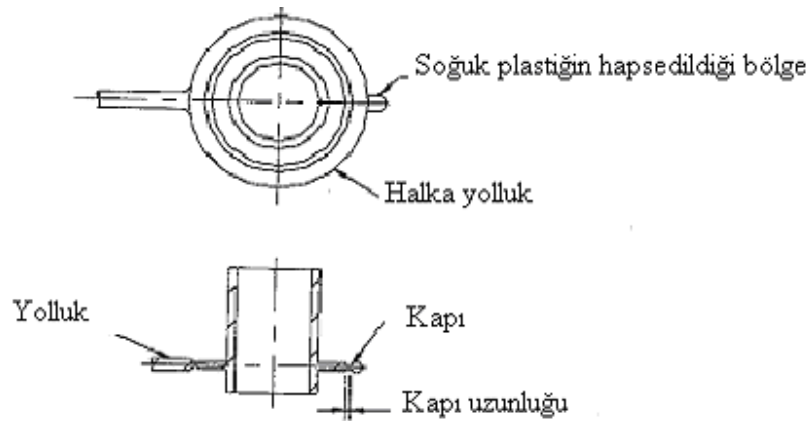
Diyafram ve disk kapı silindirik veya içi boş parçalarda, konsantiriklik ve kaynak kuvveti istendiği zaman kullanılır. Balanslı kalıp doldurma için minimum yolluk giriş uzunluğu (land length) 0,5-1 mm (genel olarak) tavsiye edilir. Disk şeklindeki kapının parçadan alınması esnasında, parça kenarında keskinlik oluşur. Kapıyı baskının içine pozisyonlandırmak, baskı sonrası operasyonları azaltır. Şekil 5.10 Tipik bir diyafram yolluk geometrisi gösterilmiştir.



Şekil 5.10. Diyafram kapı yolluk giriş şekli gösterilmiştir. (Olmsted ve Davis, 2001)

5.8. Halka Kapı

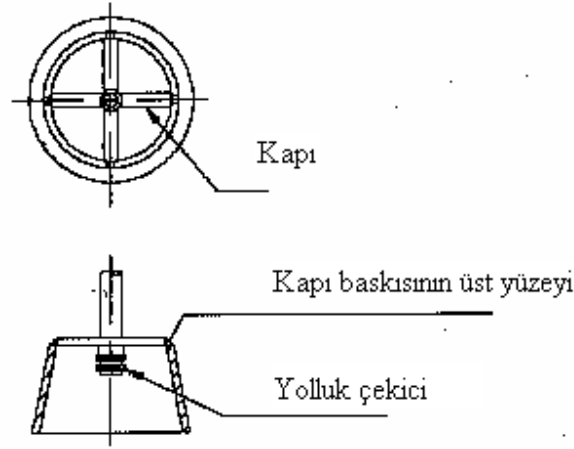
Halka kapı, genellikle silindirik ve İçi çapının boyutlarının dış çaptan daha önemli olduğu parçalarda kullanılır. Yolluk kısmı ilk önce dişi kalıba açılır ve sonra bunun karşısı, erkek kısma açılır ve yolluk giriş uzunluğu, bu yolluktan parçaya doğru açılır. Kapı derinliği, genellikle kalıp denemesiyle belirlenir. Sığ kapı derinliği, kalıp dolma kontrolünü azaltırken, kalın kapıda yolluğun koparılması problemi doğurur ve bu maliyeti artırır. Şekil 5.8 Halka kapı yolluk girişine örnek gösterilmiştir.



Şekil 5.8. Halka kapı yolluk girişi gösterilmiştir. (Olmsted ve Davis, 2001)

5.9. Yolluk Kapı

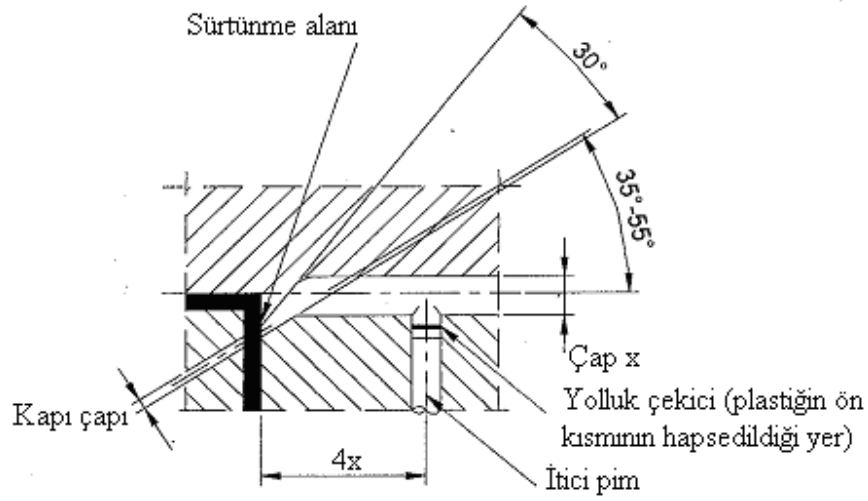
Yolluk girişi, baskının diyafram veya halka kapıya göre çok büyük olduğunda kullanılır. Bu kapı, diğer iki dizayna göre daha fazla polimerin akmasına olanak verir. Bu durumda akmadaki hacimsel artışla, akma kontrolü nedeniyle parça hassaslığı ve kaynak kuvveti azalmıştır. Bu dizayn silindirik kalın, büyük ağırlıkta enjeksiyon (high shot weights) gerektiren parçaların yapımına uygundur. Büyük kapı ayağı baskı sonrası makinayla kesme gerektirir. Şekil 5.9 yolluk kapı girişine örnek gösterilmiştir.



Şekil 5.9 Yolluk kapı girişine örnek gösterilmiştir. (Olmsted ve Davis, 2001)

5.10. Tünel veya Dalgıç Kapı

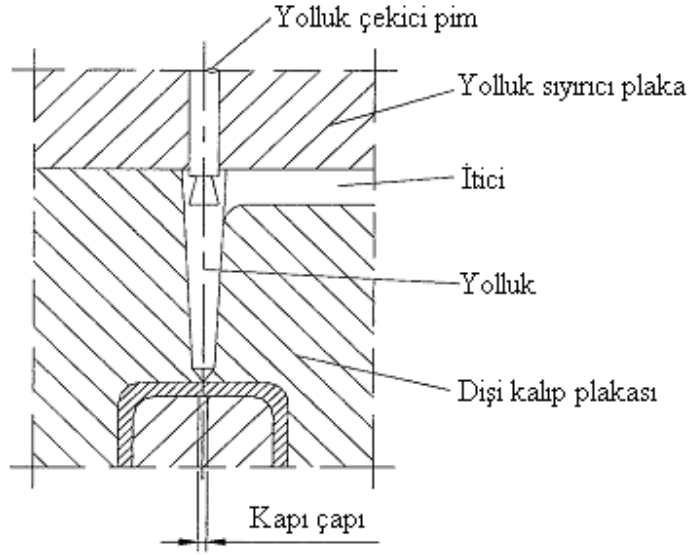
Tünel kapı, baskı sonrası kapının parçadan otomatik olarak kopmasına imkân sağlar. Kapı, enjeksiyon işlemi esnasında parçadan koparılır. Tünel kapı çapları fiber takviyesiz plastikler için 0,5-0,8 mm fiber takviyeli çeşitleri 2 mm + değerdedir. Bu dizaynda, kapının gömülü olması nedeniyle, kalıp içinde gazın kaçamaması ve bunun sonucu yanmalar, baskıda problem oluşturur. Tünel kapı dizaynına sahip, kalıba uygun havalandırmanın yerleştirilmesi akılda tutulmalıdır. Kapının kopma izi (gate scar) parça yüzeyinde kalabilir, bunun boyutları (izin), kapı kullanıldıkça artar. Şekil 5.10. Tünel yolluk girişi gösterilmektedir.



Şekil 5.10 Tünel kapı yolluk girişi gösterilmektedir. (Malloy, 1994)

5. 11. İğne Yolluk

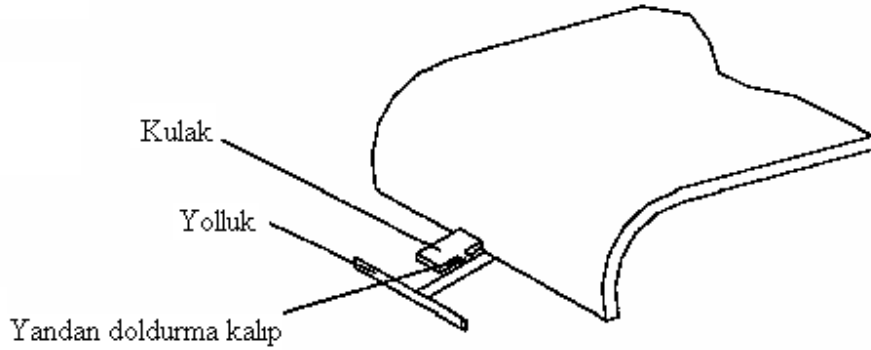
Üç plakalı kalıplar için, katkısız plastikler için iğne yolluk girişi boyutları 0,8-2 mm ve katkılı plastikler için 2,5-3 mm arasındadır. Bu tip kapı kullanımı esnasında otomatik olarak kapının kopmasına imkan sağlar. Kapı uzunluğu (land) ve boyutu kapının parçadan düzgün kopması için azaltılmıştır. Kapı kopması, genellikle yollukları arkasından çekerek koparmak suretiyle sağlanır, bu da genellikle emici (sucker) veya yolluğun arkasına gömülmüş çekici (puller) pimlerle yapılır. Kapı uzunluğu ve kalınlığındaki azalmadan dolayı, iğne kapı kolayca zarar görebilir ve devamlı şekilde, katkılı plastik kullanıldığı zaman eskimeye eğilimlidir. Şekil 5.11 İğne yolluk girişine örnek gösterilmiştir.



Şekil 5.11. İğne yolluk girişine örnek gösterilmiştir.

5. 12. Kulaklı Kapı (Tab Gate)

Kulaklı kapının yandan doldurma etkisi, plastiğin kalıp içinde yılan gibi akmasını (jetting) azaltır. Kulaklı kapı, büyük dekoratif parçaların yapımında estetik görünüşün önemli olduğu yerlerde kullanılır, alet kutusu vb. Düzgün doldurma (karakteristiği) gerilimin soğuma esnasında oluştuğu parçada bozulma (distortion) veya parçanın yamulma etkilerini azaltır. Kulak kısmının parçadan koparılması pahalı bir operasyondur. Bundan dolayı parçanın öyle bir yerine konulmalıdır ki, parça basıldıktan sonra orada bırakılabilir ve öyle bir yerde olmalıdır ki, herhangi bir kullanım fonksiyonu olsun. Örneğin, kulak kısmını tutarak parçayı boyama ve buna benzer işler için kullanılabilir.



Şekil 5.12 Kulaklı kapı (Tab kapı) yolluk girişine örnek gösterilmiştir.

6. KALIP SOĞUTMA

Enjeksiyon baskıdaki temel prensip, sıcak plastiği kalıp içine gönderip kalıp boşluğunun şeklini alarak bu şekilde kalacak kadar, soğuyup sertleşmelidir. Kalıp sıcaklığı, baskı süresini belirleyeceğinden önemlidir. Sıcak kalıpta erimiş plastik, kolayca akmasına rağmen, baskının soğuyup kalıptan dışarı atılabileceği sıcaklığa düşme süresi uzar. Bunun tersi olarak, soğuk kalıpta erimiş plastiğin soğuması çabuk olur, bazı durumlarda kalıbı doldurmadan soğuyup sertleşir. Bu iki durum arasında bize en uygun baskı süresini elde ederiz. Belirli kalıpların kullanıldığı sıcaklık, belirli faktörlere bağlıdır, bunlar aşağıda belirtilmiştir. Baskıda kullanılacak plastik tipine ve çeşidine, kalıp boşluğundaki plastiğin akma uzunluğuna, baskının duvarlarına, yollukların uzunluğuna vb. Kalıp sıcaklığını, kalıbı doldurmak için gerekli sıcaklığın üzerinde tutarak kullanılmasının baskı yüzeyinin güzel olması ve kaynak izinin etkisinin azaltılması vb. durumlar bakımından avantajlı olduğu görülmüştür. Kalıp sıcaklığını belirlenen sıcaklıkta tutmak için kalıp içinde açılmış kanallarda su (veya başka) sıvılar dolaştırılarak sağlanır. Bu kanal ve deliklere soğuma yolları ve bu sisteme soğutma devresi denilir. Kalıp dolma esnasında en sıcak erimiş plastik, kalıp girişinde ve en soğuk erimiş plastik, yolluk girişinden en uzak noktadır. Soğutma suyunun sıcaklığı, bu kanallardan geçtikçe artar, bundan dolayı baskıda eşit soğuma sağlamak için, kalıbın sıcak bölgelerine soğuk sıvı ve parçanın soğuk kısımlarına sıcak (ısıtılmış) sıvı girişi sağlamak gereklidir. Bununla beraber ilerde tartışılacağı üzere ideal soğutma sistemini bulmak zordur ve tasarımcılar gereksiz pahalı baskıya engel olmak için, mantıklarını kullanarak soğutma devrelerini planlarlar. Kalıpta su sirkülasyonu için gerekli üniteler piyasada standart olarak bulunur. Bu Soğutma üniteleri kalıba esnek hortumlarla bağlanır. Bu üniteler ile kalıp sıcaklığı dar sınırlar içinde korunur. Soğutma suyunu çeşmeden almak, iyi sıcaklık kontrolü sağlamaz.

- Genelde en basit sistem, kalıbın boydan boya delinmesiyle sağlanan soğutma sistemidir. Fakat bu sistem baskılar için en etkin metot değildir.

- Soğutma kanalını matkapla açarken bunun mümkün olduğunca kalıp boşluğuna yakın olmasına dikkat edilmelidir. (16 mm' den daha kısa mesafede) eğer bu baskı üzerinde dikkate değer sıcaklık farklılıkları oluşturursa, baskıda problem oluşturur. Soğutma devresi, bazen soğutma kanalının kalıptaki diğer kanallara yakın delinmemesi gerektiğinden karmaşık (zor) hale gelebilir. Kalıp plakasında birçok delik mevcuttur, örneğin, burç delikleri, itici pim delikleri, lokma

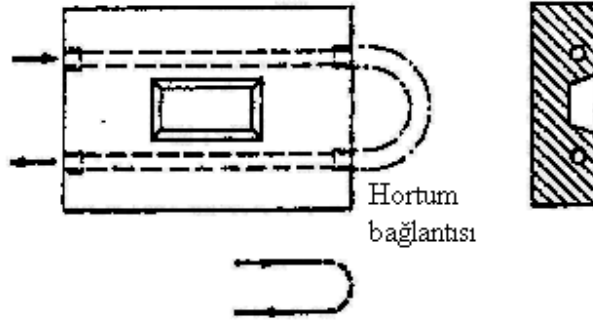
delikleri vb. Soğutma kanalının diğer deliklere emniyetli olarak ne kadar yakın açılacağı delinecek soğutma kanalının uzunluğuna büyük ölçüde bağlıdır. Derin delik delerken delmenin daima belirlenen yolundan kaçma eğilimi gösterdiği (düz delinmediği) görülür. Genelde 150 mm'lik deliklerde kullanılan kural, soğutma kanalının herhangi bir deliğe 3 mm daha yakın delinmemesidir. Daha uzun soğutma kanalları için bu uzaklık 5 mm'dir. Soğutma devresinde en iyi pozisyonu yakalamak için, dizayn esnasında bunu mümkün olduğunca erken planlamak gerekir. Diğer kalıp parçaları, bundan sonra bu soğutma devresine göre yerleştirilir. Örneğin, itici pimler, burçlar vb.

6. 1. Tek Parçalı Kalıp Plakasını Soğutma

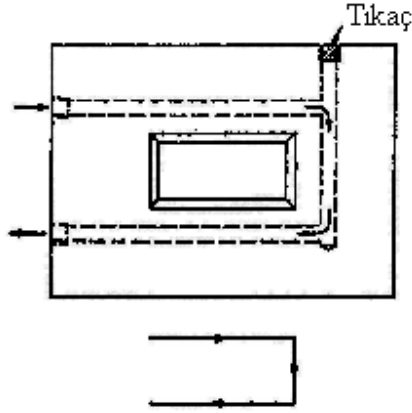
Tek parçalı kalıp plakası tipinin sıcaklığı plakaya açılmış delikten geçirilen su sirkülasyonu ile kontrol edilir. Bu delikler birbirine bağlanarak devre oluşturur. Devre birkaç seviyeli olabilir, bunun sayısı kalıp plakasının kalınlığına bağlıdır. Kalıbın dişi kısmı ve erkek kısmı birbirine benzemediğinden bunların soğutma devreleri ayrı ayrı ele alınmalıdır.

6. 1. 1. Tek Parçalı Dişi Kalıp Plakasının Soğutulması

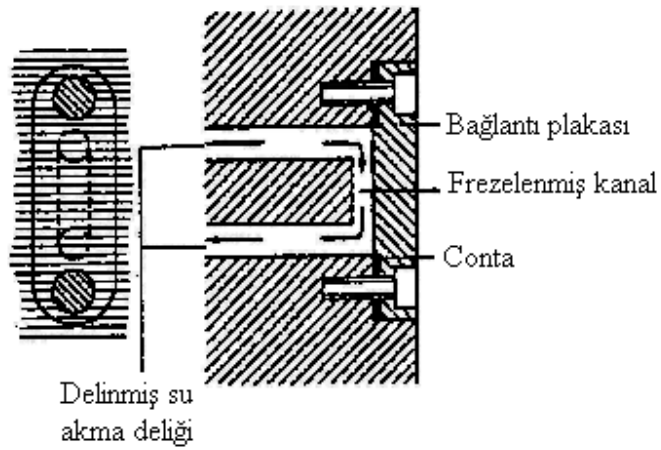
Kalıp plakası ufak ve sık kalıp boşluğuna sahiptir. Bu kalıp için en basit yaklaşım iki tane su kanalı kalıp boşluğunun her iki tarafına açılır ve bunlar esnek hortumla birbirine bağlanır, akma kanalının sonuna adaptör takılır. Dışardan yapılan esnek hortumlu su kanalı bağlantısı, kalıp içine kanal delinerek dahili olarak da yapılabilir. Bu U şeklindeki su devresi dar ve uzun kalıp boşluklarını soğutmakta faydalıdır. Dahili kanalları birleştiren delik açma yerine, freze ile açılmış yarıklı plakayı kalıba bağlamak suretiyle de bu su kanalları bağlanabilir. Burada iki temel dizayn kullanılır. Kalıp plakasının yanına açılmış delikle bu soğutma kanalları birleştirilerek suyun bu kanallarda devamlı kalıp plakasının içine gömülecek şekilde, şekilde görüldüğü gibi vidalanır. Şekil 6.1. ve Şekil 6.2. Farklı şekilde tek parçalı dişi kalıp soğutma kanalları gösterilmiştir.



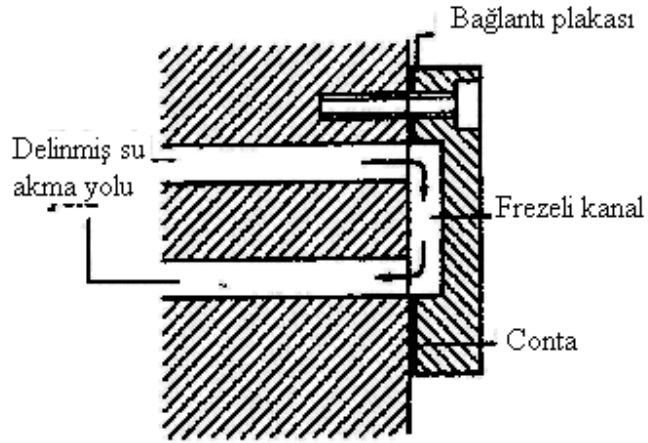
Şekil 6.1. Dişi kalıp soğutma şekli (en basit metot) gösterilmiştir. (Olmsted ve Davis, 2001)



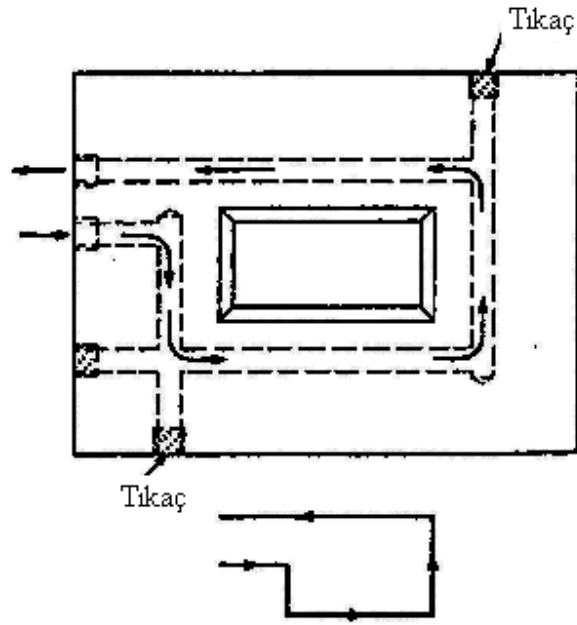
Şekil 6.2. Dişi kalıp soğutma şekli (U devresi) gösterilmiştir. (Stoekhert ve Mennig, 1998)



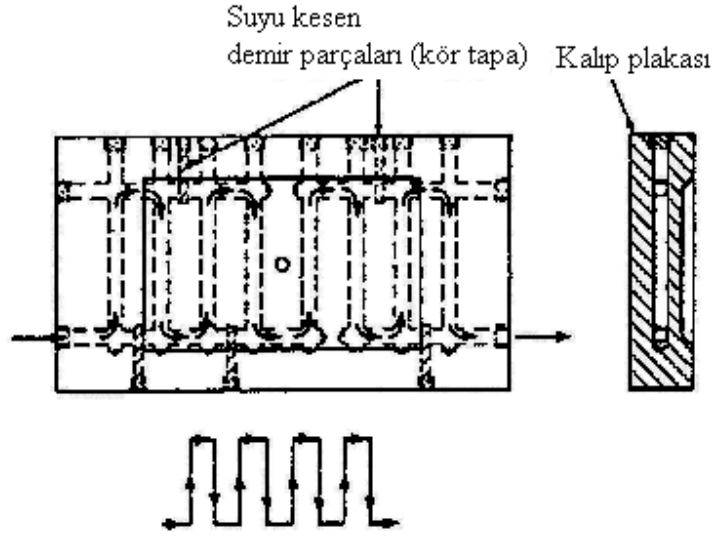
Şekil 6.3 U devresi birbirleriyle bağlantılı frezelenmiş kanal sistemi gösterilmektedir. (Stoekhert ve Mennig, 1998)



Şekil 6.4 U devresi birbirleriyle bağlantılı frezelenmiş kanal sistemi gösterilmektedir. (Osswald ve Gramann, 2007)



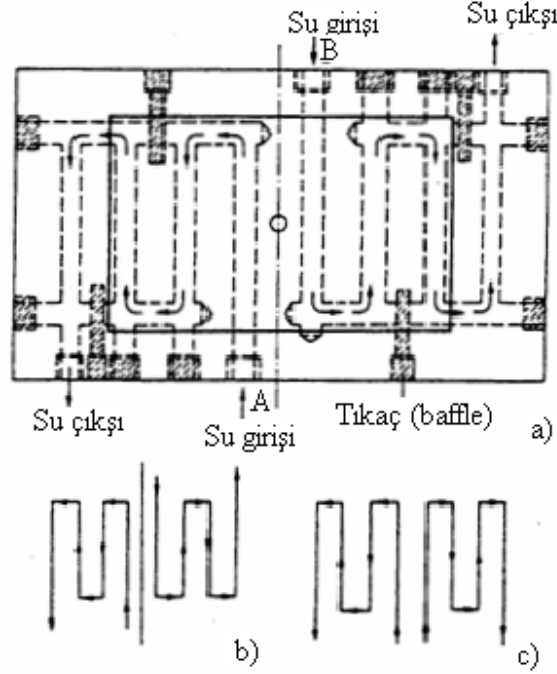
Şekil 6.5 Tek parçalı plakanın dikdörtgen su devresi gösterilmiştir. (Beaumont ve Sherman, 2002)



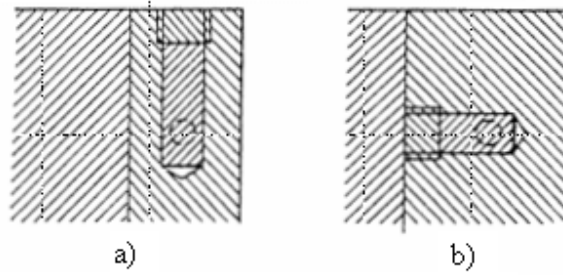
Şekil 6.6. Tek parçalı plakanın Z su devresi gösterilmiştir. (Beaumont ve Sherman, 2002)

Şekil 6.4 'te alternatif dizayn gösteriliyor, daha önceki dizaynın aynısıdır, tek farkı bağlantı kanalları bağlantı plakasının içine açılır ve sonra kalıp plakasının yan tarafına bağlanır. En son dizayn bu iki metottan daha ucuz olarak yapılır. Fakat bunun dezavantajı bağlantı plakası kalıp ayarı (takılması) esnasında yerinden oynayabilir ve sızıntıya sebep olabilir. Şekil 6.5 deki dikdörtgen su devresi daha fazla su kanalı delmeyi gerektirir, bütün kanallar kalıp boşluğunun dört kenarına yakın bir şekilde geçirilip parçanın her tarafında eşit soğuma sağlanır. Geniş alanlı sığ kalıp boşluğunda yukarıda ki su devresini kalıp boşluğunun altına yerleştirebiliriz. Şekil 6.6 daki gibi kalıp plakası delinir, belirli yerlerine tıkaç (plug) takılır ve tıkaçlanır.(baffle kanallar arasını kapatan demir parçası) Bu şekilde su akması Z şeklindedir. Daha önce belirttiğimiz gibi kanallardan su geçerken, giderek ısınır. Kalıbın sol tarafındaki soğutma, sağ tarafından daha etkindir. Bu şekilde su akış dizaynında kalıp boşluğu yüzeyinde sıcaklık farklılıkları oluşur ve bunun sonucu baskıda problemler olur. Tercih edilen dizayn temel olarak Şekil 6.7. deki dizayndır. Buna balanslı Z devresi denilir. Kalıp plakasının sol tarafındaki delik açma sağ taraftakiyle simetriktir. Soğutma sıvısı A ve B girişinden girerler ve her iki kanal kalıbın merkezine yakındır ve kalıp giriş yolluğuna yakın açılır. Daha geliştirilmiş yaklaşım şematik olarak şekil 6.7. c de gösteriliyor. Bu su devresi dizaynında su giriş ve çıkış yerleri kalıbın aynı tarafına açılarak kalıp ayarlamasını kolaylaştırmıştır. Balanslı Z su devresinde belirli su yollarının önü tıkaç la kesilerek devamlı su akışını su yun belirli yerde takılıp kalmasını önleyerek sağlar.

Bu tıkaçlar öyle bir şekilde yerleştirilmeli ki, su sızıntısı olduğunda kolayca ulaşılıp değiştirilebilecek pozisyonda olmalıdır. Şekil 6.8 de doğru ve yanlış takılmış tıkaçlar gösteriliyor.



Şekil 6.7 a) Balanslı Z devresi b) Şematik devre c) Alternatif balanslı Z devresi gösterilmektedir. (Olmsted ve Davis, 2001)



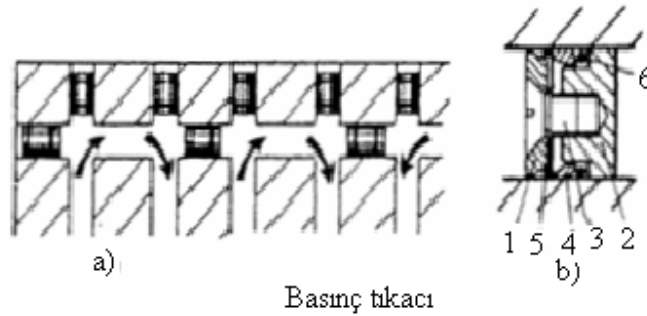
Şekil 6.8 Su devresi tıkaçları a) Doğru takılmış b) Yanlış takılmış gösterilmektedir.

Şekil 6.8 b) deki gibi takılmış tıkaçta su sızıntısı olduğunda kalıp plakası sökülerek tamir edilir. Bu a) metodunda gerekli değildir. Genel olarak dizaynda büyük miktarda delik delme, tıkaç (su kesici bar çubuk) olduğu zaman, su akma yollarının şematik görünümünü de çizime dahil etmek, kalıp yapımcılarına yardımcı olması bakımından iyi bir uygulamadır. (Örnek olarak Şekil 6.6)

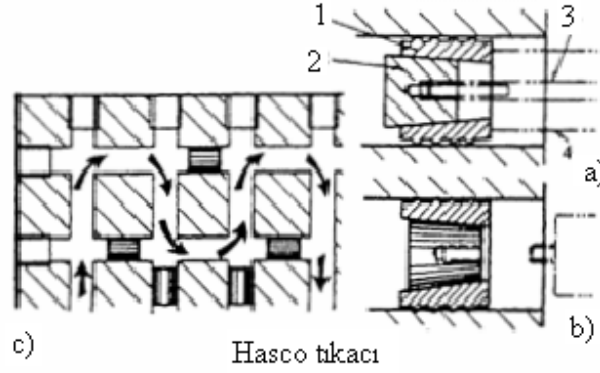
Piyasada standart kalıp parçaları satan firmalardan çeşitli tıkaçlar satın alınabilir. Bütün dizaynlarda, bu standart parçalar matkapla ilave su yolu açmaya ihtiyaç duymadan suyun aktığı yollara direkt olarak takılır. Örnek olarak Şekil 6.7 de gösterilen dizayn için uygulanabilecek sistemler aşağıda belirtilmiştir.

- DMS'in basınçla genişleyen tıkaçı. Şekil 6.9 da gösterilen bu standart parça, altı parçadan oluşur. Eğimli kapak (1) impuls vida(3) vasıtasıyla parça tabanına bağlanır. (2) olive (zeytin) kapak ve taban arasında ki orta pozisyon, metal C halka (5) ve Kauçuk O-halka (6) la parça montajı yapılır. Şekil 6 .9 da yukarıdaki parçanın su devresindeki pozisyonu gösteriliyor . Kalıba basınçla genişleyen tıkaçın takılması aşağıdaki gibi basit bir operasyonla yapılabilir. Tıkaç su akma kanalının içine uygun ölçülendirilmiş bir itme çubuğuyla istenilen derinliğe kadar sokulur . Sonra vida döndürülerek kapak ve taban birbirine yaklaştırılır. Bu operasyon metal C halkanın genişleyip su kanalının iç duvarına tıkaçın yapışmasını sağlar. Kauçuk o-halkada (o-ring) bu operasyonla genişleyerek sızıntıyı engelleyen bir bağlantı sağlar. Bu parçanın kullanılacağı ortamın basıncı için üreticileri 10 bar (IMN/m²) (145 lbf/ in²) tavsiye etmişlerdir. Kullanılacak su sıcaklığı 100 C' ye kadar ve yağ sıcaklığı -15 C ile 150 C arasında olacağı da belirtilmiştir. Basınçla genişleyen tıkaç 8,10,12,14,16 mm çaplarında su yollarında kullanılabilir (bu ölçülerde piyasada bulunabilir).

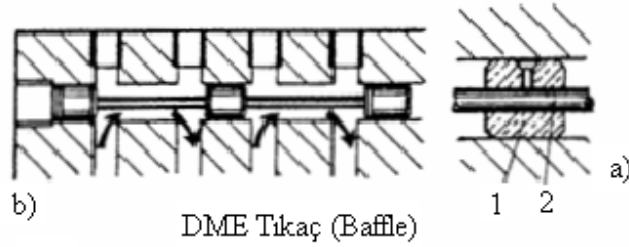
- Bu basınçla genişleyen tıkaçlar ayrıca su kanallarının sonunu tıkamak için kullanılabilir. Bu normal tıkaç takma için gerekli kalıpta yapılacak işlevi ortadan kaldırır. Şekil 6.9 a) Tıkaç yerine ve kanal sonlarını tıkama için uygulamayı gösteriyor.



Şekil 6.9 DMS Basınçla genişleyen tıkaç sistemi gösterilmiştir. (Chanda ve Roy, 1998)



Şekil 6.10 Hasconun tıkaç sistemi gösterilmiştir. (Chanda ve Roy, 1998)



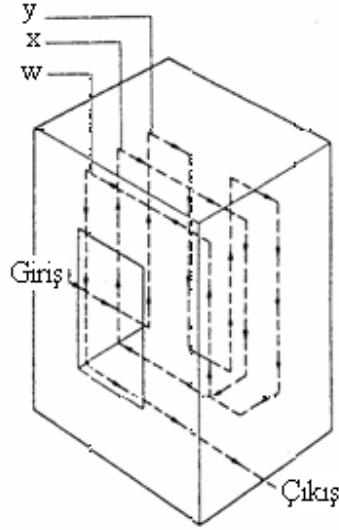
Şekil 6.11 DME tıkaç montajı gösterilmiştir. (Chanda ve Roy, 1998)

- Hasco'nun tıkaçı, bu standart parça (Şekil 6.10) iki kısımdan oluşur, Dış halka (1) ve incelen tıkaç (2) Dış halka, parçanın dış yüzünde dört adet halka incelen boru şeklindeki tıkaç üzerindedir. Parçanın montajı Hasco'ya has şekilde çizgi çizgi gösterilen montaj setiyle yapılır.

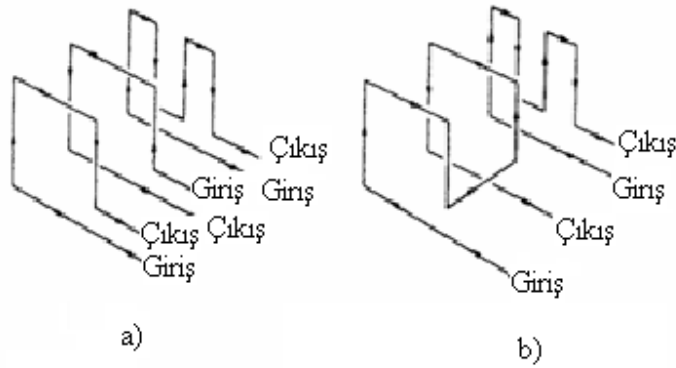
- Bu montaj işlemi şu şekildedir. Eğimli tıkaç çekme çubuğunu ucuna (3) ölçülendirilmiş tüpün yüzüyle kontak kurana dek vidalanır(4). Tıkaç bundan sonra su kanalına, tüp yardımıyla sokulur ve girdiği derinliği daha önceden ayarlı durdurma kontrolüyle yapılır. Çekme çubuğu ölçülendirilmiş tüp arasından çekme pençesiyle çekilir. Bu son hareket eğimli tıkaçın genişleyip dış halkaların üzerine çekilmesine sebep olarak bu halkaların su kanallarının yüzeyine yapışmasını sağlar. (Şekil 6.10. b)) Bu hareket yeterli sızdırmazlık ve tıkaçların istenilen yere takılmasını sağlar, Şekil 6.10. c) de şu akışını yönlendiren tıkaçların pozisyonu gösteriliyor.

Tıkaç, sarı çubuk üzerine takılır ve yerine kilitleme vidasıyla takılmadan önce pozisyonu ayarlanır. Bu daha sonra su kanalına sokulur ve yerine kanal sonuna takılan eğimli, basınçlı tıkaç la sabitlenir.DME 'de iki değişik ölçüde tıkaç vardır, 16 mm ve 18 mm. Her iki tıkaç için çubuk

boyutları 6 mm olarak standartlaştırılmıştır. Kalın kalıp plakalı kalıplar ufak tıkaç kullanımını sınırlar. Bununla beraber sistemin belirli ölçüde basitliği vardır, tıkaç sistemiyle ilgilenildiği zaman dizayna tekrar bakmaya gerek yoktur, çünkü ufak çaplı tıkaçlar eğer istenirse çok çabuk yapılır. Merkezdeki sarı çubuğun kanal yüzeyini etkin şekilde azalttığını, kanal boyutlarını belirlerken hesaba katınız. Bu sistemin dezavantajı birbirine 90° dik olarak tıkaçların bağlantı çubuklarından dolayı takılamamasıdır. Bu dizaynda herhangi bir basınç sınırlaması sistem kendi kendini kontrol ettiğinden yoktur. Tıkaçları gevşek takmadan dolayı oluşacak hafif su sızıntısı kabul edilebilir. Derin tek plakalı kalıp boşluğunun soğutulması; Bunun için çok tabakalı soğutma sistemi kullanılır. Her seviyedeki su devresi, kalıp boşluğuna mümkün olduğunca yakın olarak düzenlenir. Düzenli parçalar için örneğin, kutu bu devreler birbirine benzer dikdörtgen şeklinde kalıp içinde birbirinin Üzerine tabakalar halinde düzenlenerek kalıp ısını almayaya yararlar. En son devre (Y) Z şekillenmesi sonucu oluşur ve kalıp boşluğunun alt tarafından ısı transferine imkan sağlar. Verilen örnekte her su devresi merkezden yönde, açılan kanalla birbirine bağlanarak birbirini tamamlayan su devresi oluştururlar. Bunu yapmanın avantajı, kalıbın bir su girişi ve bir su çıkışı vasıtasıyla su bağlantısı basitleşmesidir. Dezavantajı, büyük kalıplarda tek parçalı su devresinin kullanımı, kalıp duvarlarında hassas sıcaklık kontrolünü sağlamaz. Soğutma sıvısı kalıp içinden geçerken ısı alır, bundan dolayı kalıp duvarlarının sıcaklığı farklıdır. Bu özellik baskı problemi oluşturabilir. Münferit su devresi, kullanarak her devre ayrı kontrol edilir, enjeksiyoncular çeşitli devreleri birbirine bağlayarak en iyi sonucu elde edebilirler. Balanslı soğutma etkinliği arzu edilir(eşit soğutma) bunun için birbirini takip eden devreler ters yönlüdür; bu özellik Şekil 6.13 de gösteriliyor. Diğer bir metot, belirli devreleri yalnızca dahili olarak birbirine bağlamaktır. Bu en faydalı şekilde çiftler halinde sağlanır, Şekil 6.13 b) 'de gösterildiği gibi, bu da balanslı ters yönde akışlarla sağlanır, böylece dışarıdan yapılan su bağlantısı sayısı azaltılır. Düzensiz şekilli parçaların, özellikle parçanın her konumunda farklı şekilde su devresi gerektiriyorsa, çeşitli su devrelerinin dahili bağlantısı pratik değildir.



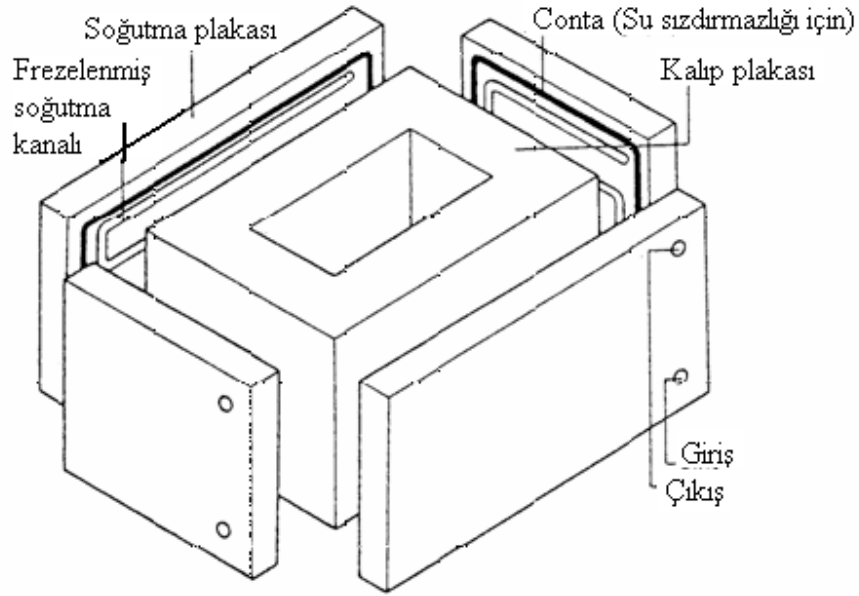
Şekil 6.12. Çok katlı soğutma sistemi (kalıp plakasında) gösterilmiştir.



Şekil 6.13 Kalıp boşluğu düz soğutma, çok seviyeli sistem a) Ayrı su devresi b) Kısmi bağlantılı su devreleri gösterilmiştir.

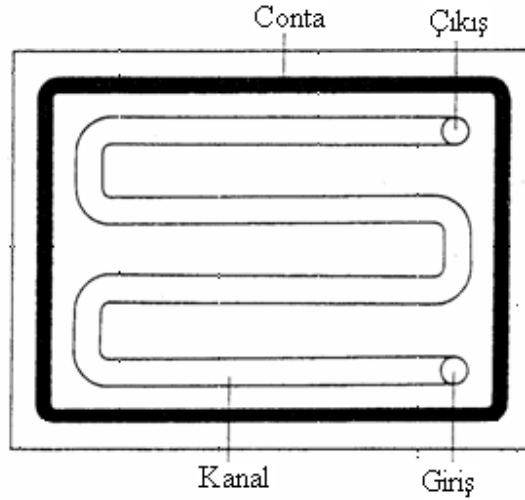
Bu durumlarda, su devreleri klasik tip boru bağlantısı kullanılarak dıştan bağlanırlar. Eğer kalıp boşluğundaki her bir duvarın sıcaklığının kontrolü isteniyorsa, soğutucu plaka metodu düşünülmelidir, bu plaka kalıbın yan duvarlarına takılır ve soğutma suyu bu plakalar içine açılmış kanallardan geçer. Plaka su giriş ve çıkış delikleri haricinde delik açılmaz. Şekil 6.14.'te bu dizaynın açık görünüşü gösteriliyor. Her soğutucu plaka kendine ait su giriş ve çıkış deliğine sahiptir ve plaka kalıba bağlanır. Şekil 6.15' de tipik frezelenmiş soğutma kanalı şekli gösteriliyor.

Not: Kanal genişliği oldukça küçük tutularak türbülanslı akış sağlanır, akma uzunluğu belirli uygulamalar için uzun tutulabilir. Türbülanslı akış, kalıptan soğutma sıvısına iyi ısı transferi için gereklidir. Soğutma plakası dizaynı, delinmiş kanallarda çıkan aynı problemten zarar görür; bunları sıralarsak, çürüme, kireç birikmesi. Sonuç olarak, zamanla bu iki dizaynda da ısı transfer yönünden etkinlik de azalma görülür. Zaman zaman bu kanalların temizlenmesiyle bakım yapmada tasarruf sağlandığı görülmüştür. Soğutma plakasının sökülmesi oldukça kolaydır, hafiftirler ve kalıptan çıkarıldıktan sonra üzerinde çalışılabilir.



Şekil 6.14 Soğutma plakası sistemi gösterilmiştir.

Delinmiş kanallardaki çürümüş tıkaçların, pasların sökülmesi, tıkanmış delikleri açılması problemi bu sistemle engellenmiştir. Fosfatlama ve buna benzer işlemler kanalları veya matkapla açılmış deliklerin korunması için kullanılır, bu da soğutma sistemine yapılacak bakımın süresini azaltır. Şekil 6.13' deki gibi, soğutma sıvısının sızması, conta veya O-ring engellenir.



Şekil 6.15 Soğutma plakası için frezelenmiş soğutma kanalı şekli gösterilmiştir.

6. 1. 2. Erkek plaka soğutma sistemi

Eğer lokmanın derinliği oldukça az ise (25 mm altında) Z-tipi tek kademeli su soğutma sistemi kullanılabilir, su kanalı erkek lokmanın altına ilerde anlatılacağı gibi yerleştirilir. Derin erkek lokmalar için tek kademeli devrede, soğutma sıvısı kalıptan ısıyı yeterince hızlı alamaz (uzaklaştırılmaz). Bundan dolayı, erkek lokmanın iç kısmına bazı düzenlemeler yapılarak, soğutma sıvısının erkek lokma içinde sirkülasyonu sağlanır. Bunu yapmanın birkaç yolu vardır ve burada kullanılacak metot, lokma şekline bir ölçüde bağlı olarak belirlenir.

Açılı Delik Sistemi (Şekil 6.16)

Kalıbın erkek plakasının altından açılı olarak delinmiş soğutma kanalları X noktasında birleşirler, yüzeye oldukça yakındır. Bu deliklerin her birine tıkaç takılır. Giriş Y ve çıkış Z delikleri kalıbın diğer tarafından açılır ve açılı su yollarından şekilde görüldüğü gibi geçer.

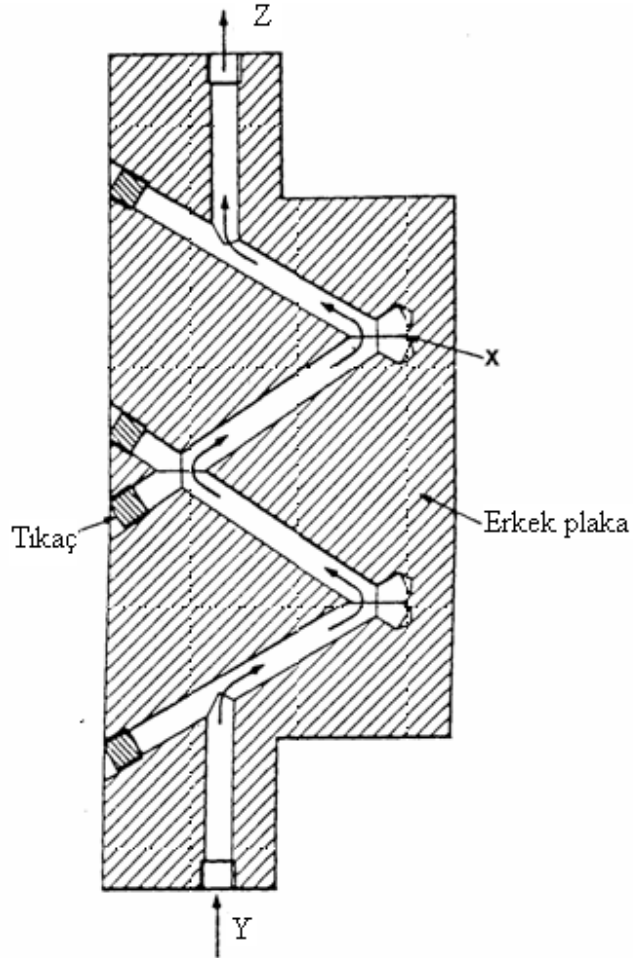
Tıkaç düz delik sistemi

Bu sistemde (Şekil 6.17) delikler erkek plakanın arka kısmına dik açılı olarak açılır. Bu deliklerin alt kısmına tıkaç takılır. Bu kanallar yandan açılmış X kanalıyla birbirine dahili olarak bağlanır. Burada suyun geçmesi sağlanır, ve su engelleri (baffle) şekilde görüldüğü gibi takılır.

Basamaklı (stepped) su devresi

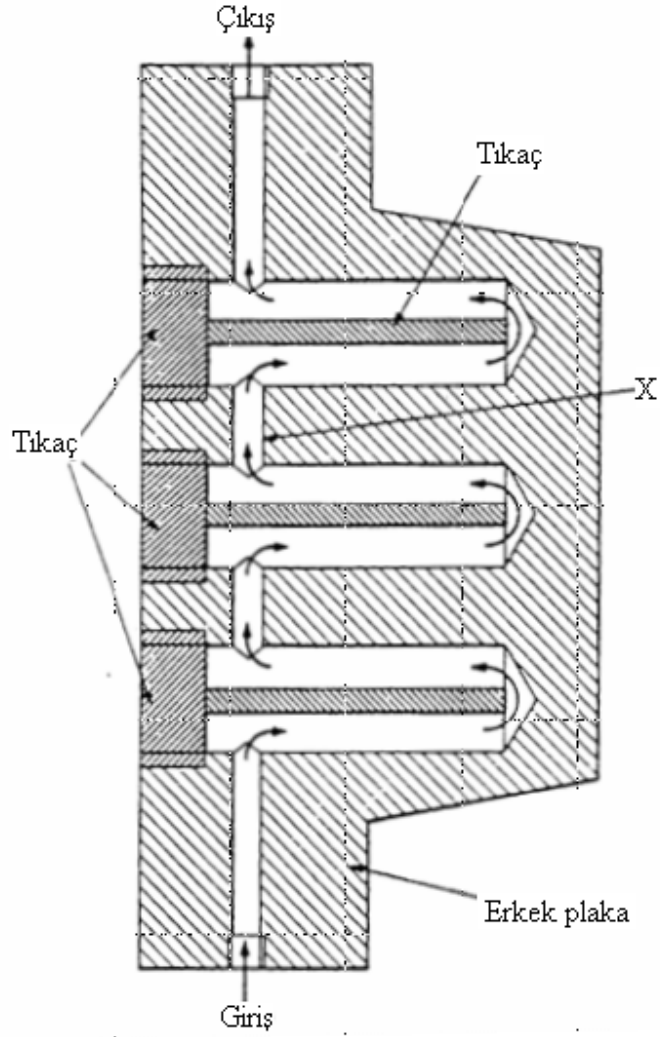
Lokmanın dış yüzüne oldukça yakın pozisyonda soğutma kanalı elde etmek için, basamaklı su devresi uygulanabilir. Bu sistemde (Şekil 6.18) gösterildiği gibi kanallar (X) erkek lokmanın yan tarafına ve yüzeye paralel olarak açılır. Bu delikler çok dikkatli tıkaçlanmalıdır ve parlatılmalıdır

aksi taktirde bu tıkaçların izleri baskıda görülebilir. Kötü takılmış tıkaç, baskı yüzeyinde önemli problemler çıkarır ve bundan dolayı, bu dizayn kullanılmaz. Basamaklı delme şekli burada gösteriliyor, uygun su giriş ve çıkış bağlantı yerini tespit etmek gereklidir.



Şekil 6.16 Erkek kalıp soğutma açılı delik (kanal) sistemi gösterilmiştir.

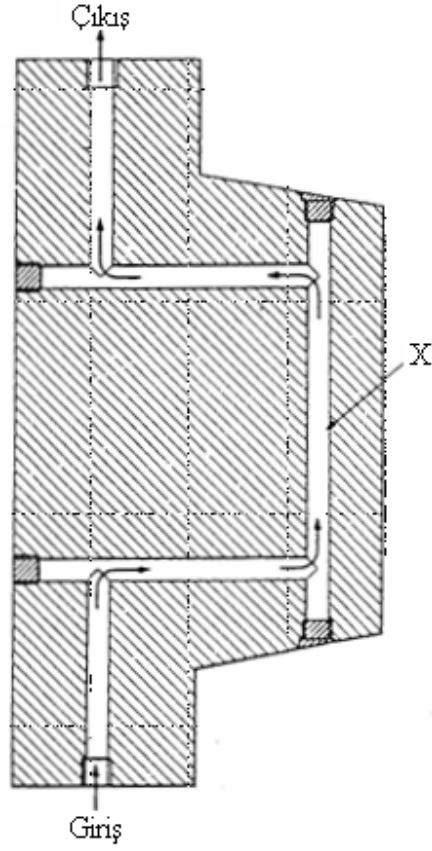
Yukarıdaki üç devre oldukça dar erkek lokmalar da kullanılır. Daha geniş erkek lokmalar için birbirine benzer su devreleri kullanılır ve lokma içine uygun şekilde yerleştirilir. Bu devreler dahili veya harici olarak birbirine bağlanır.



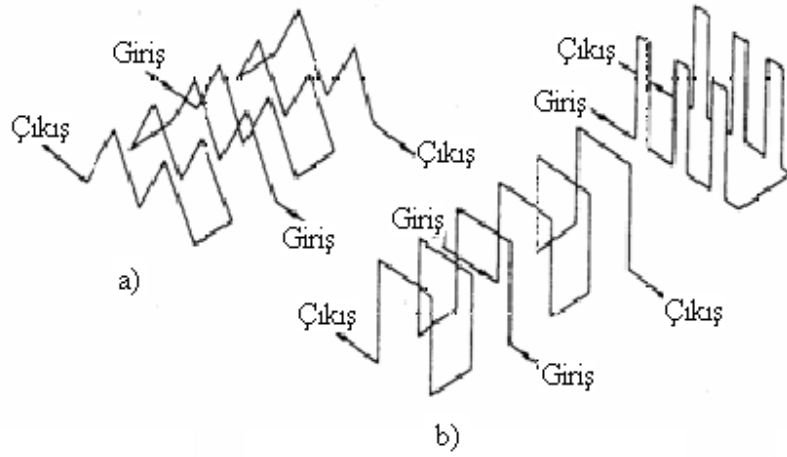
Şekil 6.17 Erkek kalıp soğutma sistemi tıkaçlı (baffle) düz kanal gösterilmiştir. (Beaumont ve Sherman, 2002)

Çoklu su devresi

Şekil 6.19'da tipik çoklu su devresi şematik olarak gösteriliyor. ilk çizim (a) açılı kanal sistemidir. 6 su devresi ikişer ikişer 3 set olarak bağlanmıştır. Bu özellik erkek lokma çevresinde dengeli sıcaklık dağılımını gösteriyor. Şekil 8.19 b) tıkaç su devresi çiftini gösterirken Şekil 6.19 c) de çok basamaklı su devresini gösteriyor.



Şekil 6.18 Erkek lokma soğutma, basamaklı devre gösterilmektedir.



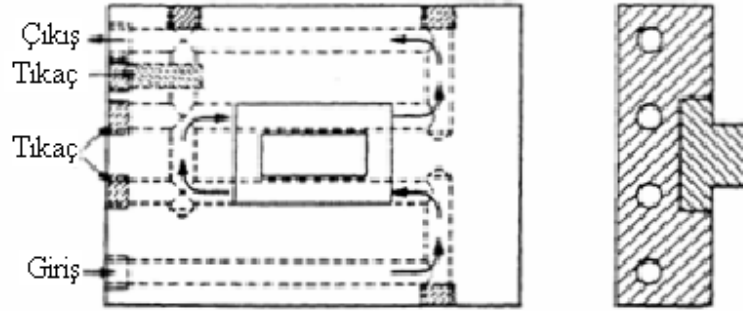
Şekil 6.19 Çoklu devre a) Açılı kanal sistemi b) su engelli (baffleli) kanal sistemi c) basamaklı su devresi gösterilmiştir.

6.2. Soğutma lokması sistemi

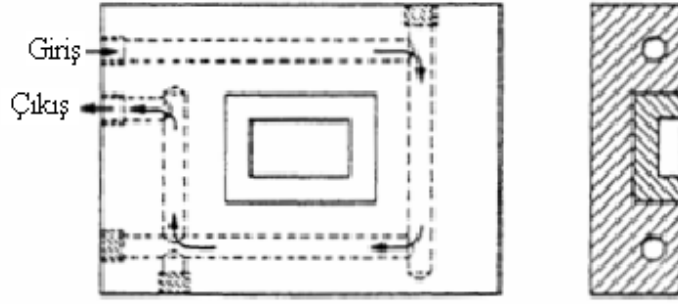
Soğutma lokması sistemini iki başlık altında incelenmektedir. I) Soğutma plakası ve II) Soğutma lokması. Daha sonra, soğutulacak lokma tipine bağlı olarak tekrar sınıflandırılacaktır. [Erkek veya dişi (cavity or core)]

6.2.1. Kalıp soğutma plakası

Kalıp soğutma plakası prensibiyle yapılmış lokmalı kalıpta; eğer baskının derinliği oldukça ufaksa, soğutma sıvısının sirkülasyonu plakadan yapılır. Tasarımcılar, çeliğin baskıdan iyi şekilde ve çabuk ısıyı transfer edeceğine güvenirlir. Daha iyi sonuç, termal iletkenlik, daha farklı malzeme kullanılarak sağlanır, lokma olarak berilyumlu bakır kullanmak gibi. Plakayı soğutmak için benimsenen metot dişi kalıp bloğunun soğutulması için kullanılan metodun aynıdır. Burada kanallar plakaya delinir ve birbirine, soğutma suyunun sirkülasyonunu sağlanması için, dahili veya harici bağlanır. Su kanalını lokmaya olabildiğince yakın bir şekilde yerleştirilmesi arzu edilir. Derin olmayan lokmalar için, kanallar direk lokmaların altına açılabilir. (Şekil 6.20.) Z tipi sistem normalde kullanılır. Buna alternatif metot, lokmanın yan taraflarına açılmış kanal metodudur. (Şekil 6.21.) Bu durumda dikdörtgen tipi su devresi kullanılır. Daha derin baskılar için çok basamaklı sistem tercih edilir. Bu yukarıdaki iki sistemin kombinasyonunu gösterir. (Şekil 6.13 b)



Şekil 6.20 Kalıp soğutma plakası ile soğutma, Z su devresi gösterilmiştir.



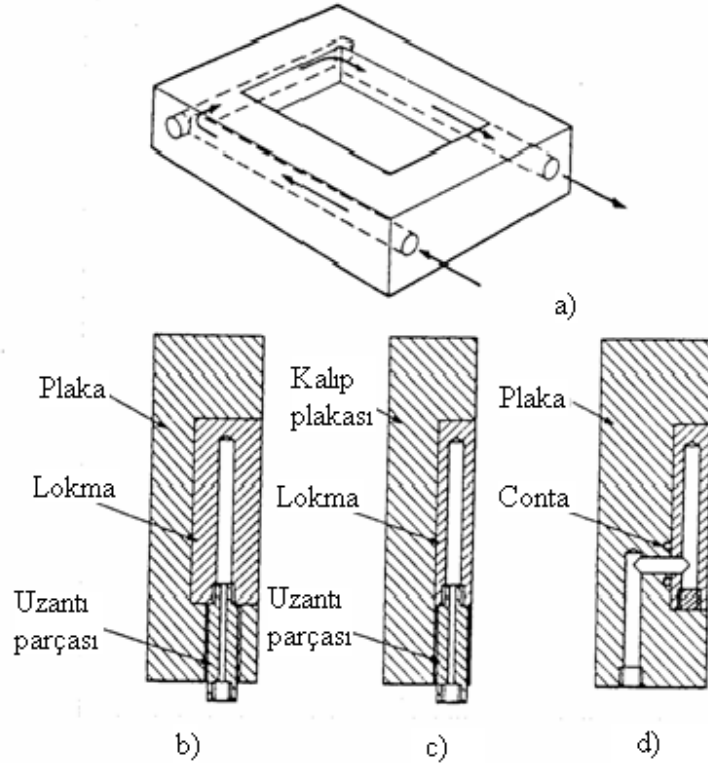
Şekil 6.21 Dikdörtgen kalıp plakası soğutma devresi gösterilmiştir

6. 2.2. Kalıbın dişi lokmasını soğutma

Kalıbın dişi lokmasını soğutmak için benimsenen metot, belirli derecede lokmanın şekline bağlıdır. Bu dikdörtgen veya yuvarlak olarak sınıflandırılır. Lokma içinde soğutma sıvısının sirkülasyonu kolayca sağlanır. Kalıp plakasıyla lokma arasına, su sızıntısına engel olacak contalama sistemi olmadan, delik açılmaması gibi problemler çıkarabilir.

Dikdörtgen Lokmayı Soğutma

Tipik dikdörtgen lokma şekil 8.22 de gösteriliyor. Burada en basit devre gösteriliyor, daha karmaşık tekli ve çok seviyeli su devreleri kullanılabilir. Bu kalıp boşluğu şekli ve derinliğiyle belirlenir. Dişi lokmadaki bütün kanallar birbirine bağlanıp, tıkaçlanmalıdır. Bu şekilde gerekli harici bağlantı miktarı minimumdur. Dizaynır, her lokma için bir su girişi ve bir su çıkışının olmasını amaçlamalıdır. Eğer su giriş ve çıkış hatları duvara bağlanmış veya makine yakınındaki su adaptörüne bağlıysa kalıp ayarı daha çabuk yapılır.



Şekil 6.22 Lokma soğutma a) U su devresi (b-d) alternatif metotlar gösterilmiştir. (Olmsted ve Davis, 2001)

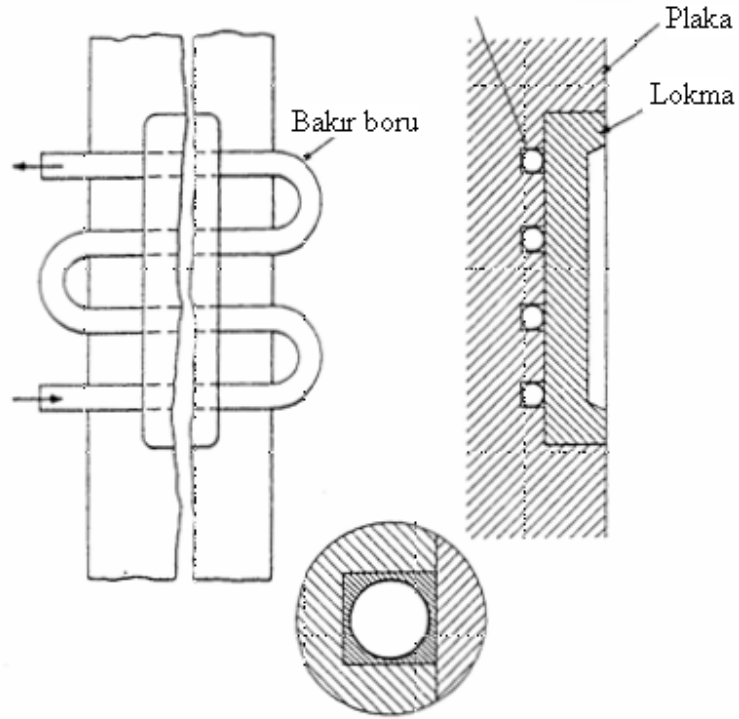
Bu, tasarımcıların kalıp dışında pozitif bağlantı sağlaması demektir. Üç alternatif metot Şekil 6.22 de gösteriliyor.

- Uzantı parça kalıp plakası üzerindeki deliğe, direk olarak vidalanır (Şekil 6.22). bu metodun dezavantajı lokma ve uzantı parça arasındaki bağlantı kırıldığında, lokmanın kalıp plakasından çıkarılmasıdır. Uzantı parçanın sonunda ve ortasında ufak bir meme vardır ve standart kalıp parçası olarak satın alınabilir. Bu parça kolay bağlantı elemanlarının kullanılmasına imkan verir ve kalıp ayar zamanını azaltmada faydalıdır.

- Uzantı parçası, kalıp plakasından lokmaya açılmış deliğe direk olarak vidalanabilir (Şekil 6.22 c). bu dizaynı da belirtilmiş dezavantajı ortadan kaldırır. Fakat bu yarık ufak bir açıklık olmadığı için kalıpta çapak oluştuğunda arasına plastik sıkışıp kalabilir. Buraya sıkışmış malzemenin temizlenmesi zordur ve temizlenmesi esnasında kalıbın öbür yüzüne zarar verebilir. Bununla beraber bu yarık baskıda yeterince uzaksa beklenmedik tehlike oluşturmaz. Kalıp plakası kalınlığı yeterli büyüklükte ise delikler lokmanın altına, kalıp plakasına yapılır ve birbiriyle ters yönde delikli dahili olarak bağlanır (Şekil 6.22 d) Lokma ve kalıp plakası arasındaki su sızması

O-ring ile engellenir, şekilde görüldüğü gibi kalıp plakasındaki boşluğa uygun şekilde yerleştirilir. Bu dizayn daha önceki dizaynların dezavantajına sahip olmadığı için tercih edilir.

Lokma soğutma için kullanılan diğer bir metot ise bakır boru kullanılmasıdır. Bu dizayn kalıp alanı ufak olduğunda (yetersiz) uygundur. Borular kanallar içine yerleştirilir. Bu belki kalıp içinde diğer deliklere yakın olarak su sızıntı ihtimali olmadan kullanılabilir. Kalıp plakası içine belirli bir sayıda (X) kanal açılır (Şekil 6.23). bakır borular uygun şekilde eğilerek kanal içine yerleştirilir (şekle bakınız). Lokma plakasının içine takıldığı zaman boruyla direk kontak halindedir. Borunun kontak alanını arttırmak ve ısı transferini arttırmak için, boru çevresindeki boşluk alan düşük erime dereceli alaşımla doldurulur. (Lokmaya bakınız) veya dört köşe kesitli boru kullanılabilir.

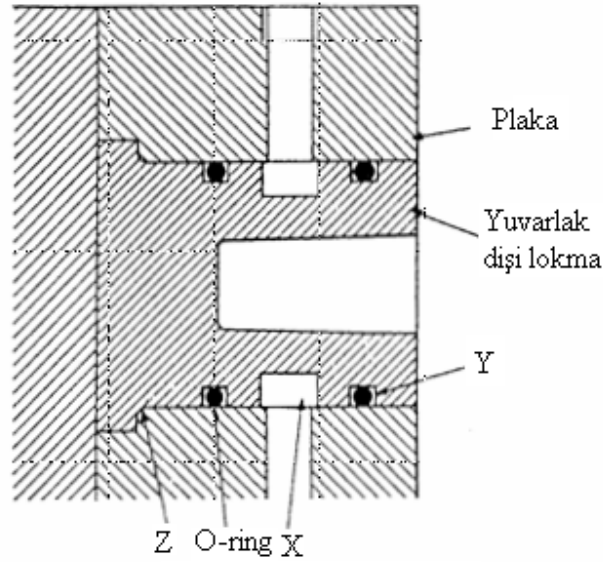


Şekil 6.23 Lokma soğutma, bakır boru sistemi gösterilmektedir. (Osswald ve Gramann, 2007)

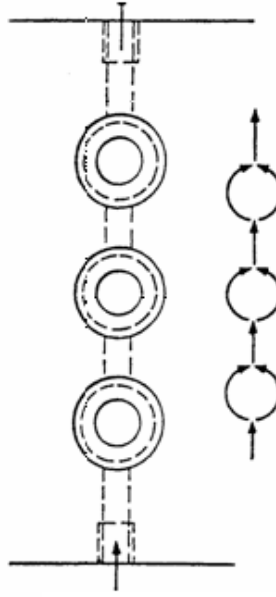
Yuvarlak Lokmayı Soğutma

Dört köşe lokmalar için kullanılan delme işlemi normalde yuvarlak lokmalara alandaki sınırlamalardan (kısıtlamalardan) dolayı uygulanamaz. Bununla beraber yuvarlak şekildeki lokmalarda yuvarlak şekilde açılan kanal kolayca (basitçe) kullanılabilir. Yuvarlak dişi lokmalar için yapılan direk soğutma tasarımının çoğunluğu bu prensibe göre yapılır.

Şekil 6.24 ile ilgilenelim. Yuvarlak dişi lokma standart tip kalıp plakasına takılmıştır. Soğutma kanalı (X) lokmanın çevresine ve ilave kanal (Y) soğutucu girişinin üzerine ve altına açılmıştır, o-ring takılmıştır. Lokma plakaya takıldığı zaman o-ring, plaka ve lokma arasındaki su sızıntısına engel olur. Lokma takılırken o-ring in zarar görmemesine dikkat edilmelidir. Bu operasyonu Z deki plaka deliği sağlar. Bu kanal plakaya açılan delikle su kanalına bağlanır. Çok gözlü kalıplarda lokmalar bir hat üzerinde olmalı, böylece diklemesine açılan delik her kanalı birbirine bağlayarak su devresi oluşturur.



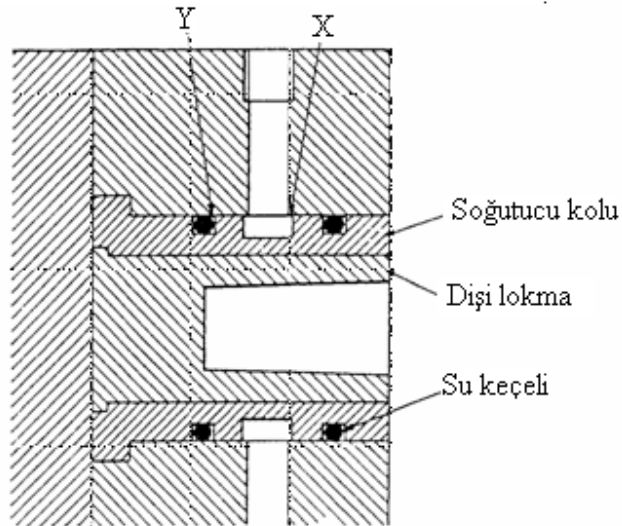
Şekil 6.24 Lokma soğutma, yuvarlak soğutma metodu gösterilmiştir.



Şekil 6.25 Lokmalar hat halinde düzenlendiğinde, bir delik her lokmanın dıştan bağlantısını sağlar.

6.3.3. Erkek lokma soğutma

Lokma dizayn sisteminden yeterli soğutulmuş baskı sağlamak için sistem geliştirilmiştir, normalde soğutma sıvısı lokmanın içine açılmış kanallardan geçerek soğutma sağlanır. Bu dizaynı kullanma geniş ölçüde lokmanın büyüklük ve şekline bağlıdır. Büyük derin olmayan kutu için soğutma için gerekli dizayn, ufak çaplı uzun kalem için gerekli dizayndan farklıdır.



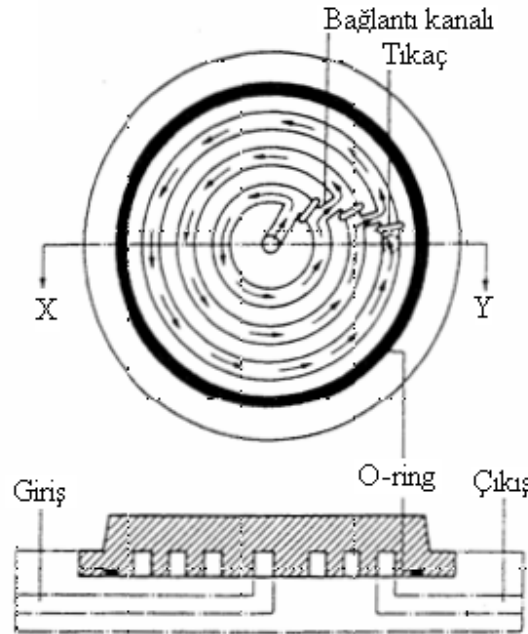
Şekil 6.26 Lokma soğutma, soğutma kolu metodu gösterilmiştir.

Derin olmayan lokmanın soğutulması

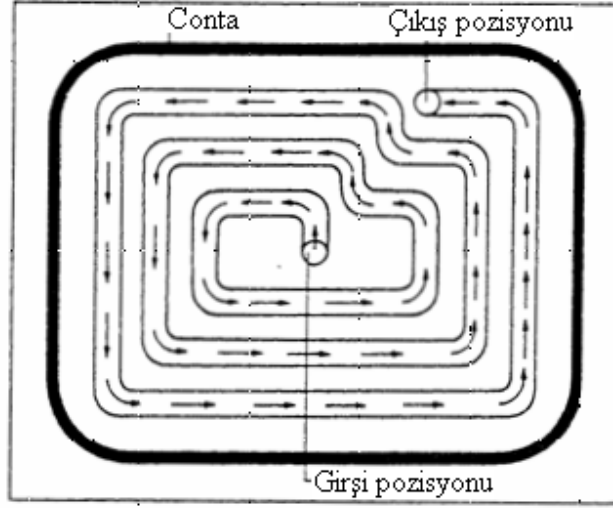
Kalıp tasarımcısı, erimiş plastikten gelen ıstıyı erkek lokmadan uzak bir yere açılmış soğutma kanalıyla uzaklaştıramayacağına karar verdiğinde, erkek lokma içine soğutma kanalı açmayı düşünebilir. Bu metotta kullanılan delik açma şekli U şeklindedir. Bu yaklaşımdaki farklılık, diğer değişlikle Z veya balanslı Z dizaynını kullanmaktır. Sığ erkek lokma soğutması için benimsenen diğer bir alternatif dizayn spiral su devresidir. Bu dizayn temel olarak lokmanın arka yüzüne açılmış spiral şeklindeki kanaldan ibarettir. Fakat pratikte spiral şekli yapmak zor ve pahalıdır. Bundan dolayı karşılaştırılmalı (bağlantılı) spiral normalde benimsenir. Buna örnek şekil 6.27 da büyük yuvarlak lokmaların soğutulması için gösterilmiştir. Şekil 6.27 'de büyük dikdörtgen lokmanın soğutulması gösterilmiştir.

Birinci örnekte dairesel kanallar serisi açılmıştır ve bunlar birbiriyle kanallar vasıtasıyla bağlanmıştır. Görüldüğü gibi akma yolu uygun şekilde yerleştirilmiş baffle (tıkaç)larla sağlanmıştır. Su giriş ve çıkış delikleri plaka üzerine kesikli çizgiyle gösterilmiş şekilde yerleştirilmiştir. O-ring bütün kanalları çevreleyecek şekilde açılmıştır ve böylece soğutma sıvısındaki sızıntıyı engeller.

İkinci örnek basit dikdörtgen plandır, Şekil 6.28 görüldüğü gibi. Çizim lokmanın yalnızca alt kısmını gösteriyor. Bu dizaynda bafflesiz (tıkaçsız) tek bir kanal vardır. Alternatif olarak aynı düzenleme yuvarlak lokmada da kullanılabilir (Şekil 6.27)



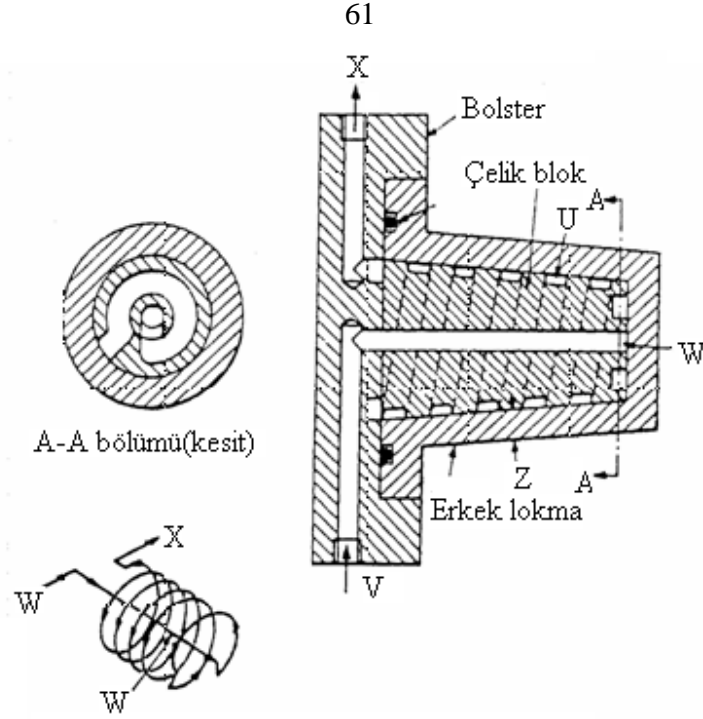
Şekil 6.27. Sığ lokma soğutma, yuvarlak kanal dizaynını gösterilmiştir. (Olmsted ve Davis, 2001)



Şekil 6.28. Sığ lokma soğutma, dikdörtgen freze kanalı dizaynı gösterilmiştir. (Stoekhert ve Mennig, 1998)

Helis kanal dizaynı

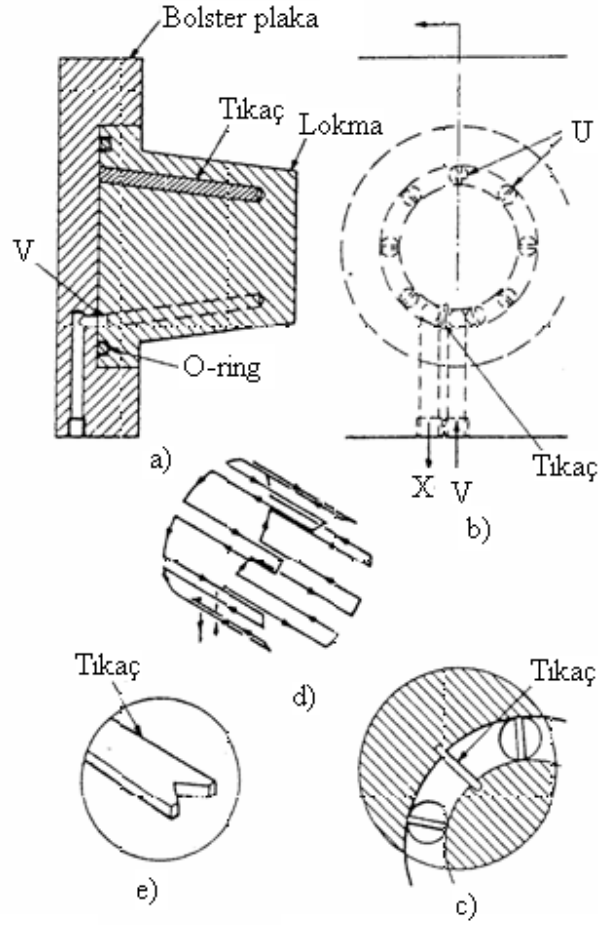
Daha önceki iki dizayndan daha etkili dizayn helis kanal dizaynıdır, bu dizayn Şekil 6.29 da gösteriliyor. Daha pahalı bir dizayndır. Bu dizaynda derin oda çok sıkı şekilde yerleştirilen çelik veya sarı bloktur (ikinci sarı blok paslanmama ve bloğun takılması yönünden tercih edilir). Helis kanal bu bloğun çevresine helis şeklinde açılır. Kalıp plakası bloğundan ve soğutma bloğundan matkapla açılan delik öyle ayarlanmalıdır ki, soğutma suyu V den gelip merkezden açılmış W doğru akar. Bu bloğun kesit görünüşü (A-A) ve helis kanaldan sonraki su çıkış kısmı şekilde görülmüyor. Erkek lokma kalıp plakasına o-ringle birlikte takılarak su sızıntısı engel olunur. Bu dizayn soğutucu sıvının tam bir su yolunu takip etmesini ve su sisteminde ölü noktaların (suyun akmadığı) olmamasını sağlar. Çelik blok erkek lokmanın iç kısmına pozitif bir destek sağlar ve bundan dolayı bu dizayndaki duvar kalınlığı (Z) daha önceki dizaynlara göre daha incedir. Duvar kalınlığının azlığından dolayı plastik parçadan soğutma sistemine daha hızlı ısı transferi gerçekleşir.



Şekil 6.29. Erkek lokmaya takılmış soğutma dizaynı 3 helis kanal sistemi gösterilmiştir.

Tıkaçlı (Baffled) delik sistemi

Şekil 6.30 da tamamen farklı bir yaklaşım gösterilmiştir. Bu dizayn baffleli (tıkaçlı) delik (U) sistemini kullanır. Delik lokmanın arka yüzüne açılır, tabana (lokma) göre doksan derece açıyla veya lokma yüzüne paralel şekilde delik açılır. (ikinci dizayn gösterilmiştir). Lokma büyüklüğüne bağlı olarak, bu deliklerin çapı normalde 13 mm -25 mm arasındadır. Akma yolu temin etmek için, münferit deliklere V) deliğiyle birbirine bağlanır. Bunlar lokmaların tabanına işlenmiştir. Su giriş (W) ve su çıkış (X) delikleri tıkaçların her iki tarafına kalıp plakasından matkapla delik açılarak yerleştirilmiştir (Şekil 6.30 b'deki çizime bakınız). Soğutucu suyun her bir delikten dolaşmasını sağlamak için tıkaç her birine takılmalıdır. Soğutma sıvısının gerçek akma yolu Şekil 6.30.d)'de gösterilmiştir. Sert kalıp plakasına lokma o-ringle birlikte takılarak su sızıntısı engellenir. Her tıkaç lokmanın arkasından çıkıntı yapacak şekilde yerleştirilerek suyun doğrudan geçmesi engellenir (su dolanarak geçer). Şimdiye kadar bahsedilen dizaynlar büyük lokmalar içindir. Aşağıdaki dizayn örneği ufak lokmalar için soğutma dizaynıdır özellikle çok gözlü kalıplar içindir.

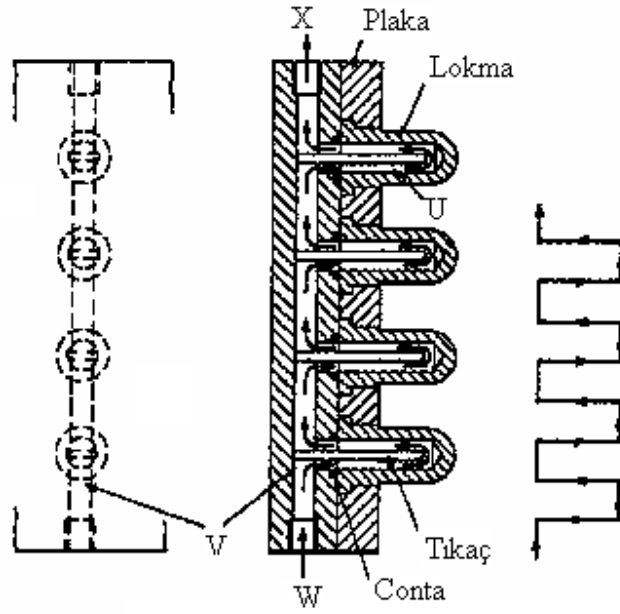


Şekil 6.30 Erkek lokma soğutma baffli delik sistemi a) Üstten görünüş b) Yandan görünüş c) Alttan görünüş d) Şematik devre e) Üst görünüş gösterilmektedir. (Olmsted ve Davis, 2001)

Ufak lokmalar için tıkaçlı (baffleli) delik sistemi

Bu dizayn şekil 6.31 de gösteriliyor, kalıp gözleri (S) hattında düzenlenmiştir ve lokmalar yuvarlaktır, çerçeve tipi kalıp plakasına takılmıştır. Her lokma U şeklinde bir boşluğa sahiptir ve bunlar kalıp plakasına açılmış delikle plakaya bağlanmıştır, sızıntıya engel olmak için her lokmanın altına o-ring takılmıştır. Kalıp içine açılmış (V) deliğiyle bu münferit delikler birbiriyle bağlanmıştır. Bu deliğin alt kısmı su girişi (W) ve üst kısmı su çıkışı (X). Her bir lokma boşluğundan suyun dolması için baffle (tıkaç) gereklidir. Baffleler her bir lokmanın içine ve ana deliğe dik olarak takılmıştır.

NOT: Tıkaçın alt kısmının çapı ana kanalın çapına uygun olmalıdır. Soğutma suyunun akma yolu Şekil 6.31 b) de gösteriliyor. Soğutma suyu kalıp içinde ilerledikçe ısınacağından, bu dizayn üç veya dörtten fazla gözülü kalıplarda etkili soğutma sağlamamaktadır.

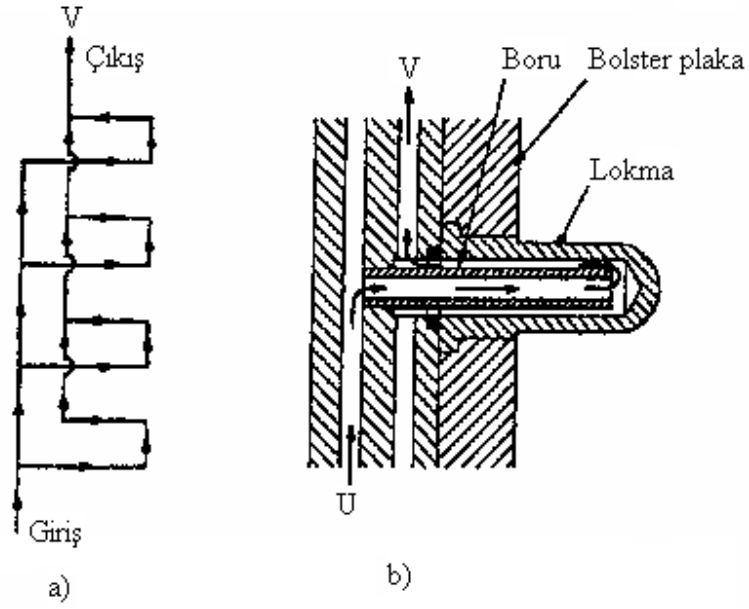


Şekil 6.31. Ufak lokmaların soğutulması için tıkaçlı soğutma sistemi gösterilmiştir. (Beaumont ve Sherman, 2002)

Kabarcıklı Sistem

Şekil 6.32 b) de görüldüğü gibi lokmaların arka yüzüne ufak çaplı delik açılmıştır. Bubble boru kalıp destek plakasına takılır ve bu deliğin içine doğru görüldüğü gibi çıkıntı yapar bundan dolayı arka plakaya uygun su giriş ve çıkış delikleri açılır. Bu sistem için şekilde görülen su devresi kullanılabilir. Soğutma sıvısı giriş deliği (U) dan geçerek bubbler borunun içine buradan da dışarıya çıkış deliğine (V) gider. Bu devrenin tam şematik çizimi şekil 6.32 a) da gösteriliyor.

NOT: Her bir lokmadaki soğutma sıvısının sıcaklık derecesi aşağı yukarı aynıdır. Çünkü bunlar aynı şekilde bağlantılıdır.

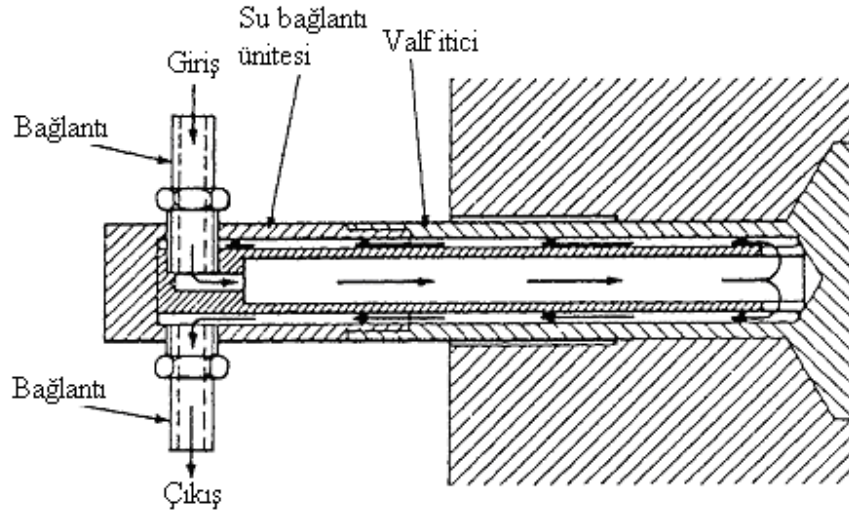


Şekil 6.32. Ufak lokmalar için bubbler sistemi gösterilmiştir.

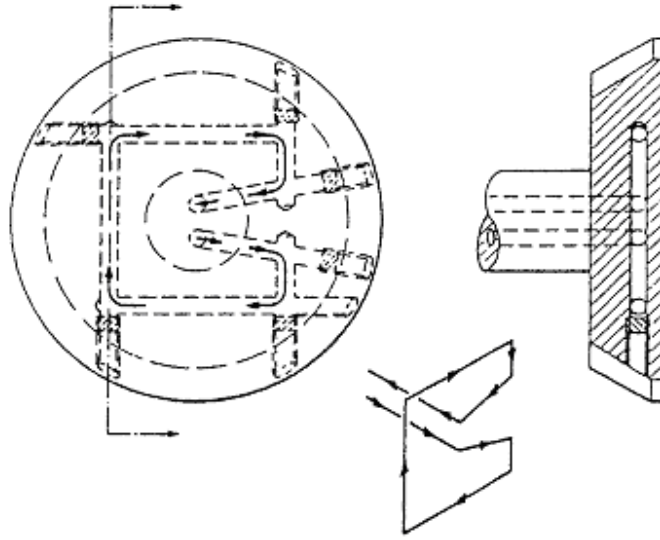
6. 4. Diğer Kalıp parçalarının soğutulması

6.4.1. Diğer kalıp plakaları

Çok plakalı kalıplarda, dişi ve erkek kalıp plakalarına ilaveten diğer kalıp plakalarının soğutulmasıyla da ilgilenmek gerekir. Özellikle sıyırıcı plakalı (stripper plate) kalıptaki sıyırıcı plaka ve alttan beslemeli (underfeed) kalıptaki besleme plakasında. Bu plakaların ayrı sıcaklık kontrolleri optimum üretim elde etmek için gereklidir. Genel olarak, integral tipi dişi plaka için kullanılan sıcaklık kontrolüyle aynı şekilde sıcaklık kontrol edilir. Sıvının akma yolu delinir ve birbiriyle bağlanır bu şekilde soğutma sıvısı plakada sirkülasyona başlar.



Şekil 6.33. Valf itici elemanını soğutma: bubbler itici gösterilmektedir. (Stoekhert ve Mennig, 1998)

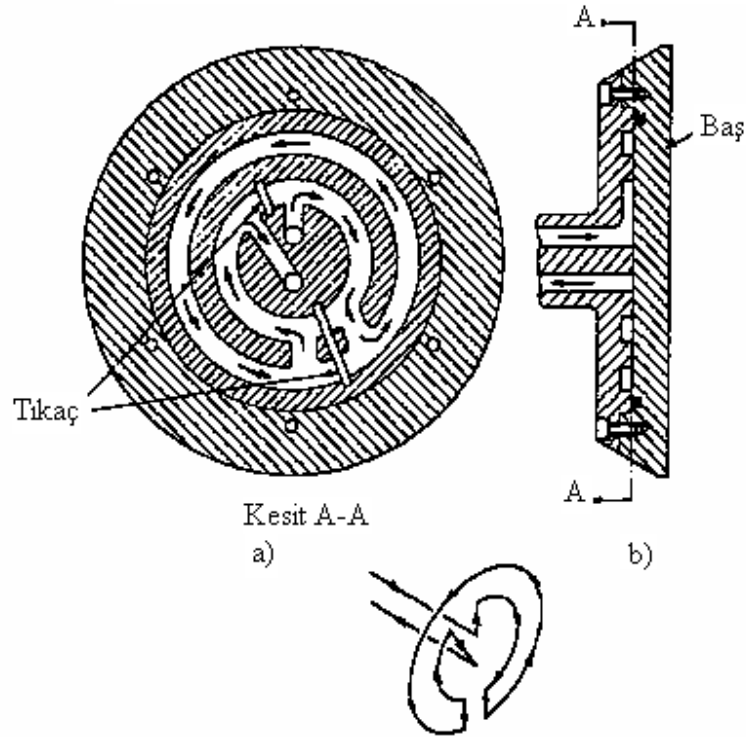


Şekil 6.34. Valf itici elemanlarını soğutma: Valf başlığındaki soğutma devresi dizaynı gösterilmiştir. (Stoekhert ve Mennig, 1998)

6.4.2. Valf tipi iticiyi soğutma

Valf tipi iticiler normalde baskının oldukça büyük bir kısmını kaplar. Bundan dolayı bu parçadan toplanan ısının dağıtılması temin edilir. Bununla ilgili birkaç dizayn gösteriliyor. Şekil 6.33 de ilk olarak bubbler sistem benimsenir. Valf itici sistemin gövdesi delinerek su soğutma Ünitesi yerleştirilir. Su giriş ve çıkış yerine esnek borular bağlanarak itici hareketine engel olunmaz. Soğutucu sıvı giriş yerinden borunun merkezine ve çıkış yerinden borunun dış kısmına gider. Bu

valf tipi itici için en basit soğutma metodudur. Eğer istenirse, soğutma sıvısının valf iticinin baş kısmından geçmesi için daha karmaşık su devresi gerekir. Şekil 6.34 bu valfi gösteriyor. İtici başlığı delinir ve gerekli yerlerine tıkaç takılarak dört köşe tip su soğutma devresi oluşturulur. Soğutma sıvısı baş kısmında dolaşarak itici gövdesindeki uygun delikten geçer. Diğer dizayn şekil 6.38 gösteriliyor. Burada baş kısmı iki parça halinde yapılmıştır. Soğutma kanalları (a)'da gösterildiği gibi bir parçaya açılmıştır. Tıkaçlar (Baffle) arkadan frezelenmiş yarıklara takılır. Soğutma sıvısı daha önceki dizaynda olduğu gibi valf gövdesindeki uygun kanaldan geçer.



Şekil 6.35 Valf itici elemanlarını soğutma: Valf başlığındaki soğutma devresi dizaynı gösterilmiştir.

6. 5. O-ring (Keçeler)

O ring sentetik kauçuktan yapılmıştır, kalıpta açılmış uygun açıklığa yerleştirilerek soğutma sıvısının sızıntı yapması engel olunur. Bu fonksiyonun etkin bir şekilde sağlanması için o-ring in yeterli bir sıkıştırmaya tabi tutulması ve bu şekilde sızdırmazlık sağlanması gerekir. İki alternatif kesit şekli vardır, yuvarlak ve dikdörtgen, yuvarlak kesitte o-ring kullanımı benimsenir. O-ring aşağıdaki durumlarda kullanılır.

I-) İki plaka arasındaki sızıntıya engel olmak için tipik örnekler Şekil 6.30, 6.32 ve 6.35 sırasıyla gösterilmiştir. Plakanın birindeki kanala O- ring yerleştirilir diğer plaka bunun üzerine kapatılır. O- ring istenilen miktarda sıkıştırılır. Büyütülmüş takma detayları Şekil 6.36'da gösteriliyor. O-ring için gerekli kanal açıklığını hesaplayan eşitlik aşağıdadır.

$$D_m = D + d \quad (6.4)$$

$$W = 1.3d \quad (6.5)$$

$$t = 0.8d \quad (6.6)$$

Burada;

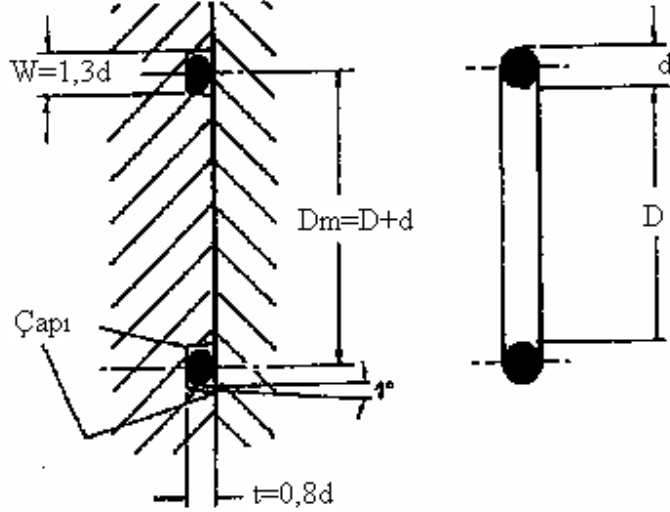
D = O-ring'in iç çapı

D_m = O-ring'in ortalama çapı

d = O-ring'in kesit çapı

W = kanal genişliği

t = kanal derinliği



Şekil 6.36. Düz yüzeyler için O-ring takılma detayları gösterilmiştir.

II-) Eğimli yüzeyler arasında sızıntıyı engellemek. Bu durum erkek ve dişi lokmanın su sirkülasyonu için açıklığa sahip olması sonucudur. Şekilde görüldüğü gibi açıklığın her bir tarafında kullanılmak üzere bir çift o-ring gerektirir. İkinci durum için büyü tülmiş, takma detaylarını gösteren resim Şekil 6.37 da gösteriliyor.

Not: Montaj operasyonu esnasında O-ring erkek ve dişi lokma çapının üzerinde olarak bu açılmış kanala tam olarak yerleşmesi sağlanır. Bu durumda kullanılacak kanal boyutuyla ilgili eşitlik aşağıdadır.

$$D_o = 1,8D$$

$$W = 1,3d$$

$$t = 0,8 d$$

Burada D_o = yuvarlak lokmanın dış çapıdır. Daha az karmaşık ve alternatif O-ring takma metodu Şekil 6.36 de gösteriliyor. Bu dizaynda lokmanın çevresine yakın yerde kalıp plakasına açılan kanala O-ring yerleştirilir. Bu dizaynın avantajı daha önceki dizaynda bahsedildiği gibi (dizayna) O-ring'in gerdirilerek yerine takılmasına gerek yoktur.

Bu durumla ilgili eşitlik aşağıdadır.

$$D_o = D - 0.3d$$

$$W = 1.3d$$

$$t = 0.8d$$

Burada D_o = yuvarlak lokmanın dış çapıdır.

O-ringin kullanılması esnasındaki bozukluklarının nedeni aşağıda sıralanmıştır.

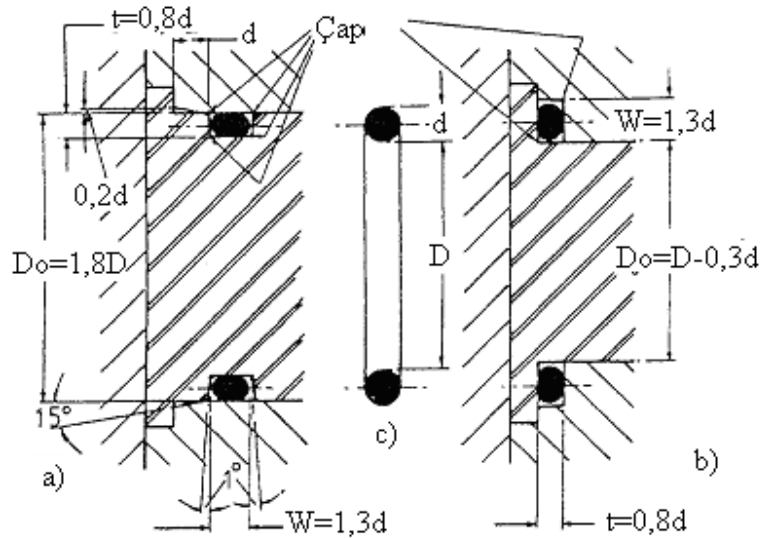
- O-ringin takıldığı yarığın boyutları uygun değil. Tasarımcılar, kalıp parçası satıcılarının kataloglarına bu yarığın boyutları için bakmalıdırlar.

NOT: Şekil 6.36 ve 6.37 da verilen yarık boyutları referans değerlerdir. Bu değerler kalıp dizaynında kullanılmak için uygun değildir.

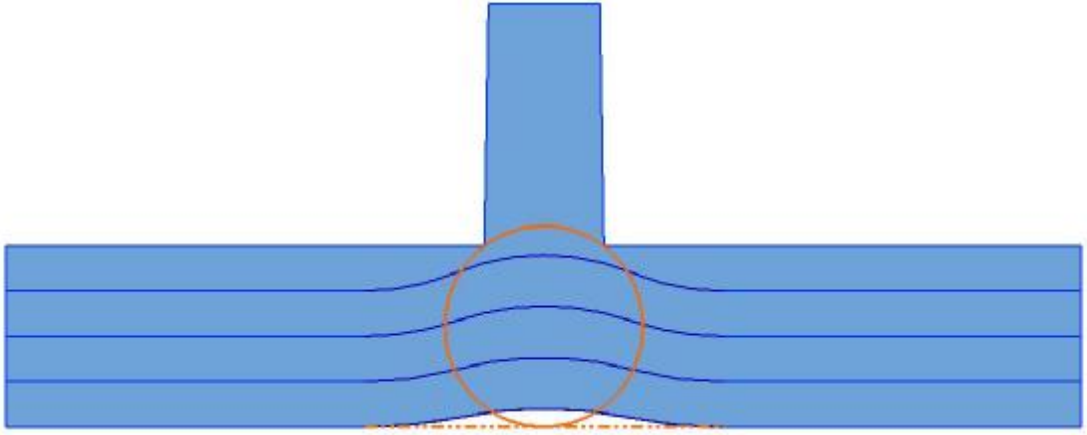
- O-ring takılması ve çıkarılması esnasında zarar görür. Bu durum genelde o-ringin iç ve dış kana! köşeleri keskin bırakıldığında olur. Şekil 6.36 ve 6.37 deki eğim değerleri kullanılabilir. O-ring ihtiva eden yuvarlak lokmayı taktığımız zaman giriş açısı (lead-in angle) 10-15°C tavsiye edilir.

- Kullanılacak soğutma sıvısıyla uyumlu olmayan o-ring kullanılması (örneğin, belirli yağlarda farklı sentetik kauçuk tipi o-ring olarak kullanılır).

- O-ringler için kullanma sıcaklığına ve soğutma sıvısına uygun olmayan o-ring kullanılması.



Şekil 6.37 Eğimli yüzeylerin sızdırmazlığı için o-ring takma detayları gösterilmiştir.

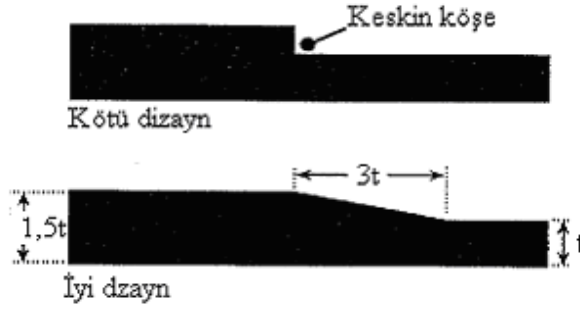
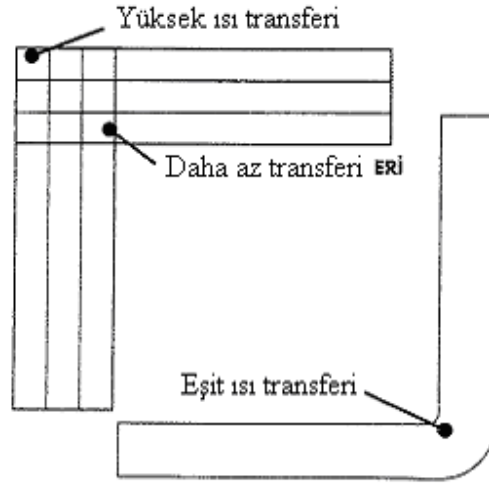
Düzgün Soğutma Olmadığı Zaman Meydana Gelen Hatalar

Şekil 6.38. Et kalınlığının sabit tutulmasına örnek verilmiştir.

YANLIŞ

DOĞRU

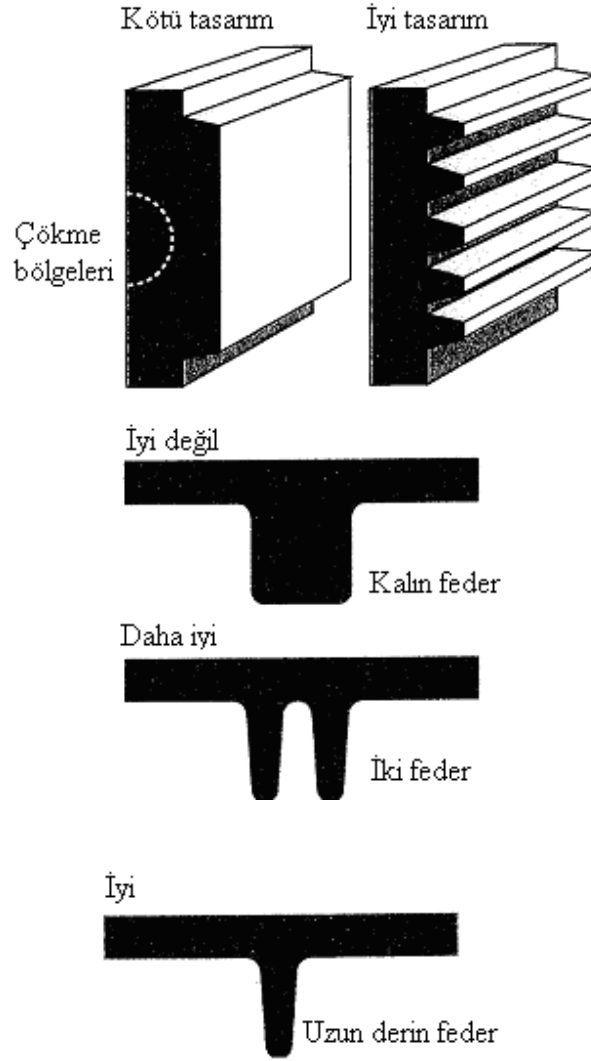




Şekil 6.39. Keskin köşelerden kaçınmak için yapılan uygulamalara örnekler gösterilmiştir.

Soğumadaki farklılıklar aşağıdaki olumsuzluklara sebep olur

- İç gerilimin oluşmasına,
- Parça'nın eğrilmesine,
- Ve ölçüsel toleransların büyütülmesine.



Şekil 6.40 Feder ile parçaya mukavemet kazandırmak (Doğru feder dizaynı ile yüzeydeki çökmeler engellenir ve parçanın mukavemeti arttırılır.) için yapılan örnekler gösterilmiştir.

7. İTİCİLER

İtici sisteminin fonksiyonu, baskı soğuduktan sonra kalıptan atılmasını sağlamaktadır. İtici mekanizmanın çok çeşitleri vardır, fonksiyon ve dizayn olarak. İtici metotlarının seçimi genelde bazı faktörlere bağlıdır. Örneğin,

- a) Dışarı atılacak parçanın dizaynına.
- b) Parçanın estetik görünüşüne.
- c) Üretimin ihtiyaçlarına.

Parçayı ve kalıbı enjeksiyon baskı işlemi için tasarladığımız zaman, itici metotlarının seçimine dikkat edilmesi gerektiğini göz önüne almalıyız.

7. 1. İtici Sistemi Seçimi

İtici sistemini seçmeden önce, yeterli şekilde çeşitli parçalar ve üretim istekleri üzerinde durulmalıdır. Basılacak parçaya bağlı olarak, itici yapımıyla ilgili kısa bir istekler listesinin yapılmasının faydalıdır. Bu liste aşağıdaki referans noktalarını içermektedir.

a) Parça estetiği

I) İtici pimlerin izleri gözle görülen yerlerde giderilebilir mi? Baskıyı kalıp dizaynında ters yönünden yapmak, bu problemin üstesinden gelmede kullanılan bir yöntemdir.

II) Parçanın dışarı atılması esnasında, parçanın duvarlardan sürtünerek çıkmasına engel olmak için, kalıp boşluğunda uygun eğim açısı var mı (draft angle)? Uygun parça eğim açısı, parçanın dışarı kolay atılması için gereklidir. Kalıp yapım dizaynına başlamadan önce parça dizaynı esnasında bu göz önüne alınmalıdır.

b) Parçanın Boyutlarıyla İlgili

I) Ne miktarda itici kuvveti ile, parçada yapılan boyutsal (distortion) bozukluk giderilebilir? Parçanın dışarı atılması esnasında, basılmış parçanın şekli kolayca bozulabilir (eğer desteklenmemişse). Özellikle ince parçalarda bu bozulma daha çok görülür.

II) Bozulma olmadan parçanın dışarı atılması için, parçaya destek verecek ilave rib (kaburga, atkı) gerekecek mi?

c) Makinayla İlgili

I) Enjeksiyon makinasının çalışma sınırları arasında, itici kuvvet parçayı dışarı atacak kadar yeterli mi? Kalıp dizayncıları, kalıbı dizayn ederken gerekli itici kuvvetleri düşünmeden hareket ederlerse, bunun sonucu da başarısızlık olur.

II) Kullanılacak enjeksiyon makinası, kalıp dizaynındaki itici sistemini çalıştırabilecek mi? Makina dizaynları itici çalışma metotlarına göre çeşitlilik gösterir. Enjeksiyon makinalarının çoğunluğunda, itici plakaların ortasından enjeksiyon ünitesiyle aynı hat üzerinde hareket eder. Bununla beraber makinaların çoğu çapraz başlı piston veya çekici plakayla (puller plate) çalışırlar, çok büyük makinalar çapraz başlı sistem kullanarak büyük itici gücünü eşit olarak dağıtırlar.

III) İlave (core pulling) core çekme (itici) veya hareketlendirici devreye ihtiyaç var mı (actuation circuits)? Karmaşık kalıp dizaynında itici sistemi istenebilir. Bu işlem için baskı makinası, ilave hidrolik itici devreye sahip olmalıdır ve bu sistemi kontrol eden mekanizma gereklidir.

IV) Kalıp bağlı olduğu halde, enjeksiyon makinası tam olarak açıldığında basılan parçanın dışarı atılması için, gerekli açıklık var mı? Yeterli açıklığın olmaması, kalıbın daha büyük, dolayısıyla çalıştırma maliyeti daha yüksek makinaya takılması demektir. Bu makinanın açılma stroku (mesafesi) daha büyüktür.

Ufak kalıbı büyük makinaya bağlamak, aşağıdaki problemlere sebep olur:

- Malzemenin, ocakta uzun kalma süresinden dolayı, bozulma (degrede) olması.
- Yüksek kalıp kitleme tonajından dolayı fazla kalıp eskimesi.
- Kalıptaki izdüşüm alanının, ufak olmasından dolayı, kalıp plakalarının hızlı çarpışması sonucu (rocking of the platen) parçada çapak oluşması.
- Büyük enjeksiyon hacimli Ünite ile ufak hacimde enjeksiyon yapma sonucu, enjeksiyon miktarında düzensizlik olması (shot inconsistency).
- Baskı süresinin uzaması, büyük makinalar ufak makinalara göre daha yavaş hareket ederler.

V) İstenilen itici mesafesine makina sahip mi?

Büyük (yüksek) derinlikteki baskı, örneğin tüp vb. uzun itici mesafesine parçanın kalıptan atılması için ihtiyaç duyar. Maksimum itici mesafesi makinanın itici silindirin uzunluğuyla belirlenir. Örneğin, çalışma esnasındaki pistonun hareket hacmi (swept volume of the piston on actuation). Eğer itici mesafesi hakkında şüpheye düşülürse, bu tasarımcılar tarafından araştırılmalıdır.

d) Kalıp-kalıp parçasıyla ilgili

I) Kullanılan ilave itici sistemi, kalıp boşluğunu havalandırma için mi? İtici pimler vb. kalıp boşluğunda kör noktaların oluştuğu ve gazın kaçamadığı yerlere havalandırma olarak ilave edilir.

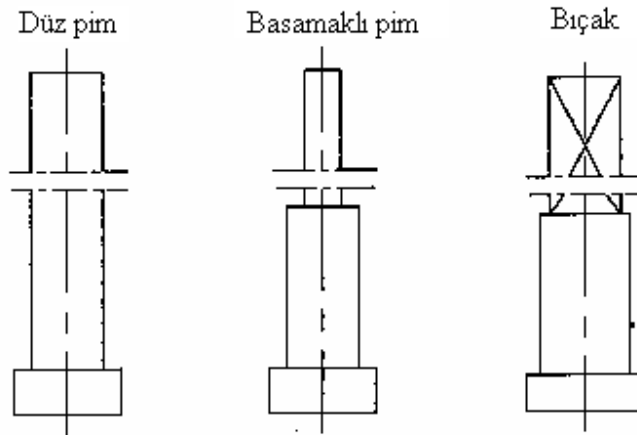
II) Parça kalıptan atılmadan önce, parça ve erkek kalıp arasında oluşan vakumu kaldırmak (release interfacial vacuums) için mi itici sistemi isteniyor? Büyük ince duvarlı baskılar, örneğin kapaklar kalıp açılması esnasında erkek kalıba iyi yapışır ve kalıptan atılması (itilmesi) esnasında altında vakum oluşur. ince duvarlı brittle (kırılgan sert) baskı eğer bunu tutan vakum zamanında kaldırılmaz veya havalandırılmazsa kolayca çatlar veya kırılır.

III) itici parçalar, örneğin pimler ve blade (çubuklar) kullanılmaları esnasında erkek kalıbı yüksek oranda eskitirler.

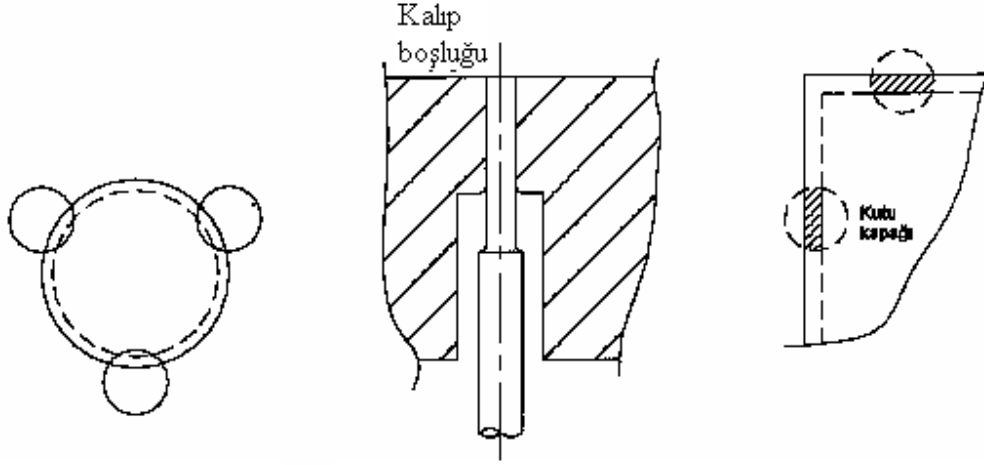
7. 2. İtme Metotları

7. 2. 1. Pimler ve Bıçaklar (Blades)

İtici pimler, en ucuz itici sistemi sunarlar. Fakat bunların kullanımı sınırlıdır. Bu sınırlamalardan biri, ufak kesitlerinden dolayı, yüksek miktarda itici kuvveti baskıdaki bir noktaya uygulanır. Pimin yerleştirildiği noktadan dolayı parçada bozukluk veya kırılma olur, özellikle ince duvarlı parça veya kırılgan (brittle) malzeme kullanıldığı zaman. İtici pimler, standart kalıp parçası olarak genelde ucuz olduklarından dolayı ve standart format olarak metrik ve parmak ölçü birimlerinde bıçak, düz, basamaklı pim olarak Şekil 7.1 ve 7.2 de görüldüğü gibi üretilirler.



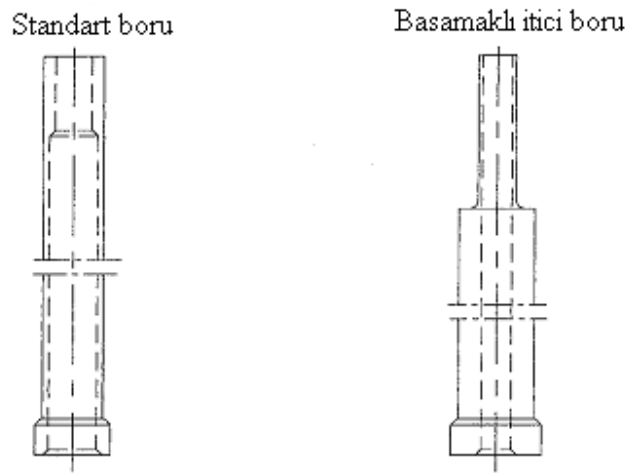
Şekil 7.1 İtici pim tipleri gösterilmiştir.



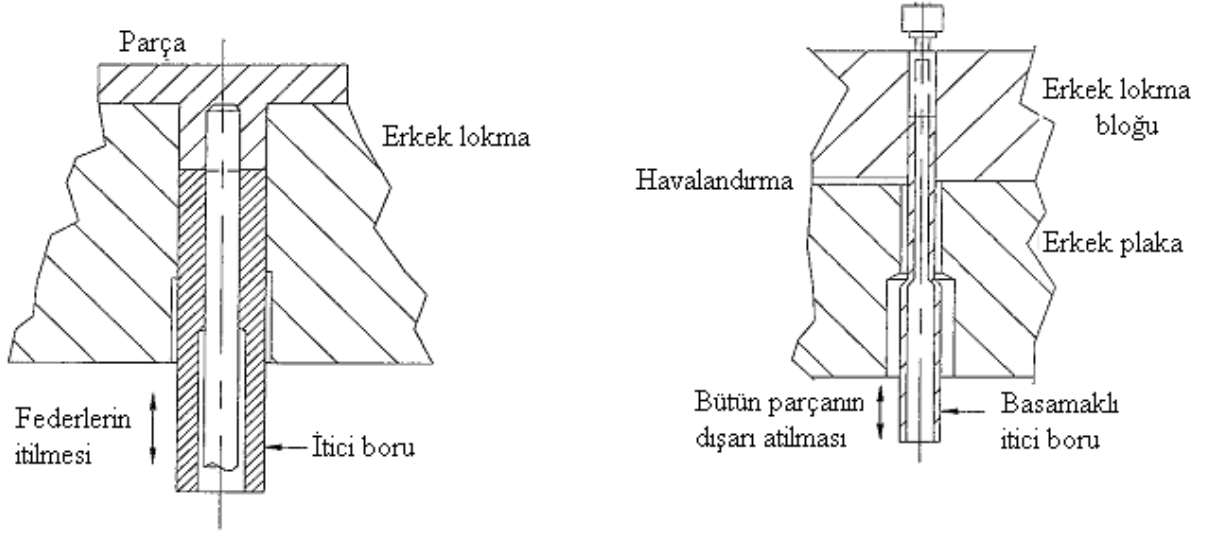
Şekil 7.2 Pim ve bıçakların pozisyonu gösterilmiştir.

7. 2. 2. İtici Bilezik

İtici bilezikler, belirli özellikteki parçaları dışarı atmak için kullanılırlar, örneğin, İçi boş delikler (recessed, holes). Ufak yuvarlak parça bir tane itici bilezik kullanılarak parçanın çevresinden itilirler. İtici bilezik kullanmak, pim kullanmaktan daha pahalıdır ve kullanılmaları esnasında bilezik içinde ve dışında sürtünmeden dolayı daha hızlı eskime eğilimindedir. Standart pimlerle karşılaştırıldığında itici kuvvetler bileziğin daha geniş kesit alanına daha düzgün (eşit) şekilde dağıtılması ile birlikte kalıp havalandırmasını iki katına çıkararak daha etkin havalandırma sağlar. (Şekil 7.3 ve 7.4)



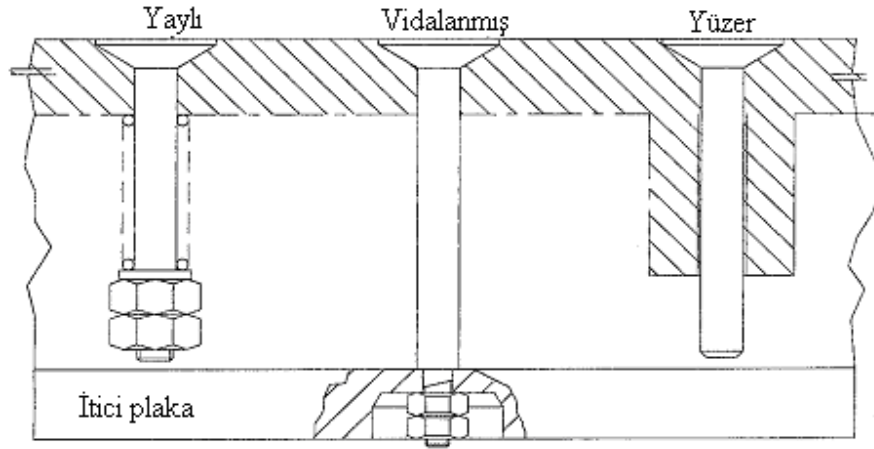
Şekil 7.3 Standart boru formatları gösterilmektedir.



Şekil 7.4 İtici boru pozisyonları gösterilmektedir. (Stoekhert ve Mennig, 1998)

7. 2. 3. Valf Başlıklı İticiler

Valf başlıklı iticilerin birçok kullanım alanı vardır ve bir çok sebepten kullanılırlar. Çeşitli valf dizayn iticileri takılma veya çalıştırılma metotlarıyla birlikte ilgilenilir. Valf iticileri, itici kuvvetlerin transferinde daha geniş bir iz düşüm alanı sunar. Düz başlı dizayn ince duvarlı parçaların dışarı atılmaları sonucu, şekillerinin bozulmadan dışarı atılmasını temin eder. Esnek yumuşak polimerler ve parçalar, örneğin, YYPE şişe kapakları, bu tip itici kullanılarak parçanın dışarı atılmasına yardımcı olur. Yüzer valf iticiler (floating) valf (ejector) dik enjeksiyon baskıda kullanılabilirler veya melamin kalıpta yer çekimini kullanarak, iticilerin hareketinden sonra tekrar geri dönmesini sağlar. Şekil 7.5 İtici format ve takılma metotları gösterilmiştir.



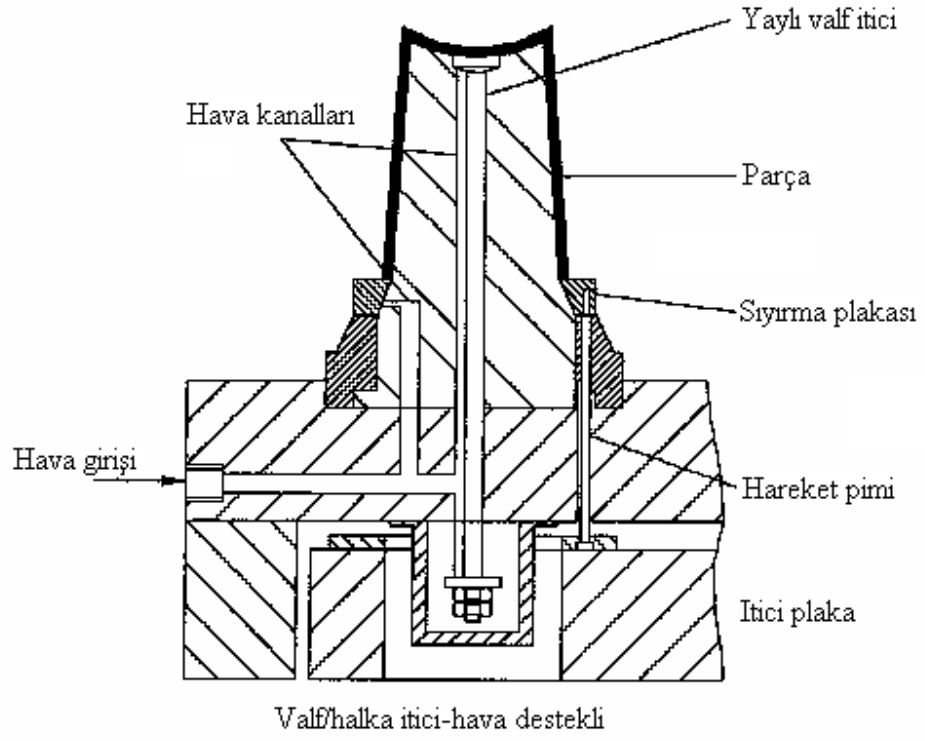
Şekil 7.5 Standart valf başlıklı itici format ve takılma metotları gösterilmektedir.

7. 2. 4. Sıyırma Halkalı ve Plakalı İtici

Sıyırma halkası ve plakası (Şekil 7.6), parçayı iterek veya çekerek erkek kalıptan dışarı atar genellikle parça tabanının çevresiyle bu plakanın kontak kurmasıyla yapılır. Parçanın sıyrılarak dışarı atılması esnasında, parçaya sağlanan destekle daha az bozulma gösterirler. Bu çeşit enjeksiyon metodunu kullanmanın bir çok faydası vardır, bununla beraber kalıp erkek kısmını kaplayan, sıyırma halkasının boyutlarında artmanın sonucu kalıpta daha yüksek seviyede parça eskimesi oluşur.

7. 2. 5. Havalı İtici

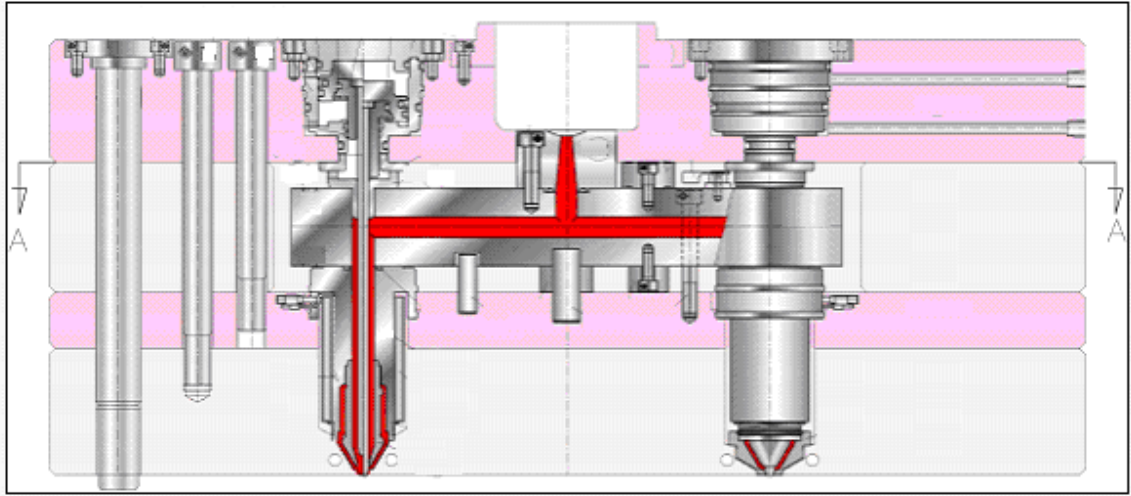
Çeşitli mekanik itici metot kombinasyonlarına ihtiyaç duyulduğunda, havalı iticiler de kullanılır. Hava mekanik itici sistemleri ile ilgili bir çok örnek (Şekil 7.7) termoplastik ve kauçuk endüstrisinde bulunur, örneğin, conta, yağ keçesi, diyafram vb. Büyük ince duvarlı parçaların kalıptan dışarı atılmasında, büyük iz düşüm alanlarından dolayı sıkça hava itici tekniği kullanılarak, parçaya zarar vermeden kalıptan dışarı atılır.



Şekil 7.6 Hava destekli karışık itici metodu gösterilmektedir. (Osswald ve Gramann, 2007)

8. YOLLUKSUZ KALIP (SICAK YOLLUK)

Yolluksuz veya sıcak yolluk sistemlerini, enjeksiyon ünitesinin kalıp içinde uzantısı olarak görebiliriz. Bu durum, polimerin kalıp içindeki kapağı kadar erimiş olarak ısıtma elemanlarıyla bunların termokupullu kontrolüyle tutulmasıdır. Sıcak yolluğun çalışma sıcaklığı, polimerin işleme sıcaklığından farklı değildir. Sabit çalışma sıcaklığı sağlamak için sıcak besleme sistemi kalıbın diğer parçalarından izole edilmelidir. Örneğin, hava boşluğuyla veya ilave soğutma sistemi kontrolüyle. Kullanılacak metot, seçilen sıcak yolluk dizaynına bağlıdır.



Şekil 8.1. Tipik bir manifoldlu sıcak yolluk gösterilmiştir. [2]

8. 1. Sıcak Yollukların Avantajları

Sıcak yolluk kullanmanın ana avantajları:

- Yalnızca baskının soğutulması gerektiğinden, baskı süresinin azaltılması. Yolluk ve besleme sistemi kolayca donan kapının üzerinde sıcak olarak kalır.
- Yolluk sistemi olmadığı için, bunların geri dönüşümü gibi bir işleme de gerek yoktur, malzeme ve zaman tasarrufu sağlanır. Geri dönüşüm malzemenin besleme sistemine ilave edilmediğinden üretim ve enjeksiyon miktarında üretim esnasında sabitlik (değişmezlik sağlanır).
- Baskı sonrası işlemlere ve ilave işçiliğe ihtiyaç yoktur. Çünkü yollukları koparmaya ihtiyaç yoktur, böylece bir tasarruf sağlanır.

d) Baskı esnasında, kalıp doldurma üzerinde polimer akışında çok iyi kontrol olur. Bu, bu konuyla ilgili bölgedeki besleme sisteminin sıcaklığını, bölgesel olarak değiştirme imkan sağlar. Sıcak yolluk olayında, bu avantajlar genellikle bu sistemin sınırlamalarını aşar. Belirli sınırlamaları vardır. Örneğin, renk değişikliği, sıcak yolluk veya klasik kalıpla ilgilenirken güvenilirlikte dikkatlice göz önüne alınmalıdır. Yüksek miktardaki baskının, düşük maliyetle üretilmek istenildiği durumda, yalnızca sıcak yolluk sistemi ideal çözüm sunar.

8. 2. Sıcak Yolluk Sistemleri

Birçok sıcak yolluk sistemi mevcuttur. Sistem, dizaynına ve kalıp üreticilerine göre değişiklik gösterir. İki üreticinin sistemi, birbiriyle boyut olarak veya montaj yönünden nadiren uyumludur. Kullanılan ısıtıcı tipi, bunların kontrolleri de farklıdır. Bazıları AC, diğerleri DC kullanır, buna göre farklılıklar mevcuttur ve bunlar kendilerine göre özel ısıtıcılar ısı kontrolleri ve transformer ünitesine sahiptir. Bütün sıcak yolluk tiplerini ve farklılıklarını incele dikten sonra bunları üç ana grup içinde kategorize edebiliriz.

Grup 1- Harici ısıtılmış manifold kalıp.

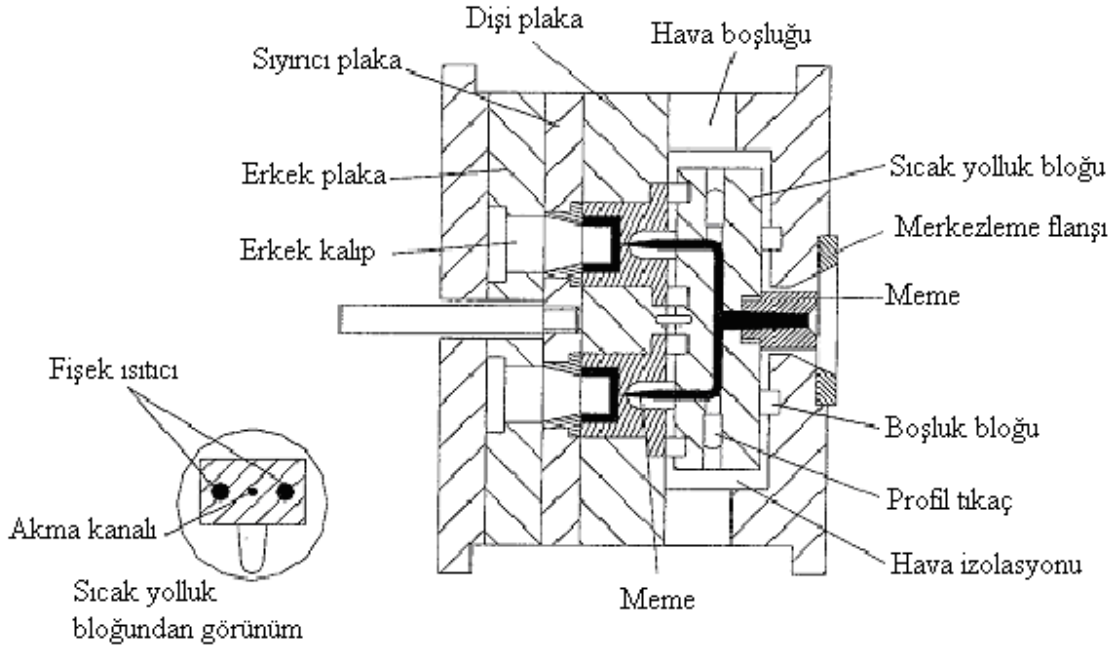
Grup 2- Dahili ısıtılmış manifold kalıp.

Grup 3- İzolasyonlu sıcak yolluk kalıbı.

Yukarıdaki bu gruplara ilaveten, kalıp dizayncıları ve sistem üreticileri yukarıdaki grupların karışımını da kullanırlar.

8. 3. Harici (Dışarıdan) Isıtılmış Sıcak Manifoldlu Kalıp

Şekil 8. 1. 'de tipik haricen ısıtılmış manifoldlu sıcak yolluk kalıbın yapım planı gösteriliyor.



Şekil 8.2 Tipik harici ısıtılmış sıcak manifold kalıp gösterilmektedir. (Olmsted ve Davis, 2001)

İçine yolluk-besleme sisteminin açıldığı sıcak manifold sisteminin (HMB) merkezi hakkında görünüş. Her yolluk kanalı, delinmiş ve istenilen yolluk planı sağlanmasına göre tıkanır. Sıcak yolluk manifoldu planlarken, polimerin takılacağı ve burada deşere olacağı (bozulacağı) ölü noktaların olmamasına dikkat edilmelidir. Eğimli kanal sonu tıkaç yollukların birleştiği yerlere, dik açılı bağlantı yerine ölü akma noktalarını azaltmak için konulur. Manifold bloğuna uygulanan ısı, yolluk kanallarına yakın yerlere açılmış deliklere konulan fişek veya bar ısıtıcılarla sağlanır. Isının blok etrafında düzgün bir şekilde emilmesi (dağılması) için, ısıtıcıların doğru şekilde yerleştirilmesi gereklidir. Bloğun termal kontrolü, ısıtma elemanı ile akma kanalı (yolluk) arasında konulan termokupul yardımıyla sağlanır. Bunlara ilave olarak, ısıtıcılar içine konulmuş ısı kontrol elemanları vardır (termokupul). Manifold bloğuyla kalıbın diğer bölgeleri arasında termal balansı sağlamak için hava izolasyon boşluğu dizaynı kalıba dahil edilmelidir. Yaklaşık 6 mm genişliğindeki açıklık genel baskı sıcaklığı için normalde yeterli olduğu kabul edilir. Boşluk, akma kanalları çıkışında, manifold bloğu önünde sealing washerlar (sızdırmazlık) ve manifold bloğunun arkasına, kalıp arka plakasının önüne yerleştirilmiş destekleme bloğuyla sağlanır. Manifold genellikle sabitleme pimleri ile kalıp içinde merkezlenir. Bu pimler örneğin, bloğun içine yerleştirilmiştir, öne doğru genişleme hareketine müsaade eder, fakat bloğun yanlamasına

compression washerlar (sıkıştırma basıncı) arasındaki hareketine direnir. Manifold tıkama contası (sealing washer) ve kalıp boşluğu kapısı arkasındaki iyi bir kapatma (sızıntısız) sağlamak için, belirli bir kuvvetle kapatma istenir. Bu bağlantı kuvveti manifold bloğun kullanılmadan önce, etkin şekilde ısıtılmaması sonucu sızdırmazlık yüzeylerinde (seal faces) polimer sızıntısı manifold ısıtıcıları patlatır (bozar) ve ısıtıcıların ve termokupulların tekrar sarılmasına ihtiyaç duyar buda pahalı bir operasyondur. Dışardan ısıtılmış manifold sıcak yollukların avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibidir.

1) Avantajları

- a) ısıtılmış yolluk kesitinden tamamen erimiş polimer akışının sonucu, kapiya (cavity gate) iyi basınç transferi.
- b) Diğer sıcak yolluk sistemleriyle karşılaştırıldığı zaman, besleme sistemindeki ufak yolluk sistemi nedeniyle, plastiğin besleme sisteminde daha az beklemesi ve bunun sonucu daha az polimer bozulması oluşmasıdır.
- c) Termal olarak ayarlanıp çalıştırıldığında sabit verim.

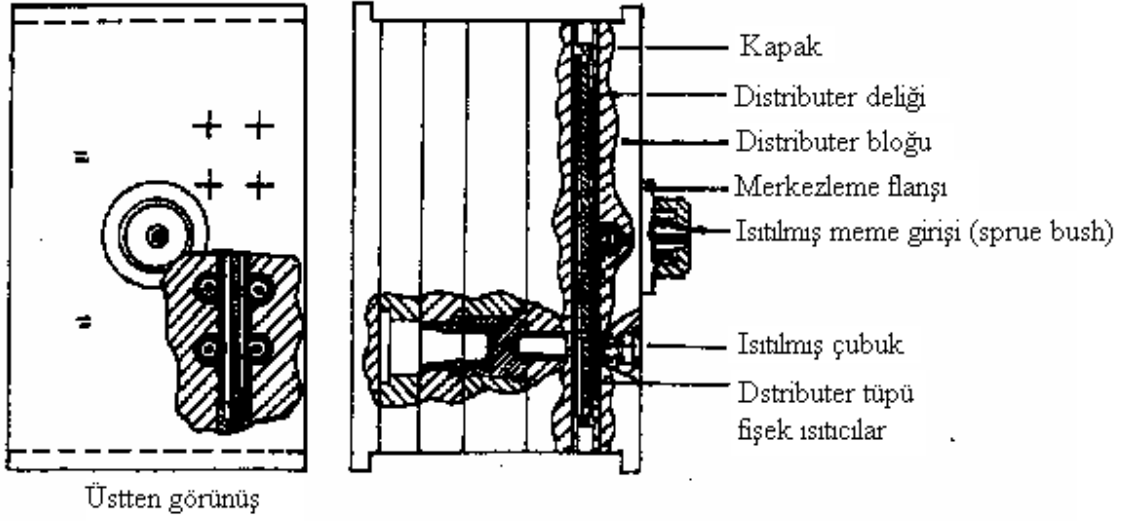
2) Dezavantajları

- a) Sealing washer (sızdırmazlık) yatağındaki polimer sızıntısına eğimli olması için ilave kalıp servisine ihtiyaç vardır. Örneğin, BeCu sızdırmazlık contalarını (sealing washers) her makina çalışmasında değiştirmek.
- b) Manifold bloğunun kullanılmadan ön ısıtılması, manifoldun ısıtılması yaklaşık 3/4 saat alır. Bununla blok, conta (washer) ve kapılar arasında sızıntısız kapanma oluşur.
- c) Dizaynın genel ısıtılmasından dolayı her kalıp boşluğunun polimerle besleme kontrolü sınırlıdır. Eğer besleme kontrolü herhangi bir kalıp boşluğu için ayarlamaya ihtiyaç duyarsa, kapı geometrisi ve sızdırmazlık contalarının (sealing washers) delik çapı buna uyacak şekilde değiştirilir.
- d) Diğer sıcak yolluk sistemine göre, bu sistemin çalıştırılması daha az ekonomiktir, dizaynın verimiyle karşılaştırıldığında daha fazla elektrik gücü harcar.

8. 4. Dahili Isıtılmış Manifold Kalıp

Dahili ısıtılmış sıcak yolluk kalıbında, erimiş plastik sıcak yolluk sistemini ve distribütör (dağıtıcı bloğu) takip ederek akar (Şekil 8.2) dağıtıcı blok geniş çaplı çapraz delinmiş akma yolu içindedir (32 mm) .Çelik tüplerin içlerinde termokupullu fişek ısıtıcılar, merkezi olarak tüpün her iki ucundan desteklenerek sabitlenecek şekilde sabitleme pimleri ile sabitlenmiştir. Erimiş

polimer, kalıp içindeki akarken ısıtıcı tüplerin üzerinde erimiş olarak kalırken, bu polimerin aktığı tüpün dış duvarlarına dokunan kısmı soğuyarak, İzolasyon kabuğu oluşturur. Bu kabuğun kalınlığı, bunu çevreleyen sıcak yolluk bloğunun sıcaklığıyla ve her baskıdaki bekleme zamanıyla belirlenir. Termal balansı sağlamak için, sıcak yolluk bloğunun sıcaklığı, dağıtıcı tüpler civarında kontrol edilmelidir. Bunun için blok dizaynına soğutma kanalları açılmalıdır. Blok soğutma kanallarının pozisyonu öyle olmalıdır ki, bloğun arkasından makina plakasına geçen ve bloğun önünden kalıp dışı plakasına geçen fazla ısıyı uzaklaştıracak şekilde olmalıdır. Sıcak yolluk bloğundan fazla ısıyı etkin şekilde dağıtamamak, bloğun kullanımı esnasındaki çalışma penceresinin boyutlarını azaltır. Ayrıca buna bağlı olarak baskının kalitesi bundan zarar görür. Her kalıp boşluğundaki kalıp doldurma kontrolü, her kapının arkasına yerleştirilen ısıtılmış uçlu çubuklarla sağlanır. Her bir çubuk kendi fişek ısıtıcısıyla ısıtılır ve ısıları münferit termokupulla kontrol edilir. Bu çubukların uzunlukları her çubuğun omuzu altına yerleştirilmiş çubuk contalarının kalınlığı derinleştirilerek belirlenir. Çubuk uzunluğunu ve ısıtıcı sıcaklığını kontrol ederek, kalıp doldurma hassaslıkla kontrol edilir. Hatta oldukça balanssız besleme sisteminde, bu sistem i kullanarak düzenli kalıp doldurma ayarı yapılabilir. Kalıp ayarı yapılmadan önce, ısıtma çubuğunun kullanımı esnasında etkin uzunluğu hesaplanmalıdır ve çubuğun kullanılacağı sıcaklıkta bu çubuğun sıcaklıkla genişmesi hesaba katılmalıdır (genellikle çelik alaşımları). Kullanımı esnasında bu çubuk tabii olarak eskiyeceği ve uç kısmı kırılacağı göz önüne alınarak, bu ısıtma çubuğu standart kalıp parçası olarak görülmeli ve yedeği bulundurulmalıdır. Servis maliyetini ve ayarlama zamanını azaltmak için, her ısıtma çubuğunun yüksekliği ve çalışma sıcaklığı not edilmeli ve gelecekte kullanılmak üzere referans ve enformasyon kayıt edilmelidir.



Şekil 8.3 Tipik dahili ısıtılmış manifoldlu kalıp gösterilmiştir.

Dahili olarak ısıtılmış manifold kalıplarının avantaj ve dezavantajları aşağıda özetlenmiştir.

1) Avantajları:

- a) Her kalıp boşluğuna iyi kalıp doldurma kontrolü. Her bir kapının arkasındaki münferit olarak ısıtılan ve kontrol edilen ısıtıcı çubuklarla, bütün kalıbın hassas ve balanslı kalıp doldurma kontrolü sağlanır.
- b) Kapı problemlerinde azalma. Problemler örneğin kapıdaki malzemenin sarkması veya kapının tıkanması, ayarlı ısıtılmış çubuk kullanılması sonucu azaltılmıştır.
- c) Her baskıda hassas baskı kontrolü.
- d) Bozuk kalıp boşluğunu, münferit olarak ısıtma çubuğunun elektriğini kapatarak devre dışı bırakabilmek.

2) Dezavantajları:

- a) Sıcak yolluk bloğundan gelen kirlenme. Her distribütör sonunda kör nokta vardır, eğer burada polimer soğuyup sertleşmezse degrede olur.
- b) Kullanımı esnasında renk kirlenmesi, özellikle eğer renk değişimi hesaplanmazsa bu kirlenme olur. Kör noktaların ve polimerin aktığı kanallardaki polimer kabuğunun kombinasyonu bütün renk kirlenmelerinin kaynağıdır ve bu eğer daha bir sonraki kalıp kullanımında daha yüksek işlem sıcaklığı kullanılırsa çok görülür.
- c) Kullanımı esnasında ısıtma çubuğu ucunda eskime ve kırılmanın oluşması. Kullanıldığı zaman eğer bu çubuk yeterli desteklenmezse çubuk ucu kapı duvarıyla kolayca bozular (yada kırılır), bu bozulmaların çoğunluğu kalıp doldurmanın başlangıcındaki yüksek basınç safhasında

(enjeksiyon) oluşur. Çubuğun ucu tabii olarak basınçlı polimerin sürtünme etkisiyle eskir, özellikle bu eskime fiber takviyeli polimer kullanımında daha belirgindir.

d) Kapının bloke olması, degrede olmuş polimer ve yabancı maddeler genellikle çubuk ucuyla ve kapı duvar arasında birikir buda kapının bloke olması sonucunu getirir.

8. 5. İzolasyonlu Sıcak Yolluk Kalıp

İzolasyonlu sıcak yolluklu kalıp (Şekil 8.3), bütün sıcak yolluk dizaynlarının en basitidir. Bu dizayn, polimerin yüksek özgül ısı iyi izolasyon özelliğinden faydalanarak yapılmıştır. Erimiş polimer, yolluğun içine enjekte edilir ve erimiş polimer yolluğun soğuk duvarına dokununca bir kabuk oluşturur. Bu kabuk erimiş polimer kalıp içine giderken izolasyon tabakası olarak işlev yapar. Akma kanalındaki kabuğun kalınlığı, kalıp plakasının sıcaklığıyla, sistemden akan polimerin sıcaklığıyla ve baskı süresinin uzunluğuyla belirlenir. Bu kalıp dizaynında besleme bloğu birbirinden ayrılabilen iki plakadan ibarettir, bu iki plakanın birbirinden ayrılmasıyla yolluk sistemine ulaşılabilir. Büyük çaplı besleme kanallarının yarısı (yolluklar) (25-35 mm) her plakaya freze çakısıyla işlenerek açılır. Bu iki plakanın bir araya getirilmesi ile tam yuvarlak yolluk oluşur. Besleme plakasının hassas ısı kontrolü (kalıbın düzgün fonksiyonu için); eğer kalıp kullanımı esnasındaki fonksiyonu düzgün değilse gereklidir; ısı kontrolünü sağlamak için yollukların ön ve arka tarafına soğutucu kanalları açmak gereklidir. İzolasyon plakası, örneğin, cam fiber plaka (6-10 mm kalınlıkta) ayrıca makina plakasıyla kalıp arasına da böyle bir izolasyon plakası koyarak termal kayıp en aza indirilir. İzolasyonlu sıcak yolluklu kalıpların avantaj ve dezavantajları aşağıda özetlenmiştir.

1) Avantajları:

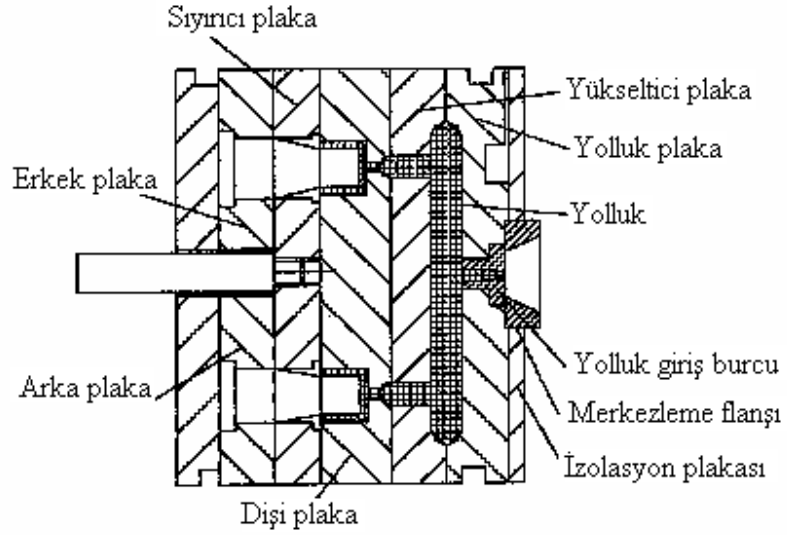
- a)** Yolluk sistemi kolayca açılıp temizlenebilir, bunun sonucu çok az malzeme ve renk kirlenmesi oluşur. Besleme sisteminin temizlenmesi kalıp makina üzerindeyken yapılır. Soğuyarak donmuş yolluk sistemine, kalıbın hareketli kısmının önündeki ön plakanın vidaları ve bağlantı elemanları sökülerek ulaşılır.
- b)** Kalıbın çalıştırılmaya başlama süresi, diğer sıcak yolluk sistemine göre daha hızlıdır.
- c)** Diğer sıcak yolluk sistemlerine göre, bu kalıbın yapımı daha ucuzdur.
- d)** Termal olarak dengesiz polimerler, bu sistem kullanılarak işlenebilir.

2) Dezavantajları:

- a)** Yolluk sisteminin donması. Üretim esnasında durma nedeniyle besleme sisteminin donması nedeniyle, tekrar üretime başlanmadan önce, yolluk sisteminin temizlenmesine ihtiyaç vardır.

b) Daha önceki baskıdan kapıda (yolluk girişinde) donmuş malzemenin kalarak kapıyı bloke etmesi (tıkaması). Kapının tıkanması, izolasyonlu sıcak yolluklu kapılardaki ciddi bir problemdir. Bu problemin üstesinden gelmek için her kapının arkasına, fişek rezistans yerleştirilir. Bu çeşit ısıtıcı çubuğun, kalıp dizaynına ilavesi sonucu çok uygun parça üretilebilir. Fakat kalıp maliyetini artırır.

c) Yolluk sisteminde basınç kaybı yüksektir. Oldukça büyük yolluk çapının sonucunda, besleme kanalında erimiş polimerin fazla sıkıştırılabilesinden dolayı, fazla basınç düşmesi oluşur.



Şekil 8.4 Tipik izolasyonlu sıcak yolluklu kalıp gösterilmiştir. (Osswald ve Gramann, 2007)

9. MAÇALI (UNDERCUT) KALIP

Çeşitli maçalı kalıp dizaynını anlamak için, önce maçalı kalıbın tanımlaması nedir? Bunu anlamalıyız. En basit şekilde maça şeklini tanımlamak, baskının kalıptan dışarı atılmasını engel olan veya direnen parçasıdır. Bu baskıda maçalı kalıplara örnek, parçadaki çıkıntı (beads), oyuklar (grooves), baskının yanındaki delikler, yüzeyin çok derin şekilde kumlu olması, baskının dışarı atılmasına engel olan ters yöndeki açı (reverse draft angles), dahili ve harici dişliler maçalı olarak sınıflandırılabilir özelliklerdir, bunlar parçanın dışarı atılmasına engel olurlar.(Şekil 9.1) Bu parçaların kalıptan dışarı atılması için bu maçayı oluşturan kalıp parçası, parça dışarı atılmadan önce geri çekilmelidir.

9. 1. Maçanın Geri Çekilmesi (Core Pulling)

Maça sistemi genellikle pahalı bir sistemdir ve bu sistem başka bir alternatif olmadığı zaman üzerinde çalışılacak metottur. Maça sistemi kalıp dizaynının başlangıcında belirlenmelidir. Maça sistemi parçanın dışarı atıldığı hattan dışarı çekilir, kalıp ana plakası içinde yeterli alan maça çekme mekanizmasını yerleştirmek ve mekanizmayı işletmek için gereklidir Maça sistemini çekmek için yeterli hareket gereklidir. Örneğin, açılacak vida dişli uzunluğu veya yandaki geri çekilmesi gereken maça uzunluğu, artı geri çekilen maçanın hareket edeceği boşluk önceden belirlenir (clearance) ilave olarak, maça çekme sistemi dizaynı göz önüne alınır ve bunun plaka boyutuna göre müsaade edilen hareket miktarıyla ilgilenilir. Bunu yapmak için tasarımcılar çeşitli dizaynların çalışması hakkında bilgi sahibi olmalı ve kullanılacak yerlere göre bunlardan hangisinin en uygun olduğunu seçim yapabilmeli.

9. 2. Maça Çalışma Metotları (core pulling actuation methods)

9. 2. 1. Hareketli Maça Çalışma

Hareketli maça sistemi, en çok kullanılan maça çekme metodudur. Kolayca montaj edilen ve ucuz olarak satın alınabilen standart kalıp parçasıdır. Hareketli maça sistem (Şekil 9.2) dört temel parçadan oluşmuştur.

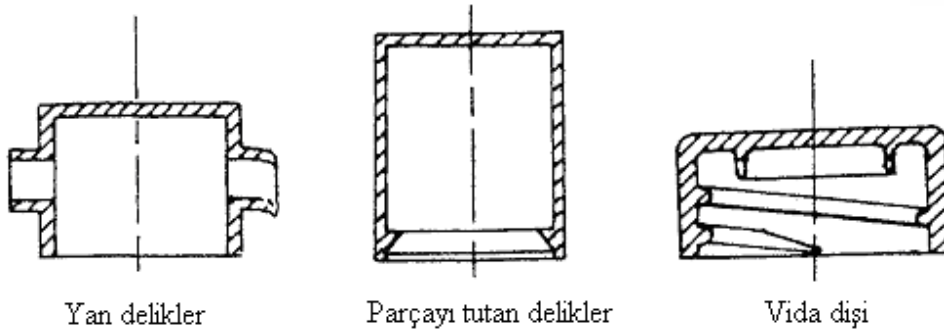
I) Konik pim.

II) Maçayı tutan blok.

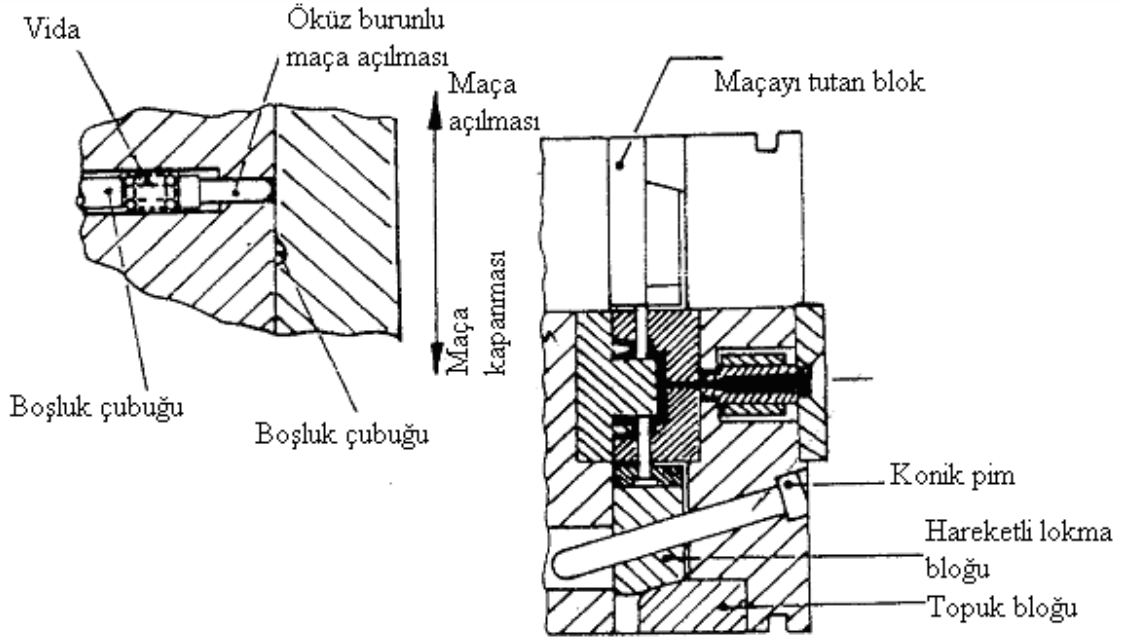
III) Baskı parçası.

IV) Hareketli maça.

Hareketli maça ve baskı parçası kalıba takıldığı zaman genellikle kalıbın dışı tarafına yerleştirilir. Insert blok ve kayan parça (slite) sistemi kalıbın erkek kısmına hareketli maça V(baskı parçası sistemin karşı yüzüne takılır. Kalıp kapanması esnasında açılı hareketli maça kayan bloğun içindeki eğimli deliğe girer. Kalıp kapanması devam ederken, hareketli maça eğimli deliğin (insert hole) içine doğru kayarak girerken bloğu erkek lokmaya doğru zorlayarak hareket ettirir. Plaka ve blok öyle bir şekilde yerleştirilmelidir ki, yandaki erkek pim, kalıp erkek kısmına fazla kuvvet göndermeden tamamen kapanmalıdır. Maçanın açısına bağlı olarak kayan bloğun hareket miktarı kontrol edilir. Bu açı diklemesine en az 10°C den en çok 45°C' ye kadar çok çeşitlidir, bu istenilen yan hareket miktarına bağlıdır. Maça ve bloğunun eskimesini en aza indirmek için hareketli maça kısa tutulmalı ve maça açısı mümkün olduğunca ufak olmalıdır. Maça sistemi yanlış kalıp kapatma süreci kullanıldığında, kırılmaya eğilimlidir. Örneğin, maça piminin kalıp içerisindeki deliğinde kalıp kapanmadan önce yerinden oynaması.



Şekil 9.1. Tipik maçalı baskılardan özellikler gösterilmiştir.



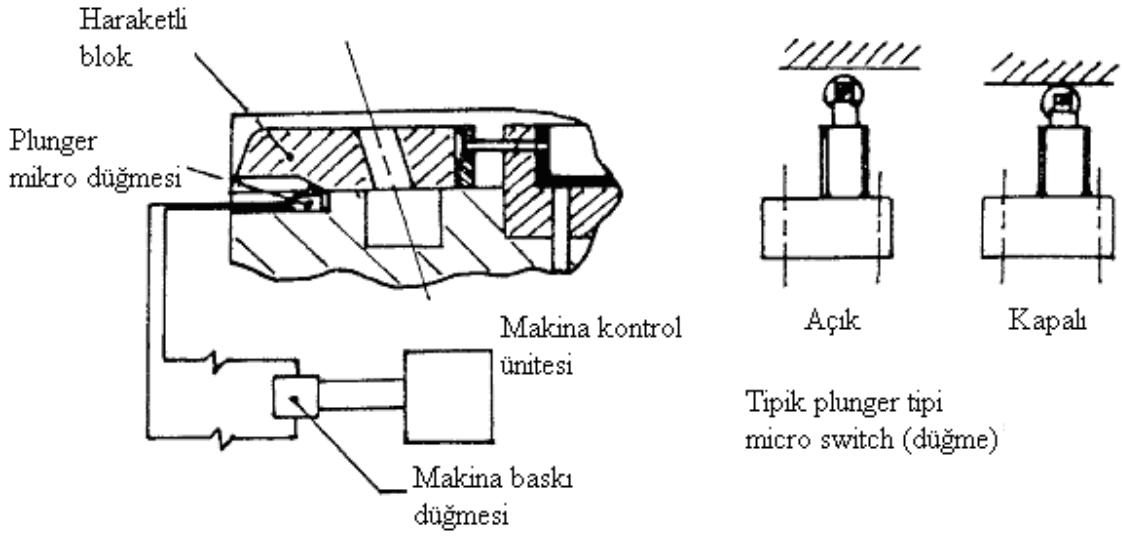
Şekil 9.2. Cam pin hareket gösterilmiştir. (Beaumont ve Sherman, 2002)

Hareketli maçanın yerinden oynaması riskini azaltmak için aşağıdaki önlemler alınmalıdır.

a) Maça bloğunun kalıp açıldığında tam açık olmasını sağlamak için kuvvet uygulama, bu bloğa yay takılarak sağlanır. Kalıp kapandığında veya kısmen kapandığında bu yay tam kuvvet uygulanır. Kısaca bu yay kalıp açıldığında maçayı açık tutar.

b) Blok hareketini açık pozisyonda tutulması yaylı hareketli topla sağlanır ki bu bloğun altına yerleştirilmiştir (Şekil 9.2).Yalnızca topla açma, normal işlem şartlarında bloğun ufak hareketini durdurmakta etkindir. Kullanım esnasında maça pimi sistemindeki ufak uyumsuzluklardan (misalignment) dolayı eskimeyi bilyalı kapatma (tutma) azaltır.

c) Kalıp emniyeti için kullanılan mikro-sviçli Ünite maça bloğunun hareketiyle çalışır. Bu maçanın hareketi mikro switch (düğme) açıp kapar. Bu maça tam açık pozisyonunda switch (düğme) açılır, devre tamamlanır ve kalıp bir zarar görmeden kapanabilir. Eğer maça tam açılmış değilse mikro-switch hala basılı ve devre tamamlanmadı (açık) demektir. Kalıp emniyet devresi enjeksiyon makinasının dönüşüm switch (anahtar) devresine seri olarak bağlanır, makina dönüşüm sinyali olmazsa makina plakaları açık pozisyonda durur. Bundan sonra makina alarm sinyali vererek bazı şeylerin bozuk olduğunu uyarır. Maça blokları tekrar ayarlanarak üretime devam edilir.



Şekil 9.3 Tipik yandan hareketli kalıp emniyet devresi gösterilmiştir. (Stoekert ve Mennig, 1998)

9.2.2. Hareket Kaybetmiş Maça Pimi (Lost action cam pin)

Bunlara görünüşlerinden dolayı köpek ayağı maça pimi de denilir (Şekil 9.4). Köpek ayağı maça, kalıp açılması esnasında maça açılımda gecikme istenildiği zaman kullanılır. Maça piminin paralel parçaları kalıbın maçalarını hemen açmaz. Kalıp belirlenen (hesaplanan) miktarda açıldıktan sonra köpek ayağının açılı parçası maça bloğunu açmaya başlar. Bu hareket başladığında diğer normal maça açılımı gibi açılım başlar. Köpek ayağı pim sistemi içinde çıkıntısı olan parçanın kalıbın istenilen yarısında dışarı atılma işlemi için kalması durumunda kullanılır. Köpek ayağı piminin uzun olması bunu standart maça pimiyle karşılaştığımızda kullanımı esnasında kolayca zarar görmesi demektir. İlave olarak daha kalın (derin) kalıp plakası ekstra pim uzunluğunu içine alması için kullanılması demektir, ayrıca kalıp açılma mesafesinin azalması demektir.

9.2.3. Hareketli Kenarlar (Action wedges)

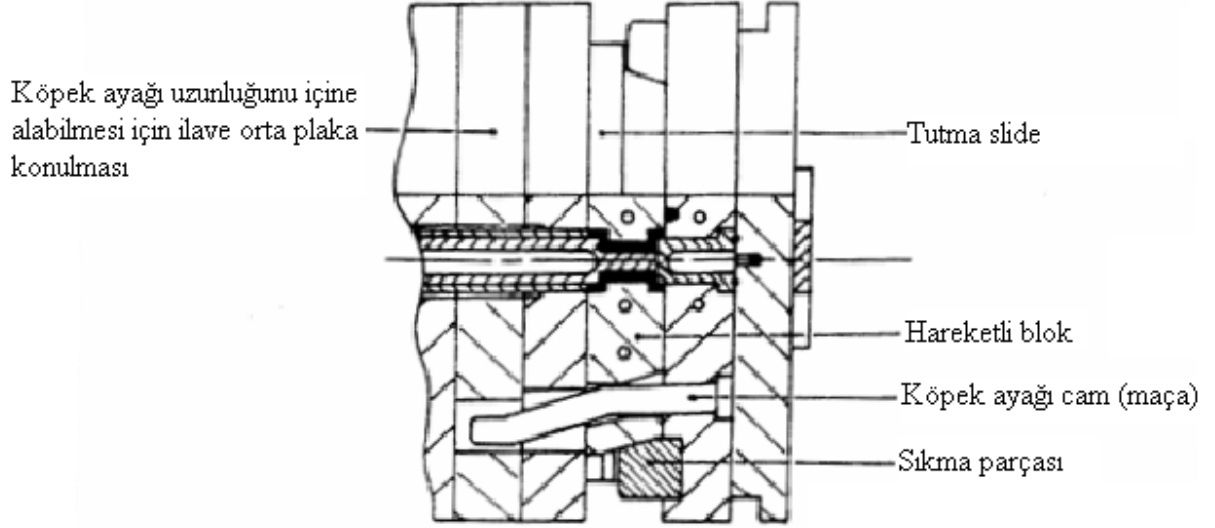
Kenar hareket tekniği (Şekil 9.5) maçanın minimum yan hareketi istenildiği zaman sıkça kullanılır. Bu çeşit hareket metodu parça kumluysa (textured surface finish), ters basılacak parçada eğim varsa veya çok küçük maça hareketi isteniyorsa kullanılır. Kenar sistemi dört temel parçadan yapılmıştır.

I) Hareket kenarları.

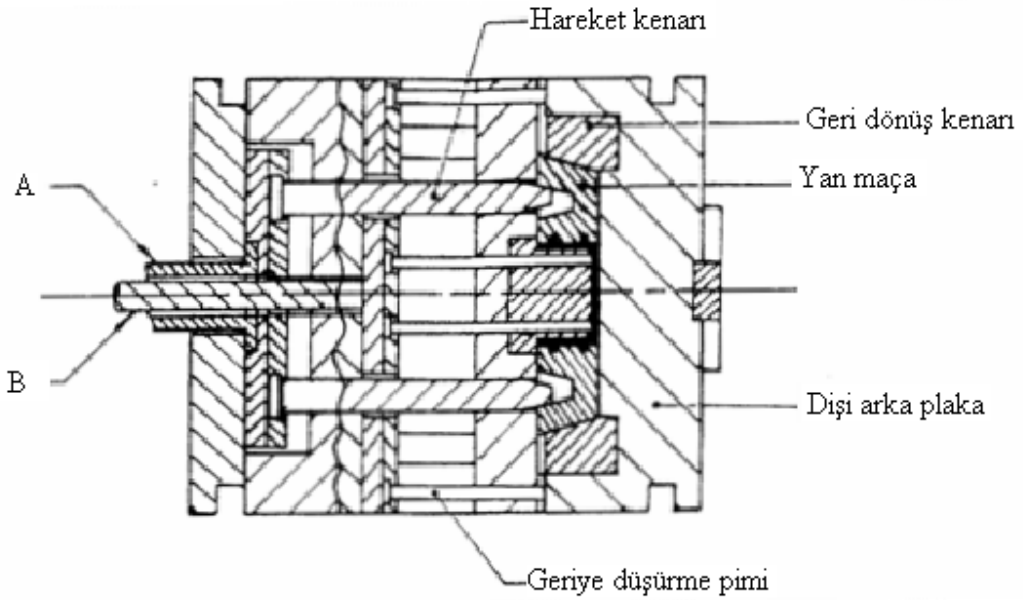
II) Kenar maça bloğu.

III) Blokların kaydığı kenarlar.

IV) Kenarın geri dönüşü



Şekil 9.4 Köpek ayağı maça pimi gösterilmiştir.



Şekil 9.5 Kenar hareket tekniği gösterilmiştir. (Osswald ve Gramann, 2007)

Hareketli kenar tarafından kuvvet yan maça bloğunun eğimli alt tarafına uygulanır, bloğu kalıbın merkezinden dışarı doğru hareket ettirir. Hareketli kenar, kalıbın itici plaka sisteminde, itici

sisteminin gerekli parçası gibi kalır. Parçanın kalıptan dışarı atılmasından önce kenar maça bloğunun hareket etmesi için hareketli kenar iticilerden daha uzun olmalıdır. Kalıp açıldıktan, hareketli kenarın (pimin) hareketinden ve parçanın dışarı atılmasından sonra kenar maça bloğu kalıp merkezine doğru hareket ederek orda kalır. Bu kalıp kapanması esnasında geri dönüş kenarlarının eğimli kenar maça bloklarına kalıp kapanması esnasında itilmesiyle sağlanır. Kalıp itici sisteminin kalıp kapanmadan hemen önce geri çekilmesi gerekir, aksi takdirde kenar maça bloklarının alt tarafına ve hareketli kenarlara zarar verilir. Kalıp emniyet devresi itici plakanın geri dönmesiyle çalışarak, kalıp kapanmadan önce hareketli kenarı uzaklaştırır. Kenar hareketli maça çalışma prensibi teori olarak basittir, bu iyi standart kalıp yapımı gerektirir, böylece kalıp kapanması için gerekli şartları yerine getirir. Bazı çok karşılaşılan hareketli kenar maça sistemi problemleri aşağıda açıklanmıştır.

a) Gres kirlenmesi. Maça sisteminin yan kısmındaki gres sızıntısı kalıp boşluğuna girer ve baskıyı kirletir. Bu maçaların birbiri üzerindeki kayarak hareket ettiği bölgedeki gres seviyesini minimum tutarak kirlenme riskini azaltabiliriz. Bu da kalıbın kullanılması esnasında yandaki hareketli bloğun düzenli olarak çıkarılıp temizlenmesiyle sağlanır. Açık renkli baskılardaki ufak kirlenme durumlarında, beyaz silikon gres kullanma daha iyi sonuç verir.

b) Hareketli kenar ve maça eskimesi, geri dönüş kenarı (return wedge) ve maça bloklarının yüzeylerinin eskimesi (aşınması) sonucunda kötü kalıp kapanması ve baskıda çapak oluşumuna sebep olur. Bu yüzeylere sertleştirilmiş yüzeyinde gres olukları olan çelik parçalar takılarak bu eskiyen kısımlar takviye edilir. Bu parçaların arkasına takviye edilerek yükseltilir ve yüzeyleri tekrar taşlanarak bu problemin üzerinden gelinir.

c) Kalıbın takılması: Maça durması genellikle hareketli maça kenarları arasında ve kenar bloğunda oluşur. Yetersiz gres yağı sürtünmeyle aşırı ısınmaya sebep olur. Bu ısınmada kalan yağları kurutarak kalıbın hareketli parçalarının durmasına sebep olur. Hareketli pimlere açılan ilave gres kanalları bu problemi azaltır. Bununla beraber bazı durumlarda seçilen çelik tipi ve sertliği hareketli parçalarda aşınma direnci sağlar.

9.2.4. Hidrolikle Çalışan Maça

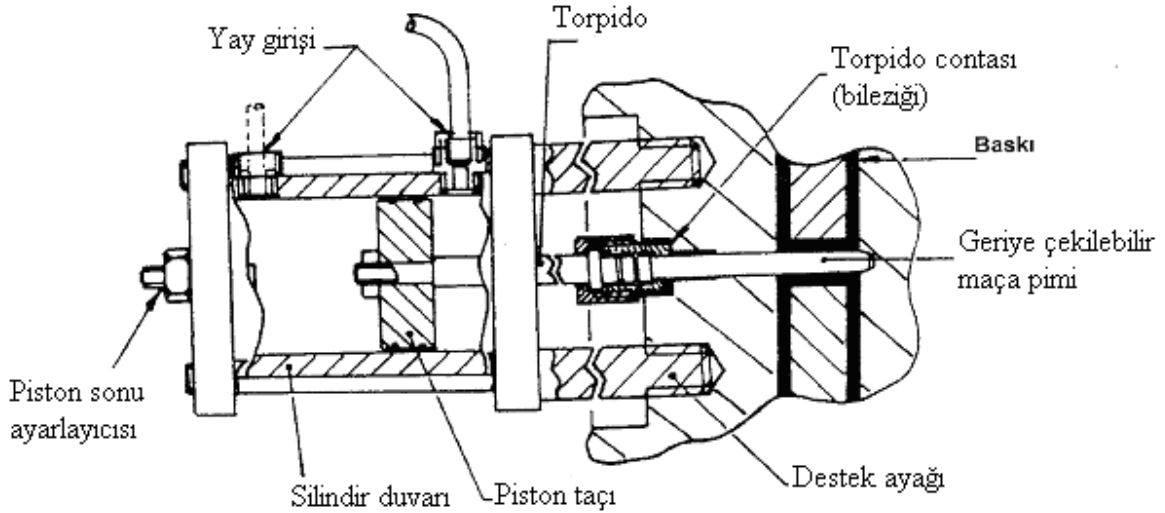
Modem makinaların çoğunluğu hidrolikle çalışır. Fakat makinaların hepsi yardımcı hidrolik devresiyle donatılmamıştır.

Yardımcı hidrolik devrenin mevcut olduğu durumlarda bu devre kalıptaki maça hareketini sağlamak için kullanılır. Şekil 9.6 basit hidrolikle çalışan maça sistemini gösteriyor. Burada basınçlı hidrolik yağ kullanılarak piston silindiri hareket ettirilir. Pistonun ileri hareketi bağlantılı

olduğu maçayı merkeze doğru hareket ettirir. Maçanın dışarı doğru hareketi basınçlı yağın ters yönde hareketiyle sağlanır. Kalıp doldurma ve soğuma süresinde maça yerinde hidrolik kuvvet kullanılarak sağlanır. Enjeksiyon esnasında uygulanan kuvvet nedeniyle bu maçaların geriye gelmesi yeterli basınç uygulanarak engellenir. Maçaların kalıbın zarar görmemesi için kalıp emniyeti uygun şekilde seçilmelidir. Bu zararın çoğunluğu kalıp açıkken maçanın içeri doğru hareketiyle oluşur. Bunu takip eden kalıp kapanma esnasında maça kırılır. Hidrolikle çalışan maçalı kalıplarda kalıp emniyeti devresi maçanın geri pozisyonundaki tek mikro switchle kontrol etmemelidir. Bu durumda iki switch kullanılmalıdır, bir tanesi maça bloğunun ön pozisyonunda diğeri, maça bloğunun arka pozisyonunda olmalıdır. Bu şekilde düzenlenmiş sisteme çiftli emniyet devresi denilir. Buradan gelen sinyaller enjeksiyon makinasının açılmasını ve kapanmasını kontrol eder.

Hidrolikle çalışan maça sisteminin avantajları

- Kalıbın kullanımı esnasında kolayca kontrol edilir ve ayarlanabilir.
- Yüksek kapanma gücü kullanılabilir ve bu gücün kullanma süresi ayarlanabilir.



Şekil 9.6 Hidrolikle çalışan maça sistemi gösterilmiştir.

Bu sistemin dezavantajları

- Yüksek kapatma basıncında yavaşlatılarak kapatma sağlamak zordur.
- Hidrolik sistem kirlidir ve çalışma bölgesini kirletmeye eğilimlidir.

9.2.5. Pnömatikle Çalışan Maça

Pnömatiği hidrolik yerine kullanmak daha ucuz bir alternatif olarak görülebilir. Fakat bazı problemler vardır. Birçok modern fabrikada basınçlı hava 80 psi civarındadır. 80 psi'in üzerindeki sıkıştırılmış havayı üretmek daha pahalıdır ve bundan dolayı nadiren kullanılır. Bu olay pnömatik sistemdeki ana problemleri aydınlatır, bu problemlerden birisi, düşük kapatma gücü; Birçok durumda ilk enjeksiyon basıncı uygulanmasında pnömatikle tutulan maça geri doğru açılır. Bununla beraber ufak baskılarda veya düşük enjeksiyon basıncının uygulandığı durumlarda örn köpüklü baskılarda maçayı pnömatik kuvvetle yerinde tutmak mümkündür. Pnömatik sistemin dizayn planı hidrolik sisteme çok benzer, fakat pnömatik silindir ve parçalardan yapılmıştır. Pnömatik parçalarda birçok yerden standart parça olarak satın alınabilir ve değiştirilebilir. Hidrolik sistemdeki aynı kalıp emniyeti pnömatik sistem içinde geçerlidir.

Pnömatik maça sisteminin ana avantajları

- a) Hızlı maça hareketi: pnömatik sistem hızlı ve etkin şekilde çalışır, hızlı baskı yapıldığında bu sistem uygundur.
- b) Temizlik: Filtrelenmiş hava kullanıldığında, pnömatik sistem temiz oda uygulamasında kullanılabilir. Örneğin, medikal baskı ve robotlarda
- c) Ucuzluk: Pnömatik parçalar daha ucuzdur.

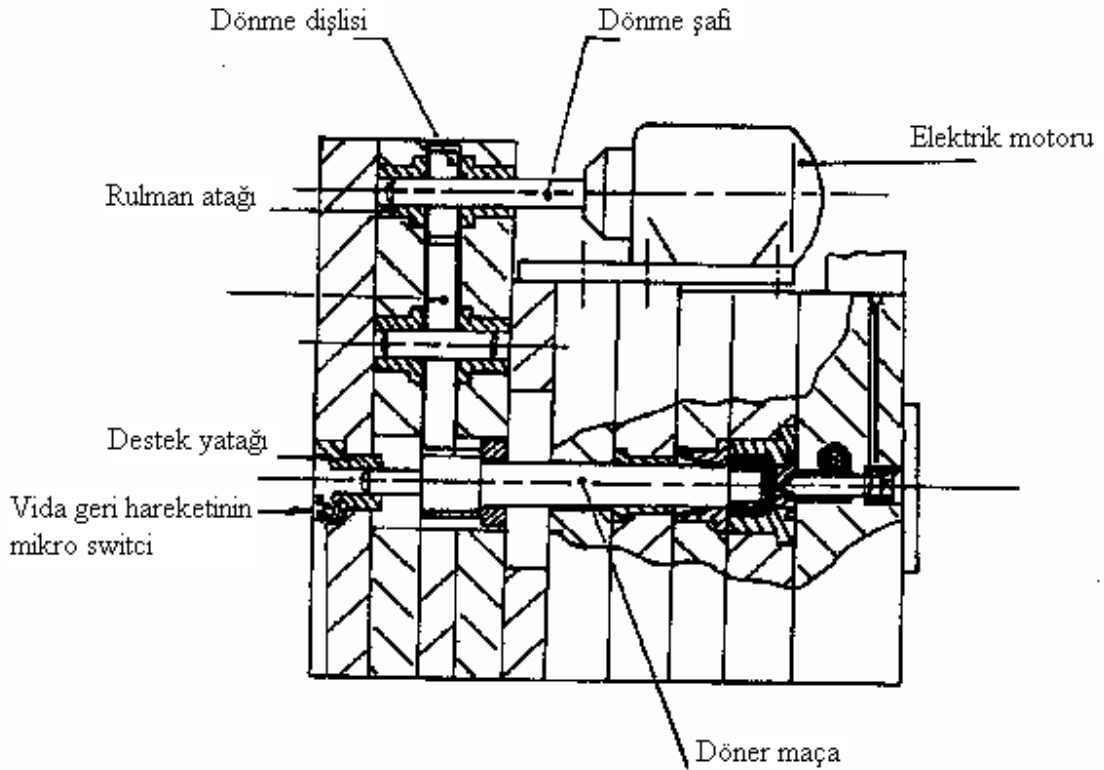
Bu sistemin dezavantajları

- a) Düşük maça kapatma kuvveti
- b) Gürültü-pnömatik sistemin kullanımı esnasındaki egsoz gazı nedeniyledir. Pnömatik gürültü oldukça yüksek seviyelidir. Kulakları korunmadığı ortamda işitme bozukluğu yapar.
- c) Nem-Sıkıştırılmış havadan dolayı fabrika içinde buharlaşmış hava bulunur ve bunun için kompresör fabrikanın dışına konulur. Bu problem hava hattı Üzerine nem yakalama cihazı konularak azaltılır. Ayrıca nem kalıp plakalarına gömülmüş pnömatik silindirler içinde de oluşur, özellikle kalıp soğutma için soğutulmuş su kullanıldığı yerlerde. Pistonun çürümesi ve yapışması eğer piston gömleği ve borular kalıp kullanılmasından sonra temizlenmezse kaçınılmaz sonuçtur.
- d) Basınç dalgalanması: Pnömatik hat basıncı bir yönde isteğe göre değiştirilmesiyle farklılık oluşturur. Basınç düşmesi maça kapatma hızını ve kapatma kuvvetini düşürür. Basınç artmasında da bunun tersi olur.

9.2.6. Elektro-Mekanik Hareketli Maça

Elektrik motoru genellikle maçayı hareket ettiren vida mekanizmasında kullanılır. Birçok durumda motordaki güç dişli sistemiyle maçaya iletilir ve döndürülür (Şekil 9.7). Maçaya (erkek

kısma) basılmış parça kalıp kapalıyken çıkarılır (unscrewed). Bunun için bu sökme esnasında basılmış parça dişlilerden sökülürken hareket etmemeli ve dönmemelidir. Erkek dişlili kısmın dönmesi için gövde her iki tarafından dönme dişlisiyle desteklenmiştir. Erkek gövde serbestçe desteklenir. Erkek maça dişlisi baskıdan söküldükten sonra tekrar kalıp içine girebilir. Erkek parçadan ayrıldıktan sonra geriye doğru gelerek mikro-switch'i kapatır ve elektrik motoru durdurur. Bundan sonra kalıp açılır parça normal yolla dışarı atılır. Parça dışarı atıldıktan sonra kalıp kapanır dişlili erkek maça ileri hareket ederek ikinci baskı yapılır. Ve bu işlem tekrarlanır. Daha önce belirttiğimiz elektro mekanik vida sökme dışında birçok vida sökme tekniği vardır.



Şekil 9.7 Elektrikli vida açma Mekanizması (maçası) gösterilmiştir.

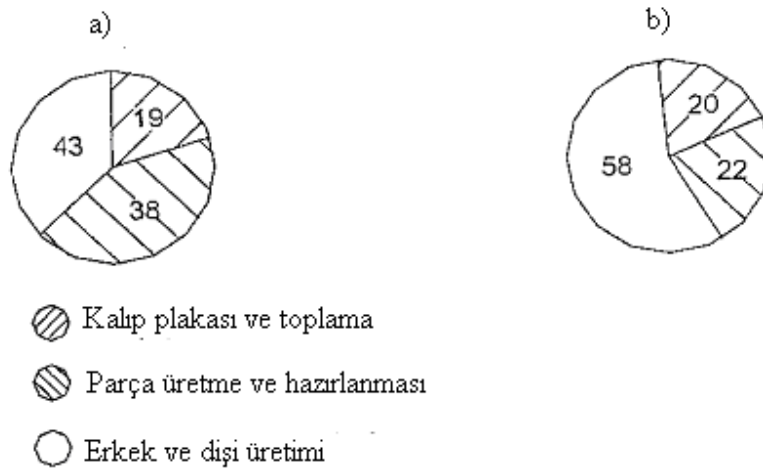
10. STANDART KALIP PARÇALARI

Birçok modern kalıp parçasında, standart kalıp parçaları kullanılır. Kalıpla ilgili bütün parçaların üretilmesi çok zaman alır. Fabrikaların çoğunda, kalıphaneler kalıp tamiri ve üretime destek içindir. Yeni kalıplar genellikle, fabrika dışındaki kalıpcılar tarafından yapılır. Bütün bu endüstrilerde standart kalıp parçaları ile ilgili kataloglardan seçim yapılır ve sipariş verilir. Bu tip parçaların hızlı nakliyesi genellikle 24 saat içindedir, bu da kalıp yapımcılarını ve kalıp kullananları cezbeder.

10.1. Standart Kalıp Parçası Kullanım Avantajları

Kalıp parçasının hızlı teminin dışında, diğer avantajları da vardır, bunlar:

a-Daha kısa kalıp yapım zamanı : Şekil 10 .1. a Kalıp yapım zamanını parçalara ayırmıştır. (% olarak çalışma saati)bu süre standart olmayan kalıp parçalarından yapılmış kalıp içindir. Şekil 10.1. b Aynı kalıbın standart kullanılmaya hazır kalıp parçaları ile yapıldığında harcanan zamanı gösteriyor. Şekil 10.1 Görsel olarak standart kalıp parçalarının tipik kalıp Üretiminde kullanıldığındaki etkisini gösteriyor. Burada en etkin görülen etki, erkek kalıp itici parçalarının yapılması için gerekli zamanın artmasıdır. Bunun sonucunda diğer parçaların yapım zamanı azalır.



Şekil 10.1 Kalıp yapım süresi % olarak gösterilmiştir. a) Standart olmayan parçalardan yapılan kalıp yapım süresi b) Hazır standart parça ile yapılan kalıp üretim süresi(Beaumont ve Sherman, 2002)

b-Makina kapasitesini arttırır : Makine kapasitesinin artması sonucu, bu kapasite diğer kalıp parçalarının yapımına harcanır(kaba işlerin).Örneğin lokmaların takıldığı yerleri açma.Yandan hareketli blokların yapım ve benzeri kapasiteyi en iyi şekilde kullanım. Bazı şirketlerde bu artık kapasite erkek ve dişi kalıp parçalarını Üretmek için daha özel makinalarla değiştirilir. Örneğin diğer bir deyimle, modem kalıp fabrikaları belirli bir miktarda, bu standart kalıp parçaları ile donatılmıştır.

c-Parçaların kolay bakımı : Kalıp bakımının genel maliyeti iki bölüme ayrılır

1- Kalıptaki gerçek bakım maliyeti, örneğin eskimiş veya kırılmış parçaların değiştirilmesi.

2- Kalıptan dolayı üretimdeki kayıpların şirkete maliyeti standart parçaları kullanmak, kalıp bakımını basitleştirmekte ve bunun bakımı için süreyi daha az bir zamana indirmekte, bu uzun sürede kalıp kullanımında maliyetlerde azaltma yapar. Kalıp kullanılmasıyla ilgili dezavantajları:

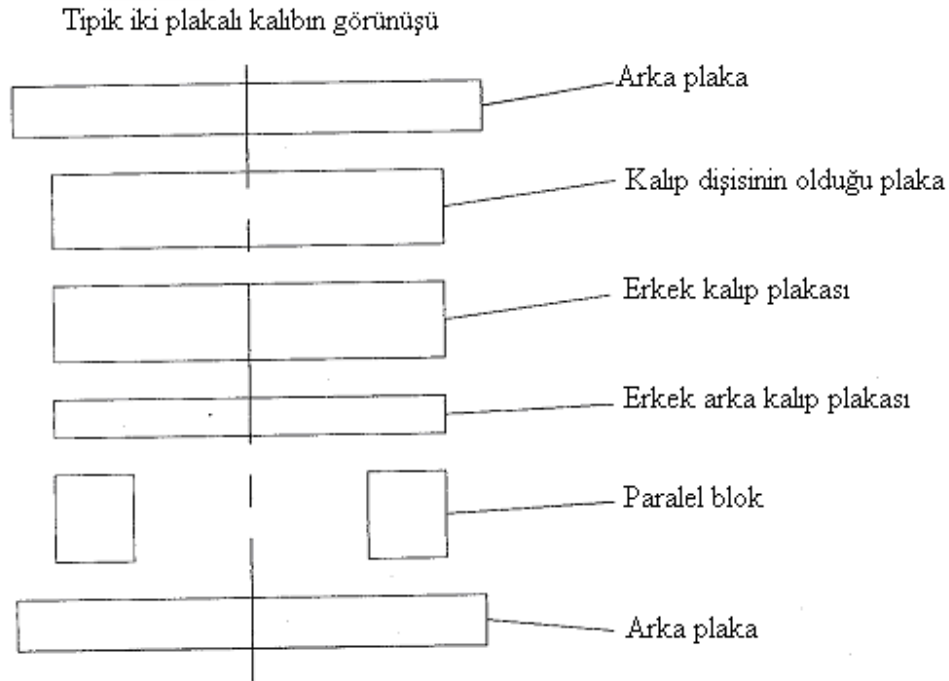
a- Bir tek kaynağa bağlı olmak,

b- Zamanında parçayı bulamamak. Böyle bir durumu da göz önüne almak gerekir,

c- Yanlış parça sipariş edilmesi nedeniyle kalıp yapımında beklenen sürenin artması,

10.2. Standart Parçalar ve Bunların Montajı

1- Standart kalıp parçaları ve elemanları, örneğin genel fabrikasyon parçaları(pim, kalıp ana plakası, maça),



Şekil 10.2 Standart kalıp plakaları gösterilmiştir.

2- Yardımcı parçalar, kalıp soğutma, besleme sistemleri, itici pimleri, itici kollar. Kalıp ısıtıcıları, termokupullar, yardımcı parça adı verilir. Standart parçaların listesini okurken veya sipariş için dikkatli olmalıdır. Tipik sipariş kodu, numaralarla harflerin birleşimiyle yapılmıştır. Her grup sipariş edilen parçanın farklı bir özelliğini gösterir. Münferit sipariş özelliğini genellikle kapsar.

a- Parçanın üretildiği malzeme ve çelik tipi,

b- Büyüklük çevresi(eğer isteniyorsa),

c- Standart parça grubunu tanımlayan kısaltma (prefiks).

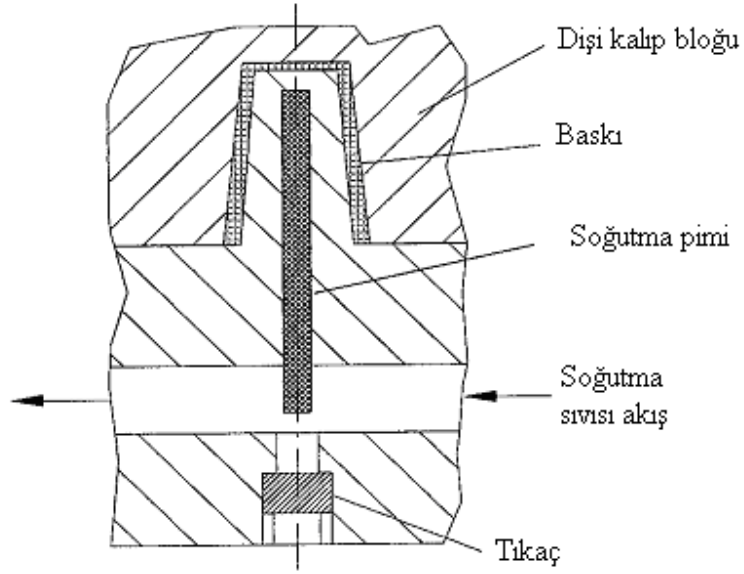
10.3. Yardımcı Parçalar

Kalıp yapımı esnasında yapılan rutin işlemlerin hacmini azaltmak için, genellikle kalıp tasarımında standart yardımcı parçalar kullanılır. Yardımcı parçalar dört ana gruba ayrılır.

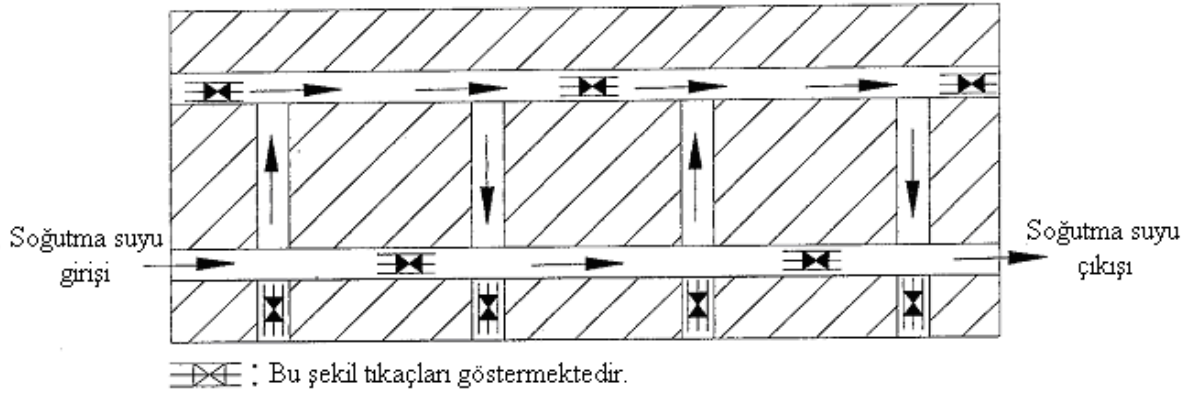
a-Soğutucu parçalar, b-İtici parçalar, c-Yolluk sistemi, d-Maça sistemleri.

10.3.1. Soğutucu Parçaları

Soğutma işlemi için kullanılır. Parçalar genellikle kol şeklinde burçlar veya ceketler. Bu soğutulacak bölgenin içine sokulur. Soğutucunun dolaştığı ceketin içine doğru akma yolu açılır. Kauçuk, contalar soğutma kolu ve kalıp parçaları arasında su sızdırmazlık sağlar. Bu kalıbın periyodik servisi esnasında değiştirme gerekir, kalıp içinde soğutma sistemini koymak için, çok ufak alan varsa, soğutma pimi(çubuğu) kullanılır. Soğutma pimlerinin prensibi Şekil 10.3 pimin termal iletkenliğine ve pimde dolaşan soğutma sirkülasyonuna dayanır. Maksimum termal etkinliği için soğutma pimi mümkün olduğu kadar kısa olmalıdır. Kalıbın içindeki açılmış deliğe sıkı takılmalıdır. Soğutma pimi bölgesel su sirkülasyonu kadar etkin değildir. Fakat ince erkek veya dişi kalıp parçasının ince olması halinde kullanılabilir. Buna kendi kendini sızdırmazlık sağlayan tıkaç dahildir. Bunlar kullanılarak kalıbın içinde soğutma devresi oluşturulur.



Şekil 10.3 Soğutma pimli soğutma gösterilmiştir.



Şekil 10.4 Su tıkaçlarının kullanılışı gösterilmektedir.

Genişleyen tıkaçların kullanılmasının ana sebepleri

a- Eski metotla takılan tıkaçın veya vidalı tıkaçın takma zamanını azaltmak. Eğer büyük bir soğutma sistemi söz konusuysa bu sistemi kullanmak zamandan tasarruf sağlar.

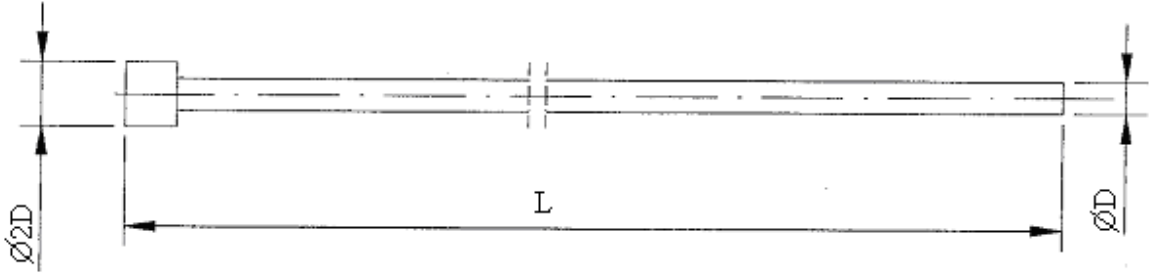
b- Genişleme yapan tıkaç takıldığı zaman sabit kalmaz. Ve kalıp denemelerinden sonra bu tıkaçın yeri daha uygun soğutma için değiştirilebilir. Kalıp soğutma devresinin parçaları kalıbın kolayca ayarlanması ve makineden kolayca sökülüp takılması için standardize edilmelidir. Büyük oranda kalıp ayar zamanı, kalıp soğutma sistemlerini değiştirmede ve bağlantı yapmada harcanır. Standart parçalar olarak kendi kendine sızdırmazlık sağlayan takma sistemi, sarı madenden yapılmıştır. Veya paslanmaz çelikten yapılmış bu tip parça birçok kalıp üreticisinden alınabilir.

10.3.2. İtici Parçalar

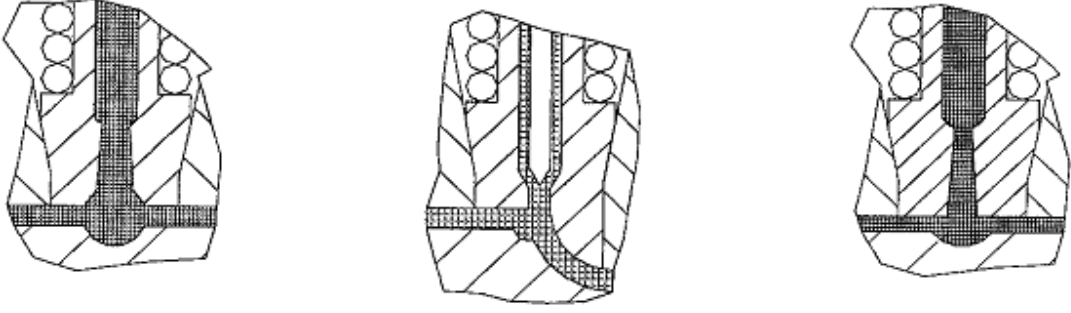
İtici pimler ve bununla ilgili parçalar ilk standart kalıp parçalarıdır. İtici pimler, bıçaklar değişik standart uzunluklarda ve boyutlarda üretilir. İtici parçalar genellikle kalıbın bitiş aşamasında satın alınır. Yüzeyi sertleştirilir, ısıl işlem yapılır. Bununla sürtünmeye direnç sağlanır. Standart parçalar, tipleri, kritik boyutlarıyla sınıflandırılır. Şekil 10.5 tipik itici sistemini gösteriyor. Parça sınıflandırılmasında çapı 4 mm boyu 150 mm parçaların boyutsal hassaslığı ve uzun olması sebebiyle kalıpcılar tarafından benimsenmiştir.

10.3.3. Kalıp Besleme Sistemi

Özellikle sıcak yolluk sistemi, hemen hemen standart parçalardan yapılır. Sıcak yolluk sistemi, değişik tasarım ve değişik şekilde besleme sistemlerine ayrılmıştır. Uygulanacak kalıp için seçilecek doğru sistem, zor iştir. Sıcak yolluk sistemini seçtiğimiz zaman ekstra bir özenle, parçaların servis yapılabilirliğine ve standart olarak bulunabilirliğine bakılmalıdır. Değiştirilebilir parçalara fişek ısıtıcılar, bant ısıtıcılar, termokupullar ve ısı kontrol aletleri satıcılardan düşük maliyetle alınabilir. Çok çeşitli besleme parçaları, standart parça üreticileri tarafından çıkarılır ve bunlar tam olarak belirlenen kullanım yerlerine uygunluk sağlar.



Şekil 10.5 Standart itici pim gösterilmiştir.



Şekil 10.6 Başlıklı yolluk burcunun kullanılmasına örnekler gösterilmiştir (Stoekchert ve Mennig, 1998).

10.3.4. Maça Sistemi

Standart parça üreticileri maça sistemi geliştirmek için oldukça büyük çaba harcamışlardır. Örneğin: dişlilerin çıkarılması.

Maça sistemlerinin ana avantajları:

- a-** Bu standart parçanın çalışacağıının ispat edilmesi,
- b-** Bu parçaların çalışabileceği alan daha önceden hesaplanmıştır,
- c-** Böyle bir sistemin, ünitenin maliyet hesabının önceden bilinmesi önemlidir.

Bölüm 12'de maça metodunun çalışması ve nasıl olduğu detaylı olarak gösterilmiştir. Maça sistemini seçerken not edilmesi gereken kural, maça sisteminin en basitini seçmektir. Aynı zamanda bu kural kalıp emniyeti için gereklidir.

11. KALIP MALZEMESİ SEÇİMİ

Kalıbın etkin şekilde fonksiyonunda, Malzeme seçimi önemli yer tutar. Malzeme seçiminde aranan özellikler, kalıbı kullanırken istenilen özellikleri karşılamalıdır. Örneğin, prototip kalıp, yumuşak alüminyumdan yapılabilir. Baskının uzun süre kullanılacağı durumlarda, sertleştirilmiş çelik kullanılır. Uzun süreli ve fazla maliyetli denemelere engel olmak için, kalıp üretimine başlamadan önce, gerekli bütün hususlar göz önüne alınıp karar verilmelidir. Karar verildikten sonra kullanılacak malzeme kalıp özellikleri için yazılmalıdır. Kalıp üretilmeden ve fiyatlandırılmadan önce kullanılacak malzemenin özellikleri belirlenmelidir. Böylece üretim esnasında olabilecek hatanın önüne geçilir.

11.1. Kalıp Üretiminde Kullanılacak Malzemelerde Aranan Özellikler

Kalıp üretiminde kullanılacak malzeme, kullanılacak yere uygun ve kaliteli olmalıdır.

Genel kullanımlı kalıp yapımında kullanılacak malzemelerde aranan özellikler aşağıda belirtilmiştir.

a- Yüksek Erkek Kuvveti: Özellikle baskının dışarı atılması esnasında göz önüne alınması gereken durumdur. Malzeme sürekli yüksek sıkıştırma kuvvetleri ile oluşabilecek çatlaklığa ve ayrılmaya dayanabilmelidir.

b- Eskimeye dirençli olmalıdır: Kalıp parçaları, değişik yerlerden dikkate değer ölçüde eskimeye yatkındır. Bunlar:

1. Polimerin kendisinden.
2. Kalıp itici yüzeyleri.
3. Kapanan yüzey sürtünmesinden.
4. Baskı esnasında yapılan hatalardan.

Kalıp malzemelerinin eskimesi değişik yönlerden önemlidir. Bunlardan bir tanesi malzemenin sertleştirilmesi veya kullanılacak malzemedeki alaşım miktarının değiştirilmesi. Hangi metodun seçileceği, söz konusu malzemeye göre olur.

c- Mükemmel bir yüzey isteniyorsa, tekrar servis yapılabilir, erkek ve dişi kalıp yüzeyi önemlidir. Kullanılacak malzeme üretim esnasında, ilave parlatma gerektirmeden uzun süre yüzey kalitesini korumalıdır. İyi yüzey dirençli bir malzeme ile kalıp parçasının yüzey sertliği ve bunun üzerine yapılan parlatmanın önemi büyüktür.

d- Boyutsal denge devamlı uygulanan kuvvet nedeni ile kalıp malzemelerinin üzerinde dikkate değer seviyelerde gerilim ve elastik deformasyon oluşur. İdeal kalıp malzemesi kalıcı deformasyona dayanabilmesi için yeterli kuvvet ve dayanıklılığa sahip olmalıdır. Yeterli darbe mukavemeti ve çatlama direnci olmalıdır. Özellikle çelik alaşımları, bu istekleri karşılamak üzere geliştirilmiştir.

11.2. Kalıp Yapımındaki Malzemeler

Demirli ve demir olmayan malzemeler olarak ikiye ayrılır.

11.2.1. Demirli Kalıp Malzemeleri

Genel enjeksiyon kalıp uygulamalarında, standart karbon çeliği yerine, genellikle çelik alaşımları kullanılır. Karbon çeliğinin enjeksiyon kalıbında kullanılması ile ilişkili sınırlamalar:

a-Karbon miktarını arttırarak, yüksek kuvvet ve sürtünme direnci sağlanabilir, bu çelik hızlı bir şekilde ısıtılıp soğutulduğunda, çelikte çatlaklık ve bozukluklara sebep olabilir.

b-Korozyon direnci zayıftır. Eğer bu çelik tipik enjeksiyon baskı ortamında kullanılırsa kolayca paslanır.

c-Karbon çeliğindeki parlak yüzeyin korunması mümkün olmaz. Normal enjeksiyon baskı şartlarında erkek ve dişi yüzeyindeki parlaklıklar kaybolur.

11.2.2. Alaşımli Çelikler

Bu çelikler karbon dışındaki malzemelerin çeliğin yapısını daha iyi hale getirmek için ila ve edildiğini ifade eder. Kalıp çeliği değişik miktardaki elemanların kombinasyonu ile yapılır, kullanılma yerine göre malzemenin yapısını geliştirir. Çizelge 11.1 Plastik kalıp çeliklerinde alaşım elementlerinin oranı ve etkisi gösterilmiştir.

Çizelge 11.1 Plastik kalıp çeliklerinde alaşım elementlerinin oranı ve etkisi gösterilmiştir.
(Olmsted ve Davis, 2001)

Malzeme	Miktarı	Alaşımın Etkisi
Aliminyum	0,5-1,3	Nitratlamaya yardımcı olur
Krom	0,5-2,0	Sertleştirilebilirliği artırır.
Manganez	0,2-0,4	Sülfürle birlikte parçanın kırılmasını azaltır.
Molibden	0,1-0,5	Ufalanmayı azaltır.
Nikel	0,3-6,5	Sertleştirilebilirliği artırır. Çekme kuvvetini ve tokluğu artırır.
Silikon	0,2-2,0	Sertleştirilebilirliği artırır. Çelik yapımında oksijen miktarını sınırlar.
Tungsten	1,0-18,0	Kalıbın yüksek sıcaklıkta setliğini artırır.

Bu elemanların kullanılma yüzdeleri değişik çelik üreticilerine ve kullanılma yerlerine göre değişir. Birçok çelik yapımcısı kendi çeliklerini, kendi belirledikleri ticari isim ve kodlarla belirlerler. Bunlardan bazıları ulusal standart çelik organizasyonlarının kodlarını kullanırlar.

11.2.3. Genel Kullanımlı Kalıp Çeliği

AlSi çelik sistemi genel kalıp çeliği için (P) demidir.

12. ENJEKSİYON MAKİNESİNİN KALIP DİZAYNINA ETKİLERİ

Enjeksiyon baskı işlemi, bugün yüksek seviyede tekniğe ulaşmıştır. Kalite kontrolcüler, üreticiler bu teknolojinin ilerlemesi için çalışmaktadır. Bölümün amacı, makinayı, dizayncı-ları, dizayn ve kullanma yönünden tanıtmaktır.

12.1. Makina Fonksiyonu

Enjeksiyon baskı makinası, birçok dizayn ve şekilde üretilir. Genellikle, kullanma yerine göre uygunluğu belirlenir. Birçok faktör, kalıp dizayn edilmeden önce makina dizaynına uygunluğu hesaba katılmalıdır. Kalıp dizaynının, makinaya uygunluğunu seçerken ve işlemin tamamını anlamak için aşağıdaki faktörleri göz önüne almalıyız.

- a) Enjeksiyon baskısı yapılacak parçanın kullanım yeri,
- b) Kullanılan polimerin yapısı,
- c) Prosesten istenilenler; parça kalitesi ve üretim hacmi bakımından,
- d) Ekonomik geçerliliği (Hammadde -Enerji- Kalıp)

Enjeksiyon baskı makinası 3 ana bölüme ayrılır;

- 1) Makina gövdesi,
- 2) Enjeksiyon ünitesi,
- 3) Kapatma ünitesi.

12.1.1. Makine Gövdesi

Masada denir. Kilitleme ve enjeksiyon ünitesinin monte edildiği yerdir; Ana fonksiyonu: boyutsal, dengeli, hassas, kuvvetli olmasıdır. Enjeksiyon kalıp işlemi bu üniteye yüksek gerilim yükler. Deformasyon olmadan bu gerilim emilmelidir. Yüksek dönüşümlü gerilim yükü makinanın temelini yüksek, sağlam konstrüksiyon ihtiyacı gösterir. Modern makinaların bu temel üniteleri, ağır çelik blokların yan plakalarla kaynaklanarak yapılmasıyla oluşur. Uygun metotlar uygulanarak, sağlamlık sağlanır. Hidrolik yağ tankı için kullanılır (Baz ünitesi). Pompa ve elektrik motoru masanın altına veya arkasına yerleştirilir.

12.1.2. Enjeksiyon Ünitesi

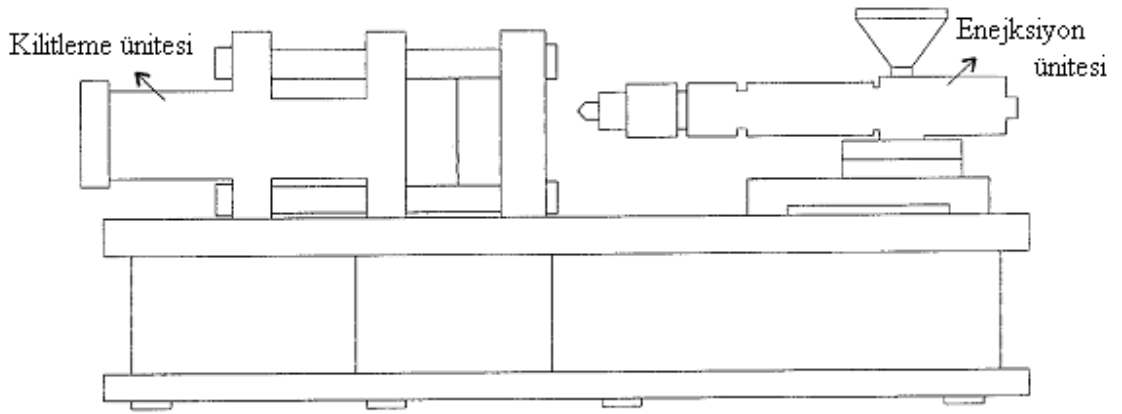
Enjeksiyon makinası ünitesinin temel fonksiyonları;

- a) Polimer reçinesini eritmek ve hazırlamak,
- b) Erimiş plastiği, kontrollü şartlarla kalıba göndermek,

Enjeksiyon ünitesi 2 belirgin tipe ayrılmıştır;

- 1) Terazili tip enjeksiyon
- 2) Vidalı tip enjeksiyon (ileri-geri hareket) Şekil 12.2'de bu tip enjeksiyon ünitesini gösteriyor.

Şekil 12.1 de genel enjeksiyon makine konstrüksiyonu gösterilmiştir.



Şekil 12.1 Enjeksiyon makinasının genel görünüşü gösterilmiştir.

13. ENJEKSİYONDA TEMEL BİLGİLER

Bu kitapta mühendislik termoplastiklerini gözden geçireceğiz. Daha önceleri dar anlamı olan bu terimin ne demek olduğunu herkes biliyordu. Fakat artık plastik malzemelerde yapılan değişimlerden dolayı, termoplastik tabirinin de anlamının genişlediğini belirtmeliyiz. Artık ticari plastikler. yapılan değişimlerle gradeleri iyileştirilerek diğerlerine nazaran daha üst düzeyde yapılara (sağlamlık, kırılma, kimyasal, fiziksel özellikleri açısından) sahip olabilirken, yepyeni plastik malzeme cinsleri de ortaya çıkmaya başladı. Biz burada özellikle bazı ana malzemeleri; örneğin poliamidler (nylon), asetaller. polikarbonatlar. termoplastik polyesterler ve yapısal değişime uğramış polietilen oksit (ayrıca yapısal değişime uğramış polietilen eter veya PPE olarak bilinir) ele alacağız. Daha çok ticari öneme haiz mühendislik termoplastikleri oldukları için belirtilen malzemelerle ilgileneceğiz. Dünyada kullanılan mühendislik plastiklerinin % 90'ı bu kategoriye girer (yaklaşık % 8 kullanılan plastik bu beş kategoride kullanılır), Her nasılsa uygunluk açısından örnek olarak ufak bir yüzde de kullanılmasına rağmen sülfonlar ve yapısal değişikliğe uğramış poliamidler de bu malzemelere dahil edilmiştir (yaklaşık kullanılan toplam mühendislik termoplastiğin % 1-2'dir). Mühendislik plastikleri, çoğunluğu metal yerine egzotik görünümün arandığı ve yapısal karakteristiklerin aranmadığı durumlarda kullanılır. Mühendislik plastikleri yüksek çekme kuvveti, kırılma, darbeye dayanıklı. eskimeye, kimyasal ve sıcaklığa dirençli plastik grubudur. Enjeksiyon malzemeleri ve bu malzemelerin enjeksiyondaki davranışları üzerinde tartışmadan önce terimleri ve başlıkları belirlemeliyiz ki bunları her açıklamamızda kullanacağız.

13.1. Plastik İsimlendirilmesi

Genel olarak plastik isimlendirilmesi, mantıksal ve sistematik değildir. Çoğunlukla termoplastik poli kelimesiyle başlar, bunu plastiğin yapıldığı monomer ifadesi takip eder. Plastikler üretildikleri monomerin başına "poli" kelimesi getirilerek isimlendirilirler. Ör. Stirenden hazırlanan plastiklere "polistiren", etilenden hazırlananlara "polietilen" adı verilir. Plastiklerin üretildikleri hallerine genel olarak reçine adı da verilir. Plastik reçineler katkı içermeyen veya çok az katkı içeren malzemelerdir. Her üretici kendi plastik reçinesine belli bir ticari isim vererek ör.

MOPLEN, PETVİNİL vb. piyasaya sürer. Bazen de asetal ve selüloz gibi isimlerle karşılaşabiliriz.

13.2. Plastik Kısaltmalar

Polimerleri (plastığı) tanımlamak için karışık kimyasal isimler kullanıldığından hemen hemen tamamen kısaltmalara başvurulmuştur. Bu kısaltmalar büyük harf dizisidir. Örnek olarak polistiren ve polietilen PS ve PE olarak kısaltılmıştır. Birçok standart organizasyonları örneğin DIN ve BSI bu şekilde kısaltılmıştır. Bu bölümde en çok kullanılan kısaltmalara örnekler verilmiştir. Alçak özgül ağırlıklı (LD) polietilen PE-LD veya LDPE olarak gösterilmiştir.

Eğer malzeme homopolimer ise plastiğin kısaltmasından sonra PP-H şeklinde kullanılır. Eğer malzeme kopolimer ise plastik kısaltmasından sonra K harfi tavsiye edilir. C harfi PVC den sonra kullanılması halinde PVC-C PVC'nin sıcaklığa dayanıklılığını arttırmak için sonradan klorlama işlemine tabi tutulduğunu gösterir.

13.2.1 Diğer İsimleri

Birçok plastik birden çok isimle bilinir. Örneğin asetal poliformaldehit, polioksümetilen olarak da bilinir. Böyle durumlarda diğer isimler belirtilecektir.

13.2.2. Plastik Satıcıları

Plastikler, diğer malzemelerdeki gibi dünya çapında yalnızca üreticileri tarafından alınıp satılmazlar. Satıcı listesi tam bir liste değildir, basit olarak temsilcilerdir. Dow, Dupont vb. şirketlerin temsilcileridir.

13.2.3. Ticari İsim ve Markalar

İmkan dahilinde belirli ürünlerle ilgili şirket tarafından verilmiş isimler belirtilmiştir. Çünkü bazı plastik tesislerinde plastikler ancak ticari isimleriyle bilinmektedir. Büyük şirketlerin ticari isimleri bu kitapta verilmiştir.

13.3. Plastik Malzemenin Yapısı

Bu bölümde belirli tipteki malzemenin fiziksel, kimyasal vb. özellikleri verilmiştir. Fakat buradaki değerler plastiğin molekül ağırlığına, molekül ağırlık çeşitliliğine bağlı olarak değişiklik gösterir. Bunun için burada verilen değerler kesin olarak alınmamalı, yalnızca referans olarak kullanılmalıdır. Plastiklerin yapıları, işleme şartlarındaki değişikliklerle ve dolgu maddesi kullanılarak ciddi şekilde değiştirilebilir. Birçok plastik maddesinde temel formül katkı maddeleriyle değiştirilerek kullanılır. Bazı plastikler katkı maddeleriyle daha fazla darbe dayanıklılığı ve çekme kuvvetine sahiptir. İstenilen yapı kombinasyonu fiberler yada diğer katkı maddelerinin ilavesiyle elde edilir. İşleme ve performans katkı maddeleri de malzemeye ilave edilebilir. Bunlar antistatik, kristalleşmeyi geliştirici ve kalıba yapışmayı önleyici katkı maddeleridir. Karışıma ilave olarak konulan köpükendirici katkı maddesi de süngerimsi ürün sağlar.

13.3.1. Akışkanlığı Kolaylaştırma

Plastik maddeler çok farklı akışkanlık özellikleri gösterirler. Aynı maddenin farklı tiplerinde bile farklı akışkanlık özellikleri görülür. Plastiğin akışkanlığı non-newtonian olmasından dolayı daha karmaşık hale gelir. Basınç ve akışkanlık arasında lineer bir ilişki yoktur. Bu demektir ki akışkanlık bir rakamla anlamlı bir şekilde ifade edilemez ve akışkanlık testi için değişik şartlar istenir. Bu çeşit bilgiler Moldflow (Europe] ltd 'in veri bankasından elde edilebilir. İmkan dahilinde bu bilgilerin bazıları akışkanlık yapıları göstermek için alınmıştır. Sürtünme hızı [shear rate) etkisi, sürtünme baskısı etkisi birlikte gösterilmiştir. Sürtünme hızı saniye üzeri (-1) olarak gösterilir ve bu değer yüksek olması plastiğin daha fazla sürtünmeyle karşılaştığını ve akışta zorlandığını gösterir. çoğu zaman plastik malzemeler. Psodo plastik akış özelliği gösterir. Bu durum direnç göstererek akıcı hale gelmeyi ifade eder. Aşağıdaki Akzo tarafından Naylon 6 için verilmiş rakamlara bakınız.

Çizelge 13.1 Bazı malzemelerin viskozite değerleri gösterilmiştir. (Harper,2006)

Akış Bilgisi	Malzeme			
	Akışkanlık (Viskozite) (Ns/m ²) at 1000s ⁻¹			
Akulon Tipleri	240 °C	260 °C	280 °C	300 °C
K22D	98	78	63	50
M223D	149	115	89	69
M238	394	319	259	210

Akış Bilgisi	Malzeme			
	Akışkanlık (Viskozite) (Ns/m ²) at 280 sn ⁻¹			
Akulon Tipleri	100s	1000s	10000s	1000000s
K222D	197	63	20	6
M223D	323	89	25	7
M238D	1220	259	55	12

Bu rakamlar açıkça üç farklı Akulan tipinin çok farklı akma direnci olduğunu gösterir. İlk tip en az akma direnci gösterir. Nitekim sayı küçüldükçe akma direnci de azalır. Kalıbın dolması güç olduğunda veya yolluğun uzun olması durumunda kullanılır. Bu üç maddenin de akması, basma hızı arttıkça kolaylaşır, böylece kalıbın dolması kolaylaşır. Erime sıcaklığını arttırmak. istenilen enjeksiyon basıncını azaltır ki bu da belirli hızda (miktar) akışkanlığı artırır. Belirli uygulamalar için malzeme seçerken; örneğin malzeme şiddetli mekanik baskıya maruz kalacaksa, yüksek viskozite grade seçilir. Yüksek viskozite tipin molekül ağırlığı yüksektir ve daha iyi şekilde mekanik baskıya dayanır. Ama bazı zamanlarda bu tip. kabul edilemeyecek seviyede malzeme içi gerilime sebep olduğundan tavsiye edilmez. İnce duvarlı baskılarda veya pürüzsüz yüzey istendiğinde kolay akan tip tercih edilir.

13.3.2. Çekme (Shrinkage)

Kalıplanan çoğu plastik parçaların boyutları kalıp boyutundan azdır. Küçülme (çekme) oranı amorf ve yarı kristal plastik arasında 4 kat değişir. Küçülme oranı tipler arasında değişim gösterir, ayrıca işleme şartlarının değişmesi kesinlikle farklı oranda çekmeye sebep olur. Hatta baskıdan çıkan malzemenin farklı yönlerinde farklı çekme oranları görülür. Örneğin malzemenin enjekte yapıldığı yönle buna dik olan yön arasında dikkate değer bir farklılık görülür. Yan kristalli termoplastikte enjeksiyon yönündeki çekme miktarı ters yöndeki çekme oranının iki

katıdır. Çekme aynı akış yönünde farklı noktalarda farklılık gösterir. Örneğin uzun akış yolunda basınç düşeceğinden. düşük basınç bölgelerinde fazla çekme görülür. Malzeme duvar kalınlığının artması çekme oranını artırır. Eğer malzeme duvarında farklı kalınlık olursa kalın yerler ince yere göre daha fazla çekeceğinden malzemenin şeklinin bozulmasına sebep olabilir. Bu faktörlerden dolayı çekme oranını her plastik için belirlemek gerekir. Çekme oranı yüzde olarak belirlenir. Örneğin % 0.4 veya lineer çekme örneğin 0.004 mm/mm veya 0.004 in/in gibi. Toplam çekme. kalıptan çıktığı andaki çekme ile malzemenin bir gün sonra yaptığı ikinci çekmenin toplamıdır. İkinci çekme malzemenin üretiminden uzun bir süre sonra meydana gelir ve buna çevresel çekme de denir. Genel olarak çekme kalıp ve erime sıcaklığının artmasıyla artar. Fakat toplam çekme kalıp sıcaklığı arttırılırsa azalır ve pratikte boyutları daha sabit (dengeli) malzeme üretilir. Eğer kalıp sıcaklığı arttırılırsa ikinci çekme göz önüne alınmayacak kadar küçük olur. Hatta yarı kristal termoplastikler kullanılarak boyutları sabit malzeme üretimi için yüksek kalıp sıcaklığı gereklidir bile denilebilir.

13.3.3. Plastiğin Dayanıklı Olduğu Maddeler

Herhangi bir plastiğin belirli kimyasallara dayanıklılığı referans olarak kullanılmalıdır. Çünkü aynı plastiğin çok çeşitli tipleri vardır. Normalde plastikler kimyasallara iyi direnç gösterirler ve yine genel olarak yarı kristal plastiklerin kimyasal direnci amorf plastiklerden fazladır. Bütün plastikler için sıcaklık arttığında kimyasal dayanım azalır. Baskıdan çıkan malların yapıları kontrol edildiğinde üretim şartlarının yapılarına etkisi unutulmamalıdır. Eğer enjeksiyondan çıkan malzemenin hangi ortamda kullanılacağı biliniyorsa plastik üreticisinin konuyla ilgili bilgi broşürüne bakmakta fayda vardır. Zararsız bir çevrede kullanılması söz konusu olduğunda dahi plastiğin dayanıklı olduğu şartlar iyi bilinmelidir. Plastiğin kimyasal direnci belirli uygulamalara bağlıdır. Plastiğin kullanıldığı ortamın sıcaklığı, kullanım süresi ve yük altında olup olmadığı plastiğin dayanıklılığını etkiler. Aşırı çevre şartlarıyla (örneğin yüksek sıcak veya soğuk vb) karşılaşabilir veya aşındırıcı kimyasallarla karşılaşılabilir. Bundan dolayı çevreye dayanıklılık bilgileri ham plastik malzemenin seçilmesinden önce belirlenir. Bu durumda malzeme seçimi kuvvetli ve zayıf asitlere, bazlara ve solventlere plastiğin kimyasal direncine göre verilmiştir. Asitler kuvvetli veya zayıf, solventler polar veya polar olmayan diye ayrılırlar. Polar solventler elektriksel molekül yapısına sahiptir. Malzeme dengesizdir. elektriksel etkiyle molekül ayrılabilir. Polar solventlere örnek su, alkol, ketone, ester, kısmi halogenli solventler verilebilir. Non-polar (polar olmayan) solventler karbon tetraklorid, benzen ve hidrokarbonlardır.

13.3.4. Plastiğin Dayanıklı Olmadığı Maddeler

Plastiklerin kimyasallara kısa süreli direnci iyi biliniyor. İyi bilinmeyen husus ise kimyasallara uzun süreli direnci veya çevresel baskıyla çatlama direncidir. İlk bakışta plastik belirli kimyasallara dirençli gözükebilir, örneğin su içinde kullanıldığında dahi, kullanım şartlarına bağlı olarak farklı olaylar gözlemlenebilir. Plastiği, kullanılacağı çevrede denemek tek çözümdür. Çevresel şok çatlama problemi çözümü bazı olaylarda çok zordur. Plastik parça metal bir parçayla birlikte kullanılabilirse, metal ve plastik arasındaki davranış farklılıkları daima hatırlanmalıdır. Metale kimyasal etki genellikle yüzeyseldir, çürüme ve ağırlık kaybına sebep olur. Kimyasalların içeri alınmasıyla plastikte şişme ve yumuşama görülür. Bu durum malzemenin ağırlığının artmasına da sebep olur. İleri vakalarda belki yüzeyin eriyip çözülmesiyle yüzey çok aşırı şişebilir veya çürüyerek dökülerek ağırlığını kaybedebilir.

13.3.5. Plastiklerin Tanımlanması

Plastiklerin kesin tanımlanması için özel gelişmiş test cihazları gerekir. Burada yalnızca kolay ve ucuz olan test metodu anlatılmıştır. Bu tür bir testle bulunan özellikler özgül ağırlık, ısıtma yakma esnasındaki davranışlardır. Plastiğin yoğunluğu veya özgül ağırlığı, su dolu bir kaba küçük bir plastik parçası atılarak bulunur. Su yerine yoğunluğu bilinen sıvılar da kullanılarak plastiğin yoğunluğu belirlenebilir. Isıtma ve yakma testleri çeker ocak altında plastik ısıtılarak ve yakılarak yapılır. Bu yöntem gözleme dayandığından, gözlemcinin tecrübeli olması ve gözlerin tercihen bilinen benzer plastiklerle paralel yapılarak değerlendirilmesi önemlidir. Bu tip testler ham reçine halindeki katkısız plastiklere uygulandığında sonuç verir. Katkılı plastikler yanıltıcı sonuç verirler. Test sırasında plastik temiz bir ısı iletmeyen kısıpça tutulmalıdır. Yanma sırasında çıkan gazlar zehirli olabilir, dolayısıyla havalandırma şarttır.

13.3.6. Plastiği Boyama (Renklendirme)

Plastikler ilk üretildiklerinde genellikle renksiz şeffaf, beyaz veya açık sarı renktedirler. Amorf plastikler şeffaf olduğundan, yarı kristal plastiklere göre daha kolay boyanabilirler ve daha çok renk çeşidine sahiptirler. Plastiklerin boyanmasına da iki tip boyar madde kullanılır. Bunlar tamamen çözünerek boyama etkisi yapan maddeler ("dye") ve çözünmeyen çok ince zerreler

halinde dağılarak boyama etkisi yapan maddelerdir ("pigment"). Dye tipi kimyasallar çok az miktarda kullanılarak boyama sağlarlar, ancak katkı olarak kullanılan plastifikasyon ve diğer kaydırıcılarla yüzeye çıkararak rengin bozulmasına neden olduklarından plastifiye plastiklerde tercih edilmezler. Pigmentler genellikle birbirine yapışmış tanelerden oluştuğu için plastikte iyi karıştırılabilmesi için çok sürtünmeli bir ortamda karıştırılmaları gerekir. Pigmentlerin iyi karıştırılıp dağıtılabilmesi için renk konsantresi veya masterbeç adı verilen karışımlar hazırlanır. Her durumda karışım çok hassas bir teknikle yapılmalı ve aynı rengi tekrar üretmeyi sağlamalıdır. Ayrıca en iyi renk tonunu vermeli ve kısa süreli makine kullanımına uygun olmalıdır. Plastiklerin çoğunluğu renkli olarak satılır. Masterbeçler katı veya sıvı olabildikleri gibi çok renk çeşidine de sahiptirler. Katı olanlar en popüler olanlardır ve reçine taşıyıcılar üzerine veya polimere konulur. Diğeri ucuz olanıdır. Katı masterbeç kullanılmadan önce kullanılacak plastikte uygunluğu kontrol edilmelidir. Bazı plastiklerin diğer benzerleriyle aynı olduğu iddia edilir, fakat buna ihtiyatla bakılmalıdır. Masterbeç konsantrasyonu sabit tutulmasına rağmen bir plastikten başka bir plastiğe geçildiğinde farklı renk tonu görülebilir. Aynı plastik/masterbeç kombinasyonu farklı makinede kullanıldığında dahi farklı renk tonu sıkça görülür. Kolay uygulanır görünmesine rağmen sıvı renkler geniş bir şekilde kullanılmaz. Çok iyi uygulamada aynı renk uzun süreli üretimde değişmeden tutulabilir. Ana problem eğer boya dökülürse temizlenmesi veya doğru dozda kullanılmamasıdır. Plastiğin ucuz yolla renklendirilmesi kuru renklendiriciler ile yapılır. Bunun dezavantajı sistemin dağınık ve tozlu bir yöntem olmasıdır. Renk tonunu korumak için poşet veya karton olarak doğru doz 25 kg'lık plastik torbalarına ilave edilir. Kuru renkleri kullanırken, karışım esnasında granüllerini eşit bir şekilde boyayla karıştırmak erimiş plastikte tatminkar renk dağılımını sağlamaktır. Karışım tekniği (tek veya çok yönlü karışım - single or multi-axis rotation), granüllerin en iyi karışım zamanını (eşit şekilde boyayla kaplanması için) tespit eder. Bir defa doğru renklendirme yöntemi tespit edildiğinde bu yöntemle sabit renk tutturma imkanı sağlanır. Boyanın depolama esnasında nem çekmemesine dikkat edilmelidir. Çünkü nem boyayı yuvarlak topakçıklar haline getirir. Bu topakçıklar renk tonlamasına ve baskı üzerinde değişik renkte çizgiler oluşmasına neden olur. Zehirlenme problemi olabileceğinden toz halindeki boya, örneğin kadmiyum temelli pigmentler, dikkatli kullanılmalıdır. Bu problem bunun kullanımının neden azaldığını açıklar. Natural plastiği boyamak için hangi metot kullanılırsa kullanılsın, daima akılda tutulması gereken şey yapısı ve baskı boyutları dikkate değer bir şekilde kullanılan boya veya pigment tarafından etkileneceğidir.

13.4. Enjeksiyonla Kalıplamada Önemli Kavramlar

13.4.1. Kalıp ve Yolluk Girişi (Gate)

Her malzeme için kalıp dizaynında bazı değişiklikler olmalıdır. İmkan dahilinde kullanılacak kaideler aşağıda belirtilmiştir.

- 1- Kalıp ısı alış verişi yapan bir ekipman gibi dizayn edilmelidir.
- 2- Doğru ölçülerde yapılmış yolluk kullanılmalıdır.
- 3- Uygun kalıp havalandırma tekniği kullanılmalıdır.
- 4- Mümkün olduğu kadar standart (hazır) kalıp parçaları kullanılmalıdır.
- 5- Uygun olduğu yerde yolluksuz kalıp (sıcak yolluklu kalıp) kullanılmalıdır.
- 6- Önceden sertleştirilmiş çelik kullanılmalıdır.
- 7 - Kalıp dizaynına yardımcı olması için bilgisayar kullanılmalıdır.

1- Kalıbı ısı alış verişi yapan bir ekipman gibi tasarlanması.

Çünkü bu kalıp soğutması, baskı süresinin tespiti ve baskının yapısı için gereklidir. Eğer her bir gram enjeksiyon için soğuması esnasında en fazla geri alınması gereken sıcaklık (Joule olarak verilir) biliniyorsa. bundan faydalanarak gerekli sirkülasyon yapacak su miktarı hesaplanarak sıcak plastik tarafından kalıba transfer edilen sıcaklık geri alınır. Bunu yaparken. baskı kalıptan çıkmadan önce baskıdaki sıcaklığın tamamının ve yolluktaki sıcaklığın yarısının alınacağını farz edilerek hesap yapılır. Bunu yapmak için plastiğin özgül ısısı bilinmelidir ki bu da sıcaklık derecesiyle değişir. Erimiş plastikten baskı sırasındaki sıcaklık derecesi için tespit edilmiş özgül ısı tespit edilmiştir ki (J/kgK olarak tespit edilmiştir) bu bazen kullanılır.

2- Doğru ölçülerdeki yolluk sistemi kullanılması

Tipik yolluk sisteminin ölçüleri 3 mm den 10 mm ye kadardır. Daha çok kullanılan ölçü 6 mm dir. Yolluklar geniş çaplı, oldukça kısa olarak tutularak basınç kaybı azaltılır ve böylece yoğun akışkanlık sağlanır. Eğer çok geniş çaplı yapılırsa baskı süresi uzar ve daha fazla malzeme israfına sebep olur. Eğer çok küçük yapılırsa. kalıp dolmaz ve büyük miktar basınç kaybı olur ki bu kayıp sıcaklığa dönüşür. Üretim esnasında sıcaklık artışı basınç düşmesiyle orantılıdır. Bu sıcaklık malzemedeki çok shear (yüzeysel hareket, sürtünme) olduğu yerde daha çok gözükür. Örneğin kapı bölgesinde (yolluk girişi), sıcaklık artışı çok yüksektir ki malzeme yanmasına sebep olabilir. Bunun için maksimum shear rate genellikle plastik malzeme için belirtilir. Genel olarak yolluğun büyük yolluk girişinin küçük olması doğrudur.

3- Kalıbın her tarafını eşit sıcaklıkta soğutmalıdır.

Bu kalıbın farklı yerini farklı oranda soğutma demektir. Amaç baskıyı çabuk soğutmaktır. Bunu yaparken baskının yüzey kalitesi bozulur ki fiziksel yapıdaki bozulma hesaba katılmamıştır. Baskının her tarafı eşit derecede soğutulmalıdır ki bu genel olarak non-uniform (parçanın her tarafı eşit soğutulmayarak) sistemle sağlanır. Örneğin soğuk su kalıbın içine parçanın yolluk girişinin olduğu bölgeden verilir. Burada ısınan su kalıbın dışına doğru erimiş plastiğin gittiği yöne doğru akar. Bu teknik düz baskılar ve parça boyutları değişmediği durumda geçerli olup büyük baskılarda yolluk girişinden itibaren uzun plastik akmasında gereklidir.

4- Uygun kalıp havalandırılması kullanılmalıdır.

Kalıp gaz kaçması için havalandırılmalıdır. Bu havalandırma kaynak çizgisine (weldline) yakın bir yerde ve kalıbın en son dolduğu bölgede olmalıdır. Tipik havalandırma şekli yarık olup 6 mm'den 13 mm'ye kadar genişlikte ve 0.0 i mm'den 0.03 mm'ye kadar derinlikte olmalıdır. Bu yarık kalıp yarılarının birleştiği yerde almalı ve kalıbın dışı veya erkek tarafından konulmalıdır. Eğer negatif basınç aleti varsa kalıp su kanalından havalandırılabilir. Bu işlem kalıbın plastikte dolma hızını artırır, baskının yanmasını ve baskı süresini azaltır.

5- Standart kalıp parçası kullanılmalıdır.

Bu parçalar kalıp yapımını hızlandırır, tamiratta kolaylık sağlar ve ucuza mal olur.

6- Uygun olduğu yerde yolluksuz kalıp kullanılmalıdır.

Yüksek başarısından ötürü yolluksuz kalıplar üreticiler tarafından çokça kullanılmaya başlandı. Kalıpta kullanılacak yolluk sisteminin çeşidi ve tipi, yolluk satıcılarıyla tartışılarak kalite, hammadde vb. istekler de göz önüne alınarak hangi sistemin gerekli olduğu tespit edilir. İlk başta yeterli araştırma yapılarak sonradan doğacak problemler engellenir

7- Önceden sertleştirilmiş çelik kullanılmalıdır.

Genellikle kalıplar nikel-krom alaşımından yapılmıştır ki ısı ile işlemle yüzeyde ve kalıpta 48-67 rockwell sertliği sağlanabilir. Bu sertlik kalıp yüzeyinin zarara uğramasına engel olur. Güzel baskı yüzeyi elde edilmesini ve uzun süre kalıbın kullanılmasını sağlar. Ucuzluk ve zaman kazanmak için kalıpcılar önceden sertleştirilmiş çelik kullanmaya başlamıştır. Önceden yapılmış ısı ile işlem, kalıptaki şekil bozulma ihtimalini ortadan kaldırır.

13.4.2. Yolluğun Baskı Duvar Kalınlığına Oranı

Bu değer bir şekilde plastiğin kolay akmasını sağlayan değerdir. Eğer oranı 150: 1 olarak verilmişse bu duvar kalınlığı 1 mm olan plastik parçanın yolluğunun kapıdan itibaren maksimum

150 mm olması demektir. Çünkü akış miktarı duvar kalınlığına bağlıdır. Akış oranı parçanın ortalama duvar kalınlığına göre belirlenebilir.

13.4.3. Parçanın Kalıpta İzdüşüm Alanı

Parçanın izdüşüm alanı, kalıpta kapatma (clamp) yönünde görülebilen en büyük yüzeydir. Baskıların çoğunda bu değer yaklaşık 2 ton/inçkare olarak hesaplanır veya 31 mega newton metre karede hesaplanır. Bu yalnızca kaba bir kuraldır. Çünkü baskı derinse bu kuvvet tekrar gözden geçirilmelidir. Parça izdüşüm alanını bilmek parçanın basılabileceği makina kilitleme gücünü belirlemek için gereklidir. Bunu biraz açarsak enjeksiyon ocağını ve kalıbı iki ayrı hidrolik silindir olarak düşünmemiz gerekir. Çünkü erimiş plastik, hidrolik yağ gibi basıncı iletir. Birim alana enjeksiyon vidası tarafından uygulanan kuvvet, parça izdüşüm alanı arttıkça artar ve bu kuvvet makinanın maksimum kilitleme gücünü geçerse kalıp aralanır. Böylece baskıda çapak oluşur. Burada enjeksiyon ünitesi hidrolik sistemdeki ufak silindiri, kilitleme ünitesindeki kalıp da büyük silindiri ifade eder. Hidrolik sistemden ayıran fark ocak ünitesinin boyutlarının sabit olması dolayısıyla sabit basınç sağlaması, kalıp ünitesinin ise parça izdüşüm alanına bağlı olarak farklı kuvvete maruz kalmasıdır. Enjeksiyonun çalışma prensibine göre önce vida döner. Granül halindeki plastik eriyip vida önüne ayarlanan miktarda yığıldıktan sonra vidanın dönmesi durur ve vida silindir gibi ileri hareket ederek kalıbı doldurur. Erimiş plastik hidrolik yağı gibi basıncı iletir. Burada kalıp izdüşüm alanı ve malzeme cinsi bilirse, kalıba uygulanan kuvvet hesaplanabilir. Gereken basınç miktarı kullanılan plastiğin akma direncine bağlıdır. Örneğin PS için 2 ton/inch"dir. Bununla ilgili tablo metrik sistemde ilave edilmiştir. Eğer basılacak ürün ince ve karmaşık yapıya sahipse bu kilitleme faktörü %20-50 arttırılmalıdır. Burada dikkat edilecek bir husus da; makina bu basıncı sağlayacak güçte mi, değil mi? Bu vida çapına bağlıdır. Örneğin her makina için üç değişik çapta vida vardır. Vida çapı küçüldükçe birim alana düşen kuvvet yani basınç artar. PS ve PP gibi malzemeler için 1200- 1300 bar basınç sağlayan makina yeteriyken bu basınç PA için i 700 bar, PC için 1900 bardır. Enjeksiyon makinası bu basınçları üretebilecek güçte olmalıdır. Buna bağlı olarak bir başka özelliği. vida yastığını açıklamamız gerekiyor. Daha önceki açıklamamızda erimiş plastiğin hidrolik yağı gibi basıncı ilettiğini söyledik. Enjeksiyon yapıldıktan sonra ütüleme basıncını iletmek için vida önünde bir miktar erimiş plastiğin bulunması gerekir ki buna vida yastığı denilir. Bu olmadan ütüleme basıncının iletilmesi zordur.

Gerekli kilitleme gücü = Parçanın yolluklar dahil izdüşüm alanı x Kullanılacak plastiğin kilitleme faktörü ton/inch²/cm²

Parçanın yolluklar dahil izdüşüm alanı = Parçanın izdüşüm alanı + Yollukların izdüşüm alanıdır.

13.4.4. Baskı Ağırlığına Göre Vida Strokunun Hesaplanması

Örneğin PS'den yapılacak bir parçanın ağırlığı 60gr, elimizdeki makinanın maksimum vida stroku; 155 mm ve bu makinanın yaptığı maksimum enjeksiyon miktarı 184gr(PS)

$$155/184 = 1.187 \text{ mm/gr}$$

60/1.187 = 71.22 mm vida stroku bu baskıyı yapmak için gereklidir

13.4.5. Programlanmış Enjeksiyon Basıncı

Enjeksiyon esnasında erimiş plastik malzeme, makinanın memesinden daha geniş bir yere gittiği için hızlı enjeksiyon kullanılır. Yolluk girişine gelindiğinde plastiğin sürtünerek yanmasına ve yılan gibi fıskırarak kalıbı doldurmasına engel olmak için parçanın bir kısmı yavaş enjeksiyonla doldurulur. Bundan sonra kalıp tamamen dolmamak şartıyla hızlı enjeksiyon uygulanır. Kalıp tam dolmadan önce çapak riskini azaltmak için yavaş enjeksiyon hızı kullanılır. Yukarıda anlattığımız hesaplamayla yolluklar için gerekli vida stroku ve parça ağırlığına göre vida stroku hesaplanır. Bunlara bağlı olarak da enjeksiyon hız ayarları yapılır.

13.4.6. Malzemenin ve Baskının Bakımı

Enjeksiyon işlemini geliştirmek için çok zaman ve para harcanırken çok önemli bir konu sık sık unutulmaktadır.

13.4.7. Malzemenin Temini ve Bakımı

Bir çok plastik hammaddesi kolayca yanabilir. Bütün depolar temiz ve kuru tutularak yangın tehlikesi minimuma indirilir. Depo enjeksiyon bölümünden yangına dayanıklı kapıyla ayrılır. Plastik, direk güneş ışığından korunmalıdır ve düzgün şekilde yapılmış raflara konulmalıdır. Genel olarak ısıtılmamış ve tabii olarak havalandırılmış depo yeterlidir. Sıkı stok kontrol politikası uygulamasıyla malzemenin beklemesi engellenmelidir. Bu şekilde depoya ilk giren malzeme ilk kullanılmalıdır. Aynı anda gelen farklı parti mallar birbirine karıştırılmamalıdır. Bu

şekilde hatalı parti kolayca belirlenebilir. Eğer malzeme birden fazla şekilde ise ve karıştırılarak kullanılacaksa doldurma problemi hesaba katılmalıdır. Makinede küresel (elips) granül (yaklaşık 3 mm çapında) kullanımı en etkilidir. Makinada ince toz halinde malzeme kullanmak en kötüsüdür. Bunu artık malzeme, sonra küp şeklindeki granül, sonra da lace cut (yuvarlak iplikten kesilerek yapılan granül) malzemeler takip eder. Plastik otomatik sistemle nakledilirken toz çıkma tehlikesi göz önüne alınmalıdır. Toz, plastikte statik elektrik yükü toplar. Bütün aletler topraklanmalıdır

13.4.8. Plastik'in Nem Alması ve Kurutulması

Fabrikaya getirildiğinde plastiğin ortam sıcaklığına ulaşması sağlanmalıdır ki bu malzemenin sıcaklık değişiminden dolayı nemlenmesine engel olur. Konteynır açılmadan evvel fabrikada 8 saat bekletilmelidir. Bazen bir gün beklemesi tavsiye edilir. Bu özellikle kış ayları için gereklidir. Plastiklerin çoğu kuru olarak temin edilir. Ama bazıları nemlidir, kullanılmadan önce kurutulmalıdır. Birçok plastik özellikle mühendislik plastiği nem çeker. Bunlar kullanılmadan önce kurutulmalıdır. Havalandırılmalı enjeksiyon makinesiyle nem oranı kabul edilebilir seviyeye indirilebilir. Bu yalnızca nemi atmaz aynı zamanda diğer gazları da plastik erime sıcaklığında dışarı atar. Fakat havalandırılmalı makinede, bazı malzemelerde, örneğin PC'da, malzemenin suyla teması esnasında mekanik yapısının bozulmasına sebep olur. Yapısal kayıp görünüşte belirgin değildir ama kullanımı esnasında kırılma kuvveti düşer. Ne kadar suyun emildiği, oda sıcaklığı da 24 saatte ne kadar suyun emildiğinin bilinmesiyle hesaplanır. Eğer nem oranı % 0.2'den büyükse kurutma gereklidir. Eğer azsa kurutmaya gerek yoktur. Kurutma gerekliyse bu sıcak hava fırınında, desikant kurutucuda veya vakum kurutucuda yapılır. Son iki metot daha hızlı ve daha etkilidir. Su oranını daha düşük seviyeye indirir. Sıcak havalı kurutucular gereken kurutma Zamanının yarıya indirirler. Bu sistem, bazı malzemeler için tek kurutma yöntemidir. Malzemenin kurutulmasından sonra açık besleme hunisinde uzun süre bırakılmamalıdır. Eğer higroskopik (havadan nem çeken) malzeme kullanılıyorsa havadan tekrar nem çeker, ABS ve Naylon örneğindeki gibi. Besleme hunisine konulacak malzemenin miktarı bir saatte işlenecek kadar olmalı veya ısıtılmış huni tercih edilmelidir. Higroskopik maddelerin 1 saatten fazla hunide durmamasına dikkat edilmelidir.

13.4.9. Makineye Beslenecek Plastik Miktarının Hesaplanması

Kullanılacak malzemenin belirlenen makine/kalıp kombinasyonu ile hesaplanmasıyla malzemenin besleme hızında uzun süre kalması engellenir. Isıtılan huni tercih edilmelidir. Higroskopik malzeme hunide 1 saatten fazla kalmamalıdır. Örnek hesaplama 6 gözlü kalıp 24sn'de bir baskı yapıyor. Baskı ağırlığı 14gr, yolluk ağırlığı 12 gr, toplam baskı ağırlığı $(6 \times 14) + 12 = 96$ gr olur. Böylece bir saate ki malzeme tüketimi hesaplanabilir. Buna göre huni 14.4 kg malzemeyle doldurulmalı, malzeme seviyesi işaretlenmeli, bu işaretin üzerinde malzeme doldurulmamalıdır.

13.4.10. Baskı Kirlenmesi

Baskı kalıptan çıktıktan sonra yağ ve gresle kirlenebilir. Örneğin kilitleme sisteminden, plakalardan, burçlardan ve hidrolik silindir contasından düşen damlalardan kirlilik oluşabilir

$$Q = \frac{\text{Toplam baskı ağırlığı} \times 3600}{1000 \times \text{baskı süresi}} \quad Q = \frac{96 \times 3600}{1000 \times 24} = 14.4 \text{ kg/h} \quad (13,1)$$

Bu durum hemen düzeltilmeli, engelleyici yöntemlerle ve bakımla kontrol altına alınmalıdır. Tamamen elektrik makinelerle baskı temiz oda uygulamasında üretilebilir. Gres kirlenmesinin genel sebebi itici pimleridir. Özellikle ABS içinde belirgin şekilde kirlenme söz konusudur. Bu durumda kalıp baştan aşağı söküp temizlenir ve ITFE kökenli yağla yağlanır. Bir çok plastik çok büyük miktarda tozu çeker ki bunu temizlemek oldukça zor ve pahalıdır. Bunu ilk etapta durdurmak daha iyisidir. Örneğin baskıyı daima örtülü tutunuz ve mümkün olduğu kadar az elleyiniz. Ellendiği zaman ve bir yerden diğer yere taşınırken birbirlerini çizecekleri hatırlanmalıdır. Hatta hafifçe birbirlerine sürtündüklerinde dahi birbirlerini çizerler. Çok baskı nakliye esnasında iyi paketlenmediklerinden birbirlerine zarar verirler. Çıplak elle dokunulduğunda kirlenme elden baskıya geçer. Bu problemlere sebep olur. Temiz ve kuru eldiven giyilmesi baskı ellenirken gerekir. Bu önlemin gereksiz olduğu ispat edilene kadar bu işleme devam edilir.

13.4.11. Silindir

Makine tipi vida tipiyle birlikte değerlendirilir. Aksi belirtilmediği sürece makinelerin geneli genel kullanım vidasıyla donatılmışlardır. Genel kullanım vidasının sıkıştırma oranı 2.0-2.5/ 1 ve vida uzunluğunun çapına oranı (L/O) 20.dir. Vidanın kök (root) çapı besleme bölgesinin sonundan makinenin önüne doğru artar. Besleme bölgesi vida uzunluğunun yarısıdır. Sıkıştırma bölümü vida uzunluğunun % 30 u kadardır. Dozajlama bölümü vida uzunluğunun % 20 si kadardır. Genel kullanım vidası birçok plastik çeşidinde kullanılabilir. Fakat bazı plastik tipleri için, örneğin PA için kullanılması uygun değildir. Yarı kristal plastik için özel vida dizayn edilmiştir ki bununla daha fazla plastiğe sıcaklık verilebilir. Eğer uzun süre belirli bir plastik basılacaksa o zaman o plastik için özel dizayn edilmiş vida kullanmak gereklidir. Hangi vida tipi kullanılırsa kullanılsın vida ucunda geri akış valfi vardır. Bu memenin ucundan erimiş plastiğin akmasına engel olur. Genellikle plastiğin geri emilmesini sağlar veya bu valf meme ucuna takılır. Geri akış valfi kullanıldığında düzenli olarak kontrol edilmelidir. Bu sistem enjeksiyon ünitesinde önemli bir roloynar. Shut off nozzle (kapanabilen meme) son zamanlarda meme de çok miktarda malzeme sarkması ve yanmaya sebep olduğu için kullanılmıyor. Her malzeme için meme tipine göre açıklama yapılacaktır. Sürtünmesi fazla olan malzeme kullanıldığında bimetalik enjeksiyon silindiri (ocak) ve sürtünmeye dayanıklı vida kullanmayı düşünmekte fayda vardır. Eğer vida derin nitratlama (deep nitrited) yapılırsa, kimyasal bozulmalara. erimiş plastiğin vidaya yapışmasına ve sonra vida üzerinde bozulmasına (decomposing) engel olunmuş olur.

13.4.12. Vida Yastığı (Screw Cushion)

Baskı işleminin çoğunluğunda vida dönüşü ayarlanarak enjeksiyondan sonra yastık vazifesini gören malzeme silindirde bırakılır. Bu yastık vidanın ileri gidiş zamanını ve sabit enjeksiyon basıncını sağlar. Küçük enjeksiyon makinesinde yastıklama konumu 3 mm (0.25 in), büyük enjeksiyon makinesinde 9 mm (0.375 in) olabilir. Yastıklama genellikle yaklaşık baskı miktarının % 10'u kadardır. Bu enjeksiyon yastığı enjeksiyon baskılarının çoğunluğunda enjeksiyon basıncını kalıba nakletmek için gereklidir. Eğer bu basınç transferi yeterli olmazsa malzeme içinde hava boşlukları oluşabilir.

13.4.13. Baskı (Shot) Kapasitesi

Makineler genellikle PS (polistiren) baskı miktarına göre değerlendirilir. PS düzgün (uniform) olarak erir ve ocak erime sıcaklığına düzgün (uniform) olarak bir saatte ulaşır. PS amorf bir malzemedir. Erime sıcaklığı yarı kristal plastikten daha azdır. Bundan dolayı stiren tipi malzeme dışındaki malzemeler için baskı (shot) kapasitesi düşürülerek kullanılmalıdır. Kural olarak belirlenmiş ocak kapasitesinin % 75-80 kadarı kullanılırsa ocakta erimiş plastiğin kalma süresi azaltılır ve enjeksiyonun yüksek erime sıcaklığında yapılması sağlanmış olur. Bu da malzemenin bozulmasını engellerken daha iyi akmasını sağlar. Eğer ocağın (enjeksiyon silindiri) kapasitesinin % 35'inin altında kullanılırsa, malzemenin bozulmasının (decomposition) engellenmesi için erime sıcaklığının düşük değeri uygulanır. Bu da yüksek enjeksiyon basıncı uygulanmasını gerektirir. Böylece fazla malzeme içi gerilim (frozen in stress) oluşur ve baskının dengesi de (less stable moulding) azalır. Üretim esnasında standart baskı kalitesinin korunması amacıyla, erimiş malzeme kapasitesi hesabı için aşağıdaki basit formül kullanılmalıdır.

$$T = \frac{\text{Toplam baskı kapasitesi (g)} \times 3600}{\text{Makinanın eritme kapasitesi (kg/saat)} \times 1000} \quad (2,13)$$

T minimum baskı süresidir. Eğer baskı süresi bu T değerinin altında kalırsa makine malzemeyi yeterince eritemez demektir. Böylece baskıdan çıkan parçanın boyutlarında gözle veya ölçümle değişim gözlenir. Kısa süreli baskıda, ince duvarlı parça üretilirken veya boyut değişiminin önemli olduğu malzemedeki baskı kapasitesinin erime kapasitesine uyumunun önemi vardır. Enjeksiyon makinesi satın alındığında değişik vida tipleri teklif edilir. Bunlar A,B,C tipidir. Her tip farklı vida çapına sahiptir ve barrel (ocak) kapasitesine göre uygun baskı kapasitesine sahiptir. Farklı vida çapına sahip olmak yalnızca baskı kapasitesini değiştirmez, diğer bazı özelliklere de tesir eder. Mesela enjeksiyon basıncı ve eriyen plastiğin miktarı da değişir. Normal olarak A tipi vidalar en düşük baskı kapasitesine ve en yüksek enjeksiyon basıncına sahiptirler. Diğer yandan C tipi vidalar düşük enjeksiyon basıncı ve yüksek baskı kapasitesine sahiptir.

13.4.14. Erime Sıcaklığı

Bu memeden (nozzle) veya memeden dışarı atılmış plastiğin sıcaklığından havaya atma tekniğiyle ölçülür. Plastiği dışarı atma (air shot) tekniği kullanıldığında ölçme esnasında çok

dikkatli olmalıdır. Plastiğin çıkışı (purging) kazaya sebep olabilir. Çünkü sıcak plastiğin yakma ve deriye yapışma tehlikesi vardır. Genel olarak plastik fabrikasında kazalar yanma şeklinde olur. Bunun için makinenin işletilmesi ve kapatılması esnasında eldiven ve yüz maskesi giyilmelidir. Havaya atma ile hassas ölçüm için, ölçme aletinin uç kısmı ölçüm esnasında tahmin edilen sıcaklığa kadar ısıtılır. İnce duvarlı malzemelerde sıcaklık belirli malzeme için verilmiş erime sıcaklık derecesinin üst değeri olmalıdır. Erime sıcaklık derecesinin düşük değeri kalın baskılarda kullanılır. Her malzeme için erime sıcaklığı verilecektir. Belirli makine için bu sıcaklığı sağlamak enjeksiyon silindirindeki (ocak) ayarlanmasına bağlıdır. Örneğin vida dönme hızı, ütüleme basıncı, baskı kapasitesi (shot), baskı süresine bağlıdır.

13.4.15. Plastiğin Ocakta Kalma Süresi

Plastiğin bozulma miktarı sıcaklığa ve bu sıcaklığın uygulama süresine bağlıdır. Örneğin plastik yüksek sıcaklığa kısa süre tutularak bozulabilir veya uzun süre düşük sıcaklığa tutularak bozulabilir. Plastiğin enjeksiyon silindirinde (ocak) kalma süresi önemlidir. Gerçek kalma süresi denemeyle pratik olarak renkli plastiğin ocağı geçme süresiyle ölçülebilir. Kabaca aşağıdaki formülden hesaplanabilir.

$$\frac{\text{Ocağın kapasitesi (g)} \times \text{baskı süresi}}{\text{Baskı ağırlığı (g)} \times 30} \quad (3,13)$$

Genel uygulamada plastiğin ocakta kalma süresi hesaplanmalıdır. Özellikle büyük makinede küçük baskı basılacaksa, malzeme, ocakta uzun kalma süresinden dolayı zarara uğrayabilir bu her zaman gözle fark edilmez. Bunun için herhangi sıcaklık derecesindeki kalma süresi yaklaşık bir fikir vermesi için gerekli yerde belirtilecektir.

13.4.16. Sıcaklık Ayarı

Erime sıcaklığı çok önemlidir ve belirtilen enjeksiyon derecesi yalnızca fikir vermek içindir. Eğer bir malzeme tipi için herhangi bir tecrübeniz yoksa makine en aşağı dereceye ayarlanmalıdır. Kolay ısı kontrolü için, ocak bölgelere ayrılmıştır. Bütün sıcaklıklar belki aynı dereceye ayarlanabilir. Eğer baskı süresi uzunsa veya yüksek derecede çalışmak gerekiyorsa, birinci bölge sıcaklık derecesi en düşük değere erken erimeyi ve malzemenin besleme hunisinde köprü haline gelerek plastik akışına engel olmasına (bridging Jengel olmak için ayarlanır. Vidanın besleme kısmına malzemenin rahatça girmesi için besleme hunisinin ağzı (nange) suyla soğutulmalıdır.

Soğutma suyu aynı zamanda hidrolik yağdaki fazla ısıyı almak içinde kullanılır. Baskıya hidrolik yağın çalışma derecesine ulaşmasıyla başlanmalıdır (örneğin 45°C). Birçok makinede yağ önceden bu sıcaklığa ısıtılır. Böylece daha sağlıklı baskı elde edilir. Soğutma suyunun sıcaklığı ve akış hızı, malzemenin ocakta nasıl eridiğinin ve hidrolik parçaların nasıl çalıştıklarını göstermek açısından önemlidir. Genellikle su çeşmeden gelir. Bu da sezonluk sıcaklık değişikliğinden etkilenir (kışın 3°C, yazın 23°C gibi). Bu farklılık baskıdan çıkan malzemede yapısal değişikliğe sebep olur. Bu problemin üzerinden gelmek için, her makine için soğutucu derecesi ve akış hızı standartlaştırılmış soğutma sistemleri kullanılır. Alternatif olarak solenoidli çalışan valf (musluk) soğutma sistemine takılır. Bu sistem, sıcaklık önceden ayarlanmış değerin üzerine çıkınca suyun dolaşmasını müsaade eder. Makineye konulan malzemenin de sabit sıcaklık derecesinde olması gerekir.

13.4.17. Enjeksiyon Hızı

Vida piston gibi hareket ettiğinde, kalıbın dolma hızıdır. İnce kısımları olan parça imalatında yüksek enjeksiyon hızı kullanımı kalıbı plastik donmadan doldurmak için gereklidir. Fakat kalın kısımları olan parçada daha iyi yüzey yavaş enjeksiyon hızı kullanılarak elde edilir. Genelde enjeksiyon hızı 1 saniye civarındadır. Bir çok baskı hatası değişik enjeksiyon hızı kullanılarak üstesinden gelinir. Kalıp doldurma esnasında enjeksiyon hızı programlanabilir. Bu ayar kapalı veya açık devre sistemiyle yapılabilir. Makine ayarında hangi enjeksiyon hızı kullanılırsa kullanılsın enjeksiyon süresiyle birlikte kayıt edilmelidir. Bu zaman ilk enjeksiyon basınç değerine ulaşmak için gereklidir ve vidanın ileri hareket zamanının bir parçasıdır. Modern enjeksiyon makinelerinin çoğu kapalı devre sistemiyle baskı süresini kontrol eder. Vidanın pozisyonu sensör kullanılarak takip ve zamana göre grafik şeklinde kayıt edilebilir. Sensörden gelen bilgi kontrol paneline gönderilir ve bu bilgiyle kontrol ünitesi yüksek enjeksiyon basıncını uygulayarak sabit baskı sağlar. Dolma esnasında basınç gittikçe artar çünkü kalıbın dolması esnasında akışkanlık direnci artar. Kalıp dolmasının belirli bir noktasında örneğin kalıp hemen hemen dolarken veya yolluk girişi donarken akışkanlığa direnç oldukça yüksektir ve vidanın bu oranda basınç vermesini beklemek gerçekçi değildir. Bu noktada kontrol hız kontrolden basınç kontrole değiştirilir. Bu nokta "VPT (hızdan basınca geçiş noktası velocity pressure transfer point)" diye bilinir.

13.4.18. Enjeksiyon Basıncı

Kalıbı doldurma esnasında yüksek hızla kalıbı doldurmak için yüksek basınca ihtiyaç duyulabilir. Kalıp dolduktan sonra yüksek basınç gerekli değildir veya arzu edilmeyebilir. Bir çok baskıda yüksek ilk basıncı düşük ikinci basınç (ütüleme) takip eder Asetal. naylon gibi bazı yan kristal termoplastiklerin baskısı esnasında bu ikinci basınca ihtiyaç olmayabilir. Çünkü ani basınç değişimi kristal yapıda istenmeyen değişikliğe sebep olur. Oryantasyon (moleküllerin yönlendirilmesi ki bu özellikle plastiğin akış yönünde olur) oranının azaltılması önemlidir. Bunun için kalıp mümkün olduğu kadar çabuk doldurulmalıdır ve erimiş plastik soğutulurken sürtünmemelidir. Çünkü bu durum, plastiğin soğuk ve uzayarak (creep) akışı demektir ki hiç de arzu edilmez. Eğer VPT noktası yanlış pozisyonda ayarlanırsa yani mesela hızdan basınca geçiş çok erken olursa bu duruma sebep olur. Yolluk girişi donmadan ve packing (doldurma enjeksiyon) basıncı yeterince yüksek olarak kalıp yavaşça dolar. Bu da baskıda yüksek dahili gerilime (internal stress) sebep olur. Çünkü kalıp yavaşça doldurulurken soğumayla baskıdaki oryantasyon seviyesi maksimumlaşır. Bu durumlar packing (doldurma. enjeksiyon) basıncı kalıp doldurma hızı ile birlikte artırılarak üstesinden gelinir. VPT noktasının kesin olarak ayarlanması çok önemlidir. Eğer bu şart yerine getirilmezse değişik yapılarda baskıya sebep olur. Enjeksiyon baskısında baskının aynı özelliklerde yapılması büyük önem arz eder. Farklı yapıya sahip baskı hiç arzu edilmez. VPT değişimi makine operatörü tarafından gerekli aletlerle kullanılarak yapılır. VPT deki değişim aşağıdaki özellikler değerlendirilerek tespit edilir:

- 1- VPT pozisyonu,
- 2- Hidrolik basınç, (hat basıncı olarak da bilinir),
- 3- Nozzle (meme) basıncı, (erimiş plastik basıncı olarak da bilinir),
- 4- Kalıp boşluğu (cavity) basıncı, (CPC olarak da bilinir),
- 5- Kalıp açma gücü,
- 6- Kalıp açma pozisyonu

VPT, duruma uygun CPC istenilen yerde kontrol için kullanılabilir. Kalıbın içindeki basınç, çekmeyi ve baskı ağırlığını kontrol eder. CPC kullanımı çok kalıbı olan fabrikalar tarafından belirtilen sebeplerden dolayı kullanılamazlar. Çünkü kalıpta değişikliğe ihtiyaç duyar. Basınç ölçme aletini itici blok içine yerleştirmek zordur. itici pimlerin boyutlarındaki farklılıktan dolayı ayarlama, kalibre etme problemleri vardır. Basınç ölçme aletinin kolayca zarara uğraması ve tamirinin zor olması da bir handikaptır. Hızlı enjeksiyon makinelerinde hidrolik sistemin hızlı bir şekilde karşılık vermemesi nedeniyle VIT ayarı, CPC kullanıldığında etkili değildir. Birçok

üretici, makine dizaynlarında önemli bir gelişmenin olduğuna ve makine ayarlarının daha kolay hale geldiğine inanıyor. Bu değişikliklerden dolayı birçok kişi karışık cpe sistemine teknik baskıda ihtiyaç duyulmadığına inanıyor. Bazı kişiler ileride kullanılır diyerek bu sistemi olan makine almada ısrar ediyorlar. Genelde bu sistem doğru olarak ayarlanamıyor ve bundan dolayı enjeksiyoncular daha çok hidrolik basınç kontrol sistemini tercih ediyorlar. Çünkü bu metotla basınç daha kolay kontrol edilir ve sistemin bozulma ihtimali de daha azdır. Kolayca kalıbın dışına takılabilir bir sensörle de VIT ayarı yapılabildiğini belirtelim.

13.4.19. Vida Dönme Hızı

Plastiğin erimesi için gerekli ısının bir kısmı vida dönmesiyle sağlanır. Dönüş hızı arttıkça sıcaklıkta artar. Makine yüksek hızda vidayı döndürebilse bile, vida dönme hızını baskı süresine uygun olarak ayarlamak daha uygundur. Hatta vida dönme hızını olabilecek en küçük değere düşürülmelidir çünkü bu makinede daha düzgün sıcaklık dağılımı sağlar, makine eskimesini azaltır ve ermiş plastiğin enjeksiyon silindirisinin önünde bekleme süresini azaltır. Vida yüzey hızının öneminden dolayı büyük makinelerin vidası küçük makinelerin vidasından daha yavaş döndürülmelidir. Bu sürtünme oranını düşürür ve bölgesel ısınmaya engel olur. Dönme hızı malzemenin malzemeye değişir. Sert PVC vida dönme hızı maksimum 0,25m/sn olarak sınırlanmıştır. (15m/min veya 50 ft/min) Fakat sürtünmeye dayanıklı (shear resistant) malzemelerde yüksek hız kullanılabilir. Rpm'i (devir/dakika) m/s'e çevirme rpm'nin vida çapıyla (mm) çarpma ve bunu 0,0000524 çarpma ile elde edilir. Örneğin 30 mm çaplı vidayı vida yüzey hızı 0,25 ms ise aşağıdaki gibi hesaplama yapılır.

$$\begin{aligned} \text{Vida yüzey hızı} &= \text{vida çapı} \times \text{vida hızı (rpm)} \times 0,0000524 \\ 0,25 &= 30 \times \text{vida hızı} \times 0,0000524 \\ \text{Vida hızı} &= \frac{30 \times 0,0000524}{0,25} = 159 \text{ rpm dir} \end{aligned} \quad (4,13)$$

13.4.20. Ütöleme Basıncı (Arka Basıncı)

Bu vida tarafından, vida geri gelmeden önce yapılan basınçtır. Yüksek arka basıncı kullanmak renk karışımına ve malzemenin erimesine olumlu yönde etki eder fakat vida dönüş süresini arttırır. Geri basıncı, fiberli malzemede fiber boyutlarını kısaltır (kırar) ve enjeksiyon makinesine

baskı (stess) yapar. Mümkün olduğu kadar düşük tutmalıdır. Her şartta makinenin maksimum enjeksiyon basıncının % 20'sini geçmemelidir. Arka basıncı ile vida dönme hızını ayarlayarak plastifikasyon (erime) ve sonra da vidanın en kısa zamanda ileri gitmesi sağlanır. Köpüklü süngerimsi malzeme basıldığında arka basıncı gaz basıncından büyük olmalıdır. aksi takdirde gaz ocaktan bir iş yapmadan atılır. Bazı makinelerde arka basıncı programlanarak basınç dengelenir. Örneğin vida uzunluğunda azalma etkisi plastifikasyon (erime) esnasında olur. Bu azalma vida tarafından daha az sıcaklık verilmesi ve sıcaklık derecesinde düşme demektir. Fakat bir çok makinede, bu değişikliklerin etkisini ölçen kolay bir yol yoktur.

13.4.21. Makineyi Kapatma

Makineyi kapatma işlemi, geçici makine durmasında silindirden malzeme geçirerek veya tazyikli havayla silindirin boşaltılmasıdır. Eğer plastiğin rengi değişiyorsa bu işlemin sıklığı arttırılmalıdır. Küçük tamiratlar esnasında silindir sıcaklıkları en düşük değere indirilmelidir. Örneğin 150 C sıcaklıkta eğer sıcaklığa dayanıklı malzeme (örneğin PP veya PS) kullanılırsa, bozulma miktarı minimuma iner. Geceleyin makine kapanmasında besleme hunisinin kapağı kapatılır, vida ileri-geri hareket ettirilir ve malzeme pompalanarak silindirden atılır. Memeden bir şey gelmediği zaman ocak soğutucusu maksimumda çalıştırılır. Makine soğuduğu zaman her şey kapatılır. Böylece makine tekrar kullanıma hazır olur, Eğer üretimde yüksek ocak sıcaklık derecesi kullanılırsa yukarıdaki işlerinde değişiklik yapılarak sıcaklığın sebep olduğu plastik bozulması engel olunur. Örneğin silindir ısıtıcıları kapatılır. (meme ısıtıcısı açık tutulur) silindir soğutucusu maksimumda çalıştırılır ve periyodik olarak, erimiş malzeme soğurken, pompalanarak atılır. Besleme hunisinin altındaki kapak kapatılır ve silindir vidanın pompalanmasıyla veya basınçlı hava püskürtülerek temizlenir. Eğer memeden hiçbir şey gelmiyorsa ve makine soğuksa her şey kapatılır. Böylece makine tekrar kullanılmaya hazır olur. Malzeme bozulur veya yanarsa baskıda renk değişimine sebep olur ve bu baskı kalite kontrolden geçmez. Eğer böyle bir şey olursa makinenin komple kapatılması ve temizlenmesi gerekebilir. Buna engel olmak için. sıcaklığa hassas Malzemenin ocaktan atılmasından sonra ısıya dayanıklı malzemeyle ocağın tekrar temizlenmesi gerekir. Isıya dayanıklı malzeme tekrar ısıtmada sıcaklığa dayanan malzemedir. PVC ve POM gibi bazı plastikler çok kolayca bozulurlar. Eğer bu maddeleri işlerken acil olarak makineyi durdurmak gerekirse tekrar baskıya başlamadan önce meme ısıtıcısı çalıştırılır ve yalnızca memedeki plastik eridiğinde silindir ısıtıcılar açılır. Silindir sıcaklığı 140°C dereceye ayarlanır ve silindirin bu sıcaklıkta kalması sağlanır. Sonra silindir ısısı

işleme sıcaklığına yükseltilir ve malzeme dışarı atılarak ocak temizlenir. Bütün atılan malzemeler soğuk suyun içine düşürülür. Eğer bir plastikten diğerine geçilirken makine doğal ve içinde alev giderici katkısı olmayan (none name retardant) grade PS veya PE ile temizlenir. ASLA POM (acetal) ve PVC (vinyl)'yi karıştırmayın veya birbiri ardından makinayı PE veya PS ile temizlemeden kullanmayın. Makineyi kapatmadan veya başka bir malzeme kullanırken daima doğru işlem sırası takip edildiği kontrol edilmelidir. Malzeme satıcılarının çok miktarda malzemelerin kullanımıyla ilgili bilgi ihtiva eden broşürleri vardır.

13.5. Enjeksiyon Baskısının Temel Prensipleri

1) İyi enjeksiyon baskısı makine, kalıp ve hammaddeye bağlı olarak elde edilebilir. En iyi plastik hammadde için bile eğer,

- işlenmesi zorsa
- eğer makine yeterli kontrol ve düzenlemeye sahip değilse makine malzemeye uygun şekilde doğru olarak ayarlanamaz
- Makine doğru olarak ayarlanmazsa veya
- kalıp hammaddeye uygun olarak dizayn edilmemişse; iyi baskı elde edilemez.

Bununla beraber iyi dizayn edilmiş işleme teknolojisine uygun ve iyi kontrol ve ayarlarına kabiliyetine haiz ve yüksek verim verecek şekilde dizayn edilmiş makine dahi eğer,

- kalıp aşırı zayıf yapıda yapıldıysa
- kalıp sıcaklığı tam olarak kontrol edilemiyorsa
- kalıp hareketi ve hızı makine ile uyumlu değilse
- malzeme zor işleniyorsa veya
- malzeme yeterli ön işleme tabi tutulmadıysa (örn. Kurutma) en iyi performansı vermez.

Daha önce belirtildiği gibi kalıp kullanılan malzemeye uygun olmalıdır. Şu noktalar dikkate değerdir:

- Çekme miktarına dikkat edilmesi gerekir. Plastiğin akma yönündeki ve buna dik yöndeki çekme miktarları aynı değildir. Akma yönündeki çekme buna dik yönden daha fazladır. Çünkü moleküller akma yönünde yönelmiştir.
- Doğru sıcaklık kontrolü yapılmalıdır. Sıcaklık farklılıkları ve sıcaklık sonucu yapı farklılıkları en aza indirilmelidir.

- Makine teknik datasına uygun olmalıdır. Örneğin kalanlar arasındaki açıklık, maksimum ve minimum kalıp yüksekliği, kalıp açma mesafesi ve hızlı kalıp kapatma özellikleri kalıba uygun olmalıdır.

- Makinenin elektriksel sinyal kapasitesi örneğin ütüleme basıncına enjeksiyon basıncından sonra geçiş hızı uygun olmalıdır.

2) Bütün makine ayarları kesin değerlere göre yapılmamalıdır. Fakat baskı ve malzemeyi mantıksal olarak göz önüne alarak yapılmalıdır.

Enjeksiyon baskı işlemi çok çeşitli faktörlerden etkilenir. Biz yalnızca makine kalıp ve malzemenin birbirine etkilerine değineceğiz. Bu konu üzerine biraz önce eğildik. Bundan dolayı her makine ayarını yalnızca tablodaki değerlere göre yapılmasının önemi büyüktür. Fakat bunun yerine her parametrenin mantıksal olarak dikkate alınıp diğer parametreler tarafından etkilenip etkilenmediğini görmek gereklidir. Örnek: Genellikle sıcaklık dereceleri her hammadde için belirtilmiştir. Eğer maksimum enjeksiyon hacminin küçük bir yüzdesi kullanılacaksa malın ocakta kalma süresi artacağından malzemenin sıcaklıktan dolayı zarar görmemesi için (degradasyon) sıcaklık düşük tutulmalıdır. Diğer taraftan büyük baskı kapasitesinde hızlı enjeksiyon yapma durumunda (yüksek üretim) malzemenin ocakta kalma süresi kılacağından, malzemenin erime sıcaklığı olabilecek en üst düzeydeki sıcaklık olmalıdır. (malzeme 180-220°C eriyorsa 220 C olmalıdır). Vida hızı, arka basıncı ve vida boyutları da ocak sıcaklığı ayarında önemli rol oynar. Aynı örnekler diğer makine ayar parametreleri için de verilebilir. Bu parametreler; vida hızıyla vida boyutu, vida uzunluğu, sıkıştırması, ocak sıcaklığı, malzeme, baskı süresi vb. veya arka basıncı, malzeme, vida, ocağın eritme kapasitesi veya enjeksiyon hızı, malzenlc, silindir (ocak) sıcaklığı. yolluk, parça şekli, parça yüzeyi, kilitleme gücü vb. veya enjeksiyon basıncı. baskı kalitesi. soğutma işlemi, dahili stress (iç gerilim) vb.'dir.

3) Yalnızca iyi erimiş plastik degradasyona uğramaz ve iyi sonuç verir. Baskıda iyi eritme gereklidir. Malzeme eritilip amorf termoplastik durumuna getirilir. % 10 dan (bazı durumlarda % 20 den) az vida strokunu kullanmak malzemenin ocakta kalma süresini uzatacağından ısıya hassas malzemelerde degradasyona sebep olur. Akılda tutulması gereken bir hususta yalnızca ısıtıcı bantlardan ocağa ısı verilmez. Ayrıca vida dönmesi de sürtünmeyle plastiğin erimesine yardımcı olur. Bu sürtünme ısısı vidanın dönme hızına ve arka basınca bağlıdır. Ocağın eritme kapasitesi. plastiğin baskı süresinde yani ocakta kalma süresinde aldığı ısı miktarına bağlıdır.

4) Plastik baskı ve üretim hassas bir yaklaşım gerektirir.

Doğru enjeksiyon hızı seçilmelidir. .

a) Yüksek enjeksiyon hızının getirilen:

- Kısa süreli enjeksiyon sağlar
- Kalıbın her tarafını aynı viskozitedeki (akma dirençli) erimiş plastikte doldurur ve böylece baskı içindeki dahili gerilimleri azaltır.
- Yarı kristal malzemelerde baskının her tarafında eşit kristalleşme sağlar
- Düşük kalıp kapatma gücü sağlar

b) Düşük enjeksiyon hızının getirileri:

- Baskı yüzeyinin iyi çıkmasını sağlar
- Eğer baskıda keskin köşeler varsa erimiş plastiğin sürtünmesini (shearing) engeller
- Plastik akına yönünde ani değişiklik veya baskı et kalınlığında ani değişiklik varsa sürtünmeyi engeller
- Kalıp içindeki soğumuş parçanın kopmasını engeller.
- Kapıda (yolluk girişinde) erimiş plastiğin aşırı ısınmasına engel olur
- Kalın duvarlı baskının rahatça dolmasını sağlar (genle filing)

Her kalıp boşluğunun düzgün biçimde fiskiye (fountain) şeklinde dolması sağlanır. Jetting (plastığın yılan gibi fişkıarak kalıbı doldurması) ve buna bağlı baskı içinde kaynak oluşmasına engel olunur. Bundan dolayı doğru enjeksiyon hızının seçim önemlidir. Baskıda doğru enjeksiyon basıncı gereklidir. Enjeksiyon basıncını gerektiği kadar yüksek seçmelisiniz. fakat mümkünse olduğunca düşük tutmalısınız. Maksimum ütüleme basıncı da. yolluklar soğuduğu halde gerektiğinden fazla uzun süre uygulanırsa baskıyı daha iyi hale getirmez.

5) Kalıp da ayrıca uygun olarak kontrol altında olmalıdır ki kalıpta baskı oluşturulacaktır. İyi kalite baskı için doğru makine ayan kadar doğru kalıp sıcaklığı da önemlidir. Baskının her tarafının eşit oranda soğutulmasını sağlayan sıcaklık kontrolü gereklidir. Belirli malzemeler için doğru kalıp sıcaklığını seçmek gereklidir. Eğer baskı durdurulursa, kalıp soğutmada kalıbın aşırı soğumasına engel olmak için durdurulmalıdır. Eğer maça, vida gibi herhangi bir kalıp parçası yerinden çıkarılacaksa az bir yağlama kesinlikle iyi gelecektir. Her baskı yolluk (sprue) yönünde soğumaya başlar bundan dolayı ütüleme plastiğin soğuyup aşırı çekmesinden dolayı boyut değişikliğini azaltır, yolluk girişi soğuyana kadar ütüleme devam etmelidir.

Sonuç olarak yolluk girişi. baskının en kalın olduğu yerde olmalı veya kalıp sıcaklığı baskının farklı yerlerinde farklı değerde olmalıdır.

6) Makineyi ekonomik olarak çalıştıracak şekilde ayar ediniz. Yan otomatik makine çalışmasında dahi baskı süresindeki değişmezlik önemlidir. Baskı esnasındaki durmalar baskının kalitesini değiştirir. Sabit kalite belirli bir miktardaki baskıdan sonra tekrar kazanılır. Enjeksiyon

makinesinin düzgün çalışması önemlidir. Makinanın veya enjeksiyon ünitesinin ani olarak durdurulması, kalıp üzerinde veya enjeksiyon ünitesinde kötü etki yapar.

Hidrolik şoklara, hızdaki ani çok farklı değişimlere, makinanın ve kalıbın gereksiz yere eskimesini önlemek için engel olunmalıdır. Düzen ve sistematik çalışma karşılığını verir. Çok kısa süreli periyodik yağlama, gresleme, makine ve kalıba temizlik yapımı, saatlerce makine tamirine yapılacak masraftan daha karlıdır. Makineye uygun kalıbın takılması ve bu kalıbın doğru ayarlanması gereklidir. Kalıbın makine üstüne yerleştirilmesi önemli değildir. Tornavida, pense gibi aletlerin ocağa düşmesine engel olunmalıdır. Besleme kapağı daima kapalı tutulmalı, kullanılacak hammadde kullanılmadan hemen önce açılıp makineye konulmalı, ağzı açık bırakılmamalıdır. Ocağın uzun üretimlerden sonra temizlenmesi ürün kalitesinin artırılmasına yardımcı olur. Ocağın ısıtıcıları üzerindeki plastikler ve memede veya makinanın altında plastiklerin bulunması düzensiz çalışmanın göstergesidir. Problem araştırılmalı, sebep belirlenip azaltılmalıdır. Geri dönüşümlü plastik (regrind) eğer temiz tutulduysa kullanılabilir. Çöplerle veya başka çeşit plastikle karışmışsa kullanılmamalıdır. Çalışma emniyetine dikkat etmelidir. İnsan eli kalıp ünitesi kadar sert değildir. Makine operatörü makine çevresini temiz tutmalıdır, kaygan olmamalıdır. Kalıp ve memeye çalışırken dikkatli olunmalıdır. Erimiş plastik insan eline yapışır. Onun için dışarı çıkmış plastik malzeme, bakır veya sarı bir çubukla alınıp atılmalıdır. Bu da makine durduğu zaman yapılmalıdır. Ocakta ki malı temizlerken {purge out} yüz ve eller korunmalıdır. Koruyucu kapakları çıkarmak makinenin daha hızlı çalışmasını sağlamaz, yalnızca daha tehlikeli durumu oluşturur. Bunu yapmayın. Makinenin emniyet parçaları bazen bozulurlar. Bunların çalışıp çalışmadığını anlamak için ara sıra kontrol edilmesinde fayda vardır.

13.6. Makine Ayar Operasyonu

1) Hazırlık ve kontrol listesi

Hangi baskı, hangi kalıp, hangi makine hangi malzeme kullanılacak?

Baskı: Bu baskı daha önce kullanıldı mı?

Hangi makinede, ne gibi kayıt tutuldu?

Ne kadar baskı isteniyor?

Ne zaman?

Herhangi bir özel ölçme aletine ihtiyaç var mı?

Baskının ağırlığı ve boyutları nedir? (Ocak kapasitesi ve kapama gücü için gereklidir) .

Kalıp: Kalıp nerede depolanıyor?

Nasıl taşınacak?

Ne çeşit bağlama ünitesine ihtiyaç var?

Belirlenen makinanın teknik özelliklerine bu kalıp uyuyor mu?

Kalıp ve bağlama aleti mevcut mu?

Kalıp ve bağlama aletleri kullanmaya hazır mı?

Ne çeşit sıcaklık kontrolüne ihtiyaç vardır ve bunun için ne çeşit kontrol cihazları kullanılabilir?

Makine: Belirlenen makine hangi günlerde kullanılmaya elverişlidir? Makine iyi durumda çalışıyor mu, problemsiz mi. yağlaması yapılmış mı, kalıp bağlama yerleri temiz mi?

İlave aletler planlanmış mı (maça açma, hava ilicileri vb.)?

Üretim için hangi ocağa ihtiyaç var? (Bazı makinelerin değişik boyutta ocaklar bulunur)

Malzeme: Malzeme nerede depolanıyor?

Malzemenin kurutmaya ihtiyacı (ön kurutma) var mı?

2) Makine Ayarı

Makina ayarı şu şekilde yapılmalıdır:

Mengene ünitesi kapalıyken kalıp yüksekliğini ayarla. Kelebekli mekanizmalardaki en iyi yöntem budur. Kalıbın bağlanacağı pozisyonu, flanş ve bağlama pabuçları kullanarak ayarla. Kolonları alüminyum. PVC veya kauçukla korumalıdır. Kalıbı sağlamca kaldırıp takarken kalıbın her iki parçasının beraber olmasına dikkat et. Eğer gerekiyorsa bunları vidayla bağla. Küçük makinelerde kalıp meme tarafındaki plakaya tek parça (yek pare) olarak takılır. Sonra kilitleme ünitesi kapatılır. Pabuçları ve vidaları oldukça iyi sık. Doğru boyutlarda vida kullan, doğru kalınlıkta pabuç kullan, destekleyici yüzeyler kaygan olmamalıdır. Gerekiyorsa kalıbı ısıt. Kilitleme gücünü daha önce yapılan hesaplama göre ayarla. Bu kalıp kilitleme gücü ayarlanabilir makineler için geçerlidir. Kalıp koruma aletini (düşük basınç ve yüksek basınç) ayarla. Kalıp açılma mesafesini ayarla. İticileri ayarla, kalıbı kilitte vidaları sık, eğer gerekiyorsa kalıbı ısıt. Kalıp kapama ünitesinin hızını ayarla.

13.6.1. Enjeksiyon Ünitesinin Ayarı

Ocaktaki vida geri pozisyona getirilir ve vida açıklığı (vidayla ocak arasındaki boşluk) kontrol edilir.. Ocak ısıtılır, ocak ısısı (çok yüksek değil) ve vida hızı ayarlanır. Ocak ısıtıldıktan sonra, memenin kalıba dokunma gücü ayarlanır (bu özellik her makinada mevcut değildir). Ocağı ileri alırken kalıbın kapalı olduğundan emin olunmalıdır. Meme çapı ve memenin kalıpta girebileceği derinlik kontrol edilmelidir.. Memenin kalıp yolluğuyla merkezlendiği kontrol edilmelidir. Vida

stroğu istenilen plastik miktarına göre ayarlanmalıdır., basınçların değişme pozisyonu ayarlanmalıdır. Hesaplanan baskı miktarı bazen gerekenden azdır. Manual kontrolde plastiğın erimesini 5, 10, 20 dakika aralıklarla kademe kademe kontrol edilmelidir.. Malzemenin nasıl çıktığını kontrol et. Malzeme çıkışı sabit olmalı, kesikli olmamalıdır. Kısa süre bekledikten sonra, erimiş plastiği dışarı çıkarıp erimiş plastiği kontrol et (purge out) Sonra enjeksiyon hızı ve basıncı ortalama değere ayarlanır.

13.6.2. Makine Kontrolünün Ayarlanması

Makina ayar butonu, elle-yarı otomatik ve otomatik olarak ayarlanabilir. Zaman ayarları (enjeksiyon. ütüleme. sağutma, bekleme zamanı) yapılır. Zaman ayarları gerektiğinde ilk etapta ayarlanır ve birkaç baskıdan sonra bunların ayarları tekrar düzeltilir.

13.6.3. Enjeksiyon İşlemine Başlama

Bütün ayarlar tamamlandıktan ve kontrol edildikten sonra manualden (el ile çalışma şeklinden) yarı-otomatiğe geçilir. Bazı hallerde ilk baskı uygun olabilir fakat genelde ilk veya birkaç baskıdan sonra işlem en uygun hale getirilir. Gerektiği yerlerde aşağıdaki işlemler yapılır.

Mal miktarı (enjeksiyon strokunu) artırılır veya azaltılır.

Enjeksiyon hızı en uygun hale getirilir

Vida önündeki yastıklama kontrol edilir.

Enjeksiyon esnasındaki basınç birikimi kontrol edilir. Soğutma süresini kontrol et, eğer gerekliyse azaltılır.

Kilitleme gücü kontrol edilir.

Makine hareketleri uyumlu hale getirilir. Örneğın hız dengeli hale getirilir, sırası ve diğer özellikleri ayarlanır.

Eğer gözle görülebilen kontrol yeterliyse kalite kontrolüne devam et. Gerektiği yerde makinadaki çeşitli fonksiyonları en iyi duruma getir. Değiştirilmiş bilgiler hafızaya alınır. Baskıların uygun şekilde nakil edilmesine ve kaliteye dikkat edilmelidir..

Eğer bütün şartlar yerine getirilirse kalıptan otomatik çalıştırılır. Kalıbın tam otomatik çalışması, doğru baskı alınması durumunda kullanılabilir.

14. PLASTİK ÜRÜN TASARIM İLKELERİ

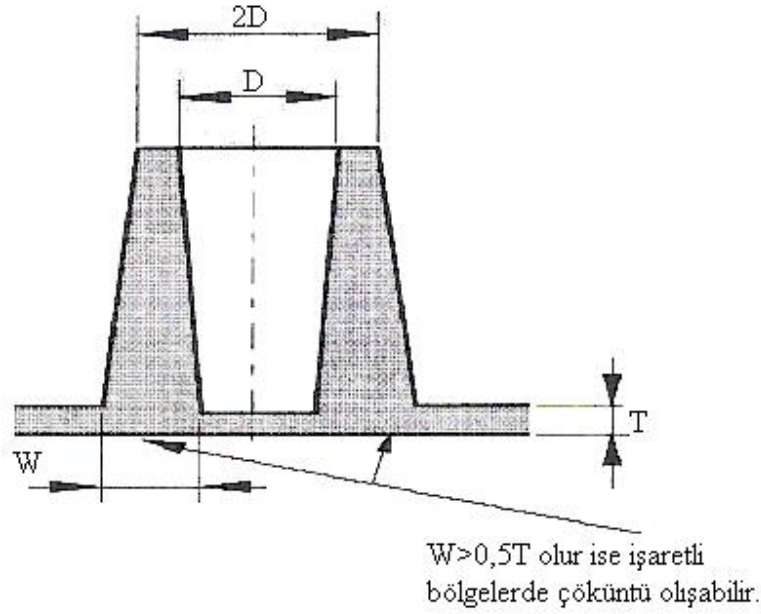
14.1. Çözülebilir Bağlantılar

14.1.1. Boss

Plastik parçadan minimum et kalınlığı ile çıkarak, mekanik montaj için genelde vida karşılığı olarak kullanılan elemanlardır.

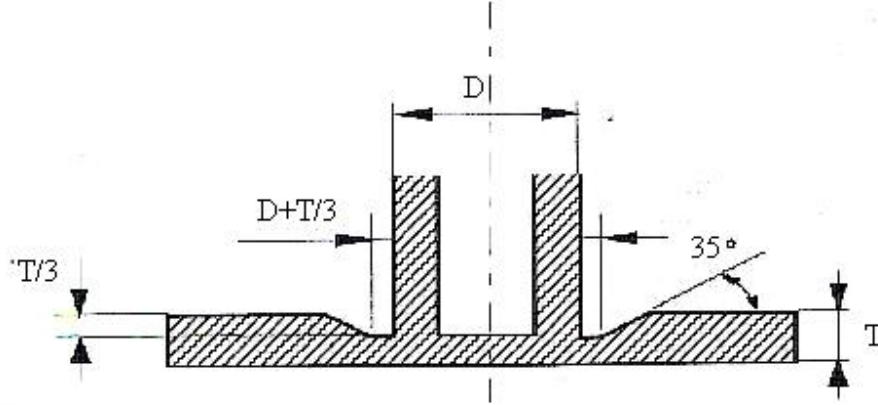
Boss Tasarımında Genel Kurallar

a)-Boss et kalınlığı çıktığı yerin et kalınlığının %60'ı kadar olmalıdır. Bu et kalınlığını büyütmek daha mukavim bir yapı sağlar fakat, et kalınlığının büyümesi boss'un çıktığı yüzeyde çöküntüye neden olur.



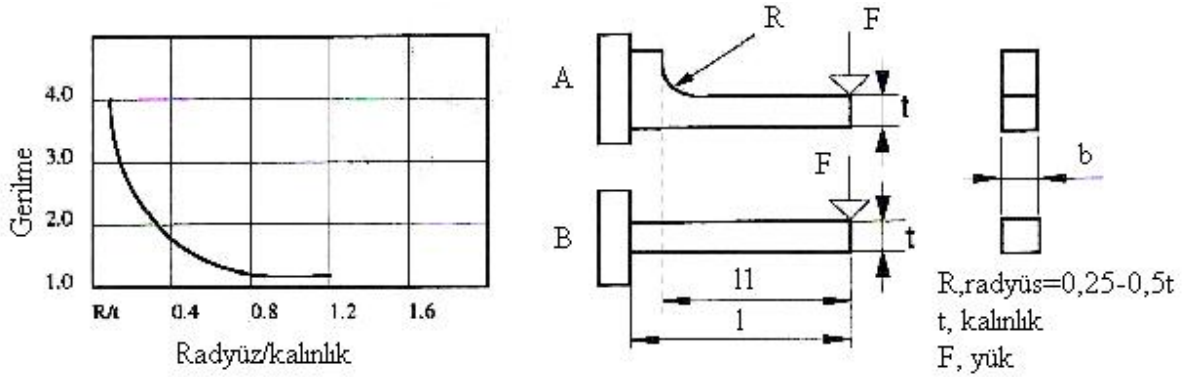
Şekil 14.1 Tipik bir boss gösterilmiştir. (Campbell, 1996)

b)-Bazı şartlarda yukarıdaki oran aşıldığında aşağıdaki şekillerde görüldüğü gibi kesit homojenliği sağlayarak çöküntüyü önlemek için boss dibinde boşaltma ve boss içi deliğini , çıktığı duvarın et kalınlığının 1/3 'ü kadar içerisinden başlatılır.



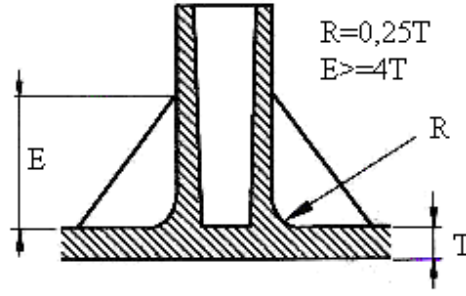
Şekil 14.2 Çökmeyi önlemek için boss şeklinde yapılan değişiklikler gösterilmiştir. (Campo, 2006)

c)-Boss dibinde boss'un et kalınlığının %25'i kadar minimum radyus verilmesi tavsiye edilir.(Kalıpta verilen radyus da aynı işlevi görebilir.)



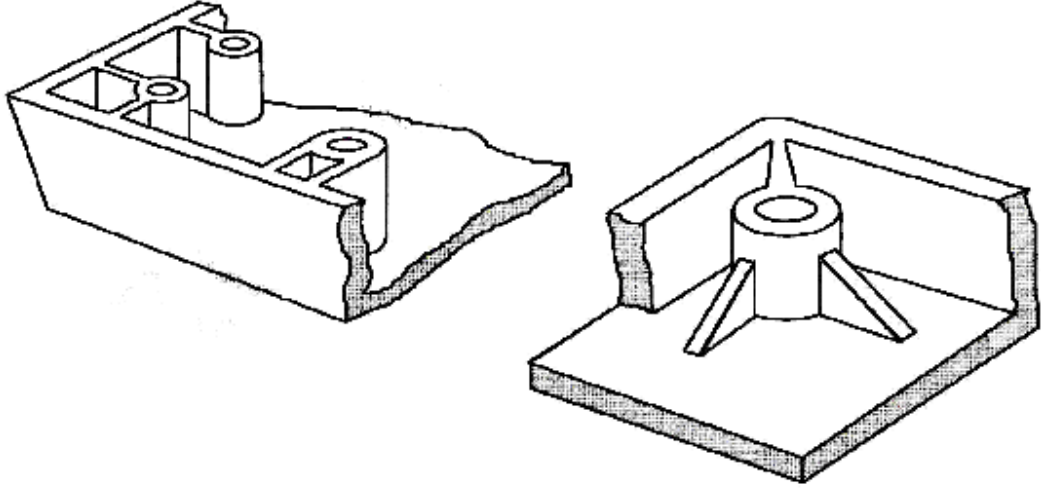
Şekil 14.3 Bossun dibine verilen radyüsün gerilmeye etkisi gösterilmiştir. (Fischer, 2003)

d)-Dayanımı arttırmak için destek ribleri kullanılabilir.



Şekil 14.4 Bossların dayanımını artırmak için destek ribleri gösterilmiştir

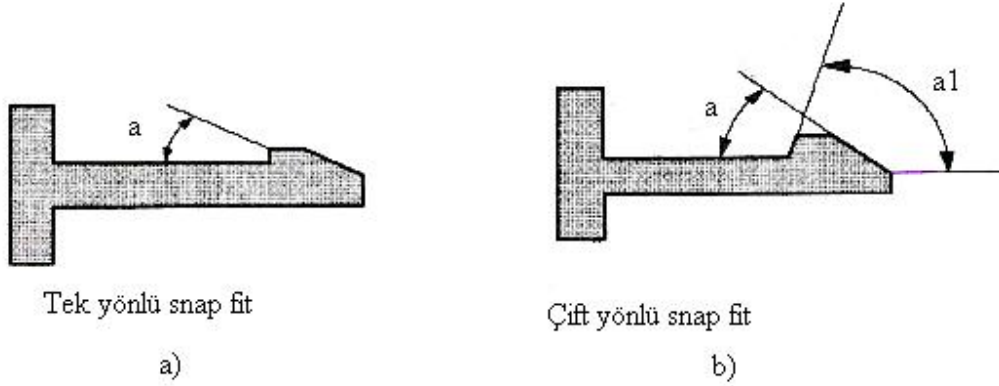
e)-Dayanımı arttırmak için boss, bulunduğu yerdeki en yakın duvara rib yapısı ile bağlanabilir.



Şekil 14.5 Yan duvarlara bağlanmış boss dizaynı gösterilmiştir.

14.1.2. Snap (Lock Arm)

Sıkıştırıcı veya birleştirici bir komponent kullanmadan aynı veya farklı malzemedeki iki parçayı birleştirmek için kullanılır. Şekil 14.6 Tek yönlü (One way) ve çift yönlü (two way) snap fit olarak iki temel tipi gösterilmiştir.



Şekil 14.6 a) Tek yönlü snap fit b) Çift yönlü snap fit gösterilmiştir. (Rotheise, 2004)

Dizaynda göz önüne alınması gereken esaslar

- Parça UV ışınlarına maruz, kalıyor ise malzemede UV stabilizör kullanılmalıdır.UV ışınımının sebep olacağı mekanik dayanımda meydana gelecek düşüş snap fitin kırılmasına yol açar.
- Plastik malzeme içerisine katılan kadmiyum kırmızısı gibi bazı renk katkıları, dayanımı düşürür.
- Parça boyanacak ise malzeme boya ile uygun seçilmelidir.
- Sıcaklığın değişim göstermesiyle parçalar değişik oranlarda genişip büzülür. Bu oranlardaki değişme plastik-plastik montajlarda 1 ile 2 kat, plastik-metal montajlarda 5 ila 10 kat olur. Konstrüksiyon bu faktöre göre düzenlenmelidir.
- Dinamik uygulamalarda snap fiderden gürültü gelebilir. Bu gürültüleri önlemek için konstrüksiyonda yapılacak değişikliklerle snap fit ön gergi ile çalıştırılmalıdır.
- Takılıp sökülecek uygulamalarda parçanın üzerinde, montaj ve demontajın nasıl yapılacağını gösteren sembol olmalıdır.
- Sızdırmazlık gereken uygulamalarda o ring ile beraber kullanılmalıdır.
- Montaj ister elle ister otomatik makinada yapılsın, snap fit 'in yerine oturması için ne kadar kuvvete ihtiyaç duyacağı da göz önüne alınmalıdır.
- Ergonomik çalışmalar sonucunda, manuel snap fit montajlarında elde 27 N'u, baş parmakta 11 N'u, parmaklarda 9 N'u aşırsa yaralanmalar görülmektedir.
- Düzgün kesitli snap fitlerde kol genişliği kol boyunun yarısından az olmalıdır.
- Parça içerisinde gerilmeler oluşturacağından keskin köşelere, çöküntülü yerlere, kaynak hattına snap fitleri yerleştirmemek gerekir. Sabit kesitli ve trapez kesitli snap fitlerde eğilmeyi (deflection) içeren gerilim hesabı aşağıdaki gibidir.

a) Sabit kesitli

$$e = \frac{3 \cdot Y \cdot h_0}{2 \cdot l^2} \cdot 100 \%$$

e = gerilim

Y = deflection

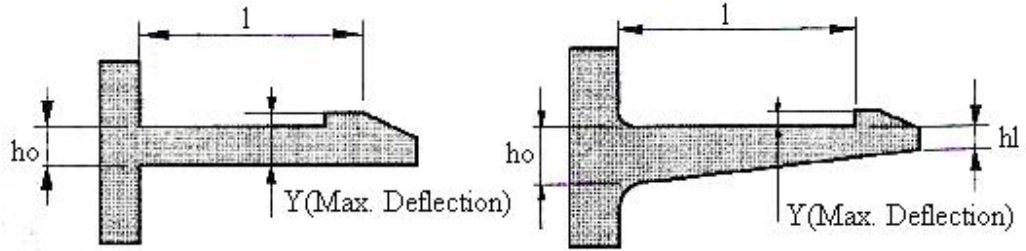
h₀ = tabanın yüksekliği

K = Sabit (tablo)

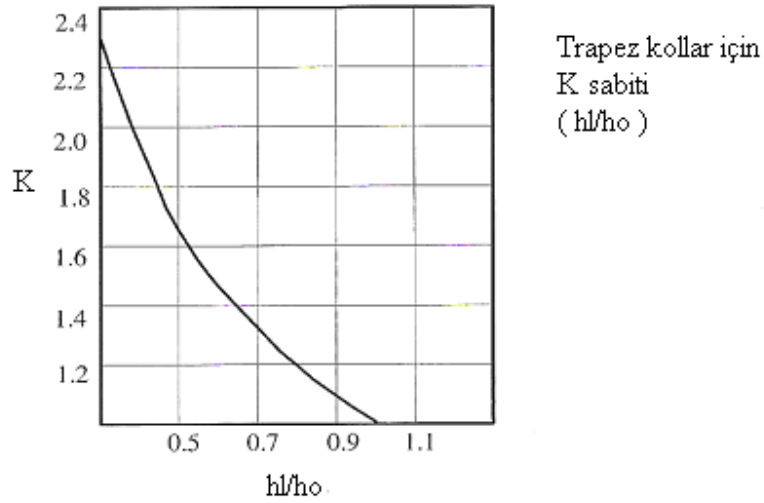
l = Kolun boyu

b) Trapez kesitli

$$e = \frac{3 \cdot Y \cdot h_0}{2 \cdot l^2 \cdot K} \cdot 100 \%$$



Şekil 14.7 Maksimum eğilme gösterilmiştir. (Rotheise, 2004)



Şekil 14.8 Trapez kollar için K sabit eğrisi gösterilmiştir.

-Malzeme üzerinde meydana gelen gerilimi düşürmek için trapez formlu kol kullanılabilir.

Tavsiye edilen (h₁ / h₀) oranı 2:1 dir.

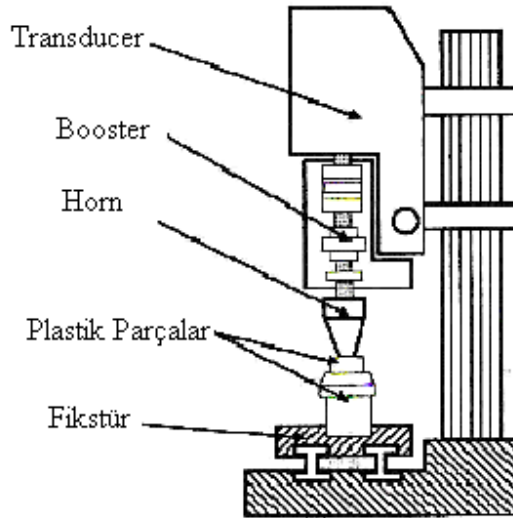
-Kolun kökünde oluşacak gerilmenin şiddetini azaltmak için kökte minimum $0.4 r_0$ kadar radyus verilmelidir.

-Çöküntü oluşmaması için r_0 , kolun bağlı olduğu duvarın et kalınlığının %60'sını geçemez.

14.2. Çözilemeyen Bağlantılar

14.2.1 Ultrasonik kaynak

Yüksek frekanslı, enerjisi yüksek ses dalgaları ve mekanik basınç yardımıyla, termoplastik malzemelerde uygulanan kaynak işlemidir.



Şekil 14.9. Şematik olarak ultrasonik kaynak makinası gösterilmiştir.

Transducer da bulunan, piazoelektrik kristal yardımı ile elektrik enerjisi mekanik titreşimlere çevrilir. Titreşimlerin frekansı 17 ila 70 kHz arasındadır. Bu titreşimler booster dan geçerken amplifiye edilerek horn'a ulaşır. Pnömatik silindir vasıtasıyla plastik parçaları fikstürle kendi arasında sıkıştıran horn, titreşim sayesinde 0.013 ila 0.02 mm arasında genişletme büzülür. Bu sayede malzemeye ulaştırılan ultrasonik enerji kaynak işlemi gerçekleştirir. Benzer erime sıcaklığı olan malzemeler iyi bir kaynak işlemi için temel kuraldır. Aşağıdaki tabloda amorf ve kristalin malzemelerin birbirleriyle uyumluluğu yer almaktadır. Kaynak kabiliyeti bakımından

plastik malzemeleri sert ve yumuşak olarak iki gruba ayırabiliriz. Sert plastikler ultrasonik enerjiyi sönümlemeden ilettikleri için kaynak kabiliyetleri iyidir. Yumuşak plastikleri, ultrasonik enerjiyi sönümledikleri için kaynak etmek güçtür.

-Yumuşak polimerler dağlama gibi diğer yöntemler için daha uygundur. Amorf malzemeler, ergimeden önce derece derece yumuşama eğilimleri olduğundan, tamamiyle sıvı hale geçmeden akışkan olurlar. Kristalin polimerler ise ultrasonik enerjiyi iyi iletmedikleri için amorf yapılardan dahafazla ultrasonik enerjiye ihtiyaç duyarlar. Nem alma özelliği olan (hygroscopic) malzemelerin kaynak kabiliyetleri düşüktür. Nylon ve çok az derecede olmak üzere polyester, polycarbonate polysulfone malzemeler bu gruba girerler. Nem emmiş malzeme kaynak edilirse, içerisindeki su 100°C' de buhar haline geleceğinden çıkan gaz kaynak yapısının köpüklü görünüm almasına sebep olur. Sonuç kötü kozmetik görünüm, düşük kaynak dayanımı, sızdırmazlık temininin güçlüğüdür. Bu sebepten naylon parçalar münıkün ise enjeksiyon makinasından çıkınca hemen kaynak edilmelidir. Kaynak burada derhal yapılamıyorsa kalıptan çıkan parçalar polyethylene torbalar içinde nem almayacak şekilde korunmalıdır. Çinko stearate, alüminyum stearate, fluoracarbon ve silikon gibi kalıp içinde kullanılan katkı kimyasalları kaynak işlemini olumsuz etkiler. Eğer kalıp içinde kullanmak kaçınılmaz ise boyanabilir özelliği olanlar seçilmelidir. Uygun olmayan katkı kimyasalları 50/50 oranında deterjan ve su karışımıyla temizlenebilir. Esnekliği artınnak için polimer yapısına katılan, yüksek kaynama sıcaklığına sahip organik sıvılara veya düşük sıcaklıkta eriyen katılara plastikleştirici (plasticizer) denir. Bu malzemenin özelliği, polimer matrisindeki moleküler arası çekim kuvvetlerini azaltmasıdır. Ayrıca ultrasonic enerji, yüksek plastikleştirici katkılı malzeme içinden geçirilmek istenirse sönümleme etkisi fazla olduğundan sünger etkisi yapar. Malzeme ve kaynak gölgesi dizaynı iyi ultrasonik kaynak için önemlidir. Birleşme gölgesi dizaynında kullanılan konstrüksiyon tipleri sırasıyla butt joint ve shear joint dir. Plastikleştiriciler metalik plastikleştiriciler kadar sorun çıkannazlar fakat deneme yapılması tavsiye edilir.

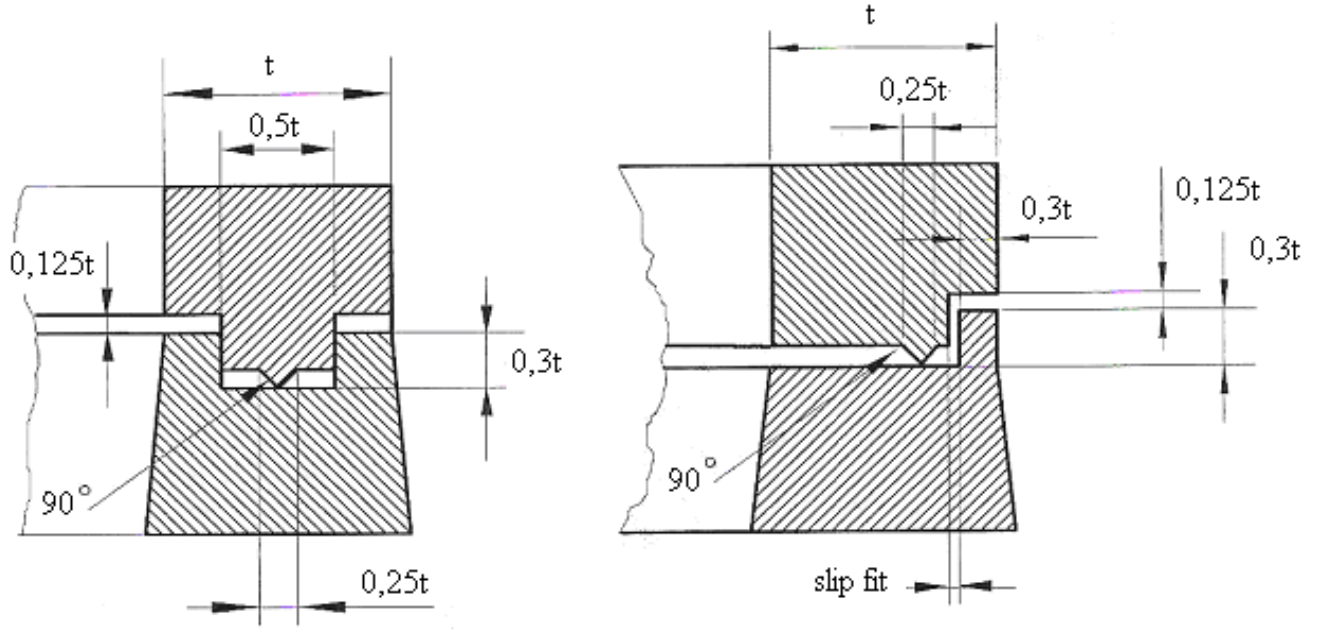
Butt joint tasarımı

Genelde amorf yapılar için uygun dizayn şeklidir. Birleşme bölgesinde kaynak edilecek yüzeyler arasında enerji direktörü adı verilen çizgisel teması sağlayacak üçgen formunda veya formsuz tepecikler oluşturulmalıdır.

- Bu yapılar birleşme yüzeyinin ortasına yakın yerleştirilmelidir.

-Enerji direktörlerinin hacmi veya 2D kesit alanı kaynak bölgesinde kalan serbest hacim veya 2D kesit alanı kadar olursa iyi bir kaynak elde edilir.

- Kaynak boşluğu veya hacmi, enerji direktörlerinin hacminin veya 2D kesit alanının en az 3 katı olmalıdır. Bu oran enerji direktörlerinin açısı 90° 'nin altına düştüğü zaman artar. 60° 'nin altında açılar kullanılmamalıdır. Şekil 14. 10 Butt joint dizayn tipleri gösterilmektedir.

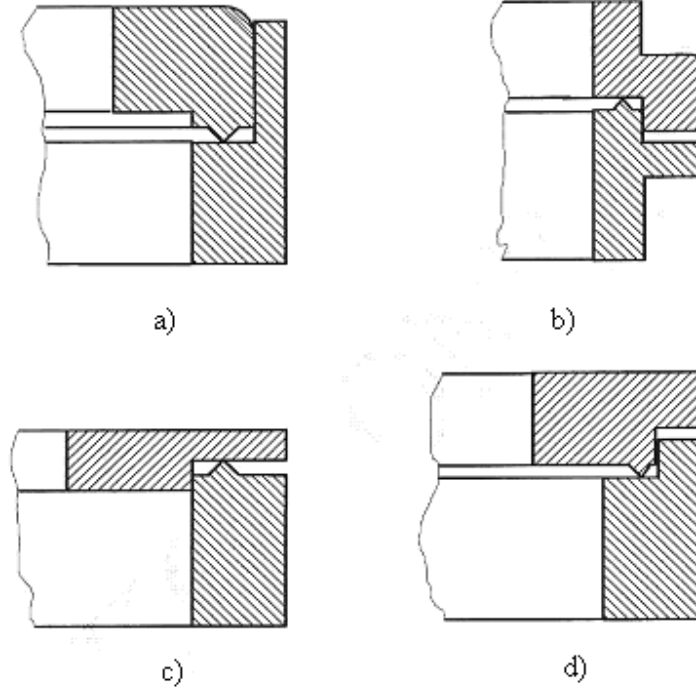


Çıkıntı ve girinti tasarımı (tongue ve groove)

Basamak tasarımı (step)

Şekil 14. 10 Butt joint dizayn tipleri gösterilmektedir. (Tres, 2006)

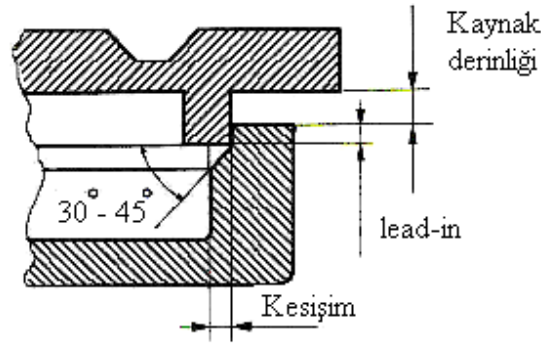
Step dizaynda kullanılan slip fit boşluğu, kaynak sırasında erimiş malzeme tarafından doldurularak conta oluşturulur. Kesme kuvvetlerine karşı iyi dayanım gösteren bir yapıdır. Şekil 14.11 Çeşitli butt joint tipler yer almaktadır. a) flat step b) double step c) flush step d) double flush step



Şekil 14.11 Çeşitli butt joint tipleri gösterilmiştir. a) flat step b) double step c) flush step d) double flush step

Shear Joint Tasarımı

Kristaline polimerlerde, kaynak işlemi sırasında kesme hareketini sağlayacak birleşme bölgesi dizaynı gerekir.



Şekil 14.12 Shear joint tasarımına örnek gösterilmiştir. (Rotheise, 2004)

0.3 ila 0.4 mm arasında olmalıdır. XYX eksenlerinde 40 mm'yi geçen büyük parçalarda ise kesişim bölgesinin boyutu 0.4 ila 0.3 alınmalıdır.

0.5 ila 0.6 mm arasında minimum lead in tavsiye edilir. Kaynak derinliği duvar et kalınlığının 1.25 ila 1.5 katı arasında olmalıdır. Tablo14.1 Plastik malzemelerin kaynak usullerine göre kabiliyetlerini okuyabiliriz.

Çizelge 14.1 Plastik malzemelerin kaynak usullerine göre kabiliyetleri belirtilmiştir. (Malloy, 1994)

E=Mükemmel G=İyi F=Orta G=Zayıf

Material	Kaynak Kabiliyeti		Swaging and Staking	Insertion	Spot Welding	Vibration Welding
	Near Field	Far Field				
Amorphous Resins						
ABS	E	G	E	E	E	E
ABS/polycarbonate alloy	E-G	G	G	E-G	G	E
Acrylic ^a	G	G-F	F	G	G	E
Acrylic multipolymer	G	F	G	G	G	E
Butadiene-styrene	G	F	G	G	G	G
Polyamide-imide	G	F				G
Polycarbonate ^b	G	G	G-F	G	G	E
Polystyrene (genel amaç için)	E	E	F	G-E	F	E
Polystyrene (rubber takviyeli)	G	G-F	E	E	E	E
PVC(sert)	G-F	P	G	E	G-F	G
SAN-NAS-ASA	E	E	F	G	G-F	E

Near Field Welding : Kaynak bölgesi, Horn'un yüzeye değdiği bölgeden 6.35 mm içinde ise

Far Field Welding : Kaynak bölgesi, Horn'un yüzeye değdiği bölgeden 6.35 mm dışında ise

a- Cast Grade (moleküler ağırlığı yüksek olduğundan kaynağı çok güçtür.

b- Nem kaynağa etki edecektir.

c- Genelde semi-crystalline yapılar polimer yapılarının sebebiyle yüksek genliğe ihtiyaç duyarlar.

Bu yapıların ergime sıcaklığının ve füzyon ısılarının da yüksek olması, yüksek enerji seviyeleri gerektirir. Şekil 14.13. Farklı malzemelerin birbirleriyle olan kaynak uyumu gösterilmiştir.

Amorf yapılar	Amorf yapılar	ABS	ABS/Polycarbonate	Akrilik	Butadien-styrene	Polyamid	Polycarbonate	Polystrene (genel amaçlı)	Polystrene (ruber takviyeli)	PVC (sert)	SAN-NAS-ASA
ABS	X	X	X					O			
ABS/Polycarbonate	X	X	O					X			
Akrilik	X	O	X					O			O
Butadien-styrene				X					O		
Polyamid					X						
Polycarbonate	O	X	O			X					
Polystrene (genel amaçlı)							X				
Polystrene (ruber takviyeli)									X		O
PVC (sert)	O									X	
SAN-NAS-ASA	O		O								X

Şekil 14.13. Farklı malzemelerin birbirleriyle olan kaynak uyumu gösterilmiştir. X:Uyumlu malzemeler O:Bazı durumlarda uyumlu (genelde karışımlar) (Malloy, 1994)

14.2.1.1 Ultrasonik Yöntemle Plastiklerin Kaynağı

Termoplastik malzemelerin kaynakla birleşim yöntemlerinden birisi de ultrasonik yöntemdir. Bu yöntemde elektrik enerjisi, titreşim enerjisine dönüştürülür. Her termoplastiğin ultrasonik yöntem ile kaynak edilebileceği düşünülmemelidir. Çünkü termoplastiklerin bu yöntem ile kaynak edilebilmesini temel esaslarından biri "kimyasal uygunluk" şartıdır. Plastik malzemeler yüksek moleküllü bileşiklerdir. Polimer olarak adlandırılırlar. Zincir veya ağ şeklindeki moleküllerine makromoleküller denir. Makromoleküller, monomer adı verilen tek molekülden oluşur. Makromoleküller kimyasal reaksiyon sonucunda meydana gelirler. Çok çeşitli ad ve şekilleri bulunan plastik, teknik özellikleri bakımından termoplastikler ve duroplastikler (termosetler) olarak iki gruba ayrılabilir. Termoplastikler ısıtılınca yumuşar, soğutulunca ise sertleşirler. Isıtma ve soğutma işlemi birkaç kez tekrarlanarak yeniden şekil verilebilir.

Termoplastik,bu açıdan balmumuna benzer. Bu gruba giren önemli plastikler, akrilikler, selülozikler, naylon, polistiren, karbon florür ve vinillerdir. Duroplastikler veya diğer adı ile tennosetler ise, ısıtılarak bir kez istenilen şekle sokulur. Bu aşamadan sonra ikinci kez tekrar ısıtıp,eriterek şekle sokmak mümkün değildir. Yani, sertleşme olduktan sonra,tekrar ıstma ile yumuşama olmaz.Örneğin,yumurtanın piştikten sonra ilk haline dönememesi gibi düşünülebilir. Duroplastiklerin şekillendirilebilmesi için sıcaklığın çok fazla olması gerekmez. Şekillendirme sıcaklığı olarak 176°C veya az üzeri yeterlidir. Bu gruba giren önemli plastikler, fenolikler, amenler, polyesterler, epoksiler ve alkalidlerdir. Duroplastiklerin birleştirilmesinde, genellikle geçme ve yapıştırma işlemi uygulanırken,termoplastiklerin birleştirilmesinde ise kaynakla birleştinne daha uygundur.Genel olarak termoplastiklere uygulanan yöntem ise basınç kaynağıdır. Ultrasonik yöntem ile tennoplastiklerin kaynağı ve bu yöntemin gelişmeleri 1963'lü yıllarda başlamıştır. Geçtiğimiz 10-15 yıl içinde ise yöntem geliştirilmiş ve hızlı bir şekilde endüstrideki yerini almıştır. Bu bölümde,termoplastiklere uygulanan ultrasonik kaynak yönteminin tanımı,kaynak sisteminin elemanları, çalışma sistemi ve ultrasonik kaynağın avantajları anlatılacaktır. Daha sonra ise birleştirme teknikleri hakkında bilgi verilecektir.

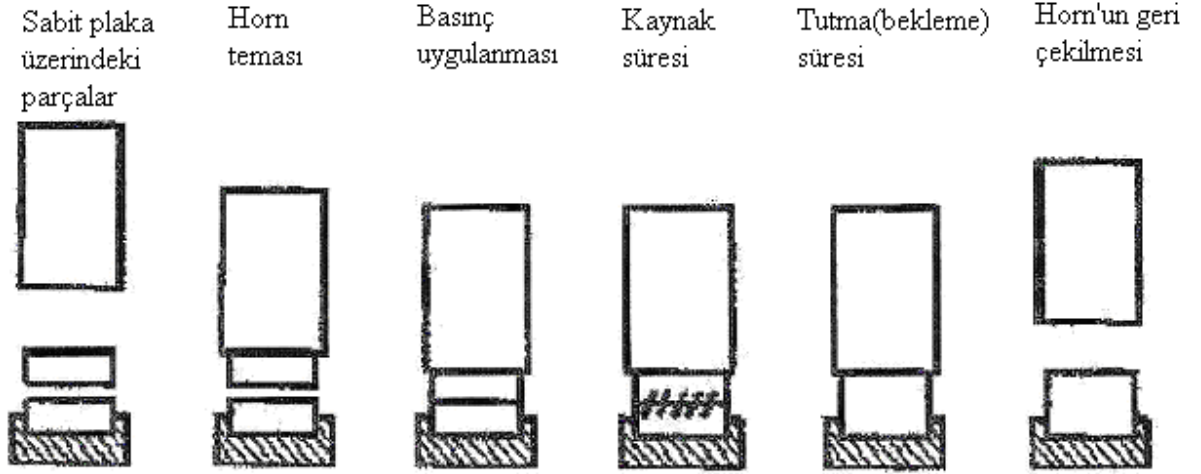
Ultrasonik kaynak yöntemi

Ultrasonik yöntemle iki plastiğin kaynak edilimesi, yüksek frekanslı mekanik hareket (titreşim) enerjisi sonucu doğan ısının kullanılması ile birleşmenin yapılması anlamına gelir. Elektrik enerjisi, titreşim enerjisine dönüştürülür,titreşim sonucu sürtünme ısısı doğar,bu ısı plastikleri eritir ve basınç etkisi ile plastik parçalar arasında moleküler bir bağlanma gerçekleştirilir. Bu olay şu şekilde daha iyi anlaşılabilir. Bir metale,hızlı bir şekilde çekiç vurulursa,metal ısınmaya başlar. Bu ısınma,çekiç darbe sayısının artmasıyla hızlanır. Burada meydana gelen olay,metal moleküllerinin hareket etmesi veya titreşmesidir. Bir maddedeki moleküllerin titreşim miktarı, o maddenin sıcaklığını belirtir. Fiziğin temel kanununa göre, ısı"enerjinin rastgele hareketler veya molekül titreşimleriyle bir araya gelip birleşmesi"şeklinde tanımlanır. Teorik olarak yalnızca 273°C 'deki mutlak sıfırda,molekül hareketleri durmaktadır. Pratikte, varolan maddenin molekülleri sürekli olarak titreşmektedir. İşte bu yöntemde de, yüksek frekanslı ses titreşimlerini plastiğin özel bir bölgesine odaklamakla, malzemenin molekülleri sarsılır ve bu aşamada sıcaklık

plastik eriyinceye kadar artar. Sonuçta plastik malzemelere basınç uygulayarak kaynak gerçekleştirilir. Ultrasonik yöntemle kaynak, ısı ile ilgili bir proses olduğundan eritme kaynağı ile ilgili prensiplerin bazıları aynıdır. Başlıca fark, istenen yerde ısının nasıl ortaya çıkartılacağıdır. Bu kaynak yönteminde, ultrasonik titreşimler malzemelerin arasından geçerek istenen erime yerine odaklanır ve malzemede ısı doğar.

Ultrasonik kaynak yönteminin avantajları ve uygulama alanları

İki plastik parçanın ultrasonik yöntemle kaynak yapılma aşamaları Şekil 14.14.' de görülmektedir. Ultrasonik kaynak yöntemi kullanmanın birçok avantajı vardır. Temiz,hızlı,etkili ve tekrarlanabilir bir işlemdir. Olabildiğince güçlüdür. Çok az enerji tüketir. Buna karşılık, sağlam ve tam bir bağlama yapar. Çözücü, yapıştırıcı, mekanik bağlayıcılara ve dışarıdan ısıya ihtiyaç göstermez. Kaynağı zor yapılan malzemeler bu yöntemle birleştirilebilirler. Hızlı titreşme ile çok çabuk ısı oluşur ve derhal birleşme bölgesinde toplanır. Isının hızlı bir şekilde kaybolmasından dolayı, öteki birleştirme yöntemlerine göre çok daha hızlı çalışır.Bu yöntem,diğer birleştirme yöntemlerinde bulunmayan çabucak değişebilme, çok yönlülük ve elastiklik sergiler. Ayrıca, ekipmanlarının düşük fiyatlarda oluşu, güvenilirliğin yüksek olması, uzun ömürlü olması, ekipmanlar arası uyumluluk ve tekrarlanabilir performans göstermesi, bu kaynak yöntemini diğerlerine göre tercihli duruma sokar. Ultrasonik kaynak yöntemi ile plastik parçaların birleştirilmesi, otomotiv, elektrik-elektronik, tıp, haberleşme, takımaletsanayi,tüketim, oyuncak, tekstil ve paketlenme endüstrisi gibi çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. Ekonomik bir yöntem olan bu proses, önemli ölçüde üretimi arttırabilir ve daha düşük maliyette birleştirmeler yapabilir.



Şekil 14.14 Ultrasonik yöntemle kaynak yapma esasları gösterilmiştir.

- . Sabit altlık üzerine,kaynak yapılacak iki termoplastik parçadan biri altta,diğeri üstte duracak şekilde yerleştirilir.Horn(titreşen akustik takım-boynuz) ise üstte durmaktadır.
- . Üzeri titanyum veya alüminyum ile kaplı olan hom,hareket ettirilerek üstteki plastik parça ile temas ettirilir.
- . İki plastik parça birleşineeye kadar hom'a kontrollü bir basınç uygulanır.
- . Horn, mikron mertebesindeki aralıklarda olınak üzere,saniyede 20.000 veya 40.000 defa titreştirilir. Önceden belirlenen ve kaynak süresi denilen bir süre boyunca bu işlem devam eder. Doğru bir parça tasarımı ile titreşme sonucundaki mekanik enerji, iki plastik parça arasındaki belirlenen değme noktalarına yöneltilir. Bu zaman içerisinde, mekanik titreşimler,plastik parçaların içinden geçerek moleküller arası sürtünme sonucu kaynak ara yüzeyinde ısı oluşur.Bu sıcaklık plastiği eritme noktasına ulaştırdığında,malzeme erir ve akar. Daha sonra titreşim durur.Bu durma eriyen plastiğin soğumaya başlamasına yardım eder.
- . Basma kuvveti, birbirine kaynayan parçaların soğuması ve katılaşmasını sağlamak için önceden belirlenmiş bir süre kadar daha uygulanır.Bu süreye tutma süresi deniydi bir birleşme mukavemeti,tutma süresi boyunca çift taraftan uygulanan yüksek değerde basma kuvveti ile sağlanabilir.
- . Kaynağın tamamlanmış olduğunu simgelemektedir.Eriyen plastik katılaştıktan sonra basma kuvveti bırakılır ve hom geri çekilidki plastik parça sanki birbiri içerisinde erimiş gibi birleşmiştir.Sabit altlıktan kaynaklı parça çıkartılarak işlem tamamlanmış olur.

Ultrasonik kaynak cihazının elemanları ve fonksiyonları

Ultrasonik kaynak sistemi esas olarak 4 temel elemanı bünyesinde barındırır. Güç kaynağı (jeneratör), algılayıcı ve dönüştürücü (transducer), yardımcı eleman (booster) ve hom (boynuz, titreşen akustik takım).

Güç kaynağı (jeneratör):

Standart olan şehir şebeke elektriği 120-240 Volt ve 50-60 Hz'dir. Oüç kaynağı, bu elektriği Çıkışta 20.000-40.000 Hz'lik yüksek frekanslı akıma çevirir. Dünya üzerinde çok farklı frekanslar kullanılmasına rağmen, imalat sanayinde ortak olarak, en fazla kullanılan frekanslar 20.000 Hz ve 40.000 Hz'dir. Bir çok plastik kaynağı uygulamaları da 20.000 Hz'lik frekans aralığında yapılmaktadır. Bu kısımda, verilecek olan bilgilerin çoğu aksi söylenmedikçe 20.000 Hz'lik frekansla ilgili olacaktır.

Algılayıcı ve dönüştürücü (transducer):

Güç kaynağında üretilen yüksek frekanslı elektrik enerjisi transducer tarafından alınarak, genliği (amplitüd'ü) düşük titreşim hareketine dönüştürülür.

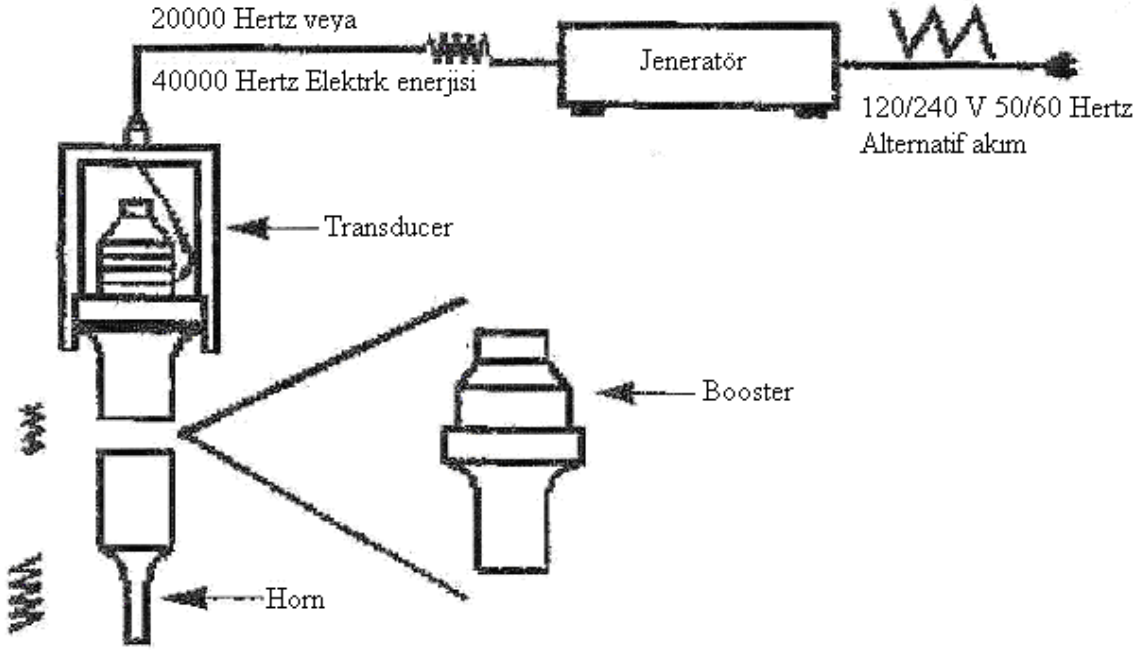
Yardımcı eleman (booster):

Dönüştürücüden alınan titreşimler yardımcı eleman olan booster'e ,aşınır. Booster, bu titreşimlerin şiddetini (genliğini) azaltmak veya çoğaltmak amacıyla kullanılır. Oenlik'deki artma veya azalma miktarı kazanç olarak bilinen bir oran ile açıklanır. Kazanç=Giriş genliği/Çıkış genliği olarak hesaplanır. Kazanç oranı Y_1 ise, booster çıkışta titreşimlerin şiddetini 2 katına çıkartacak demektir. Kazanç oranı $1/3$ ise titreşimlerin şiddeti 3 katına çıkacak demektir.

Horn (boynuz, akustik takım):

Bu titreşimler daha sonra özel boyut ve şekildeki hom'a taşınır. Horn titreşimlerin iş parçasına en iyi şekilde dağıtımını yapar. Titreşim genliklerinin artması horn'un şekline bağlıdır. Horn, ayrıca parça için gerekli basıncı uygular. Horn, malzemelerin yorulma mukavemetleri, akustik özellikleri ve yüzey sertliklerinin yüksek oluşu sebebiyle titanyum, alüminyum ve çelikten yapılabilir. Horn'un şekli her uygulama için farklı olabilir. Özetle; jeneratör, yüksek frekanslı elektrik enerjisini temin eder. Bu enerji transducer tarafından algılanır ve dönüştürücü ile ultrasonik titreşim enerjisine çevrilir. Booster; dönüştürücü ile hom arasında titreşim enerjisinin genliğini değiştirir. Böylece çok değişik uygulamalar için bile, uygun genlikler sağlanır. Horn,

kaynak yapılacak parçaya titreşim enerjisi uygular ve basınç yapar. Şekil 14.15 Ultrasonik kaynak cihazının elemanlarını ve titreşim enerjisinin nasıl oluştuğunu ve nasıl artırıldığını göstermektedir.



Şekil 14.15 Ultrasonik kaynak cihazının elemanları gösterilmiştir.

Temel birleştirme tasarımları:

Birbiri ile birleştirilecek parçalar bir araya geldiğinde "kaynaklı birleştirme tasarımı" doğar. Ultrasonik kaynak sonrası en iyi bağlantının elde edilmesinde, bağlantı parçalarının birleştirme tasarımı çok önemlidir. Bir parçanın ultrasonik kaynak ile birleştirme tasarımı, plastik tipi, parça geometrisi ve kaynak şartları gibi faktörlere bağlıdır. Her birinin kendine ait avantajlarının olduğu bir çok birleştirme tasarımı vardır. Genel olarak ise, birleştirme tasarımı için üç temel şart aranır;

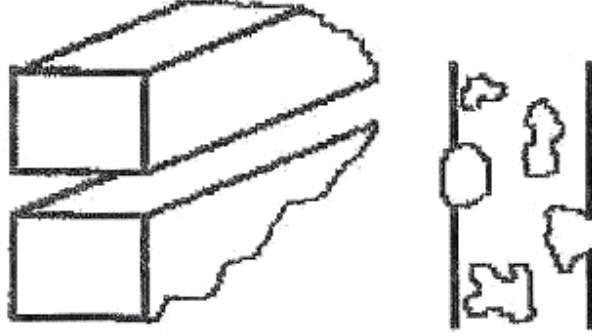
- . Düzgün bir temas alanı,
- . Küçük bir ilk temas alanı,
- . Birleştirilecek parçalar aynı ekseninde olmalıdır.

Düzgün bir temas alanı; birleşecek yüzeyler, tüm birleşme bölgesi içinde tam temasta olmalıdır. Hatta, eğer mümkünse bir düzlemde olmaları gerekir. Küçük bir ilk temas alanı; birleştirilecek iki parça arasında oluşturulmalıdır. Böylece, birleşecek parçalar arasında erimeyi başlatmak ve

bitirmek için daha az enerji, dolayısıyla daha az zaman gerekir. Parçaların aynı ekseninde olmaları; kaynak operasyonu süresince parçaların yanlış hizaya (eksen kaçıklığı) gelmemesi için tavsiye edilir. Hizalamayı sağlamak için, hizalama pimleri, soketler, kanallar ve diller kullanılır. Kaynaklı birleştirme tasarımları şu şekilde sıralanabilir.

Düz alın tipli birleştirmeler:

Her kaynak için gerekli olan temel şartlar, düz alın tipli birleştirme kullanılarak sağlanabilir.



Şekil 14.16 Düz alın tipli birleştirme ve doğan problemler gösterilmiştir.

Şekil 14.16 'da görülen düz alın tipli birleştirme tasarımı temel şartlardan birincisini sağlar. Düzen bir temas alanı mevcuttur. Bu tip bir birleştirmede eğer alın yüzeyler düzgün olmazsa, yalnızca yüksek tepe noktaları iyi kaynak olur. Sonuçta, düzensiz ve kararsız bir kaynak meydana gelir. Kaynağın tam olarak gerçekleşmesi için eritmenin artırılması gerekir. Eritmenin artması için uzun bir kaynak süresi ve aşırı ısınma gerekir. Aşırı ısınma ise, tepe noktalarını eriterek, Şekil 14.17 'de görüldüğü gibi dış taraflara taşan çapaklı bölgeler oluşturur.

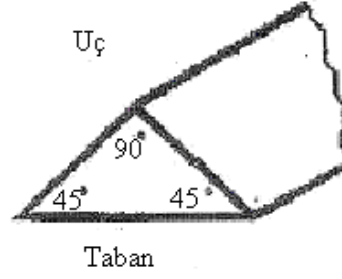


Şekil 14.17. Sivri uçlu ve kalın cidarlı parçalarda doğan problemler gösterilmiştir.

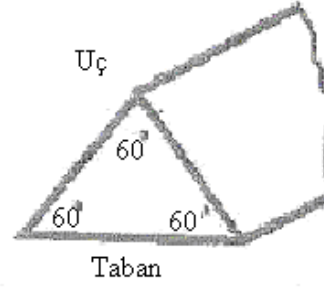
Şekil 14.17.'de görüldüğü gibi, yüzeylerden biri üzerine diğer yüzeyin noktasal kısmı getirilerek iyi görüntüye sahip bir kaynak yapılabilir. Fakat kaynak mukavemeti düşük olur. İyi kaynak mukavemeti için dışa taşan bir kaynak gerekir. Bu durumda ise kaynak görüntüsü bozulur. Şekil 14.17.'de bu tip kaynaklarda ortaya çıkan problemler görülmektedir.

Enerji yolluk tipli birleştirmeler :

Enerji yoluğu, iki parça ara yüzeyinde oluşturularak, eriyen ve yüzeylere temas eden küçük üçgen kesitli bir parçadır. Enerji yoluğu, birleşme sonrası aşırı taşmaya (çapağa) izin vermeksizin eriyen malzemenin spesifik bir hacim oluşturarak iyi bir kaynak mukavemeti elde etmek için geliştirilmiştir. Bu kaynak tasarımı genellikle amorf yapıdaki polimerler için tavsiye edilir. Bu tip bir tasarım, temel şartlardan ikisini; yani 'düzgün ve küçük bir ilk temas alanı' şartlarını sağlar. Ancak, enerji yoluğu kendiliğinden parçaların aynı ekseninde olmasını ve malzemenin dışa taşmasını engelleyemez. Bu şartlar, ancak farklı bir parça tasarımı ile oluşturulabilir. Ultrasonik enerji, basınç altında ve uzun bir süre parça içinden geçirildiğinde; enerji, yoluğun ucunda yoğunlaşır ve ısının hızlı bir şekilde oluşmasıyla erime gerçekleşir. Eriyen plastik, karşılıklı temas eden ara yüzeyler boyunca akar ve moleküler bir bağ teşkil eder. Amorf bir reçine için enerji yoluğu kesiti, uçta 90 derece kenarlarda 45 derece açı bulunan bir dik üçgen şeklindedir. . Bu üçgende yükseklik, tabanın yarısıdır. Yükseklik, 0.127-0.762 mm arası ve taban 0.254-1.53 mm arasında değişir. Yarı kristalin reçineler için enerji yoluğu kesiti, uç açısı 60 derece olan bir eşkenar üçgendir. Bu üçgende yükseklik, tabanın 0.866 ile çarpımıdır. Taban 0.254 - 1.27 mm arasında değişir.

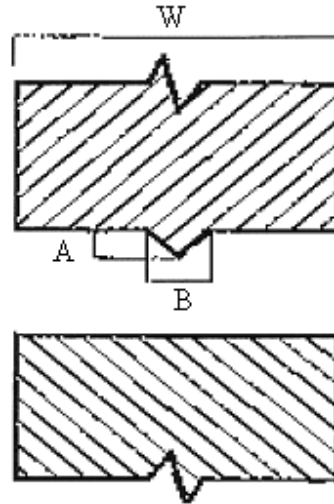


a)



b)

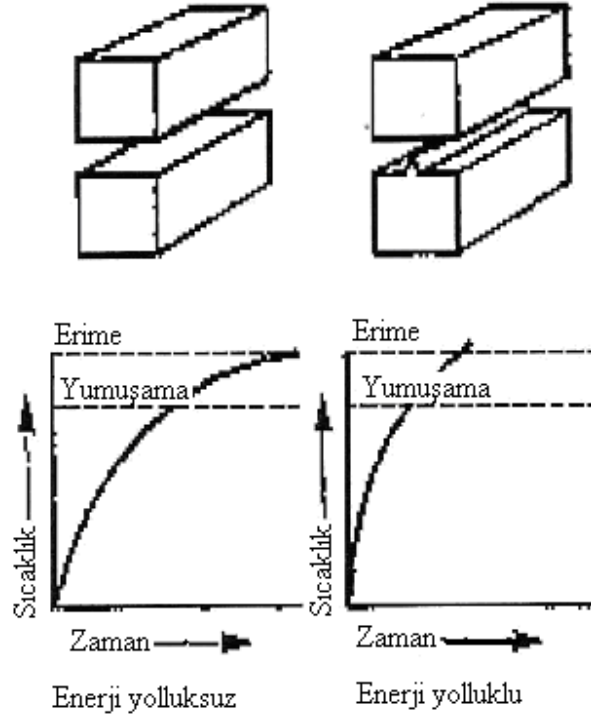
Şekil 15.18. Enerji yollukları gösterilmiştir. a) Amorf reçine için b) Yarı kristalin reçine için



A = Enerji yolluğu yüksekliği
 B = enerji yolluğu genişliği
 W = Cidar kalınlığı
 $B = W/4$ ile $W/5$ arası

Şekil 15.19. Düz alın tipi birleştirme için enerji yolluğu gösterilmiştir. (Fischer, 2003)

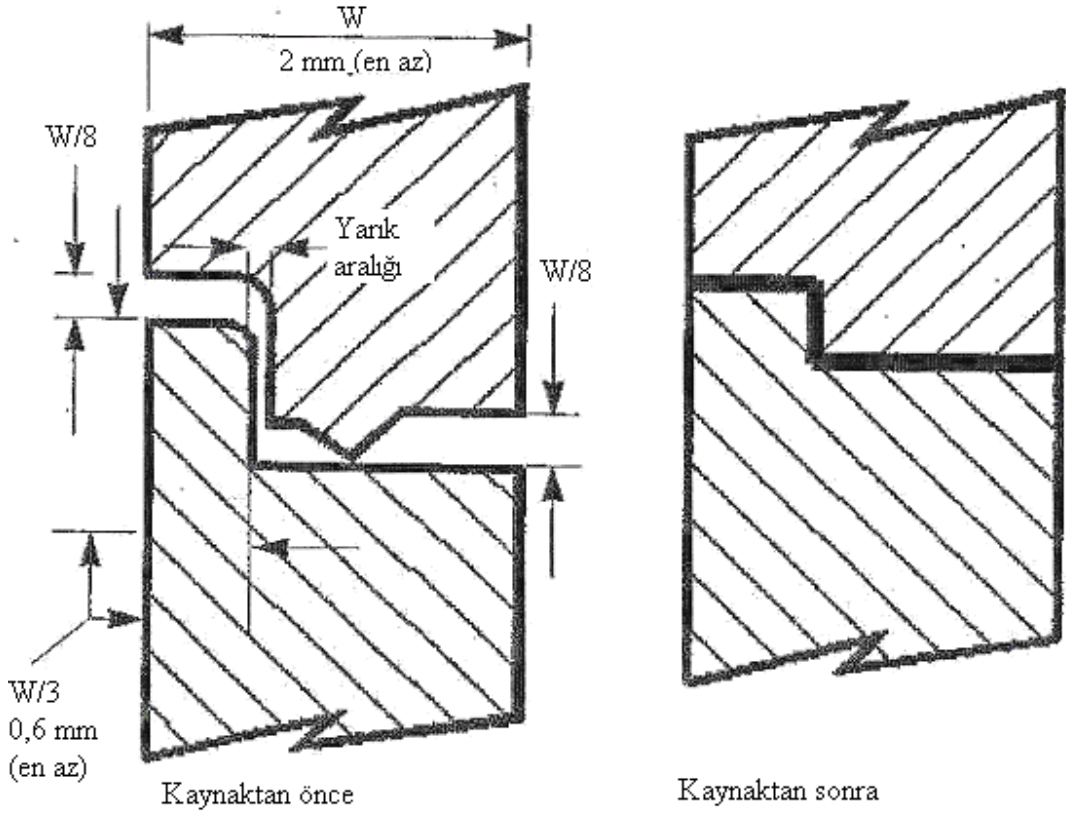
Enerji yolluklu en genel kaynak tasarımı, Sekil 15.19.'da gösterilen alın tipi birleştirmelerdir. Bu tip birleştirmelerde cidar kalınlığı W fazla ise, birbirine paralel iki enerji yolluğu kullanılır. Böyle bir tasarım, arakesitin tümünde kaynaklanma sağlar. Bu tip tasarımlarda "aynı eksende olma" şartı olmalıdır. Bu mümkün olmuyorsa, farklı tasarım ile sabitleme yapılmalıdır. Kaynak sonrası sızdırmazlık sağlamak, amorf yapılı plastik malzemelerde, yarı kristalin malzemelere göre daha kolaydır. Eğer sızdırmazlık kesin olarak gerekli ise, eriyen yüzeylerin mümkün olduğu kadar düz ve birbirine paralel olması çok önemlidir. Enerji yolluklu alın kaynağı, amorf reçineler için çok uygundur. Çünkü amorf reçineler, eridikten sonra iyi bir akış kabiliyetine ve yavaş yavaş katılma özelliğine sahiptir. Ancak yarı kristalin reçineler için bu tip bir tasarım uygun değildir çünkü enerji yolluğundan çıkan malzeme hemen katılır. Bu durum, bağlantı mukavemetinde aşırı bir azalmaya ve sıkı bir bağlantı yapmanın zorlaşmasına neden olur. Daha büyük ve daha keskin tasarımlar, birleşme mukavemetini artırır ve sızdırmaz bir bağlantı elde etme şansını artırır. Polikarbonat ve akrilikler amorf malzemeler olarak sınıflandırılmasına rağmen; tecrübeler, büyük ve keskin tarzda yapılan enerji yolluğu tasarımları ile birlikte, her iki malzeme ile de çalışıldığı zaman mükemmel birleştirmelerin yapıldığını göstermiştir. Şekil 15.20 'de enerji yolluksuz alın birleştirme ile enerji yolluklu alın birleştirme tasarımları görülmektedir. Birincisinde erime sıcaklığına ulaşmak için uzun bir süre geçmesi gerekirken, diğerinde çok daha kısa sürede erime olmaktadır. İkincisinde daha güçlü bir kaynak mukavemeti sağlanır.



Şekil 15.20. Enerji yolluğunun sıcaklık ve kaynak süresine etkisi gösterilmiştir.

Basamak tipli birleştirmeler:

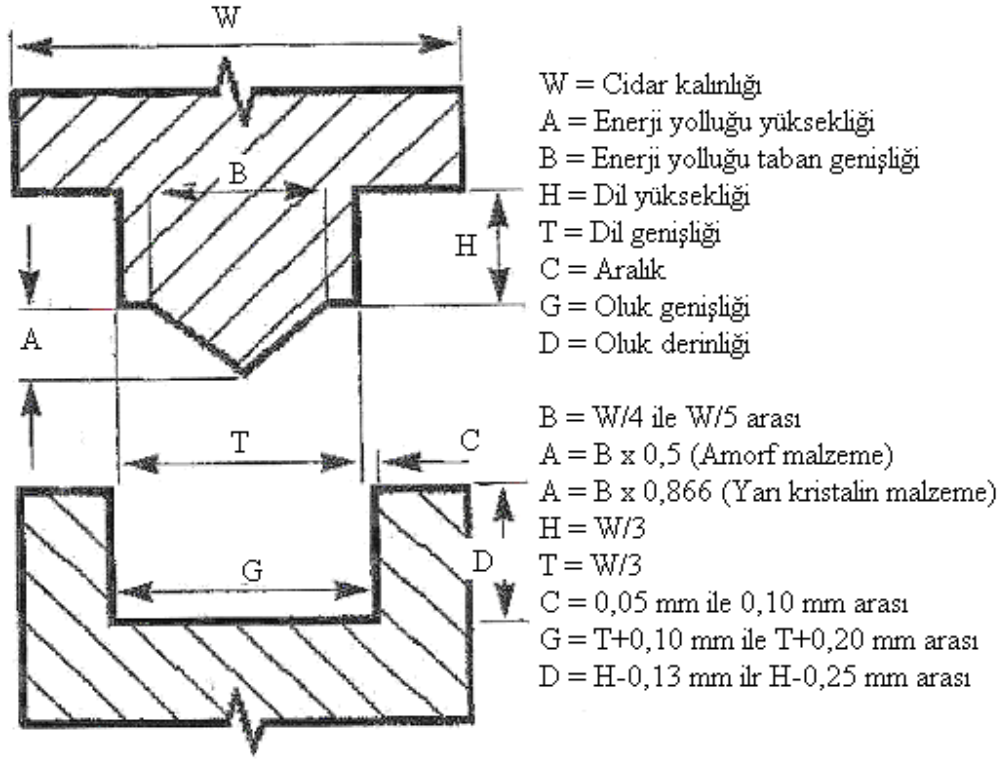
Bu tip bir tasarım Şekil 15.21.'de görülmektedir. Tasarımın temel şartlarının üçünüde içermektedir. Bu tip birleştirmeler, kozmetik görünüşün önemli olduğu hallerde kullanılırlar. Basamak tipli birleştirmelerin kaynak mukavemeti, enerji yolluklu alın kaynağının mukavemetinden daha azdır. Çünkü tek yüzeyleri kaynak olmaktadır. Minimum cidar kalınlığı W 'nin 2.03 mm ile 2.29 mm arasında olması tavsiye edilir. Erimiş malzeme, dil ve basamak arasındaki boşluğa akar. Böylece, basamak tipli birleştirmenin kullanımı çapak oluşumunu engelleyebilir. Ayrıca dil ile basamak arasındaki boşluğa enerji yolluğunun akması sebebiyle güçlü bir bağlantı oluşabilir. Kozmetik sanayinde, eğer yüzeyler tam düz ve paralel değilse, bu çarpıklığı kapatmak için bu yöntem kullanılır. Parça kalınlığına göre olması gereken boyutlar Şekil 15.21.'de verilmiştir



Şekil 15.22. Basamak tipli birleştirmeye örnek gsterilmiştir. (Campbell, 1996)

Dilli ve oluk tipli birleştirmeler:

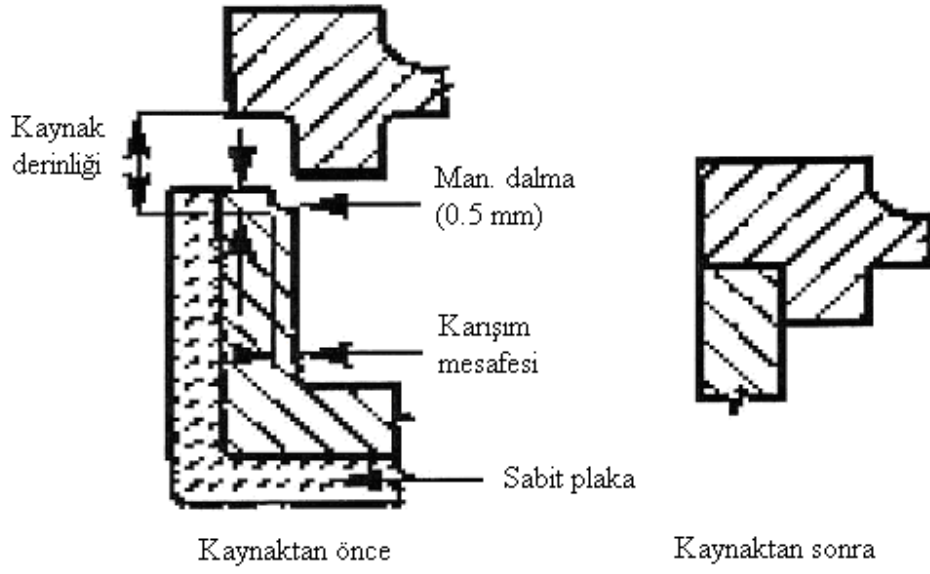
Bu tip birleştirme tasarımı, enerji yolluklu tipin değişik bir halidir. Temel tasarım Şartlarının uğunüde bünyesinde barındırmaktadır. Bu tip bir tasarım eriyen malzemenin iç ve dış ęapak oluşumunu önler, ęünkü ara yüzeyin her iki tarafında karşılıklı ęeneler mevcuttur. Dil ve oluk tasarımı, konum belirleme ve ęapak istenmeyen yerlerde ęok kullanılır. Düşük basınę altında ęalıřan ve sızdırmazlığı; istenen uygulamalar için mükemmel bir tasarımıdır. Dezavantajı ise, kaynak mukavemetinin az olma ihtimalidir. ęünkü eriyen malzeme daha az bir alanı kaynak etmektedir. Dil ve oluklu tipli birleştirmede tavsiye edilen minimum paręa genişliği (W) 3.05 mm ile 3.12 mm arasındadır. Şekil 15.23.'de bu tip bir birleştirme için tavsiye edilen diğer boyutlar görölmektedir.



Şekil 15.23.'de bu tip bir birleştirme için tavsiye edilen diğer boyutlar görülmektedir. (Campbell, 1996)

Makaslama tipli birleştirmeler:

Bu tip birleştirme tasarımının üç temel şartını da sağlar. Daha çok, yarı kristalin reçinelere uygulanır. Makaslama tipli birleştirme, özellikle yarı kristalin reçineler ile güçlü bir sızdırmazlığa ihtiyaç duyulduğu zaman kullanılır. Makaslama tipli bir birleştirme için parçada oluşturulan belirli bir karışım mesafesi gerekir. Yan cidarlardan birisi diğerini hem eritir, hemde düşey cidarlar boyunca makaslayarak kontrollü bir karışma meydana getirir. Kaynak ara yüzeyinde, iki yüzeyin birbirine sıvanması çatlak ve boşlukları kapatırken, aynı zamanda hava temasını ve erken katılaşmayı engelleyerek oksitlenme ihtimalini azaltır. Yüzeylerin sıvanması, güçlü bir kaynak meydana getirir. Şekil 15.24.'e bakılırsa, kaynak esnasında parça esnemesini önlemek için, rijit bir yan cidar dayatması konulmuştur. Bu dayatmanın kalınlığı kaynak edilecek parçalarla uyumlu olmalıdır.



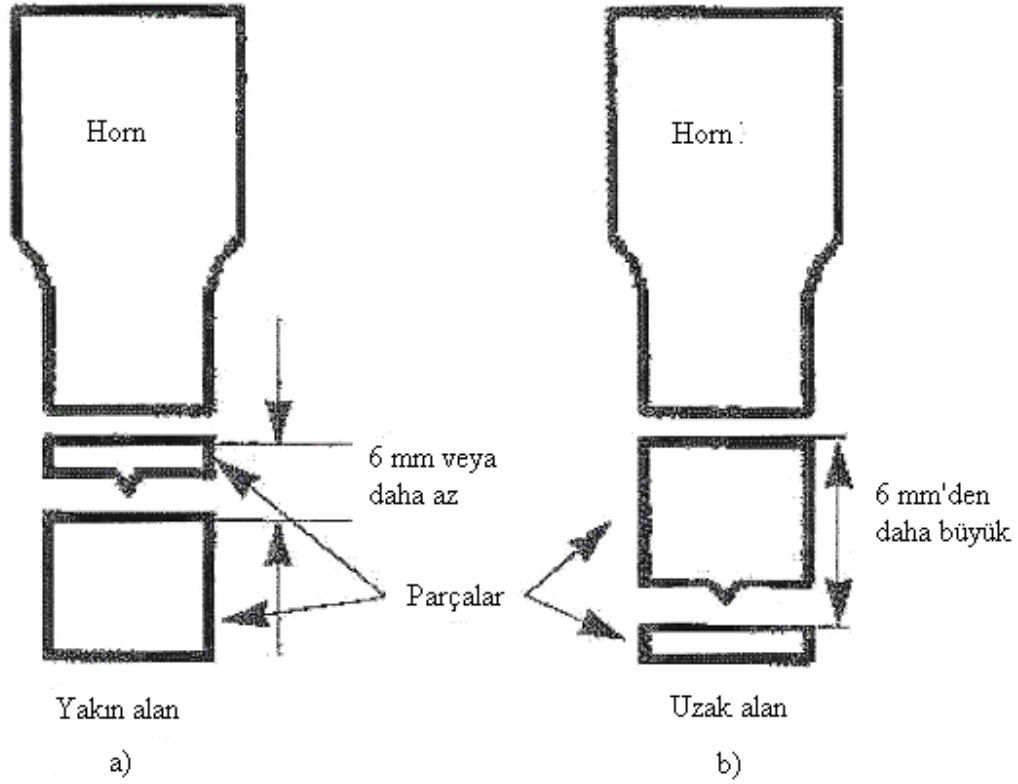
Şekil 14.24. Makaslama tipli birleştirmeye örnek gösterilmiştir.

Parça tasarımları:

Temel birleştinne tasarımlarının yanında, parçaların kendi aralarındaki tasarımları da göz önüne alınmalıdır.

Yakın alan ve uzak alan kaynağı:

Yakın alan ve uzak alan kaynağı; ultrasonik enerjinin, horn'un parçaya temas noktasından, birleşme ara yüzeyine kadar iletilmesi sırasındaki kat ettiği mesafeyi belirlemektedir. Horn ile birleşme ara yüzeyi arasındaki mesafe 6 mm' den az ise yakın alan, 6 mm' den fazla ise uzak alan kaynağı denir.

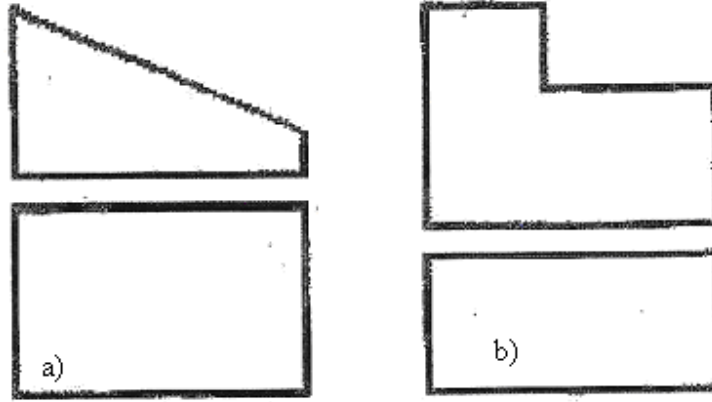


Şekil 14.25. a) Yakın alan ve b) Uzak alan kaynakları gösterilmiştir.

Eğer mümkünse,yakın alan kaynağı yapmak her zaman iyidir. Uzak alan kaynağı,yakın alan kaynağı ile mukayese edilirse;uzak alan kaynağı için nonnal genlikten daha yüksek genlikler, daha uzun kaynak zamanı ve daha fazla basınç gerekir. Genelde uzak alan kaynağı, yalnızca amorf reçineler için tavsiye edilir. Çünkü enerji iletimi,amorf reçinelerde yarı kristalin reçinelere göre daha iyidir.

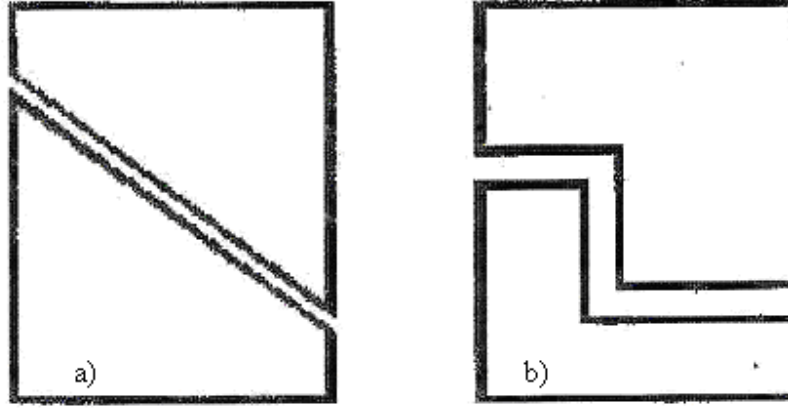
Paralel temas:

Optimum bir kaynak gerçekleştirmek için, birleşme ara yüzeyinin, tek bir düzlem olması ve horn temas yüzeyine paralel olması çok önemlidir. Böylece, ultrasonik enerji, birleştirilecek plastik parça içinden geçerken aynı mesafeyi kat eder.



Şekil 14.26. a) Horn, temas yüzeyine paralel değil, fakat birleşme tek bir düzlemde b) Birleşme yüzeyi horn temas yüzeyine paralel, fakat tek bir düzlem üzerinde değil

Şekil 14.26 a)'da birleşme ara yüzeyi tek bir düzlem, fakat horn'un temasta olduğu yüzeye paralel değildir. Enerji, sol taraftaki malzemeye göre, sağ taraftaki malzeme içerisinden daha uzak mesafelere gitmek zorunda kalacaktır. Dolayısıyla düzensiz ısıtma ve eritme olacaktır. Kaynaklı birleştirmelerin bir tarafında zayıf yapısal bağlar diğer tarafında ise aşırı kaynaklı bağlar oluşarak, çok değişken (kararsız) bir kaynaklı yapı meydana gelecektir. Şekil 14.26 b)'de ise parça ara yüzeyleri, horn temas yüzeyine paraleldir. Fakat, uzaklıkları farklı iki ayrı düzlem vardır. Şekil 14.27.a)'da horn temas yüzeyi tek bir düzlem üzerinde, fakat birleşme ara yüzeyine paralel değildir. Şekil 14.27.b)'de ise hem temas yüzeyi, birleşme ara yüzeyine paralel olmasına rağmen, iki ayrı düzlemde farklı uzaklıklar vardır.



Şekil 14.27 a) Horn temas yüzeyi tek bir düzlemde fakat birleşme ara yüzeyi paralel değil b) Horn temas yüzeyi birleşme ara yüzeyine paralel fakat birleşme tek bir düzlem üzerinde değil.

Keskin köşeler :

Keskin köşeler her zaman gerilmeyi artırırlar. Plastik parça, ultrasonik titreşim enerjisine maruz kaldığında, yüksek gerilmelerin biriktiği bölgelerden kırılabilir veya eriyebilir. Gerilme kırılmalarını azaltmak için, bütün köşelere ve kenarlara büyük radyusların konulması tavsiye edilir.

Delikler ve boşluklar :

Enerji, deliklerin, boşlukların, açılardan ve kıvrımların etrafından iyi geçemez. Plastik malzemenin çeşidine, delik boyutuna ve açığa bağlı olarak, bahsedilen alanların yakınında direkt olarak hemen hemen hiç kaynak olmayacaktır. Eğer mümkünse, tüm keskin açılar, kıvrımlar ve delikler azaltılmalıdır.

İlaveler (ekler) :

Plastik malzeme üzerindeki ilaveler, uçlar ve küçük çıkıntılar, titreşim enerjisinin uygulandığı anda gerilmenin yoğunlaştığı yerlerdir. Dolayısıyla, ilaveler parçayı zayıflatmaya meyillidirler. Bu durumu minimuma indirmek için, ana parçalara ilavelerin eklendiği yerlere büyük radyuslar eklemek, ilavelere veya çıkıntılara hafif kuvvet uygulayıp bükmek, daha küçük ekler yapmak veya eğer mümkünse 40 kHz'lik ekipman kullanmak gerekir.

İnce ara parçalar :

İnce kesitli, düz veya dairesel parçalar ultrasonik enerjiye maruz kaldıklarında eğilebilir veya eriyerek delinebilirler. Horn böyle bir parçaya temas ettiği zaman, malzemenin şiddetli esnemesinden doğan ısı, onun erimesine veya bir delik açacak şekilde vanmasına sebep olabilir. Kesiti daha kalın yaparak bu şekildeki etki önlenir.

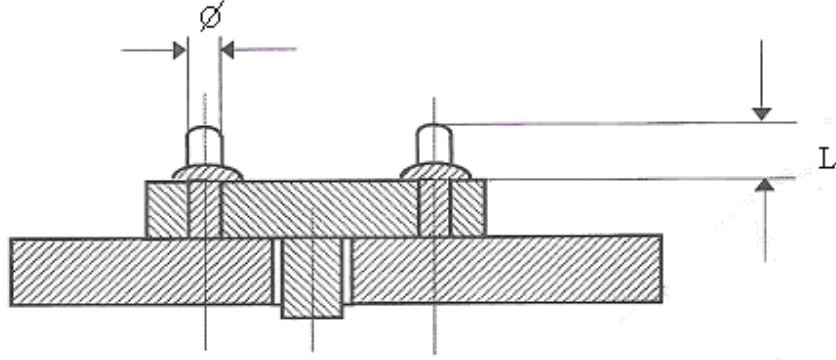
Ultrasonik kaynak yapılabilen termoplastikler

İki termoplastik parçanın birbiriyle ultrasonik kaynak yöntemiyle bağlanması için malzemelerin kimyasal olarak uygun olmaları gerekir. Bir başka ifade ile, iki plastik malzeme birlikte erise bile, moleküler bir bağ oluşmayabilir. Buna en iyi örnek, polietilen ile polipropilen'dir. Her ikisinde yarı kristalin malzemedir. Görünüşleri birbirine benzerdir ve pek çok fiziksel özelliği aynıdır. Fakat kimyasal yapıları ultrasonik kaynak için uygun değildir. Bu yüzden de birbirleriyle kaynaklanamazlar. Dolayısıyla, ancak aynı kimyasal özelliğe sahip termoplastikler birbirleri ile kaynaklanabilir. Örneğin ABS parçası başka bir ABS parçası ile kaynaklanır. Birbirine benzemeyen termoplastiklerin kaynak olabilmesi için, ergime dereceleri arasında en fazla 6 derecelik fark ve moleküler yapılarının da benzer olması gerekir. Örneğin ABS parçası, akrilik bir parça ile kimyasal özellikleri uygun olmak kaydıyla kaynaklanabilir. Genel bir ifade ile, yalnızca benzer amorf yapılı polimerler birbirleri ile mükemmel kaynaklanırlar. Her yarı kristalin bir polimerin kimyasal özellikleri dolayısıyla, yalnızca kendisi ile uyumlu bir ikili yapabilir.

Sonuç : Otomobil, elektrik ve elektronik, tıp, haberleşme, takım-alet, oyuncak, tekstil ve paketleme endüstrilerinde, termoplastiklerin ultrasonik yöntemle kaynağı ve ultrasonik yöntem kullanarak yapılan diğer birleştirme teknikleri çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Su yöntem temiz, hızlı ve çok az enerji tüketen bir yöntemdir. Ekipmanların düşük fiyatlarda oluşu, güvenilir ve uzun ömürlü olması, ekipmanlar arası uyumluluk ve tekrarlanabilir performans göstermesi bu yöntemi diğer kaynak yöntemlerine göre tercihli duruma sokmaktadır. Birleştirilecek yapının bütününde birleştirme ve parça tasarımlarında belirtilen kurallara uyulması, ultrasonik yöntemle yapılan birleştirmeleri kolaylaştıracak ve maksimum verim elde edilebilecektir.

14.2.2. Dağlama

Dizayn gereği bazı plastik parçalar birbirlerine üzerlerindeki detayların eritilerek montaj edilebilirler.



Şekil 14.28. Dağlama yapılacak parça örneği gösterilmektedir.

Dağlama için yapılacak pimlerin boyu minimum 3mm; çapı minimum 1.8 mm olmalıdır.

14.2.3. Yapıştırma

PS ve ABS gibi plastikleri yapıştırmak için Metil Etil Keton adı verilen adhesive yapıştırıcı kullanılmaktadır. Eş malzemeleri birbirleriyle yapıştırmak için hazırlanacak karışım, %50 si granül halde yapıştırılacak plastik malzeme, %50 si Metil Etil Keton olmak üzere hazırlanır. Akışkan olan bu karışım 5 dakikada kullanıma hazır hale gelir. Zaman içerisinde metil etil keton uçtuğundan, karışım zaman zaman eklenmesi gerekmektedir. Böylece sekiz saat boyunca yapıştırma özelliğini korumaktadır.

14.3 Destek Elemanları

14.3.1 Bayrak Ribler

Plastik parçaların yük taşıma kapasitesini arttırmak için ya daha yüksek mukavemet özelliğine sahip plastik hammadde kullanmak ya da parçanın; mukavemetin artması istenen yerlerindeki et kalınlıklarını arttırmaktır. Diğer bir metod ise rib adı verilen destek elemanlarını, parçanın konstrüksiyonuna uygun biçimde yerleştirmektir.

Başarılı rib dizaynı için aşağıdaki yöntemler izlenmelidir;

- Parçanın kozmetik görünüşündeki çöküntü oluşumunu engellemek için rib'in taban kalınlığı, bağlandığı duvarın et kalınlığının % 60 ını geçmemelidir. Dış görünüşün önemsiz olduğu durumlarda bu oran aşılabılır.
- Keskin kenarlar gerilme bölgeleri oluşturacağından, rib tabanının bağlandığı duvarlar arasında, duvar et kalınlığının. %25 i kadar radyus atılmalıdır.
- Eğilmeye uğrayan bölgenin atında rib kullanılması uygundur. Bası gerilmesi için.
- Rib araları nominal duvar kalınlığının iki katı olmalıdır.
- Kalıptan çıkışı sağlamak için her rib'in her iki yüzeyine 0.5° draft açısı verilmelidir.
- Konstrüksiyonun müsaade ettiği durumlarda, lüzüm görülürse rib içerisinde hava kalmasını sağlayan hava cepleri açılabilir.



Taban kalınlığı
 $t \leq 0,5T$
 Yükseklik
 $h \leq 3T$
 Kenar radyüsü
 $r \geq 0,25-0,4T$
 Draft açısı
 $\Theta \geq 0,5^\circ$
 Boşluk
 $S \geq 2T$

Şekil 14.29. Tavsiye edilen bayrak dizayn boyutları gösterilmiştir.

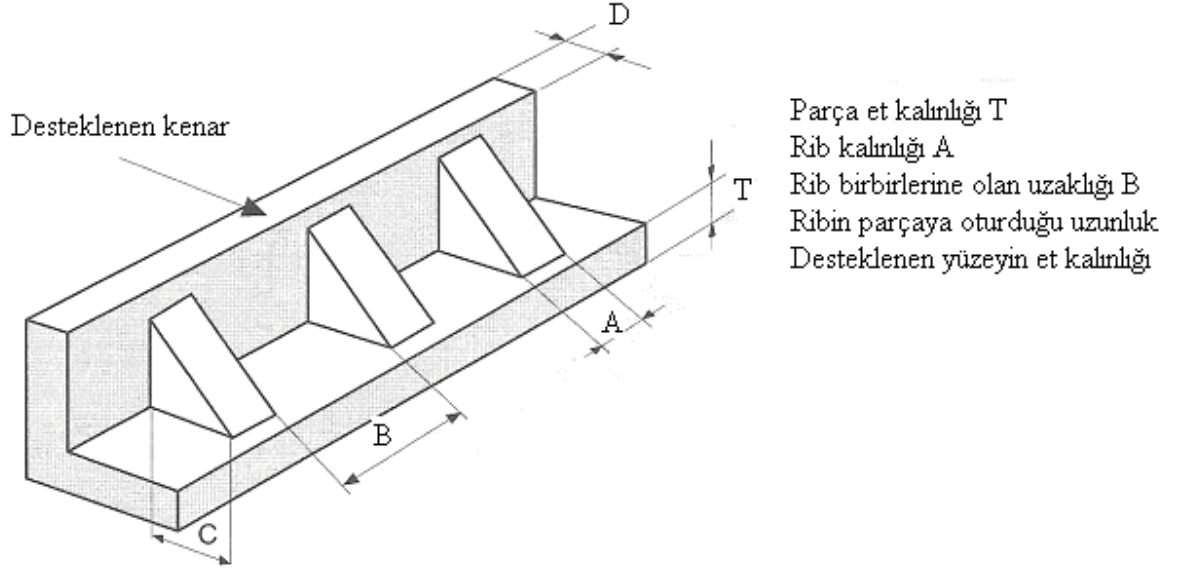
14.3.2. Destek Ribleri (Gussets)

Köşeleri ve boss yapılarını kuvvedendirmek için kullanılan yapıdır.

Destek ribleri için aşağıdaki kurallar gözönünde bulundurulmalıdır.

- Destek riblerinin kalınlığı bağlı oldukları duvar et kalınlığının %50-%70'i arasında olmalıdır.
- Riblerin birbirlerine bakan duvar uzaklıkları bağlı oldukları duvar et kalınlığının iki katından az olmamalıdır.
- Riblerin boyu bağlı oldukları duvar et kalınlığının iki katından az olmamalıdır.

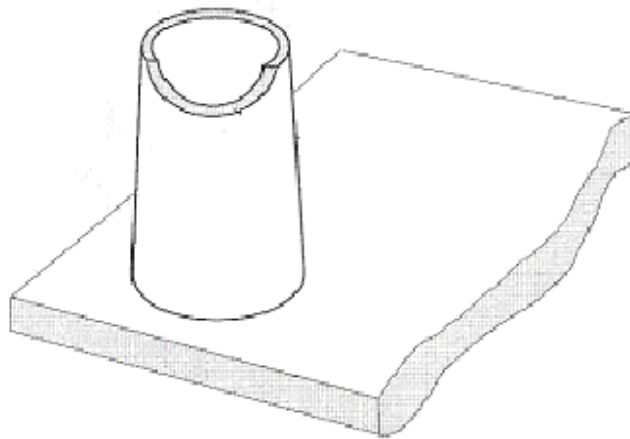
- 0.5° draft açısı destek ribinin her iki yüzeyine uygulanmalıdır.
- Boss'a yapılan rib bağlantısında rib boyu, bağlı olduğu duvar et kalınlığının en az 4 katı olmalıdır.



Şekil 14.30. Tavsiye edilen destek rib boyutları gösterilmiştir.

14.3.3 Yuvarlak Ribler

Yuvarlak rib yüksekliği ve draft açısı konstrüksiyona bağlıdır. Bunun dışındaki kurallar yukarıda anlatılanla aynıdır.

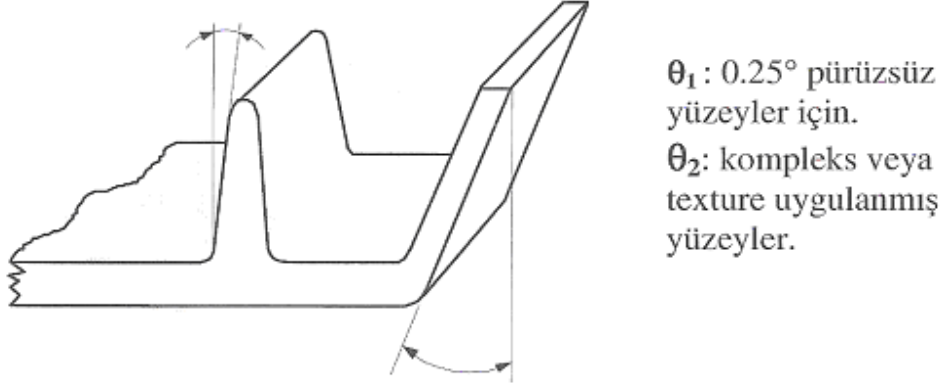


Şekil 14.31. Yuvarlak tipe örnek gösterilmiştir.

14.4 Genel Prensipler

14.4.1 Parça çıkış (Draft) Açısı

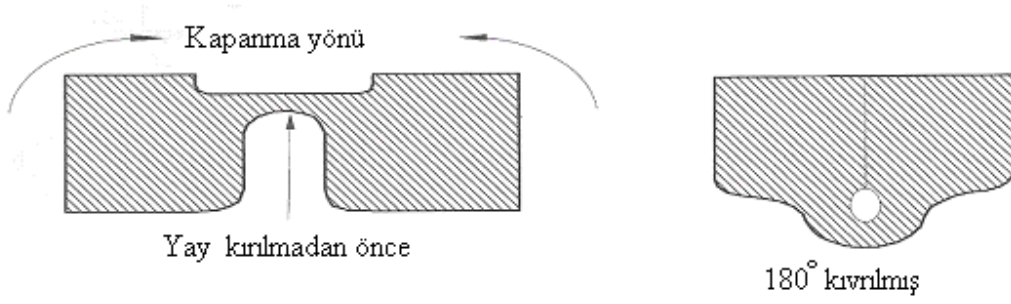
Parçanın kalıptan kolaylıkla çıkmasını sağlamak ve proses zamanını azaltmak amacıyla draft açısı verilir. Texture işlenmemiş yüzeylerde, 0.25° ile 2° arasında iç ve dış duvarlarda yeterlidir. Bazı özel uygulamalarda kalıp yüzeyleri çok iyi parlatılırsa bu açılar azaltılabilir. Texture işlenmiş yüzeylerde, her 0.01mm texture derinliğine 0.4° draft açısı eklenir. 10° ye kadar büyük draft açılara kompleks kalıplarda veya texture uygulanmış yüzeylerde çıkılabilir. Şekil 14.32. Draft açısı parça üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 14.32. Draft açısı parça üzerinde gösterilmektedir. (Rotheise, 2004)

14.4.2 Living Hinges

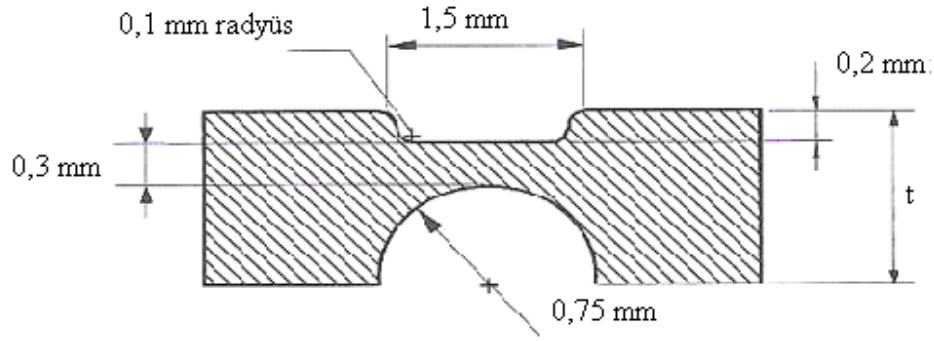
Bu tip bağlantılar çoğunlukla Polypropylene (PP) veya polyethylene (PE) den imal edilirler. Bu malzemelerin milyon kez esneme ve düzelme kabiliyetleri vardır. Diğer malzemeler ise 1000' den az açılıp kapanma işlevini yerine getirdikten sonra kırılma gösterir.



Şekil 14.33. Living Hingers tasarımına örnek gösterilmiştir. (Malloy, 1994)

PP ve PE için Temel Dizaynlar

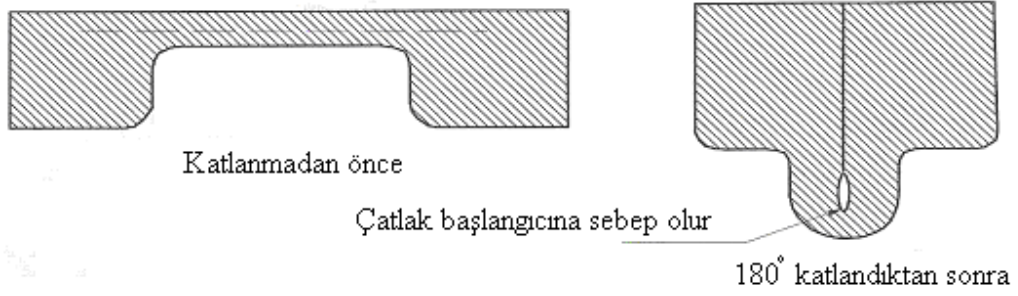
Polypropylene ve polyethylene için genel dizayn prensibi; üst tarafta girintili köprü ile, alt tarafta bir yay ile parçaları bağlamaktır. Hinge, kapalı pozisyona geldiğinde üst tarafta yaratılan boşluk gerekli radyus oluşumunu sağlayarak çatlak oluşumunu engeller, arka taraftaki yay ise polimer moleküllerini milyon kez bükülmeye hazırlayacaktır. Hinge'in uzun çalışma ömrünün olması için kalıptan çıkar çıkmaz hemen operatör tarafından çalıştırılması gereklidir. Kalıptan çıkan hala sıcak olan parçanın, hinge bölgesinin operatör tarafından birkaç kez esnetilmesi bu bölgedeki plastik malzemeye hinge olarak çalışmasında ek olarak bir esneklik kazandırır. Bu tip uygulamalar polypropylene için tüm durumlarda, polyethylene için belirli durumlarda geçerlidir.



Şekil 14.33. PP ve PE için Living Hinger boyutları gösterilmiştir.

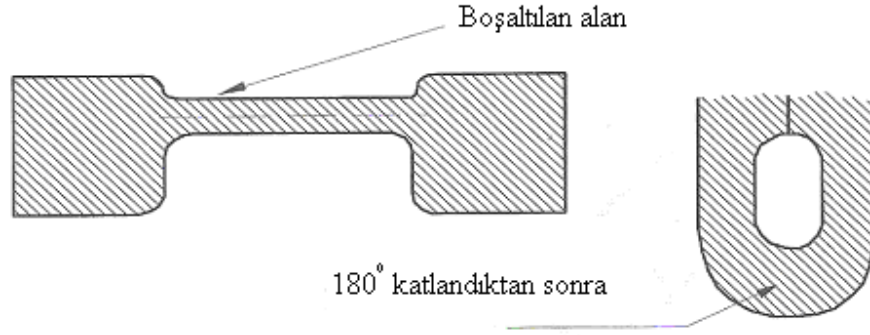
Genel Living Hinge Dizaynı

Polypropylene ve polyethylene dışında kalan malzemeler ile hinge dizaynı genelde Şekil 14.34 deki gibidir.



Şekil 14.34. Hatalı yapılmış Living Hinge tasarımı gösterilmiştir.

Şekil 14.34. Genelde çok kullanılan dizayn şekli, üst tarafında boşaltma yapılmadığı için çatlak oluşumuna sebep verir. Doğru dizayn şekli Şekil 14.35 de gösterilmiştir.



Şekil 14.35 Doğru yapılmış Living Hinge tasarımı gösterilmiştir.

Living Hinge'de Plastik Hataları

Living hinge'nin çalışması için parça enjeksiyonu sırasında moleküler zincirlerin plastik akış yönünde lineer sıralanması gerekir. Dinamik termal, ve rheological prosesler, plastik enjeksiyonda molekülleri kuvvetli lineer yapılar haline getirilmesini mümkün kılarlar. Bazen erimiş polimer kalın duvarlı bölgeden ince duvarlı bölgeye zorlanır. Bu esnada, yarı-plastik bölgede veya donmuş katmanda bir kısım moleküller köklenir. Eğer donmuş tabakalar arasındaki akış tüneli yeteri kadar ince ise bu tünelden geçen bir grup erimiş molekül, molekül zincirlerinde sıralanırlar. Doğru malzeme ve proses seçimi ile, hatasız ve dayanıklı living hinge yapısı

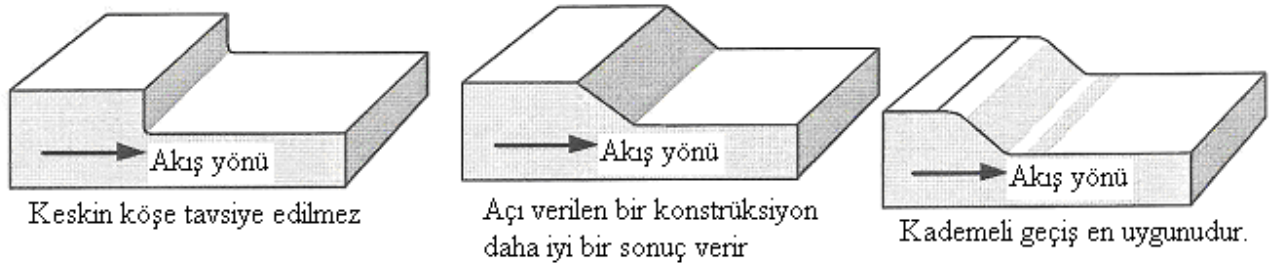
oluşturabiliriz. Enjeksiyon sırasında polimer yapısı aşırı şekilde değişir. Eğer verilen materyal için shear oranı fazla ise polimerin kuvvetli kovalent bağları kırılabilir. Bu durumda malzemenin polimer molekül ağırlığı ile beraber birçok fiziksel özelliği azalacaktır. Diğer bir proses problemi ise, enjeksiyon sırasında malın kalıba dolma işleminden sonra aşırı enjeksiyon basıncı uygulanmasıdır. Malın kalıba dolma evresi, erimiş plastiğin kalıba ilk girdiği anda başlar, kalıp boşluğu dolduğunda sona erer. Bu aşamadan sonra malın geri kalan %15' lik bir kısmını kalıp içerisine sokan basınç safhası gelir. Basınç safhasından sonra, kalıp içerisine ek % 25 malın sokulduğu bekleme zamanı gelir. Malın kalıba dolma safhası tamamlandıktan sonra basınç safhasına geçilince kalıp içi basınç, ani olarak artar, bu da plastiğin kalıp içerisine akış hızında, ani azalmaya neden olur. Bu esnada basınç aşırı artar ise plastiğin kalıp içerisine akışı durur. Bu durum kalıbın optimal olarak dolmadan malın içeride soğumasına yol açar.

Living Hinge enjeksiyonunda problem, malın kalıba dolma prosesinde hinge bölgesinin önündeki jelleşmiş mala aşırı basınç uygulanması ile living hinge bölgesinde ekstra iç gerilmeler oluşturur. Aşırı durumlarda malzeme living hinge bölgesinde katlanır. Parça ile hinge. arasındaki bağlantının tipi bazen enjeksiyon sırasında aşırı basınç uygulanmasını gerektirir. Hinge bölgesinin giriş ve çıkışlarına parça üzerinde radyus atılarak hinge boyunca basıncın düşmesi sağlanarak parçanın düşük basınçta dolmasına olanak verilir. Ayrıca bu radyus, hinge bölgesinde lineer molekül oluşumunu sağlar.

14.4.3 Kesit Değişimi ve Duvar Kalınlığı

Parçanın duvar kalınlığını doğru seçme, düzgün parça eldesi için önemlidir. Çok ince nominal kalınlık yapısal hatalara yol açabildiği gibi çok kalın et kalınlıkları lokal olarak görünüm bozukluklarına ve ağır parçaya sebep olur. Termoplastiklere uygulanacak proseslere göre nominal kalınlıkları değişim gösterir. Enjeksiyon prosesi gözönüne alındığında genelde nominal et kalınlığı 0.5 mm ile 4mm arasında değişim gösterir. Bu değerler dizayn prosesine başlarken temel teşkil ederler. Nominal duvar kalınlığı seçilirken kullanılacak plastiğin akış özelliklerini de gözönüne almalıdır. Spiral akış eğrileri, değişen enjeksiyon basınçları ve duvar kalınlıklarında plastiğin enjeksiyon noktasından ne kadar yol alacağını gösterirler. Aşağıdaki şekilde çeşitli duvar geçişleri verilmiştir. Şekildeki ok işareti malzemenin akış yönünü vermektedir. Düşük çekme özelliği olan malzemelerde kesit değişimi nominal duvar kalınlığının %25'ini geçmemelidir. Yüksek çekme özelliği olan malzemelerde bu oran %15'i geçmemelidir. Bu münasade edilen değişimleri dışına çıkma zorunluluğu olduğunda, kesit değişimi

kademelendirilmelidir. Duvar kalınlığı, enjekte edilmiş parçanın soğuma oranında dengesizliklere, eşit olmayan kalınlıklar ise soğumada dengesizliklere ve enjeksiyon sırasında akış problemlerine sebep olur. Runların sonucunda parçada çarpılmalar veya görünüş bozuklukları meydana gelir. Parçada değişen kesitler oluşturulduğunda dizayn yapan kişi malzeme akışının bu tip yerlerde kalın bölgelerden ince bölgelere doğru olmasını sağlar. Bu işlem kalıp içi boşlukların basıncını artırarak, çöküntü oluşumunu minimuma indirilmesine olanak verir.



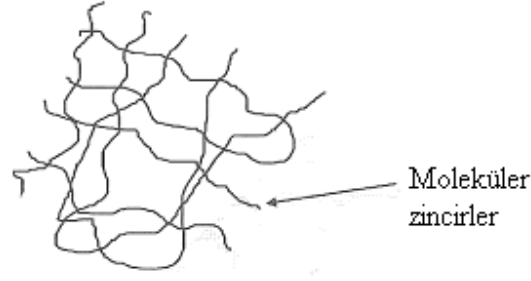
Şekil 14.36. Et incelmesine örnekler gösterilmiştir.

14.5. Plastik Hammaddeler

Polimerler termoplastik ve termoset olarak temel iki gruba ayrılırlar. Termoplastikler moleküller arası kimyasal bağ göstermeyen, molekül zincirleri lineer yapıda olan plastiklerdir. Termosetler kimyasal olarak birbirilerine cross-link ile bağlı ağ yapısında sıralanmış plastiklerdir.

Termoplastikler

Termoplastiklerin temel özellikleri tekrar tekrar ısıtıldıklarında erimeleri, soğutulduklarında ise sertleşmeleridir. Van der Waals bağları gibi moleküller arası çekim kuvveti ile moleküller bir arada tutulurlar. Termoplastiğe enjeksiyon sırasında ısı ve basınç uygulandığında moleküller arası bağlar koparak moleküller birbirilerine ilişkin olarak hareket ederler. Kalıpta soğuma esnasında moleküller yeni yerlerini alırlar. Yeni şekle göre moleküller arası bağlar tekrar kurulur. Tekrar şekil verine özellikleri ile termoplastikler geri dönüşüm için idealdir. Kullanılan termoplastiğin özelliğine bağlı olarak tekrar tekrar ısıtıp soğutmanın pratik olarak sınırı vardır. Belli başlı termoplastiklere örnek olarak polycarbonate,nylon,acetal, TP's polyethylene



Şekil 14.37. Plastik molekül zinciri gösterilmiştir.

Termosetler

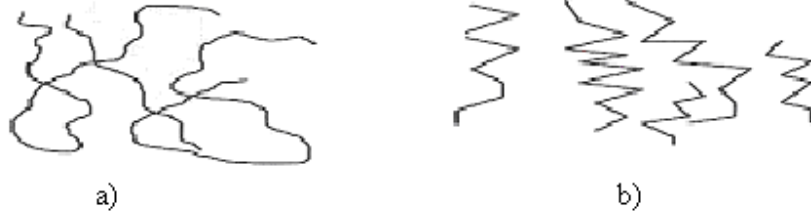
Kalıpta enjeksiyon prosesi sırasında ısıtılan termoplastiklerde moleküller arası kross linkler oluşur. Bu reaksiyona polimerizasyon denir. Tekrar ısıtıldığında bu kross bağlar moleküler zincirlerin kaymasını engeller. Eğer yapı ısıtılmaya devam edilirse kimyasal bozulma görür. Bu nedenle termosetler basınç ve ısı uygulanarak tekrar eritileme ve geri dönüştürülemez.



Şekil 14.38. Moleküller arası oluşan kross linkler gösterilmiştir.

Temel Yapılar Kristalin

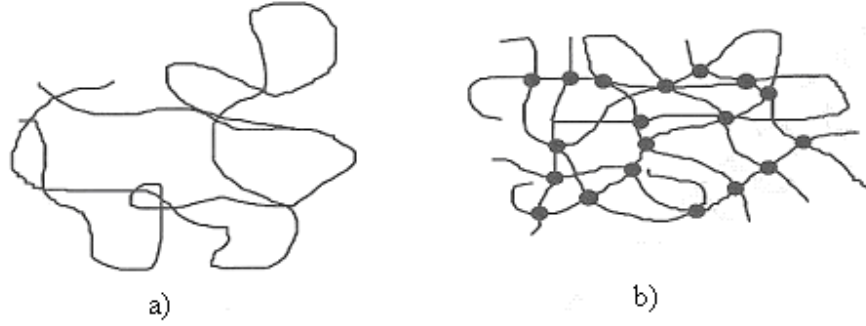
Kristaline polimerler moleküler olarak yoğun, sıralı paket yapıları halinde bulunurlar. Bu organize yapılar kristal özelliği gösterirler. Kalıplama prosesi sırasında tamamen kristalinleşme seyrek olarak görülür. Her zaman amorf yapıli bölgeler enjekte edilmiş parçada kalır. Tipik kristalin yapıları sırasıyla acetal, polyamide (nylon), polyethylene (PE), polypropylene (PP), polyester (PET,PBT) ve polyphenylene sulfide (PS) dir.



Şekil 14.39. Kristalin yapıların moleküler yapıları gösterilmiştir. a) Erimiş b) Katı

Amorphous

Polimerler, sırasız ve rastgele molekül kütleleri halinde soğuduğunda amorf yapıları oluştururlar. Kristalin olmayan veya amorf yapılar plastiğe yüksek uzama ve esneklik kabiliyeti kazandırır. Ayrıca kristalin yapılara nazaran yüksek çarpma dayanımı gösterirler.



Şekil 14.40. Amorf polimerler için molekül zincirleri şekildeki gibidir. a) Erimiş b) Katı

Bazı amorf polimerler, aerylonitrile-butadine-styrene(ABS), styrene- aerylonitrile-eopolymer (SAN), polyvinyl ehloride (PVC), polycarbonate (PC), polystyrene (PS).

Sıvı Kristal Polimerler

Sıvı kristal polimerler (LCP) polimerlerin ayrı tek bir sınıfı olarak değerlendirilir. Katı ve sıvı hallerinde molekül yapıları geniş paralel sıralar halinde sıkı çubuk şeklinde yapılardır. Bu paralelorganize olmuş yapı LCP' ye kristaline ve amorf yapıların her ikisinin özelliğine benzer karakteristik kazandırır.



Şekil 14.41. Likit kristaller için moleküler zincir gösterilmiştir. a) Sıvı b) Katı

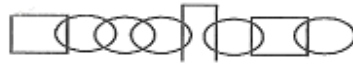
Homopolimer, Copolymer

Homopolymerin bütün moleküler zincirlerinde tek tip tekrar eden uniteler vardır. Şekil 14.42. Homopolymer moleküler zinciri gösterilmiştir.



Şekil 14.42. Homopolymer için moleküler zincir yandaki gibidir.

Copolymerler moleküler zinciri birden fazla çeşit polimerin rastgele yerleşmesinden oluşur. Değişik tekrar eden yapıları olduğundan copolymerler homopolymerlerden farklı mekanik ve fiziksel özellikler gösterirler. Şekil 14.43. Copolymer moleküler zinciri gösterilmiştir.



Şekil 14.43. Copolymer için moleküler zincir yandaki gibidir.

Reinforement (takviye)

Termoplastiklerin ve termosetlerin mekanik özelliklerini fiberler önemli ölçüde arttırırlar. Cam fiberi, karbon fiberi, aramid fiberler plastikler için tipik takviye malzemeleridir. Cam fiber takviye, cam ocaklarından çekilerek elde edilen, ince flarnan şeklindedir. Cam fiber tellerini birarada tutmak için polimer film ile kaplanırlar. Buradaki fiber çapları yaklaşık 0.002 ile 0.02

mm arasındadır. Polimer filim kaplı takviye, direkt olarak takviye edilmiş plastiklerde veya orta kalite ürünlerde kullanılır. Cam fiberlerin çekme dayanımı 3,000 ila 5,000 MPa, young modülü 70,000 ila 90,000 Mpa arasındadır. Takviye malzemeler, camları bir arada tutan polimer film ile birlikte, bükülmüş iplik, doğranmış, örgü veya halat iplikciği şeklinde bulunurlar. Halat iplikciği şeklinde olan (strand) fiber takviyeler çoğunlukla Sheet Molding Compounding (SMC) medodunda kullanılır. Doğranmış fiberler ise çeşitli polimer yapılarında özellikle kalıpta enjeksiyon ve presleme kalıplamasında kullanılır. Burada kullanılan fiberler 3 ila 12 mm veya daha fazla boydadırlar. Karbon fiberlerinin çekme dayanımları 3,400 MPa ile 5,500 MPa arasında olup young modülü 35,000 MPa ila 700,000 MPa arasındadır. Aramid fiberlerde çekme dayanımı 3,500 ile 5,000 MPa ve young modülü 80,000 ila 175,000 MPa arasındadır.

Dolgu malzemeleri(tiller)

Malzemenin mekanik özelliklerini önemli ölçüde yükseltmeden, fiziksel özelliklerini etkiler. Ayrıca çekme oranı yüksek olan plastiklere (pp) boyutsal stabilite sağlamak için de kullanılır.(PP ye.talk takviyesi gibi.) Dolgu malzemesine örnek olarak mika, cam küreler, silica,talk ve kalsiyum karbonat dır. Phogopite ve muscovite olamak üzere iki temel mika tipi vardır. Bunların parçacık ölçüleri 35 ile 40 mesh arasındadır. Cam kürecikler katı veya boşluklu olabilirler. Ölçüleri 0.005 ila 5 mm arasında değişim gösrerirler. Dolunun polimer matrisi içerisinde iyi tutunması için boşluklu veya küre fomundaki cam dolgular özel kaplama malzemesi ile kaplanırlar.

Katkılar

Katkılar plastik malzemede yanma gecikmesi (FR)sağlamak, tennal özelliklerini arttırmak, güneş ışınlarına karşı dayanımı, boyutsal hassasiyet, enjeksiyon, sırasında kolaylık sağlamak (kaydırıcılık gibi), darbe dayanımını arttırmak (impact modifier)" sertliklerini değiştirmek gibi belirli özelliklerini arttırmak, iyileştirmek için belirli oranlarda katılan kimyasallardır.

Renklendiridier (Masterbatch)

Plastiklere enjeksiyon esnasında istenilen rengi vermek için katılırlar. İki kısımdan oluşur;

1) Etkin boya hammaddesi veya kimyasalı

2) Boyayı taşımakla görevli olan plastik (genellikle taşıyıcı olarak PE ve PS kullanılır). PE nin erime sıcaklığının düşük ve erime akış indisinin yüksek olması nedeniyle renklendirilecek malzeme içinde homojen bir dağılım vennesi nedeni ile genellikle taşıyıcı olarak PE tercih edilir. Renklendirilecek malzemenin transparant özelliğinin bozulmaması için (PC,PMMA gibi

hammadeler) taşıyıcı hammaddesi olmayan ve sadece renklendirici kimyasalı olan toz halinde boya kullanılır.

Fiziksel Özellikler

Yoğunluk, birim hacime düşen kütle miktarıdır. Gram başına düşen santimetre küp olarak ifade edilir. Spesifik graviteyi, malzemenin yoğunluğunun suyun yoğunluğuna bölünmesiyle bulunan boyutsuz bir sayıdır.

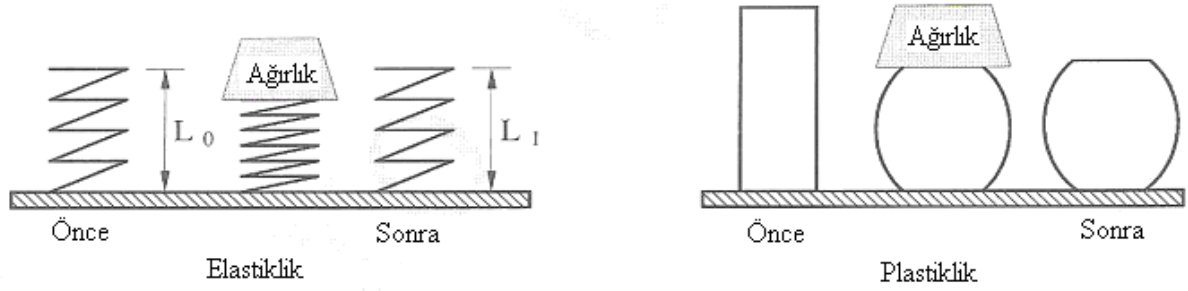
<u>Malzeme</u>	<u>Yoğunluk (g/cm³)</u>
ABS	1.05
ABS-GR	1.2
Acatel	1.4
Acatel-GR	1.6
Acrylic	1.2
Cast epoxy	1.8
Phebnolics	1.85
Polyamide (PA)	1.15
Polyamide (P A)-GR	1.35
Polyamide imide	1.55
Polycarbonate (PC)-GR	1.2
Polyearboniate (GR)	1.45
Pollyester (PET,PBT)	1.14
Polyester (GR)	1.63
Polyethylene	0.9
Polyphenylene oxide (PPO)	1.08
Polyphenylene sulphide (PPS)	1.55
Polypropylene (PP)	0.9
Polypropylene (PP)- GR	1.1
Polysulfone (PSU)	1.25
Polystyrene (PS)	1.05
Polyvinyl croride (PVC)-Rigid	1.35
Polyvinyl craride (PVC)- Flexible	1.25

Styrene acrylonitrile (SAN)	1.07
Styrene acrylonitrile (SAN)-GR	1.28

Gr: Glass reinforced (Cam takviyeli)

Elastiklik

Malzemenin deforme edildikten sonra kısmi olarak veya tamamen eski formuna geri dönmesidir.



Şekil 14.44 Malzemelerin elastiklik ve plastiklik özellikleri gösterilmiştir.

Plastiklik

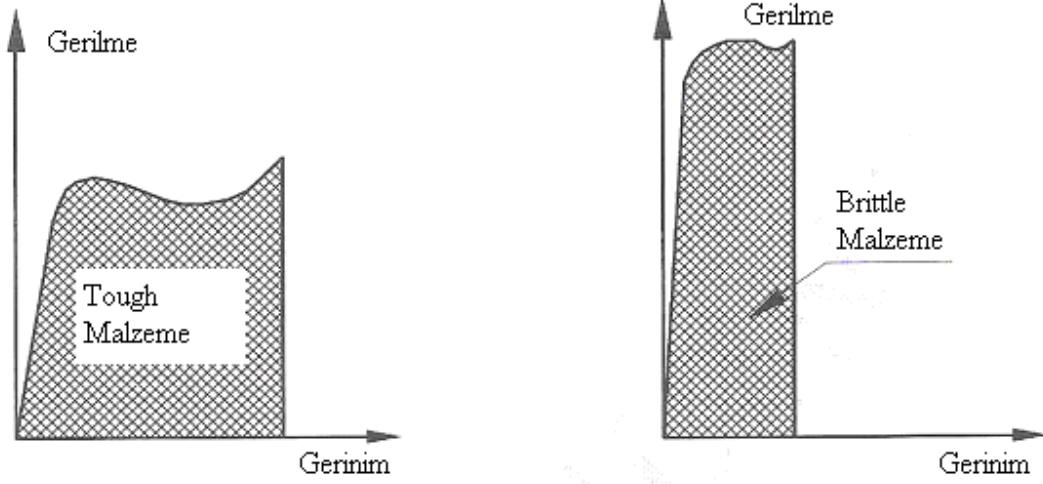
Malzeme deforme edildikten sonra bulunduğu şekilde ve ölçüde kalmasına plastiklik özelliği denir. Herhangi bir malzemedeki gerilme yield noktasının üzerine çıkarsa plastikte kalıcı şekil deformasyonları görülür.

Ductility

Malzemenin gerilebilme, çekilebilme ve sarılabılme kabiliyetine ductility denir. Polimerler verilen sıcaklıkta, ductile ve brittle olmak üzere sınıflandırılır. Ductile polimerlerde hata, moleküllerin birbiri üzerinde veya boyunca kaymalarından oluşur. Bu, malzemedeki aşırı uzamayla kesit alanında boyun oluşmasına sebep olur ve sonunda kırılma oluşturur.

Toughness

Polimerin kırılmadan mekanik enerjiyi absorbe edebilme özelliğidir. Bu elastik veya plastik deformasyon ile olur. Toughness gerilme gerilim diyagramının altında kalan alan ile ölçülür.



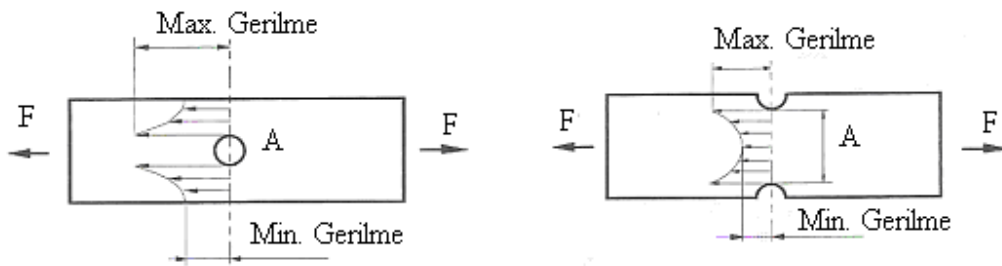
Şekil 14.45. Sert (Tough) ve Gevrek (Brittle) malzemelerin gerilme diyagramları verilmiştir.

Brittless

Polimer malzemenin mekanik enerjiyi absorbe ettiğinde kolayca kırılabilme özelliğine denir. Birçok takviye edilmiş plastikler "brittle" dır.

Çentik Hassasiyeti

Önceden oluşturulmuş çentikten, çatlak veya keskin köşelerden çatlak oluşumu olarak incelenmektedir. Aşırı stres alanları, deliklerde, kesit değişimlerinde yoğunlaşmaktadır.



Şekil 14.46. Gerilme üzerinde çentik hassasiyeti gösterilmiştir.

Çentik etkisinin, F kuvveti altındaki parçalarda meydana getirdiği gerilme şekilleri yukarıdaki gibidir. Çeşitli konstrüksiyon tarzlarındaki çentik etkisi yapılan deneylerle bulunmuştur. (k)

notasyonu ile tarif edilen çentik' etkisi faktörü, yapılan diyagramlardan, konstrüksiyonda kullanılan boyutlara uygun olanı seçilir.

$$\sigma_{Max} = k \cdot \sigma_{Nominal} \quad \sigma_{Nominal} = \frac{KUVVET}{ALAN} \quad (1,14)$$

Su Emme

Malzemenin ağırlığında, su emmeye bağlı yüzde olarak değişimini verir. Bir çok plastik kuru koşullarda hyoskopic eğilim gösterirler. Plastikler nemi havadan su buharı olarak alırlar ve her malzemenin kendine özgü emme oranları vardır. Malzemenin bünyesinde bulunan su, boyutsal stabiliteyi etkilediği gibi fiziksel ve elektriksel özelliklerini de etkiler. Kalıptan çıktığı gibi kum olan malzeme, %50 relatif neme maruz kalmış malzemeden % 40 dayanımı fazladır.

15. SIK KULLANILAN MÜHENDİSLİK PLASTİKLERİNİN ÖZELLİKLERİ

15.1. Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS)

Diğer isimleri

Stiren-akrilonitril butadienin polimeri

Bazı hammadde satıcıları ve bunların verdiği ticari isimler

BASF Terluran

Bayer Novodur

Bayer Bayblend(ABS/PC)

Borg Warner Cicolac

Cdf Chimie Ugikral

Dow Magnum

Dow Pulse(ABS/PC)

DSM Ronfalin

ENI Chemical Urtal ve Ravikral

Monsanto Lustran

Monsanto Cadon(maleic anhidrat katkılı)

Montedison Edister

Rhone Poulenc Alcoryls

USS Chemical Arylon T(ABS/Polisulfon)

Malzemenin yapısı

ABS orijinal olarak az miktarda çapraz bağlı kauçuğun (NBR) SAN kopolimerle karışımıdır. Şimdi bu malzemeler stiren ve akrilonitrelenin polibutadien kauçuktaki polibutadien üzerine polimerizasyonu ile elde edilen erimiş fazla tasarıma kauçuk durumundaki plastik stireni akronitral (SAN) ile birleşir (compound). Ayrıca bu işlem esnasında bazı katkı maddeleri, dengeleyiciler (stabiliser), yağlayıcı ve renk ilave edilir. SAN oranı % 70 kadardır. Ayrıca dallanmış molekül polibutadien yüksek kauçuk oranına sahip olduğu için diğer plastiklerde kırılma gücünü artırıcı katkı maddesi olarak kullanılabilir. Örneğin PVC gibi. Değişik monomer oranıyla, karışım şekliyle, kauçuk parçacıkların büyüklüğü ve miktarıyla, çapraz bağlantı yoğunluğuyla ve SAN'ın molekül ağırlığıyla muksavemetinde, akışkanlığında, renginde vs değişim sağlanır. Genel olarak SAN'ın molekül ağırlığı arttığında ABS'in çekme kuvveti ve kırılma direnci artar. Kauçuk miktarı arttığında çekme kuvveti, sıcaklığa direnci (heat resistance) ve sertliği azalır. Genel olarak bu malzeme enjeksiyon ve ekstrüzyon grade olarak

satılır. Bu iki ana grup tekrar yüksek, orta kırılma gücüne sahip gradelere ayrılır. Ayrıca sıcaklığa dirençli, kaplamaya uygun ve alev çıkartmayan (flame retardant) gradeler olarak tekrar sınıflandırılır. Genel olarak düşük sıcaklıkta darbeye dayanıklı çarpma esnasında ufalanma göstermeyen (hard tough) malzemedir. Su emme oranı düşüktür ve iyi elektrik izolatörüdür. Elektriksel yapısı sudan etkilenmez. Normal olarak ışığı geçirgen veya opak renktedir ve sonuç olarak baskıda parlak olup boyutları değişmez. Yüzeyi güzel malzeme çıkarır. Yüzeyi sürtünmeye dayanıklıdır fakat hava şartlarına dayanıklılığı iyi değildir. TPS ile karşılaştırıldığında süper sıcaklık ve kırılma direncine sahiptirler. Esneklik modülü PP'den daha yüksektir. PC ve PA kadar çentik (notch) hassas değildir. ABS'nin diğer malzemelerle karıştırılarak (blend) kullanım alanı genişletilebilir. Örneğin SAM veya PC kullanımı malzemenin yere düştüğünde şeklinin bozulduğu sıcaklık (heat distorsion) derecesini yükseltirken PVC kullanımı alev engelleyici özelliğini iyileştirir. Bu alaşımlar standart ABS'den daha yüksek viskoziteye (akma direncine) sahiptir. Polimerizasyon esnasında eğer bir kısım veya bütün stiren monomerler değiştirilirse örneğin metilstiren ile değişirse yüksek sıcaklık grade malzeme elde edilir ve sıcaklık direnci yükselir. SMA ile alaşımla aynı fiyata düşük erime viskoziteli sıcaklığa dirençli grade elde edilir. Şeffaf grade 4'üncü monomerin MMA ile değişimiyle elde edilir. Bu ışık geçirgenliği, diğer monomerlerin ışık yansıtmasının uyum sağlamasına (refractive index) yardım eder. Bu grade şimdi değer yapıları orta sertlikteki (medium impact) ve standart ABS ile aynı, ışık geçirgenliği % 80 ve sislenme oranı % 10 olarak bulunabilir. Klorlanmış PE'nin SAN, ABS tipi maddeye karışımıyla ACS denilen yeni malzeme elde edilir. Bunların alevlenmesi, sıcaklığa, hava şartlarına ve toz tutmaya direnci ABS'den daha iyidir fakat işleme dengesi (processing stability) kötüdür. Olefinle değişime uğramış SAN'ın yapısı ABS ile aynıdır. Ayrıca ilave olarak hava şartlarına direnci daha yüksektir.

Akışkanlık

Enjeksiyon gradın viskozitesi ekstrüzyon gradeden daha düşüktür. Bu da düşük molekül ağırlıklı SAN ve/veya yumuşatıcı, yağlayıcı kullanılarak sağlanır. Fakat bazı enjeksiyon gradelerin akışkanlığı azdır. Sıcaklığa dirençli gradın MFR si (belirli şartlarda 10 dakikada akan plastik miktarı) 2 ve kolay akan, kaplamaya uygun gradın IS (220 °C, 98 N), alevlenmeyen (flame retardant) gradın 20'ye kadar yüksek olabilir. Vikat yumuşama noktası ABS için yaklaşık 103 °C; kırılma kuvveti yüksek. fakat yumuşama noktası düşük ve akış zordur.

Çekme

Çekme 0.004-0.008 in/in veya mm/mm' dir. % 0.4-0.8. % 20 cam fiber ilavesi yoğunluğunu yaklaşık 1.20 g/cm³'e çıkarır fakat çekme % 0.2-0.4'e düşer. Baskı sonrası çekme ihmal edilebilecek kadar küçüktür.

Dirençli olduğu maddeler

Organik kimyasallara PS 'den daha fazla dayanıklıdır. (örneğin karbon tetrakloride). Kirlenmeye (staining) ve bazlara, asitlere (konsantre oksitli asitler hariç) tuzlar, yağlar; ayrıca hidrokarbonların ve alkollerin çoğunluğuna dirençlidir. Konsantre fosforik asit ve hidroklorik asitten çok az etkilenir. Ürünlerin çoğu çevresel şok çatlamasına (enviromental stess cracking) ESC karşı dirençlidir.

Dirençsiz olduğu maddeler

Aromatik ve klorlu hidrokarbonlara, esterlere, eterlere, ketonlara ve çeşitli klorlu hidrokarbonlara dirençsizdir. Örneğin metilen klorid, etilen klorid ve trikloretilen gibi.

Malzemenin tanınması

Yoğunluğu 1,07 g/cm³ dür (katkısız grad). Suda batır, doymamış magnezyum kloritte yüzer. Çeşitli renkte kullanma imkanı vardır. Tabii rengi fildişi veya beyazdır. Bu da plastiğin üretimindeki polimerizasyon metodu ve kullanılan hammadde cinsine bağlıdır. A.B.S oranı 20/30/50 dir. ABS erimeye yaklaşık 175 °C (350 F) de başlar ve sıcaklık arttıkça erimiş plastiğin viskozitesi düzgün şekilde düşer. Yaklaşık 290 °C derecede malzeme depolimerizasyonla ve oksidasyon reaksiyonuyla malzeme bozulur. Malzeme alev çıkana kadar ısıtıldığında sarı isli duman çıkarır ve akril alkaline gibi kokar ki bu da yanmış kauçuk kokusudur. Normal gradı kolayca yanar ve alev plastikten çekilse dahi yanmaya devam eder, yanan damlalar oluşur. Stiren plastiğin genel özelliği suda erimiş tuzlara, orta asit ve baz konsantresine dirençlidir. Alifatik hidrokarbon örneğin heptan ve sikloheksan PS ve TPS kolayca etkiler fakat SAN ve ABS ye etki etmez. Karbon tetraklorit ABS ve SAN'a yavaşça etki eder fakat PS ve TPS'ye çok çabuk etki eder. Karbon tetraklorit direncinden dolayı TPS'den kolayca ayrılabilir. TPS metil alkole daha dirençlidir.

Renklendirme

Kuru boya, masterbeç ve sıvı boya gibi değişik renklendirme tekniğiyle renklendirilebilir Kuru renklendirme her zaman en zor renklendirme tekniği olarak göz önüne alınmalıdır. Kuru ABS renklendirme diğer genel kullanım plastiklerinden daha zordur çünkü malzeme kuru renklendirme tekniğinin bütün dezavantajlarını gösterir. ABS gradına uygun boya seçilmesi, iyi malzeme kurutulması ve boya karıştırma tekniğiyle iyi sonuç alınır. ABS için kullanılan renk konsantresi ABS tabanlıdır ve üniversal (genel, yaygın) boya uygun değildir. Üniversal

tipin konsantre oranı % 1-2 dir. ABS tabanlı masterbeçler için kullanılan oranı % 3-7 dir. Masterbeçi ABS'de kullanmadan önce ABS ile uyumlu (compatible) olduğu kontrol edilmelidir. Pastel tonlar daha beyaz temel renkle kolayca elde edilebilir. Arka basınç kullanılarak pigmentin erimiş plastikte daha iyi dağılması sağlanabilir. Konsantresi % 1-1.5 arasında olan sıvı boya ABS de kullanılır. Konsantrasyon bu belirtilen oranın üzerinde kullanılırsa bazen problem yaratır. Örneğin vida üzerinde plastiğin kayması ve farklı baskı miktarı gibi.

Yolluk ve yolluk girişiyle ilgili

Tavsiye edilen kalıp sıcaklığı 60 °C dir. Eğer plastik erime sıcaklığı olarak 240 C kullanılmışsa bir gram plastikten maksimum geri alınması gereken ısı 369 joule J olur. Belirlenmiş sıcaklık dereceleri için özgül ısı yaklaşık 2050 j/kgK dir. ABS genellikle yüksek viskoziteli (akma dirençli) malzemedir. Bundan dolayı geniş yuvarlak veya altıgen (trapezoidal) kapı ve yolluğa ihtiyaç vardır. Soğuk yolluklu kalıplarda 6-8 mm yollu k çapı kullanılır veya yuvarlak yollukla aynı alana sahip altıgen yollu k kullanılır. Yarı yuvarlak (semi circular) yolluk kullanılmamalıdır. Birçok kalıp tipi ABS de kullanılır. Örneğin sıcak yolluk, yolluksuz vs. sıcak yollukta 12-15 mm çaplı yolluk tavsiye edilir. Hassas sıcaklık kontrolü polimerin manifold bloğunda aşırı ısınmasına engel olmak için gereklidir. Bu özellikle renkli malzeme baskısında gereklidir çünkü aşırı ısınma nedeniyle renk gölgelenmesi yapar. Kalıp yapımında berilyum bakır alaşımının kullanılması tavsiye edilmez. Alevlenmeyen gradlar için sıcak yolluk tavsiye edilmez. Tab, kenar, iğne, dalgıç, sprue ve fan yolluk girişi gibi yolluk giriş tiplerinin çoğu ABS de kullanılabilir. Tab kapı, plastiğin fışkırarak kalıbı doldurma (jetting) olayını ve kapı lekesini minimuma indirir. Tab 15x12x2 mm (uzunluk, genişlik, derinlik) olmalıdır. Tab boylamasına ortada 3 mm genişlikte aynı derinlikteki kapı ile birlikte konulmalıdır. Yolluk giriş derinliği 1 mm'den büyük baskılar için birden fazla tab, birbirinden 300 mm aralıklarla yerleştirilmelidir. Baskı işlemi esnasındaki yanma izi veya baskı yüzünde renk gölgelenmesine engel olmak için iyi kalıp havalandırması gereklidir. Tipik havalandırma ölçüleri 0.025-0.050 mm derinlik, 4-6 mm genişliktedir. Maksimum shear rate (plastik tabakalarının birbirine göre akma oranı birimsizdir.) 50000 1/s civarındadır. (kaplama gradeler için 30000 1/s).

Yolluk uzunluğunun baskı duvar kalınlığına oranı

100-200/1 dir. Sıcaklığa dayanıklı gradın yolluğunun uzunluğu (GP) genel kullanım gradın yolluğundan kısadır. Cam fiberli gradın yolluğunun oranı 100-120/1 civarındadır.

Parça izdüşüm alanı

Grada bağlı olarak kalıp kapama basıncı 2.5-4 ton inch² (47-62 MNm) olmak üzere ayarlanır.

Malzeme ve baskının depolanması

Bu malzemeler hidroskopikdir. (havadan nem çeker) 24 saatte % 0,2 – 0,35 oranında nem çekerler. Bu orandaki nem baskının mekanik yapısını çok etkilemez. Fakat enjeksiyonda % 0.2 nin üzerindeki nem oranı yüzeyi büyük oranda etkiler. Eğer % 0.3'ün üzerinde nem olursa ekstrüzyon yapılmış malzemenin yüzeyini çok ciddi şekilde etkiler. Eğer malzeme % 0.2 den fazla nem çekerse kullanmadan önce sıcak kurutma fırınında 2-4 saat 80-85°C de kurutulmalıdır veya desikant (nem alıcılı) kurutucuda 80 °C 1-2 saat kurutulmalıdır. Sıkı depo kontrolü FI-FO (ilk giren ilk kullanılır) uzun kurutma işlemini azaltır. Önceden malzemenin ısıtılması malzeme işlemeyi kolaylaştırır. Kuru PC/ABS karışımı (blend) 100 °C de kurutulur. Bir çok ABS bileşimi kaplanabilir. Kaplama için genleşme oranı düşük özel grad kullanılır ve üzerinin az çizilmesi için mümkün olduğu kadar az ellenmelidir. Elle tutmak gerektiğinde temiz eldiven kullanılmalıdır. Eldiven düzenli olarak değiştirilmelidir. Baskıyı kalıptan çıkaran (mould release) spray kullanılmamalıdır ve baskılar sarılmalıdır. Yüzeydeki hata izlerini azaltmak için daima kaplama gradi 4 saat kurutulmalıdır. Geri dönüşüm malzemenin nem çekme oranı orijinalden daha fazladır. Kullanılmadan önce mutlaka kurutulmalıdır. Geri dönüşüm plastik % 30 dan az olmak şartıyla kullanılmalıdır.

Silindir (ocak)

Sıcaklığa dayanıklılığı PS kadar iyi değildir. Yüksek erime sıcaklığında duman problemi olur. Meme tarafında uygun havalandırma olmalıdır (katalitik yanma); havalandırılmalı (vented) makinede havalandırmanın olduğu yerde havalandırma yapılır. Genel kullanım vidası kullanılabilir, örneğin L/D oranı (uzunluk/ çap) 18:1 ve sabit vida adımı (pitch) 1 D kullanılabilir. Besleme bölgesi yaklaşık 0.5 L, sıkıştırma bölgesi 0.3 L ve ölçme bölgesi 0.2 L; 2/ 1 sıkıştırma oranı yeterlidir. Vidaya geriye dönüşsüz valf (non return) takılır. Vidaya geri-dönüşsüz valf yüksek arka basıncı kullanılmayacaksa takılmaz. En iyi sonuç yaylı ve hidrolikle çalışan valfli tiplerde elde edilir. Fakat çoğunlukla baskılar açık memeye ve artı geri emişle erimiş plastiğin sarkmasını azaltır. Açık renklerde büyük baskılarda sarkma (stagnation) renk tonlanmasına sebep olur. Havalandırılmalı ocak kurutmayı azaltmak için kullanılabilir. Tipik L/D oranı havalandırılmalı vida için 20/1 veya daha büyüktür. Plastiği havalandırma bölümüne gelmeden önce eritmek için besleme bölgesi sıcaklığı malzeme akışına engel olmayacak şekilde mümkün olduğu kadar yüksek tutulmalıdır. Böylece gazların havalandırmadan uçması sağlanır

Vida yastığı

Küçük çaplı makinelerde 3 mm, büyük makinelerde 9 mm yeterlidir.

Baskı kapasitesi (shot capacity)

% 80-60 arasında kapasite kullanılmalıdır. Eğer baskı kapasitesi düşük yani %30'dan az ise malzeme bozulur. Bu riski azaltmak için vida hızı, ocak sıcaklığı ve arka basınç azaltılır.

Erime sıcaklığı

Bu memeden veya dışarı atılmış plastikten ölçülür. Graddan grada değişir. Örneğin alevlenmeyen (flame retardant) grad ve ABS/PVC alaşımlar standart graddan daha düşük sıcaklıkta eritilir. Yüksek sıcaklık grad, ABS/PVC ve ABS/SMA grad alaşımlar yüksek erime viskozitelerinden dolayı yüksek sıcaklıkta eritilir. Kaplama gradlar, yüksek sıcaklıkta eritilir ve bunlar için düşük enjeksiyon hızı kullanılır. Çünkü iç gerilimin minimuma indirilmesi gereklidir.

Malzemenin ocakta kalma süresi

Ocak sıcaklığı 265 °C de malzemenin maksimum ocakta kalma süresi 5-6 dakikayı geçmemelidir. Ocak sıcaklığı 280 °C olduğu zaman ocakta malzemenin maksimum bekleme süresi 2-3 dakikayı geçmemelidir. Alevlenmeyen grad makine durması esnasında bozulabilir. Eğer önceden görülmeyen sebepten makine durursa makineyi standart gradla temizlemeden önce ocak sıcaklığı 120 °C indirilmelidir. Ocakta plastiğin bekleme sürelerinde değişiklik veya baskı süresindeki değişiklik renk değişikliğine sebep olur.

Enjeksiyon (doldurma) hızı

Alevlenmeyen grad için yavaş ve sıcaklığa dirençli grad için yüksek (baskı içi gerilimi azaltmak için) enjeksiyon hızı kullanılır. En iyi baskı yüzeyi (örneğin yüksek parlaklık) programlanmış hız, iyi kurutulmuş malzeme ve yüksek kalıp, erime sıcaklığı ile elde edilir.

Enjeksiyon basıncı

Makine ilk etap (enjeksiyon) için 1500 bar; 150 MN/m²; 1400 psi, ikinci etap (ütüleme) için 750 bar; 75 MN/m²; 10700 psi'e kadar basınç verebilecek kapasitede olmalıdır. Vida dönme hızı düşük vida hızı tavsiye edilir; hız (rpm) baskı süresine uyum sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır fakat vida yüzey hızı 0.55-0.65 m/s den yüksek olmamalıdır. Eğer 40 mm çaplı vida kullanılırsa vida dönme hızı 290 rpm'den yüksek olmamalıdır. Benzer olarak maksimum vida çapı, vida 200 rpm döndüğünde ve vida yüzey hızı olarak 0.55-0.65 m/s elde etmek için 60 mm olmalıdır.

Arka basıncı

150 bar; 15MNm/inch² kadar kullanılır. Genel olarak nominal değer 75 bar (7,5 MN/inch²) sabit baskı ağırlığı elde etmek için kullanılır.

Geri dönüşümlü plastiğin kullanılması

Artık malzeme kullanılması gerektiğinde orijinal malzemeyle % 30 dan fazla karıştırmadan kullanılmalıdır. Fakat kaplama gradına geri dönüşümlü plastik karıştırılmaz. Geri dönüşümlü plastik ilave edildiği zaman ilave edilen miktara bağlı olarak vikat yumuşama noktası ve kırılma kuvvetinin azalacağı göz önüne alınmalıdır. Kuvvetli (heavy duty) makineler kullanılmalıdır ve uyumsuz maddelerin karışmamasına dikkat edilmelidir ki bunlar baskıda kabuk kabuk ayrılmaya (delamination) ve ufalanarak kırılmaya (brittleness) sebep olur.

Baskı sonrası işlemler (finishing)

Isı iletkenliği kötü olduğu için makine çalışması esnasında havayla veya sıvıyla soğutulması güzel yüzey ve/veya hassaslık için önemlidir. Baskı dikkatli ellenmeli çünkü kolayca çizilebilir ve sarılmalıdır.

15.2. Naylon 6 (PA 6)

Diğer isimleri

Polikaprolaktam. poliamid

Malzeme yapısı

Naylon poliamiddir. Amid grubu ihtiva eder . Bunlar lineer alifatik bölümle birleştiğinde (metilen grup temelli) malzeme lineer alifatik poliamid diye adlandırılır. Malzeme yapılışına istinaden tek harfle aminoasid veya laktam belirtilmiştir. PA 6 kaprolaktamdan ring açılması işlemiyle elde edilir. Kristalleşen, sert (tough). resilient (darbeden sonra hemen eski haline gelebilmesi) ve malzemenin zaman içinde yük altında sarkmasına (creep) dirençli (dinamik yüke) bir malzemedir. Bu PA 66 ile aynı yapıya (fiziksel. kimyasal. elektriksel) sahiptir. Örneğin nem kapan malzeme olarak değerlendirilmelidir. Erime sıcaklığı PA 66 dan daha düşüktür ve işleme sıcaklığında yaklaşık 25 °C değişim gösterebilir; biraz daha açık renklidir. Yüksek kırma kuvvetine ve yapılarını düşük sıcaklıkta biraz daha iyi korurlar. PA 66 dan daha iyi solvent. yağ, deterjana direnci vardır fakat sulandırılmış mineral aside direnci kötüdür. Çeşitli gradlarda satın alınabilir. Çeşitli katkı maddeleriyle veya elyaf, yumuşatıcı (plasticiser) vb ile malzeme yapısı geniş bir şekilde değiştirilebilir. Alevlenmeyen gradı halojensiz ve fosforsuz olarak ve VA oranı 0.25 mm olarak bulunabilir. Düşük nem de ve sıcaklıkta makul elektriksel izolatörüdür. Ultrason, sürtünme, ısıtılmış alet ve sıcak havayla kaynak yapılabilir. Solvent kaynağı için metil etil keton ve metilen klorit kullanılabilir. Baskı boyayla, aletle yüzeyde şekil motif oluşturma (embossing) yapılabilir ve yüzeye yapılan işlemden sonra metalize edilebilir. Örneğin kaplama için sır çıkarmak ve boya için statığın çıkarılması gibi. ABS metal işleme makineleriyle kolayca işlenebilir. Demir harici metallerin

kesiminde kullanılan kesiciler (freze, torna çakısı, matkap ucu vs.) kullanılır (sarı ve kızıl için kullanılır)

Akışkanlık

Kolay akan bir maddedir. PA 66 den hafifce daha serttir (stiffer). 280 °C de viskozite 45 den 300 Nsm² kadar grad bağlı olarak değişir.

Çekme

0.010-0.015 in/in dir. Cam elyaflı grad 0.003 in/in kadar Plastik akış yönünde çekmesi küçüktür fakat akış yönüne dik yönde 0.01 kadar yüksektir. Mineral katkılı gradlarda çekme her yönde eşittir (uniform).

Dirençli olduğu maddeler

Alkol (örn. Metanol), aromatik hidrokarbon, esterler ve ketonlar. Klorlanmış hidrokarbonlara direnci fena değildir. Yağa ve baza direnci iyidir.

Dirençli olmadığı maddeler

Asitler ve oksidasyonlu maddelerin solüsyonu. Formik asit, sülfirik asit, dimetil formamid ve m-kresol solventtir (bütün PA 6 lar için)

Malzemenin tanınması

PA yanma esnasında bazik buhar salgılar, ortası mavi kenarları sarı bir alevle yanar. Beyaz duman salgılar, alev kolayca kaybolur ve yanmış saç veya boynuz kokusu koklanabilir. PA suda batar (yoğunluğu 1.12-1.15 g/cm³). Erime sıcaklığı PA 66 düşüktür (PA 6 220 °C ve PA 66 265 °C) darbeye dayanıklı, bıçakla kolayca kesilen, kesildiğinde kenarları düzgün çıkan bir malzemedir.

Boyama

Fabrikada yapılan renklendirme bazen lekelenme problemi yapabilir. UV direncini (titanyum dioksitle daha da kötüleşir) vs. boyayı kullanmadan evvel malzeme satıcısıyla uygunluğu kontrol edilmelidir. Dışarıdaki kullanımlar için siyah birleşim tercih edilmelidir. Yüzey boyaması yapılabilir.

Malzemenin ve baskının depolanması

Eğer depolandığı yer açık bırakılırsa ani nem çekmesi oluşur. Eğer nem oranı % 0.2'den fazla olursa erimiş plastiğin ve baskının yapısı etkilenir. 80 °C de 16 saat iyi havalandırılmış sıcak hava fırınında kurutulmalıdır. Eğer malzeme çok nemli ise (8 saatten fazla açıkta kalmışsa) vakumlu 105 °C 12 saat kurutma gereklidir. Aynı şartlarda PA 66 daha fazla nem çeker (% 2.5, % 1.5 la karşılaştırılırsa) ve bunun için temiz ve kuru bir ortamda saklanmalıdır. İlk gelen ilk kullanılmalı prensibine uyulmalı ve nem girmesine engel olan özel kutularda saklanmalıdır. Bu kutular fabrikaya geldiğinde fabrika sıcaklığına ulaştıktan sonra yalnızca

ihtiyaç duyulduğunda açılmalıdır. Makine besleme hunisi (hopper), saklama kutuları kapalı tutulmalıdır.

Yolluk ve yolluk girişiyle ilgili

Tavsiye edilen kalıp derecesi 80 °C dir. Eğer maksimum erime sıcaklığı 250 °C kullanıldığında her bir gram erimiş plastikten geri alınması gereken ısı 520 J'dür. Belirlenmiş sıcaklık derecelerine göre özgül ısı yaklaşık 3060 j/kgK'dir. PA'ın yapısı kristalleşmeyle büyük oranda değişir. Soğutma çok hassas ve sabit derecede olmalıdır. Sıcak yolluklu kalıp kristalleşmeyi artırır. Artan kristalleşme baskının su çekme oranını azaltır ve sürtünme direncini (abrasion) artırır. Bütün yolluk giriş tipleri kullanılabilir. PA 66 ve POM de kullanılan benzer. Yolluk çapı oldukça küçüktür (örn. 3-6 mm) viskozitesi (akma direnci) düşük olduğu için. Cam elyafı grad daha geniş yolluğa ihtiyaç duyar. Eğer düşük kalıp derecesi 20 °C kullanılırsa baskı hemen hemen cam gibi ışığı geçirgen şekilde çıkar.

Yolluk uzunluğunun duvar kalınlığına oranı

Akzo plastik tarafından belirtilen bilgiye göre 1140 bar basınçta, kalıp sıcaklığı 80 °C 'de 1 mm'lik duvar için maksimum yolluk,

Baskının izdüşüm alanı

4-5 ton inch² veya 62-77 MNm²

Silindir

Üç bölge vida aşağıdaki geometride tavsiye edilir. L/D oranı 20/1; sıkıştırma oranı 2.2/1. Ölçme bölgesinde vida derinliği 0.06 D dir. Besleme, sıkıştırma, ölçme bölgelerinin uzunlukları 0.6/O.2/O.2'dir. vidaya kapatmalı (shut off) valf takılmalıdır ve memede kapatmalı alet takılmalı (örn. iğne valf) veya açık meme dekompresyonla (geri emişle) birlikte kullanılmalıdır (PA 66 bak). Cam elyaf çok eskimeye (sürtünme) sebep olur bunun için iyonlanmış vida ve ocak kullanılmalıdır.

Vida yastığı

3-6 mm

Baskı kapasitesi

% 70'dir. Cam elyaflı gradlarda % 30-60'dır.

Erime sıcaklığı

Memeden veya dışarı atılmış plastikten ölçülür. 230-280 °C arasındadır, tavsiye edilen 250 °C dir. Cam elyaflı grad için 270-280 °C dir.

Sıcaklık ayarı

1- Ocak arkası 220-240 °C

2- Ocak ortası 230-250 °C

3- Ocak ortası 230-260 °C

4- Ocak önü 230-270 °C

5- Meme 220-260 °C

6- Kalıp 60-90 °C

Malzemenin ocakta kalma süresi

300 °C nin üzerinde erime sıcaklığı ve uzun süre ocakta malzeme kalmasına engel olmalıdır örneğin 20 dakika. Eğer engel olunamayan gecikme olursa sıcaklık derecesi 200 °C ye indirilmelidir.

Enjeksiyon (kalıp dolma) hızı

Mümkün olduğu kadar hızlı olmalıdır. Cam elyaf1ı gradlarda düz, mat yüzey elde etmek için yavaş hız kullanılır. Hızlı dolma parlak yüzey verir fakat hafifçe kabarıklıdır.

Enjeksiyon basıncı

Makine ilk etap (enjeksiyon basıncı) için 1500 bar; 150 MN/m²; 2175 psi, ikinci etap (ütüleme) için 750 bar; 75 MNm; 10875 psi basınç verebilecek kapasitede olmalıdır.

Vida dönme hızı

Vida yüzey hızı PA 66 'nin aynıdır (örn. 0.5 m/s) fakat alevlenmeyen grad için hız 0.2 m/s olmalıdır. Fazla sürtünmeden dolayı malzemenin fazla ısınmasına ve yanmasına engel olmak için tercih edilir.

Arka basıncı

150 bar; 15 MN/m²; 2175 psi kadar kullanılabilir. Erime durumuna göre oldukça düşük viskozitede minimum basınç kullanılır. Yüksek arka basıncı erimiş plastiğin iyi karışmasına (homogeneity) yardımcı olmaz ama vidanın geri dönüş zamanını uzatarak baskı süresini uzatır.

Geri dönüşümlü plastiğin kullanılması

% 20'ye kadar Geri Dönüşümlü Plastiğin orijinal plastiğe ilavesi plastiğin akışkanlık ve mekanik yapısını ciddi bir şekilde değiştirmez.

Baskı sonrası işlemler (finishing)

Eğer baskının sıcaklığa dayanıklılığı istenirse non oksit yağda malzemenin yavaşça soğutma işlemi (anneal) yapılır, örneğin 20 dakika 150 °C de. Torna, tesviye, matkapla işlenebilir (0.05-0.04 mms/rev (devir) kullanılır). Baskıya kaplama, boyama, vakumla metal kaplama yapılabilir.

15.3. Naylon 66 (PA 66)

Diğer isimleri

Poli(hekzametilen adipamid)

Malzemenin yapısı

Poliamid diaminnin dibasik asitle reaksiyonuyla hazırlanabilir; diamin ve asitteki karbon atomu sayısıyla tanımlanır. 66 naylon heksametilen diamin ve adipik asitten yapılır. Monomer ve kopolimer sayısı artırılarak hazırlanabilir ve kopolimer ve homopolimer karıştırılabilir. Katkı maddesi ve yumuşatıcı ilavesiyle çok çeşitli yapıda plastik elde etmek mümkündür. Naylonların en yüksek erime sıcaklığına sahip olanı PA 66'dır, yüksek kuvvete ve sertliğe (stiffness) ve sıcaklık artışıyla sertliğini koruma özelliğine sahiptir. Baskıdan sonra su emer (fakat PA 6 kadar değil) bu da (toughness) darbeyi karşılama gücünü 2 katına kadar artırır ve baskının şişmesine sebep olur. PA 66'dan yapılacak parça dizayn yaparken nem emilmesinin boyutlara ve fiziksel yapıya etkisi göz önüne alınmalıdır (her % 1 nem emilmesinin baskı boyutlarında yaptığı artış yaklaşık 0.003 in/in dir). Nem emilmesinin oranı ve miktarı duvar kalınlığına, havadaki neme ve naylon içindeki katkı maddelerine bağlıdır. Naylonun birçok yapısı nem oranının fonksiyonuna göre gösterilir. % 50 RH ve 23 °C de nem oranı % 2.5 dir. Cam elyaf kuvveti ve sertliği büyük oranda değiştirmek için ve kristalleşmeyi arttıran katkı maddesi (nucleating agent, kristalleşme malzemenin kuvvetini artırır) hızlı baskıda ani kristalleşme sağlamak için kullanılır (PA 6 dan daha fazla enjeksiyon hızı kullanılmalıdır). Her ikisi de asetalden daha iyi sürtünme direncine sahiptir. Süper darbeye dayanımlı (tough) PA 66 çatlamaya ve var olan çatlakların büyümesine karşı dirençlidir. Gerilim konsantrasyonuna (iç gerilim toplanmasına) karşı dirençlidir.

Akışkanlığı

Düşük viskozite gradlarda, sıcaklık çok hassas bir şekilde kontrol edilmelidir. 280 °C de viskozite grada bağlı olarak 40-400 Nsm² olarak değişir.

Çekme

0.010-0.020 in/in dir. Cam elyafı gradların çekmesi düşüktür ve plastiğin akış yönünde ve buna ters yöndeki çekmede çok farklılık vardır (5 kat). Mineral katkılı grad daha isotropikdir (çekme oranı baskının her tarafında eşittir). Kristalleşmeyi arttıran katkı maddesi baskı sonrası çekmenin azalmasına yardımcı olur. Baskının ince kısımları kalın kısımlarından daha fazla baskı sonrası çekme gösterir. Düşük kalıp sıcaklığı baskı sonrası çekmeyi artırır. İnce kısımlar kalın kısımlardan daha az çekme gösterir. Dirençli olduğu maddeler Solventlerin çoğuna dirençlidir. Esterlerde, ketonlarda, aromatik hidrokarbonlarda, klorlanmış hidrokarbonlarda, bazlarda, sulandırılmış asit solüsyonlarında ve organik asitlerin çoğunda çözülmez. Bazı klorlanmış hidrakarbonlar şişmeye sebep olur. Yağlara karşı mükemmel dirençlidir.

Dirençli olmadığı maddeler

Değişik asit ve oksidasyon maddeleridir. Formik asit ve fenol, solvent etkisi yapar. Stabilize edilmemiş malzeme açık havada renk solmasına ve baskının zaman içinde ufalanmasına (embrittlement) sebep olur. Nemle şişen baskıda elektriksel özellikler bozular.

Malzemenin tanınması

Yanmada önce erir, rengi koyulaşır ve sonra ufak mavi ve kenarları sarı bir alevle yanar. Beyaz duman çıkarır ve alev kolayca söndürülebilir. Kereviz kokusu yayar. Naylonları sınıflandırmanın en kolay yolu erime sıcaklıklarıdır. PA 66 yüksek ve kesin erime sıcaklığına sahiptir (265 °C) (PA 6220 OC). PA 66 kloroform, benzin alkol ve trikloroetilen daha dirençlidir. PA 6 4N-hidroklorik asitte erir ve N kaynar, N-dimetilformamid (PA 66 de bu olmaz). Özgül ağırlığı 1.15 gr/cm dir (PA 66 1.13 gr/cm) ve suda batar ve doymamış magnezyum klorit solüsyonunda yüzer. Kolayca kesilebilen sert, darbeye dayanımlı (tough), opak malzemedir. Kesilen kenar düzgündür.

Renklendirme

Çoğunlukla renklendirilmiş plastikler tercih edilir, çünkü ilave boya plastiğin yapısını çok etkiler. Herhangi bir boya ilave etmeden önce boya üretici sine veya satıcısına danışılmalıdır. Kuru karışım için önce kuru karıştırıcı havayla temizlenmeli sonra yeni açılmış malzeme ile doldurulmalı, karıştırmadan hemen sonra kuru karışım hemen kullanılmalı veya nem geçirmez bidonlarda muhafaza edilmelidir. Boya fabrikalarının PA 66 için sıvı boya üretmelerine rağmen; sıvı boya kullanımı yaygın değildir.

Malzeme ve baskının depolanması

Malzemenin havayla teması hızlı nem çekimine sebep olur. Eğer nem oranı % 0.2 den fazla olursa akışkanlığa etki eder. İyi havalandırmalı sıcak hava fırınında 85 °C de 4-5 saat kurutulmalı, oksidasyona sebep olmamasına dikkat edilmelidir. Eğer malzeme çok nemli ise (örneğin havayla 8 saatten fazla temas etmişse) vakum kurutması (örneğin 105 °C'de 12 saat kadar) gereklidir. İlk gelen ilk kullanılır prensibine dikkat edilmelidir. Kullanımdan hemen sonra bidonun ağzı kapatılmalıdır. Besleme hunisinin ağzı kapalı tutulmalı ve aşırı doldurulmamalıdır. Cam elyaflı gradlar 75 °C de 16 saat kurutulmalıdır.

Yolluk ve yolluk girişiyle ilgili

Tavsiye edilen kalıp derecesi 80 °C'dir. Eğer 280 °C maksimum sıcaklık kullanılırsa her gram erimiş plastikten geri alınması gereken ısı 614 J'dür. Belirlenmiş çeşitli plastik erime dereceleri için yaklaşık özgül ısı 3075 J jkgK dir. Maksimum basınç iletimi için kısa, tam yuvarlak yolluk ve yolluk girişi gereklidir. Yolluk çapı 3-6 mm ve yolluk giriş çapı parça kalınlığının yaklaşık yarısı kadar olmalıdır. Plastiğin zamanından önce donmasına ve erimiş

plastığın fazla ısınmasına engel olmak için yolluk girişi oldukça geniş olmalıdır. Erken soğumaya engel olmak için kalıp doldurma hızlı enjeksiyonla yapılmalıdır. Özellikle ince duvarlı malzeme ve cam elyafı malzemedeki hızlı enjeksiyon kullanılmalıdır. Düşük akışkanlık iyi kalıp havalandırması gerektirir. Düşük akışkanlık aynı zamanda kaynaklı bölge gözle görülebilir olsa dahi zayıf olmasının göstergesidir. Kalıp sıcaklığı çok hassas olmalıdır. 1 °C sıcaklık değişimi çekmeyi % 1 'in üzerinde değiştirir. Baskının kalıptan atılması esnasında itme gücü geniş alana ve eşit olarak, malzeme esnekliğine uygun olarak dağıtılmalıdır. Cam elyaf (mineral katkılı) malzeme daha serttir, bunun içinde plastik oranı düşük olduğu için baskı süresi kısaldır. Yolluğun paçanın duvar kalınlığına oranı baskı duvar uzunluğuna çok bağımlıdır çünkü naylon ince duvarlı malzeme de kolayca donar. 2 mm duvar kalınlığında 300-350/1 dir. 1 mm duvar kalınlığında yaklaşık 180-250/1 dir, fakat erimiş plastiğin homojenitesi çok iyi olmalıdır.

Parça izdüşüm alanı

4/5 ton inch² (62-77 MNm)

Silindir

Hassas sıcaklık kontrolü uygulanır, imkanı varsa açık meme kullanılarak memeden malzemenin sarkarak akması minimuma indirilir. Dekompresyonda (geri emişle) açık meme iyi sonuç verir.

Vida yastığı

3-6 mm civarındadır.

Baskı kapasitesi

% 15 civarında kullanılabilir fakat % 60'ın altında olmalıdır.

Erime sıcaklığı

260 °C dan 290 °C kadardır. Tavsiye edilen 280 °C dır. Kaydırıcılı ve alevlenmeyen gradın erime sıcaklığı düşüktür. Örn. 260 °C den 275 °C ye kadar.

Plastiğin ocakta kalma süresi

Erime sıcaklığının 300 C üzerinde tutulmasına ve uzun süre malzemenin ocakta kalmasına engel olunmalıdır, yanmaya sebep olur. Yanma renk kaybolmasına ve kırılabilirliğin artmasına sebep olur. Eğer malzeme fazla ısıtılmışsa ocak boşaltılmalıdır, gecikme kaçınılmazsa sıcaklık 200 °C 'ye indirilmelidir.

Enjeksiyon hızı

Cam elyafı ve ince duvarlı parçaların enjeksiyonunda yüksek doldurma hızı gerektirir. Kalıp havalandırmasının iyi olmaması kalıp doldurma hızını azaltabilir. Siyah malzeme basarken,

önce doğal malzemeye enjeksiyon yapıp havalandırma yanma, hava kabarcığı gibi hataların olup olmadığı kont rol edilmeli.

Enjeksiyon basıncı

Makine ilk etap basınç(enjeksiyon) 1500 bar; 150 MNm; 21750 pound inch², ikinci etap basınç (ütüleme) 750 bar; 75 MNm; 10500 psi basınç verebilecek güçte olmalıdır. İlk etap ve ikinci etap basınç için örn. 75 MNm² gibi bir ayar yapılmalıdır ki bu, baskının her tarafında eşit kristalleşme için gereklidir. Vidanın ileri hareket süresi çok önemlidir ve baskının soğuma süresinden uzun olabilir. Örn. her bir mm duvar kalınlığı için 5 saniyedir

Vida dönme hızı

Fazla ısınmaya engel olmak için düşük ve orta enjeksiyon hızı uygulanır. Cam elyafli grad için 100 rpm 'den düşük, cam elyafsız grad için 200 rpm'den düşük hız uygulanır (yaklaşık 0.5m/s).

Arka basıncı

100 bara kadar; 10 MNm; 1450 psi Erimiş plastiğin homojenliği için düşük arka basıncı gerekebilir (örn. 1 MNm² 145 psi), fakat mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır.

Baskı sonrası İşlemler (finishing)

Bilenmiş aletlerle, yüksek hızda, düşük oranda makinede işlenir. Aqueous fenolla baskı solvent kaynağı yapılabilir (% 12) veya etanol ve kalsiyum klorit deki PA 66 solusyonuyla. Eğer boyut değişikliği olmaması önemli ise baskının yavaş soğutulması (annealing) ve/veya nem oranının azlığı gereklidir. Baskının okside yapmayan yağda 170 °C 20 dakikada yavaş soğutulması gerekir. Belki su emilme oranı baskın su içine konularak dengelenebilir (equilibrium) (maksimum 60 °C sıcaklıkta) böylece su oranı eşit olarak dağıtılabilir ve PA sarılarak depolanır. Boyama ve kaplama imkanı vardır - % 40'lık formik asitle yüzeyi önce pürüzlendirilir. Hot foil 160-190°C yapılır. Naylon baskı 90°C de 15 dakikada renklendirilebilir.

15.4. Naylon 11 VE 12 (PA 11 VE PA 12)

Diğer isimleri

Yüksek karbonlu naylon, PA11 polidekanoamid olarak ve PA12 polilauroid olarak bilinir.

Malzemenin yapısı

Her ikisi de lineer yapıya sahiptir. PA 6 ile PE arasında bir yapıya sahip plastik çeşidi olarak görülür. Genel olarak PA 11 ve 12 aynı yapı ve işleme özelliklerine sahiptir. 11 castor yağından, 12 butadiene'den yapılmıştır. Kristal yapıdaki farklılıktan dolayı amid group (CONH) molekül içindeki yerleşiminden-PA 12'nin erime sıcaklığı ve yoğunluğu az miktarda

düşüktür. PA 11 'in yüksek sıcaklıktaki performansı ve UV'ye direnci süperdir. Elektriksel izolasyonu makuldür ve diğer naylonlar gibi nem çekme oranındaki değişimlere çok hassas değildir. Oda sıcaklığında mekanik yapıları aynıdır fakat 11 'in heat distorsion (parçanın şeklinin bozulmadan makinedan çıkarıldığı sıcaklığı) sıcaklığı yüksektir ve düşük sıcaklıktaki kırılma kuvveti daha iyidir. Her ikisi de iç gerilime ve sürtünmeye ve birçok kimyasala dirençlidir. Yapısı yumuşatıcılarla büyük oranda değiştirilebilir. (örn. Sulfonamid), cam elyaf vs. PA 11 'den yapılmış baskı 65 °C'de devamlı, 100-130 C sıcaklıkta kısa süreli kullanılabilir. Anti oksidanla stabilize (dengelenme) edildiğinde eğer parça çekildiğinde uzamazsa daha yüksek sıcaklıklarda devamlı kullanılabilir. Alevlenmeyen grad spesifikasyonu için formüle edilebilir. PA 6, PA 66 ve 610 ile karşılaştırıldığında bu malzemeler düşük erime sıcaklığı ve yoğunluğa sahiptirler ve tekrar nem çekme oranı çok düşük olduğu için (örn. Su sayaçlarındaki dişlilerde kullanılabilir).

Akışkanlık

PA 12 biraz daha düşük derecede işlenebilir örn. 10 °C düşük. Herhangi bir PA için viskozite tam bir şekilde belirlenemez. Baskı esnasında polimerizasyonu engellemek zordur. Viskozite sıcaklık, nem oranı, malın ocakta kalma (residence) süresine bağlıdır: nem oranı % 0.1 olmalıdır. spiral (helozonik) akış detayları aşağıda gösterilmiştir.

Çekme

Grad, baskı kalınlığı ve işleme durumuna bağlı olarak % 0.5-2'dir. Kalıp sıcaklığını arttırmak çekmeyi artırır.

Dirençli olduğu maddeler

Hidrokarbonlar, (örn. Petrol), organik solventlerin çoğuna, kuvvetli bazlar (örn. Sodyum hidroksit). Ayrıca inorganik tuzlar (örn. Çinko klorit), organik tuzlar, esterler, eter ve alkoller (benzin alkol hariç). Düşük molekül ağırlıklı alkoller şişmeye sebep olurlar. Metanol etanolden daha kötüdür çünkü molekül ağırlığı düşüktür.

Dirençli olmadığı maddeler

F değerinin çok düşük ve çok yüksek olduğu asitlere 4'ün aşağısında 12'nin üzerinde (örn. Nitrik ve kromatik asit), bazı halojenlenmiş bileşimler ve fenoller. Plastiklerin çoğunda sıcaklık artışı kimyasal direnci artırır.

Malzemenin tanınması

Her ikisi de suya yavaşça batar. PA 11 'in yoğunluğu biraz daha fazladır, 1.04 gr/cm PA 12 1.02 gr/cm ve erime derecesi biraz daha yüksektir. 185 °C ve 175 °C grad bağlı olarak aynı sertlik derecesine (hardness) sahiptir. Bütün naylonlar suda batar (PA 12 yüzer) ve alevden

uzaklaştırıldıktan sonra kendi kendine yanmaya devam eder. Naylonlar erime derecelerine göre tanınır veya küçük bir parça glacial asetik asite atılır PA 11-12 yüzer, diğerleri batar.

Renklendirme

Renklendirilmiş olarak satın alınabilir veya kuru renklendirici, sıvı renklendirici, masterbeç ile doğal plastik renklendirilir. Bazı pigmentlerin kullanımında dolayı yaratacağı probleme dikkat edilmelidir (örn. UV altında bozulmasını (degradation)) hızlandırır. Genellikle evrensel masterbeç kullanılır çünkü uygun pigmentte sahiptir.

Baskı ve malzemenin depolanması

Genel olarak folya (alüminyum tabaka) kaplı çuvallarda, nem oranı % 0.1 altında olarak satılır. Kurutmadan doğrudan makineye konulabilir. Çuvalın ağzı kullanmadan hemen sonra hemen kapatılmalıdır, besleme hunisine bir saatte kullanılacak kadar malzeme konulmalıdır. Besleme hunisi kapalı tutulmalıdır. Besleme hunisinden gelen sıcak hava nem oranının yükselmesini durdurur (eğer malzeme kuru olursa). Eğer nemliyse vakum fırında 85 °C 'de 3 saat, normal fırında 85°C 'de 5-6 saat kurutulur. Fazla nem çekmeden açık havada 1 saat kalabilir, en iyisi hava sızdırmaz siloda saklamaktır.

Kalıp ve kapıyla ilgili

Tavsiye edilen kalıp sıcaklığı 60 °C dir. Eğer 260 °C erime sıcaklığı kullanılmışsa 1 gr baskıdan soğurken geri alınması gereken maksimum ısı 488 j dir. Çeşitli sıcaklık derecesi için belirtilen özgül ısı 2440 j/kgK'dır. Bütün naylonlar sürtünmeye (shear) hassastır bunun için büyük baskıda küçük yolluk girişi kullanmak sürtünmenin sebep olduğu kristalleşmeyi artırır. İmkan verdiği ölçüde büyük yollu k girişi kullanılır. Sıcak ve soğuk yollukta baskının kullanma durumuna göre bütün yolluk girişi tipleri kullanılabilir. Sıcak yolluğu mümkün olduğunca kısa tutarak uçtaki donma engellenmelidir. Bu keskin erime sıcaklığına bağlı tek gözlü kalıplarda baskıda problem olur. Soğuk yolluklar mümkün olduğunca kısa ve çapları maliyeti azaltmak için küçük tutulmalıdır. (örn. 3-4 mm). Havalandırma önemlidir eğer yetersiz ve doğru yapılmamış havalandırma parlak (gloss) görüşün kaybolmasına sebep olur, aşırı durumlarda baskıda çapak yapar. (PA baskıda güzel görüntü (gloss) sağladığı için itici pimleri baskının en sert olabileceği yerlere yerleştirip parçanın bozulması engel olunmalıdır.) Duvar kalınlığı 7 mm den fazla olursa baskıda hava boşluğuna (voids) engel olmak için sertliği mümkünse atkı (rib) koyarak sağlamalıdır. Parça tekrar dizayn edilip kalınlık azalmasından oluşan kuvvet kaybı atkıyla takviye edilir.

Akma uzunluğu

Baskı kalınlığı, enjeksiyon basıncı, sıcaklığa bağlıdır. Örn. Standart grad BMNO spiral baskıyla yapılan baskı sonucu tabloda gösterilmiştir spiral genişliği 20 mm. Kolay akış için

parça kalınlığını erime sıcaklığını veya enjeksiyon basıncı iyileştirmek için biraz arttırmak daha iyidir.

Parça izdüşüm alanı

Kapatma gücü oldukça azdır 2 ton inch² (31 MNm)

Silindir

Alışlagelmiş vida ve ocak belki kullanılabilir (örn. HDPE). İyi sonuç konik vida dizaynıyla elde edilir (L/D oranı yaklaşık 20/1 dir). Besleme bölgesi yaklaşık 2D, sıkıştırma bölgesi 12D ve ölçme bölgesi 6D. Vida ve ocak arasındaki boşluğu mümkün olduğu kadar küçük tutmak gereklidir (örn. 0.5 mm) ve arka akış valf (back flow valf) kullanılmalıdır. Yalnızca bazı olaylarda eğer imkanı varsa açık dekompresyonlu (geri emişli) meme kullanılır.

Vida yastığı

Küçük olmalı, örn. 3-6 mm olmalıdır.

Baskı kapasitesi

Belirlenmiş kapasitenin % 95'ine kadar kullanılabilir. Fakat makine kapasitesinin çok altında kullanılması durumunda malın ocakta durma süresinin artması engellenmelidir.

Erime sıcaklığı

(Memeden veya dışarı atılmış erimiş plastikten ölçülür). 240 °C dan 300 °C ye kadar kullanılır, tavsiye edilen sıcaklık 260 °C dir. Standart grad için 310 °C yi veya alevlenmeyen grad için 270 °C yi geçmemelidir.

Enjeksiyon basıncı

Makine ilk etap için 1000 bara; 100 MNm² 14500 psi ye ikinci etap için 500 bara; 50 MNm² 7250 psi'ye kadar basınç verebilecek kapasitede olmalıdır.

Vida dönme hızı

İmkani varsa yüksek hız kullanılır, fakat gerekli değildir. 50 mm'lik vidada 50 rpm kullanılır.

Arka basıncı

200 bara; 20 MNm² 2900 psi'ye kadar kullanılabilir. Yetersiz arka basıncı kullanma avantaj değildir.

Geri dönüşümlü plastiğin tekrar kullanılması

Tekrar kullanmadan önce daima kurutulmalıdır. % 15-20'ye kadar geri dönüşümlü plastik orijinal plastiğe katılabilir.

Baskı sonrası işlemler

Düşük nem çekmesinden dolayı genellikle nem çekmeye karşı bir işlem yapmaya ihtiyaç duyulmaz. Parça boyutlarının hassas olması ve yüksek sıcaklıkta kullanılan parçalar mineral

yağda 140 °C 1 saat yavaşça soğutulur ve yağlar trikloroetilen ile temizlenir. Çeşitli işlemlere tabi tutulabilir örn. Boyama, hot foil stamping gibi.

15.5. Polikarbonat (PC)

Diğer ismi

Bisfenol-A polycarbonate

Malzeme yapısı

PC. Carbonate ester grubunun aramatik grupla bağlandığı bir poliester tipidir. Bu yapı malzemeye yüksek erime viskozitesi verir ve yüksek sıcaklığa direnci mükemmeldir. Kuvvetli, sert, tough (darbeye dayanıklı) ve transparentdir ve çok geniş sıcaklık diliminde bu yapısını korur. PC yavaş yanan madde olarak sınıflandırılabilir. (Alev geciktiren gradlari VI ve VO dir.) makul elektrik izolasyon yapısına sahip olmasına rağmen elektrik arkın bulunduğu yerde kullanılmaması tavsiye edilir. Malzemenin işlenmesi esnasında çok az bir suyun bile bulunması malzemenin bozulmasına (degradasyona) sebep olduğundan dikkatli olunmalıdır ve malzemenin çentik deneyine (notches), kimyasallara ve UV ışığına direnci limitlidir. Gerilim altında olduğu zaman crazinge (malzemedeki çok ufak çatlaklar) eğilimlidir ve bu son belirttiğimiz hariç tutarsak creep'e (malzemenin yük altında zamanla uzaması) direnci mükemmeldir. Darbeye direnci iyidir, özellikle düşük sıcaklıklarda ve PC 135 °C'ye kadar termal olarak dirençlidir. Ateşi geciktiren ve cam fiberli gradlari vardır. PC 'in diğer polimerlerle olan karışımı (blend) belirli şartlarda kullanılır. Örneğin PC'in otomotiv endüstrisinde, petrale karşı düşük direncinden dolayı kullanılamaz. Kauçukla takviyeli karışım PC ve PBT -50 °C de darbeye dayanıklı (tough), yüksek sıcaklığa dirençli, petrole ve suya dirençlidir ve ayrıca boyanabilir ve ultrasonic kaynaklanabilir. Düşük molekül ağırlıklı PC gradın baskı süresi kısadır çünkü düşük akma direncine ve erime sıcaklığına sahiptir. Ateşe direnci polifosfonate (POP) ile karıştırılarak arttırılabilir. PC, ABS ile karışım halinde kullanılabilir, karışım renklendirilebilir, kuvvetli, iyi ışık geçirgenlikli, malzemenin şeklinin düştüğünde bozulmaya uğradığı sıcaklık (heat distortion temperature) yüksektir ve oldukça kolayca işlenir.

Akışkanlığı

Zor akan (stiff flow) malzeme olduğundan dolayı bu zorluğu yenmek için yüksek sıcaklıkta işlenir; nemden arındırılmalıdır aksi taktirde malzeme bozulur. PC/PET karışımı PC' dan daha düşük erime viskozitesine sahiptir. 300 °C' de ve 1000 s⁻¹ 140 ile 450 Ns m² (grad bağlı değerdedir) çekme 0,006 ile 0,008 in/in (yüzde 0,6-0,8dir) -PC artı % 30 cam fiberli malzemedeki çekme 0,003-0,005 in/in -PC/PET karışımında 0,008-0,01 in/in.

Dirençli olduğu maddeler

İnorganik asit ve seyreltik organik asitlerin çoğunluğu, alifatic hydrocarbanlar, doymamış siklo-alifatic hydrocarbon, oxide edici maddeler ve yağlar alkoller (metanal alkol hariç) ve deterjanlar, ionize eden radrasyona iyi dirençlidir. Dirençli olmadığı maddeler Sıcak su (60 °C 'nin üzerindeki suyla uzun süre kontak kurmasına engel olunur. Aminler, bazik solüsyonlar, amonyak (ve bunların solüsyonları) ve aminler, benzene, klorobenzen, aseton ve karbon tetrakloridde şişerler. Solventlerde çözülürler. Örn. Metilen di kloride, khloroform, trikloretane ve metakresol. Genelde kuvvetli bazlara, aromatik ve klorlanmış hydrocarbonlar, esterler, ketonlar ve aromatik hydrocarbonlara dirençli değildir.

Malzemenin tanınması

PC lar bisphenol-A temelli olduklarından yaklaşık özgül ağırlığı 1,21 gr / cm³ (ateşe dayanıklı gradlar 1,25) ve bunun için suda batarlar. Pyrolysis (fırında yanması) buharı tabidir ve malzeme alevde kabarcıklaşır ve malzeme kömürleşir. Yanmaya başlaması ve yandıktan sonra alevin sönmesi (alevden çekildiğinde) zordur; hafif fenol kokusu çıkarır. Alevi sarı, parlak ve siyah dumanlıdır. 140 °C'de soğumaya başlar ve 220 °C civarında erir; 135 °C de kullanılabilir. Metile kloride ve etilen dichloride çözülür. PC lar yüksek oranda karbon miktarına sahiptir ve karakteristik infrared absortion (emme) eğrisi verirler.

Boyanması

Transparan, translucent, opak gradlar halinde satılır. Çok çeşitli renklerde bulunabilir. Makinede işlenirken de renklendirilebilir (masterbeç kullanılır) fakat tozdan dolayı malzemenin kirlenmesine engel olmak için dikkat edilmelidir ve suyla malzemenin kirlenmemesine de dikkat edilmelidir. Renklendiricilerin malzemeyle uyumlu olup olmadığını (compatability) ve sıcağa dirençli olup olmadığını test ediniz. Bu malzemenin yüzeyini boyamak çok zordur. (içileceklerle lekelenmeye dirençlidir)

Kalıp ve yollukla ilgili

Tavsiye edilen kalıp sıcaklığı 90 °C eğer 300 °C erime sıcaklığı kullanıldığında enjekte edilen plastiğin soğuması esnasında 1 gramında geri alınması gereken maksimum ısı miktarı 368j. Farklı sıcaklıklardaki tespit edilen özgül ısı 1750 j/kgK'dır. PS uygulamasını göz önünde bulundur. İğne yolluk küçük parçalarda kullanılmasına rağmen genelde kapı makul boyutlarda olmalıdır, kapı derinliği parçanın maksimum duvar kalınlığının % 70 kadarı olmalıdır. Flash, (yaygın şekilde) ring (halka), diafragm kapı kullanılır. Eğer imkan dahilinde ise tam yuvarlak ve kısa yolluk (runners) kullan. Sıcak yolluklu kalıp başarıyla kullanılır; streamline (polimerin takılmadan akmasını sağlayan akış tipi) akma kanallı dışarıdan ısıtılan tipteki sıcak yolluk polimerin yollukta takılmasına ve sonuç olarak bozulmasına fırsat vermediği için kullanılır.

Kalıp sıcaklığı 80-100 °C olmalıdır. Fiberli gradlar için kalıp sıcaklığı 100-130 °C gerekebilir. PC/PBT karışımı sıcak yollukla büyük otomobil parçalarını üretmek için kullanılabilir. Sıcak yollukta minimum basınç kayıplı hassas sıcaklık kontrolü gerektirir. Sürtünme (Shear) etkisini minimum hale getirmek için kapı mümkün olduğunca büyük olmalıdır ve kalıbın polimerle dolma hızı yavaş olmalıdır. Kaynak bölgesinde havanın sıkışması önlenmelidir çünkü bu renk bozukluğuna neden olur.

Akma mesafesini parçanın kalınlığıyla orantılı olarak belirlenmesi

Grad ve şartlara bağlı olarak bu oran 30-70: 1 mm'lik parça duvar kalınlığındaki polimerin maksimum akma mesafesi/parçanın duvar kalınlığına oranı uPVC veya PMMA'dan düşüktür. Bu da erimiş plastiğin akma direncinin yüksek olmasından aynı zamanda erime sıcaklığının yüksek olmasındandır. Bu oran PC / ABS karışımı için 60-80: 1 'dir.

Parça izdüşüm alanı

Genellikle 3-5 ton/id (47-77MNm²) kilitleme basıncına ihtiyaç duyulur.

Ocaktaki parçalar

Açık meme tercih edilir, memeden polimerin sarkarak akmasına engel olunmalıdır, eğer gerekliyse bunu geri emiş (decompression) ile sağlamalıdır. Malzemenin meme ucundan sarkıp akmasını meme sıcaklığının aşırı şekilde düşürerek oranı 25: 1 civarında olan ve sıkıştırma oranı 2,5: 1 olan ve halkalı tip geri akış memesi (ring tip back flow valf) takılmış vida kullanılmalıdır. Besleme hunisinin ısıtılması gereklidir. PC/PBT karışımı için vida dişli derinliği ufak, besleme bölgesi vida uzunluğunun % 50 olan ve sıkıştırma oranı 2: 1 altında vidaya ihtiyaç duyulur. Ocakta polimerin daha kısa kalması için enjeksiyon ünitesi normalden daha ufak boyutlarda yapılmalıdır.

Vida yastığı (enjeksiyon yapıldıktan sonra vi da önünde kalması gereken erimiş polimer miktarı)

3 mm civarındadır.

Enjeksiyon kapasitesi

Makinenin belirlenmiş kapasitesinin % 85'ine kadardır.

Erime sıcaklığı

280 °C' den 320 °C' ye kadar tavsiye edilen 300 °C. Makinadaki polimerin boşaltılması esnasında iyi erimiş plastik de hava kabarcığı görülmez veya aşırı ısıtmadan dolayı gümüşi çizgiler görülmez. Periyodik olarak enjeksiyon ünitesi geri çekilerek erimiş plastik kontrol edilir. Çünkü bu nem kabarcıkları baskı esnasında görülmeyebilir ve baskının iç yapısında görülmeyebilir (parçanın görünüşü iyidir). PC/PBT veya PC/ABS karışımı için erime sıcaklığı 280 °C üzerine çıkmamalıdır. Sıcaklığa dayanıklılık datası ocakta kalma süresi olarak

245 °C 3 dakikada ve 275 °C 1 dakika olarak gösterir. Bu sınırlar aşılsa malzeme bozulur. Fiberli PC erime sıcaklığı 305 °C-330 °C olmalıdır. Erimiş plastiğin ocakta kalma süresi 320 °C' de polimer degrad (bozulur) olur ve karbondioksit çıkarır, malzeme mekanik yapısını kaybederek sarı renge dönüşür. Malzemeyi işleme sıcaklığında uzun süre ocakta bekletmeyin. PC/PBT karışımı için bu 7 dakikadan az bir süredir.

Enjeksiyon hızı (kalıbı doldurma hızı)

Özellikle ince duvarlı parçalarda mümkün olduğunca hızlı olmalıdır. Akma şekli, yönü değiştiğinde (parçanın şeklinden dolayı) parça yüzeyinin görünüşü bozulabilir.

Enjeksiyon basıncı

Makinenin ilk enjeksiyon basıncı olarak 2000 bar (200MN m², 29.000psi) ikinci enjeksiyon basıncı olarak 1200 Bar (120MNm², 17.400psi)'a kadar basınç sağlayabilecek kapasitede olmalıdır. Bu basıncın uygulama süresi önemlidir. Çünkü bu süre parçanın ağırlığını belirler(artıkça parça ağırlığı artar).

Vida dönme hızı (rpm)

Düşük (40-60 rpm) 0,5m/s üzerine çıkma. Vida motoru yüksek torque (dönme kuvveti) verecek tipte olmalıdır.

Arka basıncı

10 Bar, (1MNm², 145 psi) düşük arka basıncı (10Bar) oksidasyonla degradasyonu (bozulmayı) engelleyebilir.

Geri dönüşüm

Değirmenlenmiş malzeme kurutulmalıdır. 0/020'ye kadar eğer değirmen malı temiz, kuru, daha aşağı grad ve büyük oranda toz polimer ihtiva etmiyorsa % 10'a kadar kullanılabilir.

Baskı sonrası işlemler

Metilen chloride'deki PC solüsyonuyla yapıştırılabilir. Epoxide veya sıcak erimiş yapışkanlarla (PA temelli) yapıştırılabilir. Büyük kapılar tornayla vb. makinelerle kesilebilir. Makinada işlenmesi esnasında çizdirmemeye dikkat edin. Parçalar silk screening, sprayle ve hot foille dekore edilebilir. Hava şartlarına direnç, UV absorbir içeren solüsyonla elde edilebilir. UV dayanıklı gradları de piyasada vardır.

15.6. Poliasetal (POM, POM-K, POM-H)

Diğer isimleri

Polioksimetilen, poliasetal, poliformaldehit, asetal homopolimer (POM-H);asetal kopolimer (POM-K). Kopolimer asetal için POM-C kısaltmamasını kullanmamak daha iyidir çünkü C harfi genellikle klorlama için kullanılır. Bunun yerine POM-K kullanır.

Bazı hammadde üreticileri ve bunların ticari isimleri

BASF (Ultraform) kopolimer

Hoechst Celanese (Kematal) kopolimer

Du Pont (Delrin) homopolimer

Du Pont (Delrin II) homopolimer

Hoechst Celanese (Hostaform) kopolimer

Malzeme yapısı

Asetaller sert, darbeye dayanıklı, şoktan etkilenmez, ayrıca creep'e (malzemenin yük altında uzun sürede deforme olması) dirençli ve baskı sonrası çekmeden dolayı boyutlarında bozulma olmayan yapıya sahiptir. -50 °C' de dahi darbe direnci çok iyidir. İki tipi vardır. Homopolimer en fazla çekme kuvveti, esneme kuvveti (flexural strengt), yorgunluk direnci (fatigue) ve darbe dayanımına sahiptir. Kopolimer ise daha iyi termal dengeye sahiptir. Bazlara ve sıcak suya direnci daha iyidir ve kolay işlenir. Her iki tipte kristalleşir ve tabii olarak beyaz ve çok az nem çeker, açık havada kullanımı için karbon siyahı takviyeli grad veya UV stabilizanlı grad kullanmak gerekir. Elektriksel izalasyon yapısı iyidir fakat UL V-O oranında (değerinde) malzeme yapmak zordur (LOI yaklaşık % 15 dir). Normalde kopolimer parça havada 100 °C' ye kadar veya civarında kullanılabilir. Suda kullanılacak parça için bu değer 20 °C daha düşüktür. Homopolimer biraz daha fazla sıcaklık direncine sahiptir. Yaklaşık 95 °C ve %25 cam fiber ilavesiyle bu 100 °C' ye çıkar. Geliştirilmiş stabilizan katkısıyla (örn. Delrin II) homopolimer kötü işleme karakteristikleri iyileştirilmiştir, diğer yönleriyle orijinal malzemeye aynı yapıdadır ve aynı fiyatla piyasaya sunulmuştur. POM genelde PA 66 vePA6 ile rakiptir, bu malzemeler sürtünmeye ve darbeye daha iyi dayanımlıdır. Fakat asetallerin yorgunluğa (fatigue) ve suya direnci daha iyidir ve daha serttir (stiffer). Naylon ve asetalin her ikisinin de sürtünme katsayısı düşüktür; POM' un yük taşıma yapısı PTFE silikon veya fosfor bronzu karıştırılmasıyla (blend) daha iyi hale getirilmiştir. Policarbonatın creep direnci POM'dan daha iyidir. Asetal oldukça yüksek sıcaklığa uzun süre dayanabilir. Kopolimer 80-100 °C sıcaklığa yıllarca 140 °C sıcaklığı birkaç saat dayanabilir. Yüksek sıcaklığa maruz kalan asetal ufalanmaya başlar 120 °C sıcaklıkta kopolimer 3 saatten sonra ciddi şekilde ufalanır. Kullanılan yere göre çeşitli gradlardaki asetaller piyasaya sunulmuştur. Temel grad asetal, kayma yapısı geliştirmiş grad, takviyeli grad [normal gradden 5 defa daha fazla darbeye dayanıklı, asetalin elastomerlerle alaşımıyla yapılır (alloying)).

Akması

Kristalleri erime noktasının hemen üzerindeki bir sıcaklıkta hemen akmaya başlar.Temel kopolimer grad için MFR (190/2.16) l' den 52'ye kadar değişir, kayma yapıları geliştirilmiş

gradların MFR 8'den13'e, takviyeli gradlar (örn cam fiber) 4'den II ve yüksek darbe dayanımlı gradlar için 7 den 20' ye kadardır. Ermiş plastiğin akışkanlığında farklılıklar olabilir. Kolay akan gradlar ince parçalarda ve uzun yolluklu parçalarda kullanılır.

Çekme

Çok kristalleşebilen (%80 civan) bir malzemedir. Bundan dolayı da çekme oranı yüksektir. (0,02-0,035 in/in) Takviyeli gradlar baskının farklı farklı yönlerinde farklı çekme gösteriler. Baskı sonrası çekme %0,1 dir. Bu genellikle baskıdan sonraki 48 saatte tamamlanır. Yüksek kalıp sıcaklığı kalıp içindeki çekmeyi artırır fakat baskı sonrası çekmeyi azaltır. Hassas parçalarda yüksek kalıp sıcaklığı kullanılarak boyutsal dengesi daha iyi baskı yapılır.

Dirençli olduğu maddeler

İç gerilimden dolayı çatlama, (baskının çabuk soğutulmasıyla polimer moleküllerinin orijinal haline gelemeyip parça üzerinde baskı uygulaması), biyolojik etki ve solventlere dirençlidir. Kopolimerin kimyasallara direnci daha iyidir. Örn petrol ürünlerine iyi direnç gösterir ve etanol ve %20'ye kadar metanola sahip petrole dayanır. Asetallar yalnızca sıcak solventlerde çözülürler (70 °C üzerinde) örn klorofenol ve benzyl alkol. Uzun süre su veya solvent içinde kalırlarsa şişerler.

Dirençli olmadığı maddeler

Asitler ve bazlar (kopolimer bazlara dirençlidir, örn %50'lik sıcak sodyum hidrokside dayanır); seyrek mineral asitlerden, oksidasyon yapan maddelerden, oldukça kuvvetli organik asitlerden etkilenir. Derişik nitrikasid konsantrasyonundan çok ani etkilenir. Homopolimerlerin kullanılabildiği F oranı kopolimerlerden daha sınırlıdır. POM için birkaç tane solvent biliniyor. Bunlardan bir tanesi hekzafluoracetone sesquihydrate'dır. Bu yapışkan olarak kullanılır fakat pahalı ve zehirlidir. POM'un sterilizasyonu istendiğinde gamma ışını yerine süper ısıtılmış buhar veya etilen oksidi kullanmak daha iyidir.

Malzemenin tanınması

Özgül ağırlığı 1,41-1,43 gr / cm³ olduğundan suda batar ve doymamış magnezyum kloritte yüzer. PA benzer fakat daha yüksek erime sıcaklığına, daha fazla darbe esnasında esnemeye (resilient) ve yüksek özgül ağırlığa sahiptir. Doğal rengi ışığı geçirebilen beyaz (translucent) ve alevle ısıtıldığı zaman, baskı önce erir ve sonra açık mavi alevle yanarken alevler damlar, ufak bir duman ve artık bırakır ve kuvvetli bir formaldeyde kokusu vardır. Kesmesi zordur ve tırnak veya bıçakla kolayca çizilmez. Kesildiğinde kesilen yerler düzgündür. Homopolimer 175 °C'de ve kopolimerler 164 °C'de erirler. Homopolimerin özgül ağırlığı kopolimerden biraz daha fazladır. Solventlere iyi direncinden dolayı klasik yapışkanlarla yapıştırılamaz örn. Epoxide, chanoacrylate vb. asetal parçaları yapıştırmakta kullanılan tipik solvent hekza

fluoraseton sesquihydratedir. Fakat bu solvent zehirlidir ve kaşındırıcı (rahatsız edici) buhar çıkarır ve bundan dolayı duman dolabı içinde veya iyi havalandırılmış yerlerde kullanılır.

Renklendirme

Malzemenin tabii rengi ışığı geçiren beyaz (translucet) olduğundan çok çeşitli renkler kullanılabilir. Renklendirilmiş kompozit olarak malzeme alınabilir veya piyasadan kuru boya, yağ(sıvı) boya veya masterbeç alınarak enjeksiyonda kullanılabilir. Fakat bazı renklendiricileri kullanırken dikkat edilmelidir. Bunlar degradasyona sebep olurlar; POM esaslı masterbeçler kullanılmalıdır. %8'e kadar masterbeç kullanılabilir, genel olarak pigment konsantrasyonu %0,2'den fazla olan masterbeç kullanılmamalıdır. Renklendirilmiş malzemeler doğal malzemedan farklı işleme (processing) karakteristiği gösterirler ki sonuç olarak ürün kuvveti ve boyutları değişmiştir. Pigment seçimi parçanın kullanım yerine bağlı olarak yapılmalıdır.

Kalıp ve yollukla ilgili

Tavsiye edilen kalıp sıcaklığı 90 °C olup homopolimer için erime sıcaklığı 205 °C ve kopolimer için 215 °C 'dir. Her bir gram plastikten soğurken geri alınacak ısı miktarı sırasıyla homopolimer ve kopolimer için 345 j ve 375 j dir. Belirlenen sıcaklık derecelerinde özgül ısı 3000 j/kg K'dir. Asetal parçalarda sert ve parlak yüzey elde etmek oldukça kolaydır. Fakat karakteristik yolluk girişi kıvrımı problem olabilir. Profilli (programlı) kalıp doldurma hızları burada önemlidir. Tipik yolluk boyutları 3-6 mm çapındadır ve bir çok yolluk girişi, buna tabii giriş de dahildir, kullanılabilir. Yolluk giriş genişliği minimum tutulmalıdır, yaklaşık 0,5 mm (0,02 inch). Yolluk girişi parça kalınlığına bağlı olup genelde parça kalınlığının en az %50-60'ı kadar yuvarlak olmalıdır. Dikdörtgen yolluk girişlerinde giriş genişliği parça kalınlığının en az iki katı veya daha fazla, derinliği parça kalınlığının %60'ı olmalıdır. Küçük parçalarda iğne yolluk kullanılabilirken büyük parçalarda kalıp girişi yolluk (sprue) kullanılabilir. Asetalin metal işleme makineleriyle işlenebilmesi nedeniyle yolluk girişi kolayca kesilir. Gömme yolluk girişi asetalin esnek oluşundan dolayı ayrıca popülerdir. Malzeme yüksek sıcaklıkta oldukça sert olduğundan (oldukça yüksek sıcaklıkla parçanın bozulmasından) iticiler küçük olabilir; büyük kalıp ayırımlarından (undercut) parça zorlanarak çıkarılabilir. Homopolimer yüksek sıcaklıklarda sertliğinden dolayı kalıptan sıcakken çıkarılabilir. (90 °C'de %40 daha serttir) Bu malzemelerin baskılarında kalıp havalandırma gereklidir. Eğer havalandırma yoksa veya tıkanmışsa kalıp yüzeyinde aşınma olur. Tipik havalandırma derinliği 0,01-0,02 mm (homopolimerde) ve kopolimerde havalandırma derinliği maksimum 0,04 mm'ye kadardır. Kalıp sıcaklığı ürün boyutları, yüzey güzelliği, parça kuvveti (darbe direnci hariç) ve boyutsal denge üzerinde çok etkisi vardır. Kalıbın her iki parçasının kendi

soğutma sistemi büyük düz yüzeyli parçalarda veya farklı kalınlıklardaki parçalarda oluşacak sıcaklık farklılıklarıyla oluşacak eğilme (warp) engel olmak için gereklidir (parçanın her tarafının eşit soğutulması gereklidir). Asetal iyi dizayn edilmiş yolluksuz kalıplarda kullanılabilir. Bununla beraber homopolimer ve kopolimer için farklı sistem kullanılır. Homopolimer limitli termal dengesinden dolayı çeşitli problemler ortaya çıkarır ve dizayn esnasında izoleli hot tip (sıcak uçlu) sistemin başarılı olduğu ispat edilmiştir. Kopolimerde dahili ve harici ısıtılmış yolluksuz dizayn kullanılabilir bununla beraber yolluk kanallarına özel dikkat gösterip malzemenin takılıp beklediği noktalara engel olunmalıdır (dead spot). Sıcak yolluk bloğu ve memede çok hassas sıcaklık kontrolü gereklidir. Bundan dolayı bu sistemdeki termokapil pozisyonu ve kalibrasyonu çok önemlidir. Yolluk çapları ve yolluk giriş boyutları ABS'de kullanılanla karşılaştırılabilir çünkü asetalin akması akma yönünde çok yavaştır (stiff flowing). Burada daima tavsiye edilen hangi tip sıcak yolluk kullanılacağına karar verilmeden önce hammadde satıcıları, sıcak yolluk satıcılarına üretilen parçanın kullanım yeri ve toleransı göz önüne alınarak danışmaktır. Her tip itici sistemi asetal için kullanılır fakat malzeme sık sık gaz ve uçucu çıkardığından iticilerin düzgün çalışması için düzenli iticileri kontrol etmelidir. İticiler çevresinde kir oluşabilir buda itici ve kalıp arasındaki boşluğu azaltarak iticilerin hareketini azaltır. Eğer bu kir birikimi esnasında tedbir alınıp iticiler temizlenmezse, sürtünmeden dolayı oluşacak aşırı ısıtmadan dolayı aşırı ısı oluşarak itici sistemin çalışması durur. Bu zorlanma kalıp yüzeyine özellikle ufak iticiler kullanıldığı zaman zarar verir. Bu problem çok gözlü, hızlı baskı yapıldığında kaçınılmazdır ve kopolimerlerle yapılan baskıda daha fazla oluşma eğilimindedir. Asetalla düzgün yüzeyli parça üretilir bundan dolayı kalıp yüzeyi güzel yüzeyli parça (gloss) üretmek için iyi parlatılmalıdır. Kumlanmış yüzey yolluk giriş bölgesindeki eğilimli (swire) karakteri gizlemek için sıkça kullanılır.

Akma uzunluğunun parça kalınlığına oranı

Genel kullanımlı gradlarda 1 mm parça kalınlığı için akma uzunluğu 100: 1-250: 1 arasındadır.

Parça izdüşüm alanı (kalıptaki)

Normalde 4-5 ton/in (62-77 MN m²). Kolay akan gradlarda 3-4ton/in² ve cam takviyeli gradlarda 4-6 ton/in² dir.

Baskı ve malzemenin depolanması

Polimerlerden daha az higroskopikdir. (havadan daha az nem çeker), bu malzemeler kuru yerlerde saklanmalıdır. Ön kurutma genelde yapılmaz, fakat eğer istenirse sıcak fırında 85

°C'de 2-3 saat kurutulur. Kopolimer 24 saatte 15 mg su emer ve 96 saatte 30 mg su emer; 100 °C sıcaklıkta dahi plastiğin su emmesi ağırlığının % 1.6 geçmez.

Silindir (ocak)

Genel kullanım vidası kullanılabilir örn L:D oranı 18:1 ve sabit vida aralığı 0,8- 1. Vida besleme bölgesi 0,5L, sıkıştırma bölgesi 0,3L ve ölçme bölgesi 0,2L, sıkıştırma oranı 2:1 yeterlidir. Vidaya kayan (ileri geri hareket) eden ring tipi back-flow valfi takılmıştır. Silindir ocak öyle dizayn edilmelidir ki malzemenin takılıp kaldığı bölgeler olmamalıdır. Eğer imkanı varsa decompresinli (geri emişli) açık (open nozzle) meme kullanılır. Eğer açık meme uygun değilse yaylı shut-off nozzle (kapatma memesi) kullanın ve bu degradasyon durumunda emniyet valfi olarak davranır. Bununla birlikte basınç kaybına sebep olur. Memenin sıcaklık kontrolüne özellikle dikkat edilmelidir, çok düşük sıcaklık malzemenin memede donmasına (soğumasına) sebep olur. Bloke edilmiş meme oldukça tehlikelidir çünkü malzemenin termal dengesi limitlidir (sınırlıdır) ve malzeme silindir de kalarak pişer kolayca degrad olur ve formaldehide gazı çıkarır. Eğer tıkanmış (blok) meme nedeniyle gaz kaçamazsa makinenin arkasına doğru patlamaya sebep olur bu makineye ve operatöre zarar verir. Meme ve silindir bağlantı dizaynına özel dikkat edilmeli akmanın tam olduğuna ve erimiş plastiğin takılıp beklemediğinden emin olunmalıdır aksi takdirde degradasyon oluşur. Şimdi Avrupa ülkelerinin çoğunda belirli seviyede formaldehide gazının havaya çıkışına müsaade edilmiştir. Örn milyonda iki parça, makine üzerine meme öylesine iyi bir havalandırma sistemi takılmalıdır, makine boşaltıldığında çıkan erimiş plastiğin soğuk suya düşmesi sağlanmalıdır ve bu malzeme havalandırılmalı (vented) enjeksiyon makinelerinde kullanılmamalıdır.

Vida yastığı

Küçük makineler için yaklaşık 3 mm, büyük makineler için 9 mm vida yastığı tavsiye edilir.

Baskı kapasitesi

Silindir (makine kapasitesinin) % 10-70 arasındaki kapasite genelde kullanılır. Eğer baskı kapasitesi çok düşükse (örn % 30'dan azsa) silindir sıcaklığı dikkatlice düşünülerek degradasyon önlenebilir, düşük silindir sıcaklığı ve arka basıncı degradasyon riskini azaltabilir.

Erime sıcaklığı

Memeden veya dışarı atılmış plastikten erime sıcaklığı ölçülür, homopolimer için tavsiye edilen sıcaklık 215 °C (190-230 °C) ve kopolimer için 205 °C (190-210 °C). Plastiği fazla ısıtma renk bozukluğuna ve polimerin degrad olarak formaldehide gazı çıkarmasına sebep olur.

Plastiğin ocakta kalma süresi

İyi durumdaki aletlerde örn polimerin takılıp kalmadığı durumlarda, homopolimer 215 °C de 35 dakikaya kadar ve kopolimer 205 °C de 20 dakikaya kadar bozulmadan silindirde bekleyebilir. Erimiş plastiği erime sıcaklığında silindirde 20 dakikadan fazla tutmayın. Kopolimerin ocakta bekleme süresi 240 °C de 7 dakika 210 °C de 20 dakikadır. Kısa süreli makine kapatma durumunda ocak sıcaklıkları 150 °C düşürülmeli, meme sıcaklığı orijinal sıcaklığında tutulmalıdır. Eğer kapatmalı meme (shut off nozzle) kullanıldığında, makine durdurulursa daima meme açık pozisyonda tutulmalıdır. Uzun süreli makine kapatmalarda ocağı boşaltıp. ısıtıcıları kapatıp ocağı boş bırakın. Bozulma (decomposition) oranını belirlemek için MFR ölçümü iki yük seviyesinde yapılmalıdır örn 190/5 ve 190/2.16 ve basılmış malzemedan yapılan ölçümlerle, orijinal malzemedan yapılan ölçümler arasında çok fark varsa malzeme de bozulma oluşmuştur.

Enjeksiyon hızı

Kalıp doldurma hızı, normalde orta hızdan hızlıya olmalıdır, Eğer kalıp doldurma hızı çok düşükse portakal gibi soyulmalar oluşur ve aşın hızlı kalıp doldurmada yolluk girişinde lekelenmeler olur,

Enjeksiyon basıncı

Makinenin enjeksiyon kapasitesi birinci etap (enjeksiyon) için 1700 bara 170MNm²; 24.600 psi kadar ve ikinci etap enjeksiyon için(ütüleme) 1700 bar 24.600 psi kadar olmalıdır.

Vida dönme hızı

Vida hızını (devir/dak' dan ms) çevirerek baskı süresine uyumlu hale getir fakat vida hızını kopolimer 0,1-0,3 1/ms den fazla kullanma. Eğer 40 mm çaplı vida kullanılıyorsa, vida hızı 138 devir/dak ve 230 devir/dak' dan fazla kopolimer ve homopolimer için kullanılmamalıdır. Vida 200 devir/dak döndüğünde 0,1-0,3 m/s yüzey hızını yakalaması için maksimum vida çapı 27 mm ve 0,2-0,5m/s hızın yakalaması için maksimum vida çapı 46 mm dir.

Arka basıncı

Kullanılacak arka basıncı 200 bar, 20 MN/m², 2850psi'e kadar kullanılabilirdiği gibi 150 psi'e kadar düşük arka basınçta kullanılabilir.

Plastiğin geri dönüşümü

Plastik geri dönüşüm yapıldığında orijinal malzeme ile %30'a kadar karıştırılarak kullanılabilir, bununla beraber %100'e kadar geri dönüşüm plastik çıkan ürüne ve kullanma yerine bağlı olarak kullanılabilir.Orijinal malzemeye geri dönüşümlü malzeme ilave edildiğinde kurutma gerekir, plastik içindeki su plastiğin termal dengesini bozar. Plastik

içindeki ufak parçalar havadan nem çekme ihtimalini ve statik elektrik oluşma ihtimalini artırır. Bundan dolayı kullanılmadan önce bu tozlar (ufak parçacıklar) elenmelidir.

Baskı sonrası işlemler

Asetal kolayca işlenir, örn kesilir, tormalanır, şekillendirilir, delik, diş açılabilir. Prototipler yavaşça soğutularak üretilmiş (annealed) blok veya borudan işlenerek basılacak parçanın örneği yapılır. Standartlar mekanik bağlantı metotları asetalde kullanılarak bunlar bastırarak kapatma (tükenmez kapağı gibi), dişliler gibi. Var olan kaynak teknikleri asetala uygulanabilir ultrasonik, hot plate (sıcak plaka), indüksiyon, sürtünme ve solvent. Hot plate kaynağı 230 °C ile 290 °C arasında sıcaklık kullanılarak etkin bağlantı sağlar. Bununla beraber gerçek sıcaklık kaynak yapılacak parçanın kalınlığına ve kaynak yapılacak alana bağlıdır. Bu plastiklerin yapıştırıcılarla yapıştırılması zordur. Parçalar boyayla, hot stampingle, metalize edilerek kaplamayla dekore edilebilir.

15.7. Kristal Polistiren (PS)

Özgül ağırlığı 1.05 gr/cm³'dür.

Malzemenin yapısı

PS serttir, kırılıgandır, Çok iyi elektriksel yapıya sahiptir, Düşük su emme özellikli olup yüksek boyutsal dengeli, cam gibi ışığı geçirgen, parlak, kolayca boyanır (renklendirilir), kokusuz ve tatsız bir termoplastiktir.

Dirençli olduğu maddeler

PS normalolarak asitlere, bazlara, alkollere, yağlara, tuz solüsyonlarına karşı direnç gösterir.

Dirençli olmadığı maddeler

PS'nin dirençli olmadığı maddeler ise petrol. benzen ve çeşitli solventlerdir. Bu malzeme gerilim altında çatlamaya meyillidir.

Malzemenin tanınması

PS kolayca alev alır ve ışık saçan alevle yanar, Koyu is çıkarır ve tipik, stirene has kokuyla yanar.

Tavsiye edilen ocak sıcaklıkları

PS için tavsiye edilen sıcaklıklar bölgelere ayrılmış olarak şu şekildedir:

Flanş 20-30 °C

Birinci bölge i 50-180. °C

İkinci bölge 180-230 °C

Üçüncü bölge 210-230 °C

Dördüncü bölge 210-280 °C

Meme 210-280 °C

Enjeksiyon basıncı

PS için çok yüksek enjeksiyon basıncına ihtiyaç yoktur. Çünkü PS 'nin akışkanlığı oldukça iyidir.

Ütüleme basıncı

PS için kısa süreli Ütüleme basınçları yeterli olabilmektedir. Bu basınçların genel seviyesi enjeksiyon basıncının % 30-60'1 kadardır.

Geri basıncı

PS için gerekli olan geri basıncı miktarı 100-200 bar kadardır. Eğer geri basıncı aşırı düşük olursa, malzemeler içindeki hava malzemenin yanmasına neden olur.

Enjeksiyon hızı

PS için enjeksiyon hızı baskısının şekline bağlıdır. Örneğin ince duyarlı paketleme malzemesinde bu hız mümkün olduğunca fazla olmalıdır.

Vida (mal alma) hızı

PS için yüksek vida hızları kullanmak imkan dahilindedir. Fakat soğutma süresine uygun hızda malzemeyi eritilir daha avantajlıdır.

Vida yastığı

PS için vida yastıklama konumu, malzeme miktarına bağlı olarak 2-6 mm civarındadır.

Kalıp sıcaklığı

PS için kullanılması gereken kalıp sıcaklığı 10-50 °C civarlarında olabilir.

Kurutma

PS için normal şartlarda kurulum gerekmez.

Geri dönüşüm plastiğin kullanılması

% 100'e kadar geri kazanılmış PS kullanmak mümkündür.

PS' nin çekme oranı % 0.45 civarındadır.

Enjeksiyon hacmi

PS için silindir hacminin %5-95'i kullanılabilir.

Ocak parçaları

PS için açık meme kullanılabilir. Yalnız vida ucunda kontrol halkasına (check ring) ihtiyaç vardır.

Baskıda kullanılan kapı (yolluk girişi) tipleri

PS enjeksiyonu için kullanılabilecek yolluk tipleri: iğne yolluk, sıcak yolluk, izolasyonlu yolluk ve tab yolluktur. Bu malzeme için oldukça küçük yüzeyli yolluklar kullanılabilir.

15.8. Darbeye Dayanıklı PS (Antişok PS)

Özgül ağırlığı 1.05 gr/cm³'tür.

Malzeme yapısı

Sert, sağlam, kolayca kırılmaz. İçinde bütadien kauçuğu olduğundan opak olarak veya opak renklerinde kullanılabilir. Havadan nem çekmesi PS 'den fazladır. Normal PS gibi işlenir ön kurutma gerekebilir.

Dirençli olduğu maddeler

Asitlere, bazlara, alkollere, yağlara, tuz solüsyonlarına karşı dirençlidir. Diğer malzemelere karşı direnci kontrol edilmelidir.

15.9. Stiren/Akrionitril Kopolimer (SAN)

Özgül ağırlığı 1.08 gr/cm³'tür.

Malzeme yapısı

Sert. dayanıklı, parlak yüzeyli (gloss), sıcaklık değişikliğine dayanıklı, PS den daha fazla darbeye dayanıklı ve daha parlak (cam görünümlü), ışık geçiren ve opak renklerde piyasada bulunabilir (Nem çekme oranı normal PS den fazladır. Sağlığa zararlı değildir yapışkanla yapıştırılır ve kaynak yapılabilir.

Dirençli olduğu maddeler

Asitler, bazlar, alkoller, yağlar, tuz solüsyonları ve petrol. PS gibi işlenir.

15.10. Alçak Yoğunluklu Polietilen (AYPE)

Özgül ağırlığı 0,92-0,96 gr/cm³'tür.

Malzemenin yapısı

Malzeme esnekle yumuşak arasındadır. Özgül ağırlığa bağlı olarak düşük sıcaklıklarda kullanılabilir. Darbeye dayanma gücü yüksektir, kırılmaz. Elektriksel yapısı iyidir. Nem çekme oranı düşük olup sağlığa zararlı değildir. Kokuyu içine almaz (impermeable).

Dirençli olduğu maddeler

Asitler, bazlar, solventler, alkoller, petrol, su, meyve suları, yağ.

Sınırlı dirençli olduğu maddeler

Aromalar, klorohidrokarbonlar sınırlı dirençli olduğu maddelerdir. İç gerilim çatlamasına eğilimlidir.

Malzemenin tanınması

PE normalde alevli yanar ve yanarken damla oluşturur. Parlak sarı alevli olup alevinin dip kısmı mavidir. Parafin kokuludur.

Kullanıldığı yerlere örnekler

Ev eşyaları, kova, kutu. hortum, oyuncaklar

Ocak sıcaklıkları

Flanş 20-300 °C

Birinci bölge 140-300 °C

İkinci bölge 180-350 °C

Üçüncü bölge 200-350 °C

Dördüncü bölge 220-350 °C

Meme 220-350 °C

Enjeksiyon basıncı

Güzel akışkanlık yapısına sahip olduklarından yüksek enjeksiyon basıncına ihtiyaç duymazlar.

Ütüleme Basıncı

Boyutsal dengenin önemli olduğu baskılarda ütüleme süresinin uzun olması gerekir. Çünkü malzemenin soğuma esnasındaki çekmesi oldukça yüksek olduğu için ütüleme süresinin uzun olması gerekir. Ütüleme basıncı enjeksiyon basıncının % 30-60'ı kadar olmalıdır.

Geri basıncı

100-250 bar civarındadır. Eğer geri basıncı aşırı düşükse, baskı kalitesi düşer.

Enjeksiyon hızı

İnce duyarlı paketleme baskılarından yüksek enjeksiyon hızına ihtiyaç vardır. Diğer durumlarda orta (medium) enjeksiyon hızı daha avantajlıdır.

Vida hızı

Maksimum vida hızını seçmemiz mümkündür. Bununla beraber baskı soğuması bitmeden önce vida, plastik eritmesini tamamlayacak hızda olmalıdır.

Vida yastığı

Enjeksiyon hacmine göre 2-6 mm olmalıdır.

Kalıp sıcaklığı

0-50 °C

Kurutma

Gerekmez.

Geri dönüşümlü malzemenin tekrar kullanılması

% 100'e kadar kullanılabilir. Fakat %30'a kadar orijinal karışım baskı yapısını bozmaz.

Çekme

% 1.5-2 gibi yüksek bir çekme oranına sahiptir. Yani bu malzemeden yapılan parçaların şeklinin bozulma şansı yüksektir.

Enjeksiyon hacmi

% 5-95 arasındaki ocak hacmi kullanılabilir.

Ocağın parçaları

Açık meme [open nozzle) kullanılabileceği gibi içneli valf memesi de kullanılabilir. Vida ucunda kontrol halkası (check ring) bulunmalıdır.

Baskı yolluk girişleri

İğne yolluk, sıcak yolluk, izolasyonlu yolluk veya tab yolluk kullanılabilir. Yolluk girişleri için oldukça küçük yüzey alanı kullanılabilir.

15.11. Polipropilen (PP)

Özgül ağırlığı: 0,91-0,93 gr/cm³'tür.

Malzeme yapısı

Bu malzeme PE'den daha sert ve ısıya dayanıklıdır, fakat düşük sıcaklıklarda ufalanır. Tabii düşük sıcaklıkta kullanılabilen özel gradeleri bulunabilir. Özellikle menteşe yapımı için uygundur. Sert ve kırılması zordur. Dielektrik yapıları iyidir. Sağlığa zararlı değildir fakat arama taşıdır yani kokuludur.

Dirençli olduğu maddeler

Asillere, bazlara, tuz solüsyonlarına, alkollere, petrole, meyve sularına ve yağlara karşı dirençlidir.

Dirençli olmadığı maddeler

Korlu hidrokarbonlara karşı direnç göstermez, Bakırla temasına engel olunmalıdır. Gerilim çatlmasına eğilimli değildir.

Malzemenin tanınması

PP alevle yanar; yanarken damlar ve ateş çekilse de yanmaya devam eder. Parlak alevli ve alevinin ortası mavidir. Parafin kokusu verir.

Ocak sıcaklıkları

Flanş 20-30 °C

Birinci bölge 150- 210 °C

ikinci bölge 210-250 °C

Üçüncü bölge 220-250 °C

Dördüncü bölge 220-250 °C

Meme 240-260 (300 °C 'ye kadar ısıtılabilir.)

Enjeksiyon basıncı

Bu malzeme için 1200-1800 bar gibi yüksek enjeksiyon basınçlarına ihtiyaç vardır.

Ütüleme basıncı

Baskı üzerindeki çökmeyi engellemek için (baskı süresinin %50 sine kadar) çok uzun ütüleme sürelerine ihtiyaç vardır. Bu basınç, enjeksiyon basıncının % 40-80'i kadardır.

Geri basıncı

100-200 bar civarındadır.

Enjeksiyon hızı

Yüksek enjeksiyon hızına ihtiyaç vardır.

Vida hızı

Maksimum vida hızı kullanılabilir, buna rağmen plastiğin erimesi için gerekli hız öyle ayarlanmalıdır ki soğutma süresi bitmeden hemen önce plastiğin eritilmesinin de tamamlanması tercih edilmelidir.

Vida yastığı

Malzeme hacmine göre 2-6 mm dir.

Kalıp sıcaklığı

20-60 °C dir. Sıcaklık yükseldikçe baskı yüzey kalitesi daha iyi olur.

Kurutma

Gerekmez

Geri dönüşüm plastiğin tekrar kullanılması

% 100 e kadar kullanılabilir. Fakat % 30'a kadar orijinal hammaddeye ilavesi daha iyi sonuç verir.

Çekme

% 1,2-2,2 kadardır.

Enjeksiyon hacmi

Ocağın % 10-90'ı kullanılabilir.

Ocağın parçaları

Açık meme iyisidir. Belirli şartlarda iğne valfli meme kullanılabilir. Vida ucunda da kontrol ringi kullanılır.

Baskıda kullanılan yolluk giriş tipleri

İğne yolluk, birden fazla iğne yolluk. sıcak yolluk. izolasyonlu yolluk veya tab yolluk kullanılabilir, Yolluğu baskının kalın kısmına yerleştirmek gerekir.

Baskı dizaynı

Baskıda keskin kenarların olmamasına (notches) dikkat ediniz, Aynı baskıdaki farklı duvar kalınlıklarının olması baskının eğilmesine (distortion) sebep olur. Çökme izi oluşmasına dikkat etmek gerekir. Herhangi bir ribin (malzemenin sağlamlığını arttırmak için eklenen parçanın) kalınlığı, duvar kalınlığının yalnızca % 40-60'ı olmalıdır, Plastik içinde metal parçalar (insert) kullanılabilir ve çatlama oluşmaz, Sert parçalar çarpılma olmadan dolgulu PP 'le üretilir. Sürtünmeden dolayı oluşan eskimeyi azaltmak için özel gradeleri piyasada kullanılır (örneğin şırınga baskılarında), VV 'ye dayanıklı gradeleri de vardır.

15.12. Polimetilmetakrilat (PMMA)

Özgül ağırlığı 1,18 gr / cm³ tür.

Malzeme yapısı

Sert, ufalanarak kırılan, çok kuvvetli. çizilmeye dirençli, cam gibi parlak, iyi optik yapıya sahiptir, yüksek parlaklıkta, hava şartlarına dirençli, kolayca renklendirilebilir bir malzeme olan PMMA, sağlığa zararlı değildir.

Dirençli olduğu maddeler

Zayıf asitler, bazlar ve yağlara dirençlidir.

Dirençli olmadığı maddeler

Kuvvetli asitlere, bazlara ve klorohidrokarbona karşı direnci düşüktür. Gerilim çatlamasına (stress cracking) eğilimlidir,

Malzemenin tanınması

Kolayca alev alır, ışık saçan alevle yanar ve yanmayı sağlayan ateş çekilse dahi yanmaya devam eder. Alev yanarken kıvılcım şeklinde parıltılar yapar; is çıkarır; meyvemsi tatlı koku çıkarır.

Ocak sıcaklıkları

	Normal Ocak	Havalandırılmalı ocak
Flanş	50-60 °C	50-60 °C
Birinci bölge	140-170 °C	180-210 °C
İkinci bölge	170- 200 °C	170- 200 °C
Havalandırma bölgesi	-----	180-190 °C
Üçüncü bölge	200-240 °C	200-240 °C
Dördüncü bölge	200-240 °C	200-240 °C
Meme	200-240 °C	200-240 °C

Eğer malzeme beslenmesi düzensizse (gıcırdayan ses veriyorsa) besleme bölgesinin sıcaklığını tekrar ayarlamak gerekir.

Enjeksiyon basıncı

Akışkanlığı kötü olduğu için (zor aktığı için) yüksek enjeksiyon basıncına ihtiyaç vardır.

Ütüleme basıncı

Kalın duvarlı baskılar için (gözlük camı vb.) çok yüksek ve uzun süreli ütülemeye ihtiyaç vardır. (2-3 dakika)

Geri basıncı

Normal ocakta 100-400 bar civarlarındadır. Eğer geri basıncı aşırı düşükse, baskı içinde hava kabarcıkları oluşur. Havalandırılmalı makinadaki basınç 20-50 bar arasındadır.

Enjeksiyon hızı

Baskı duvar kalınlığına ve yolluk uzunluğuna bağlıdır. Kalın duvarlı baskılar için oldukça yavaş enjeksiyon hızı yani laminar (tabakalar halinde) plastik akışı gerekebilir.

Vida hızı

Soğuma süresi içinde mümkün olduğunca yavaş şekilde eritme yapacak hızda olmalıdır.

Vida yastığı

Düşük yastıklama konumlarına ihtiyaç vardır.(2-6 mm)

Kalıp sıcaklığı

40-80 °C arasındadır. Soğuma süresi artan kalıp sıcaklığıyla artar.

Kurutma

Havalandırılmalı ocak kullanıldığında kurutmaya gerek yoktur. Bununla beraber PMMA % 1 kadar nem çeker. 70-100 °C de, normal fırında. 8 saat kurutmaya ihtiyaç vardır.

Geri dönüşümlü malzemenin tekrar kullanılması

Eğer malzeme iyi kurutulmuşsa kullanılabilir ama opak renklidir. Cam gibi temiz geri dönüşümlü malzeme dahi görsel olarak tatmin edici baskı vermez.

Çekme

Grade bağı olarak % 0,4-0,8 arasındadır.

Enjeksiyon hacmi

Ocağın % 20-75'i arasındadır.

Ocağın parçaları

Vida ucunda check ring kullanılır. Spiral vida tipiyle beraber açık meme kullanılabilir.

Makineyi kapatma

Başka bir malzemeyle ocağı temizlemeye gerek yoktur.

Baskıda kullanılan yolluk girişleri

Geniş yolluk girişine gerek vardır. Çünkü plastik kolay akmaz. Sıcak yolluk kullanılabilir. Gözlük camları için yolluk girişi camın duvar kalınlığından 0.5 mm küçük olmalıdır. Minimum yolluk çapı maksimum baskı duvar kalınlığında olmalıdır. İnce duvar kalınlıklı baskılarda iğne yolluk kullanılabilir. Bunlar uyumlu olmadığı takdirde kısa ve kalın yolluk kullanılmalıdır. Baskının yapısı kapı çevresindeki gibi iyi değildir.

16. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel kısımda çalışmalar iki aşamada gerçekleştirilmiştir:

Deney 1 : Heat&Cool enjeksiyon prosesiyle enjeksiyonu yapılan plastik parçanın Moldflow Plastic Insight 5.1 programıyla akış analizi yapılmıştır. Bu analiz sonuçları gerçek sonuçlarla kıyaslanmış ve parçanın tasarımından, enjeksiyonundan ve kalıbından kaynaklanan hatalar tespit edilip bu hataların bir çoğu çözümlenmiş veya çözüm önerileri sunulmuştur.

Deney 2 : Plastik parçalarda meydana gelen tasarım, enjeksiyon ve kalıp hataları belirlenip bu hataların ortadan kaldırılması veya en aza indirgenmesi için yapılanlar veya çözüm önerileri sunulmuştur.

16.1. Deney 1

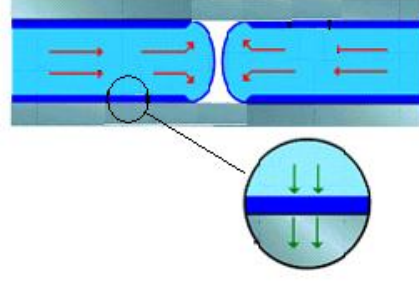
Heat&Cool enjeksiyon prosesiyle enjeksiyonu yapılan plastik parçanın Moldflow Plastic Insight 5.1 programıyla akış analizi yapılmıştır. Bu analiz sonuçları gerçek sonuçlarla kıyaslanmış ve parçanın tasarımından, enjeksiyonundan ve kalıbından kaynaklanan hatalar tespit edilip bu hataların bir çoğu çözümlenmiş veya çözüm önerileri sunulmuştur.

16.1.1 Heat&Cool Enjeksiyon Prosesi

Heat&Cool enjeksiyon prosesi kalıbın dışı tarafının yani kozmetik tarafının enjeksiyon (hammaddenin kalıba doldurulması) sırasında yaklaşık 120 dereceye kadar ısıtılarak enjeksiyon prosesinden sonra 50 dereceye (normal enjeksiyon kalıp sıcaklığına) kadar soğutulması prosesidir.

Heat&Cool teknolojisinin avantajları:

Enjeksiyon sırasında dışı tarafın sıcaklığının artırılması ile malzemenin soğuk birleşmesinden kaynaklanan yukarıda bahsedilen kaynak çizgisi (weld line) oluşumunun ve etkisinin azaltılması. (Bölüm 1.4.g) Şekil 16.1. Akış esnasında kaynak çizgisinin oluşumu gösterilmiştir. Heat&Cool kalıplarında şekilde koyu mavi ile gösterilen donmuş katman kalıp yüzey sıcaklığının 120 derece olmasından ötürü donmuş halde değildir bu nedenle birleşme sırasında kaynak çizgisinin etkisi azaltılmış olur.



Şekil 16.1 Akış esnasında kaynak çizgisinin oluşması gösterilmiştir.

Kozmetik olarak çok parlak ve malzemeye bağlı çizilmeye dayanıklı yüzeylerin elde edilmesi.

Heat&Cool teknolojisinin dezavantajları:

Baskı süresinin (cycle time) dişi kalıbın ısıtılıp tekrar soğutulmasından ötürü artmaktadır.

Kalıptan çıkan plastik ürün kırılarak geri dönüşümlü olarak tekrar kullanılamamaktadır.

Dişi kalıp ve erkek kalıp sıcaklıklarının birbirinden farklı olması parçada iç gerilim ve deformasyon oluşumunu artırmaktadır.

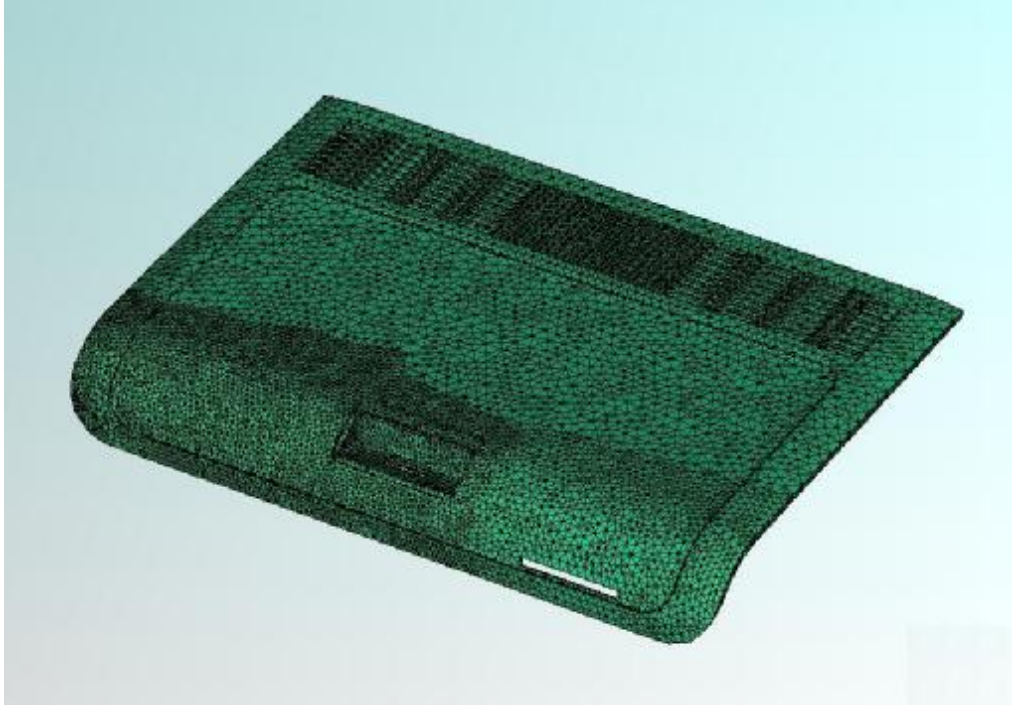
Heat&Cool enjeksiyon prosesinde kullanılan plastik hammadde

Heat&Cool enjeksiyon kalıplarında ABS+PMMA karışımı hammadde kullanılmıştır. Bu hammadde özellikleri belirtilmiştir. (Bölüm 15)

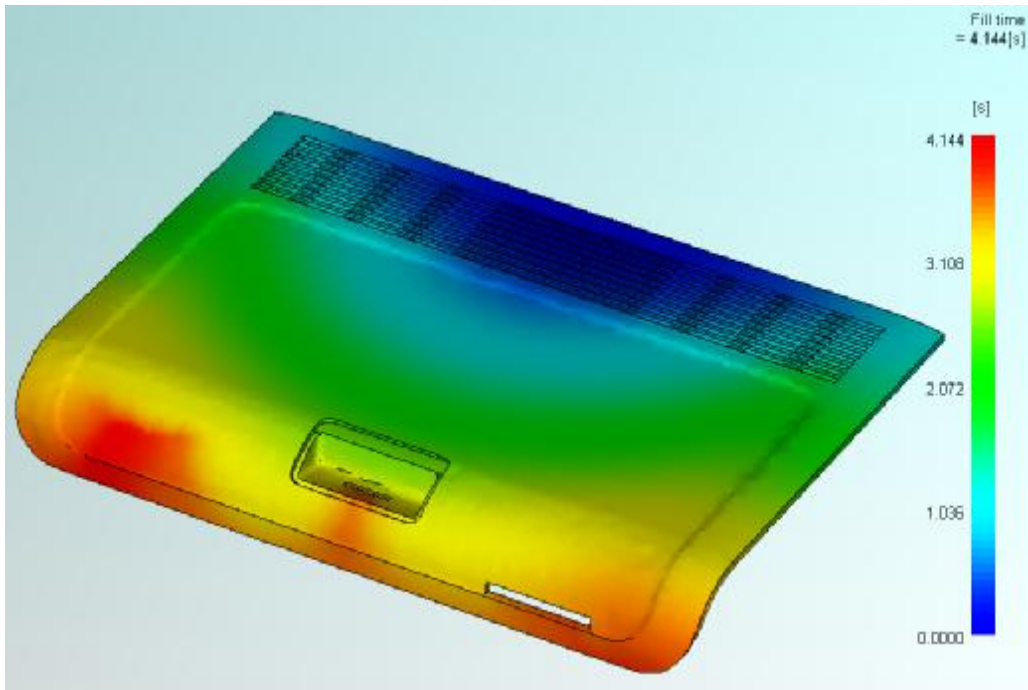
16.1.2. Deneyin Yapılışı

16.1.2.1. Moldflow Analiz Sonuçları

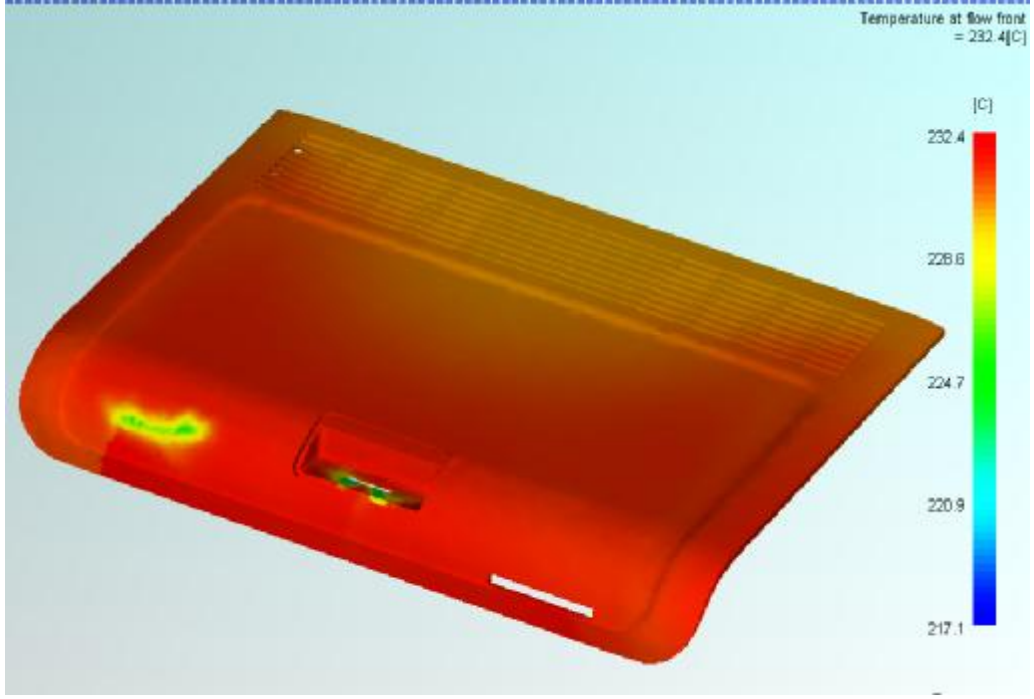
Parçanın Moldflow Plastic Insight 5.1 programıyla analizi yapılmış ve sonuçlar irdelenmiştir.

Akış (Flow) Analiz sonuçları

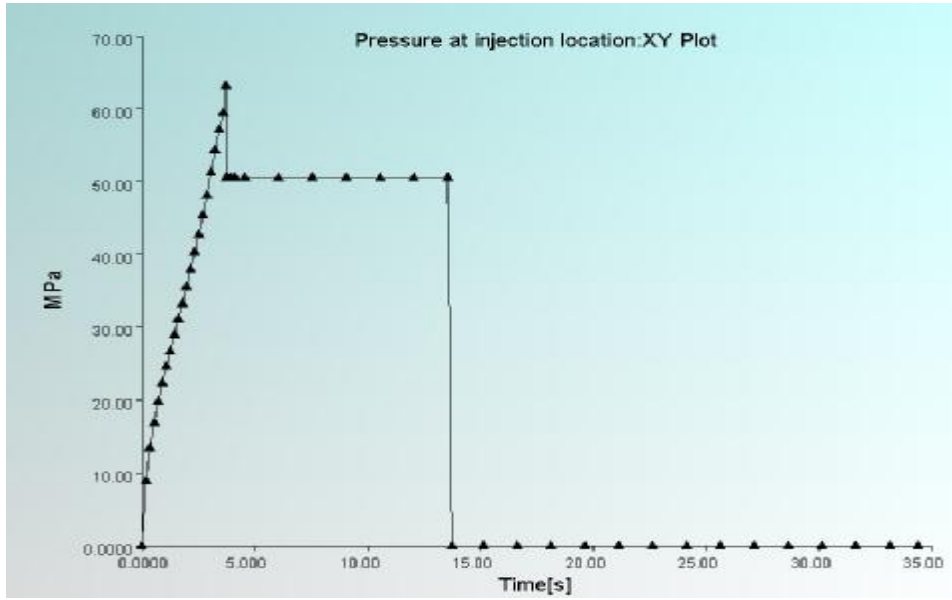
Şekil 16.2. 230.338 adet üçgen piramitten oluşan meshlenmiş model resmi gösterilmiştir.



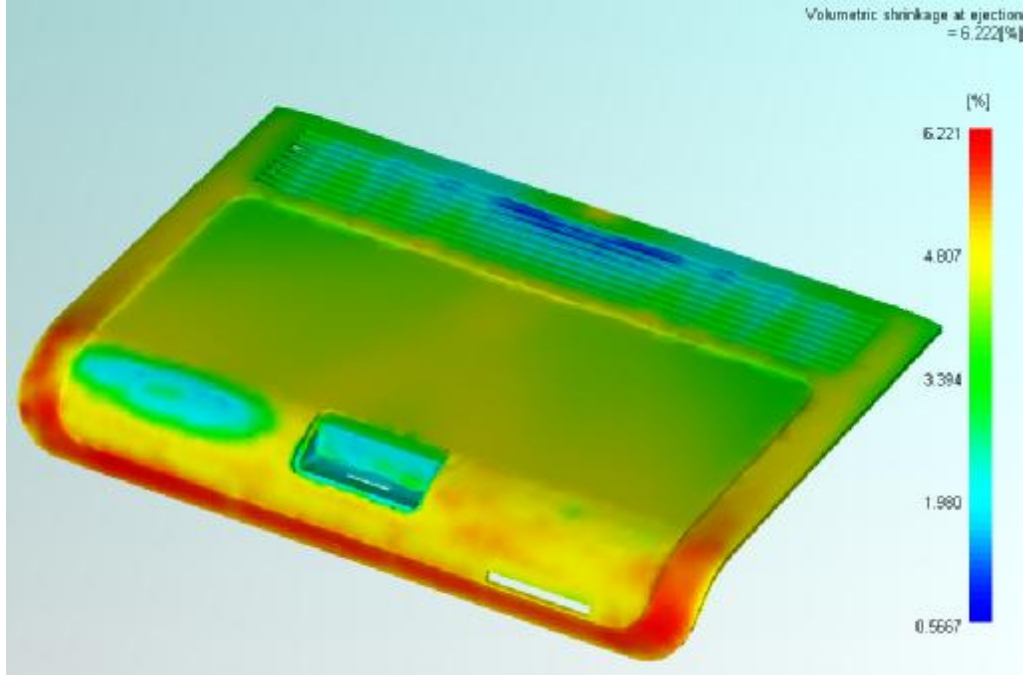
Şekil 16.3. Kalıbın hammaddeyle dolma süresi gösterilmiştir. Dolma süresi malzemenin enjeksiyonu sırasındaki hız ve basınç değişimini etkiler.



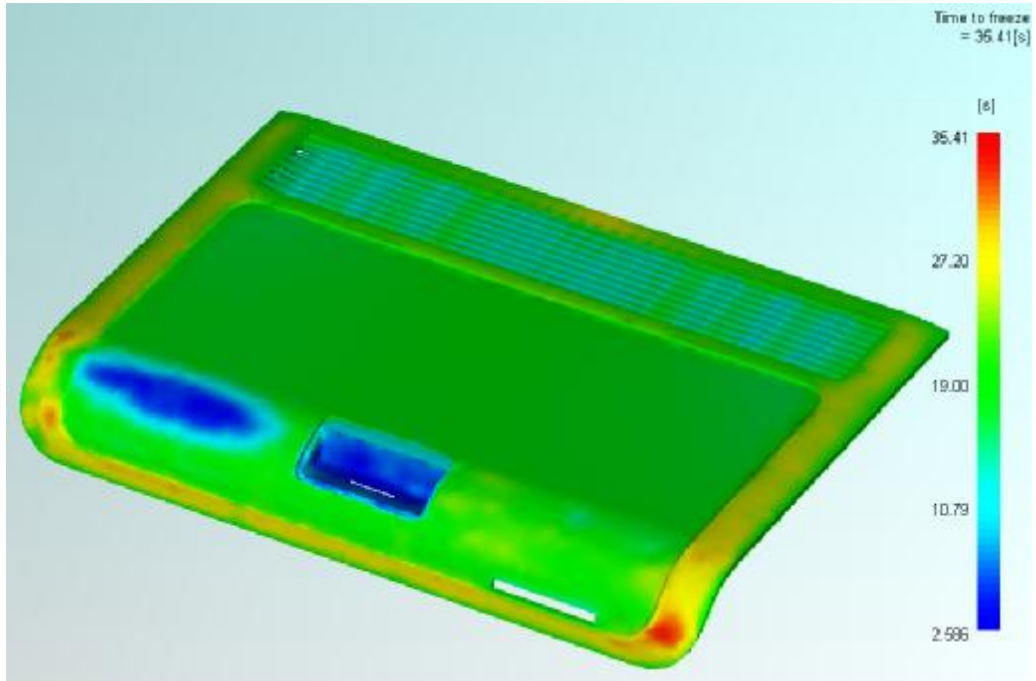
Şekil 16.4. Dolma esnasında akışın önündeki malzeme sıcaklığını gösterir. Malzemenin ön akış sıcaklığı bize gerekli basınç ve sıkıştırmanın sağlamayacağı ve böylece renk skalasında aşağı doğru inildikçe parçada çökmenin, kaynak çizgilerinin ve deformasyonların olabileceği bölgeleri gösterir.



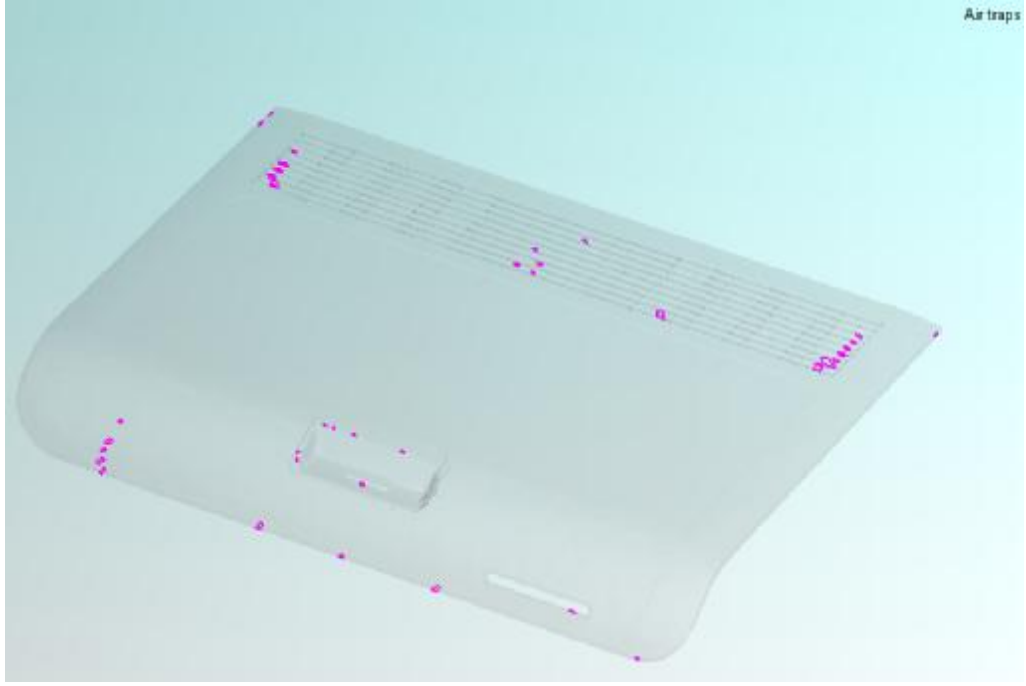
Şekil 16.5. Enjeksiyon noktasındaki basıncın zaman göre değişim grafiği gösterilmiştir.



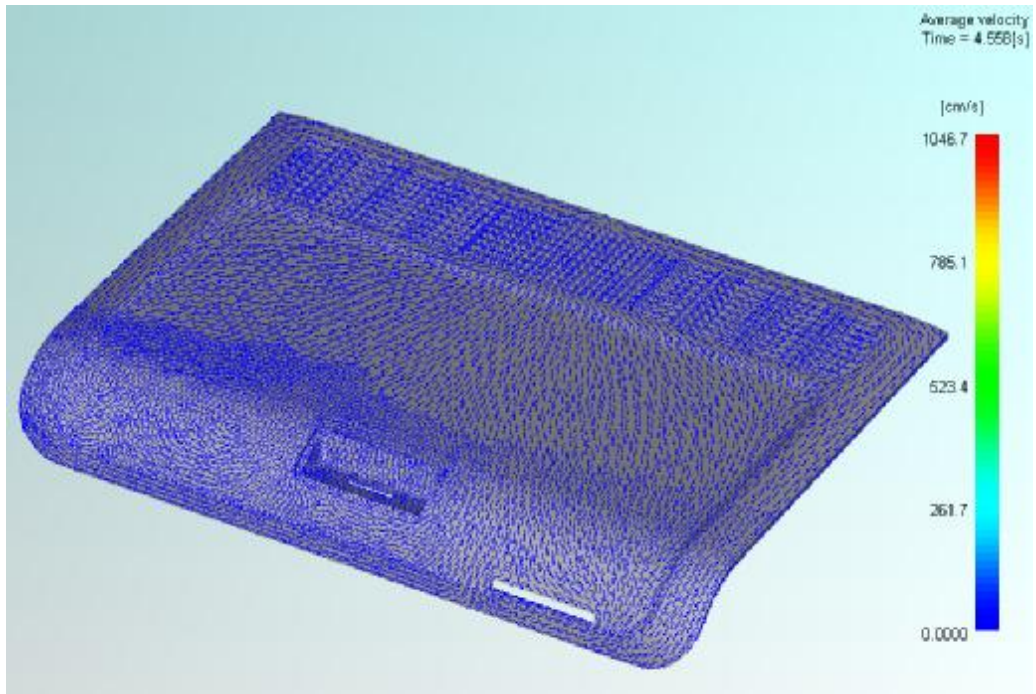
Şekil 16.6. Dolum sırasındaki hacimsel çekme yüzde olarak gösterilmiştir.



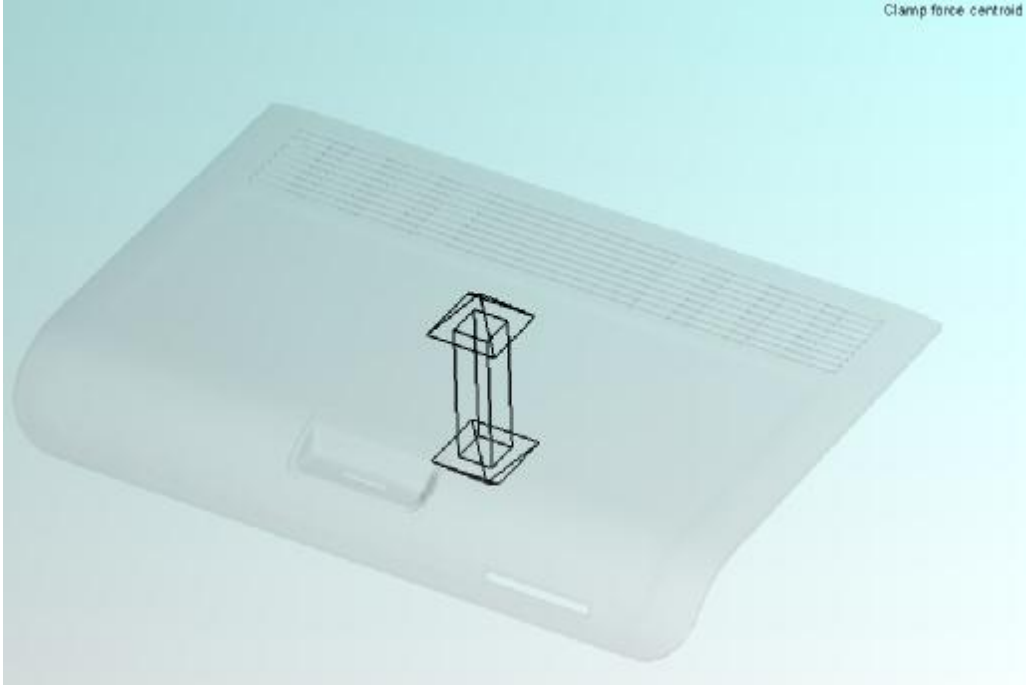
Şekil 16.7. Donma süresi gösterilmiştir. Donma süresi skalası bize soğumanın geç olduğu bölgeleri bundan kaynaklanacak deformasyonları gösterir.



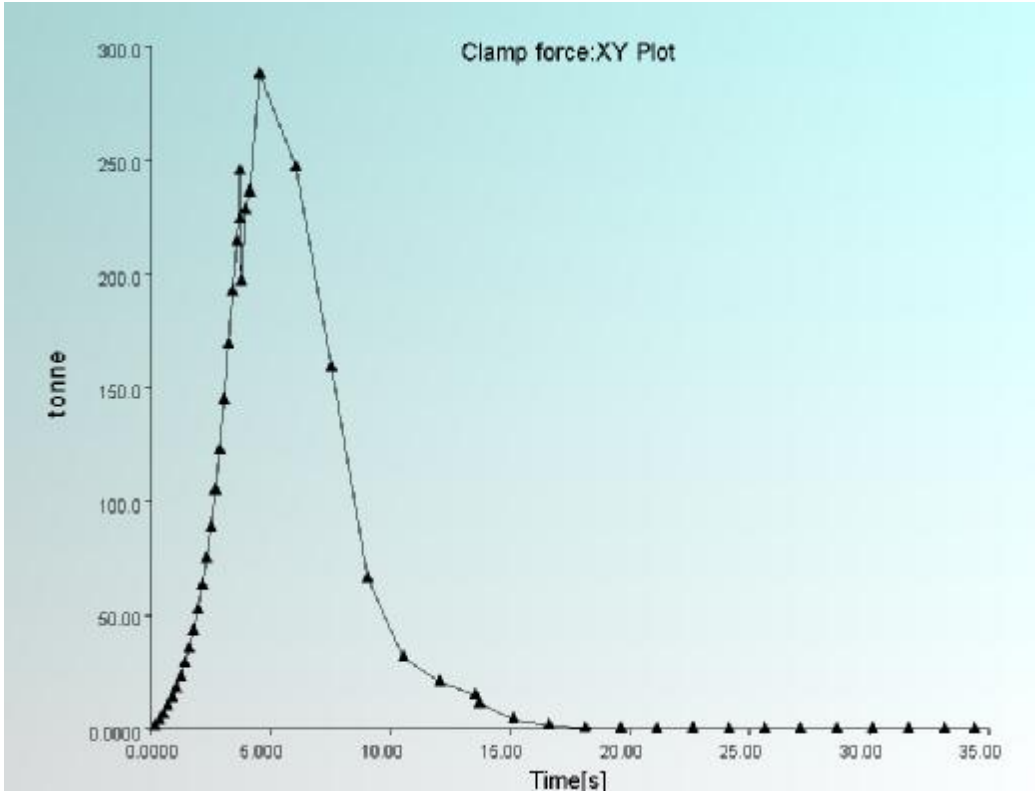
Şekil 16.8. Akış sırasında oluşacak hava boşluklarını göstermektedir.



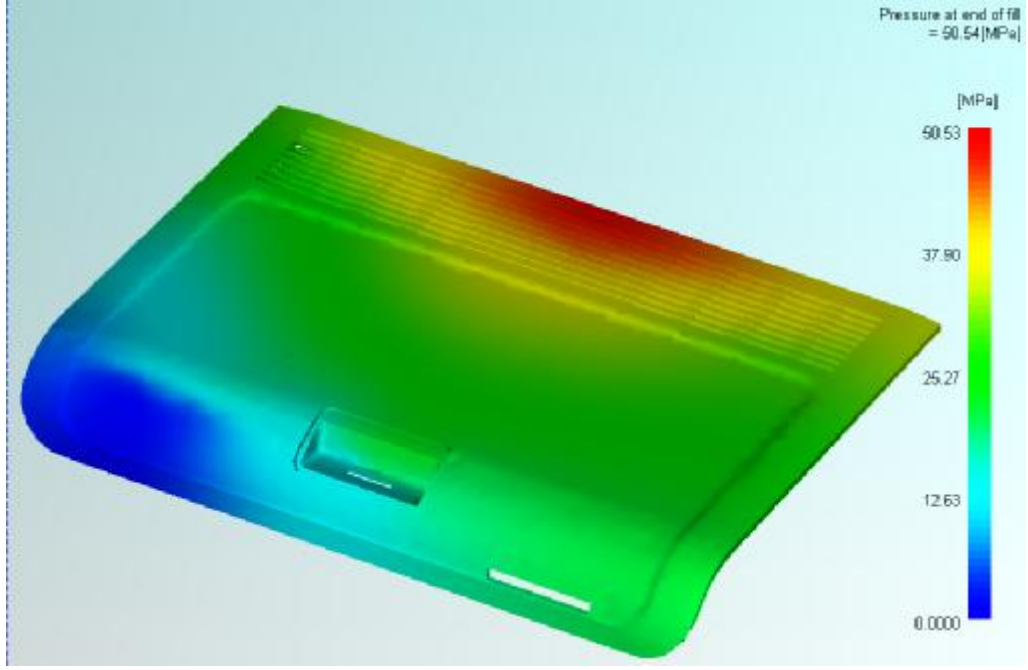
Şekil 16.9. Malzemenin akış sırasındaki ortalama hızı ve buna bağlı olarak moleküllerin yönlenme vektörleri gösterilmektedir.



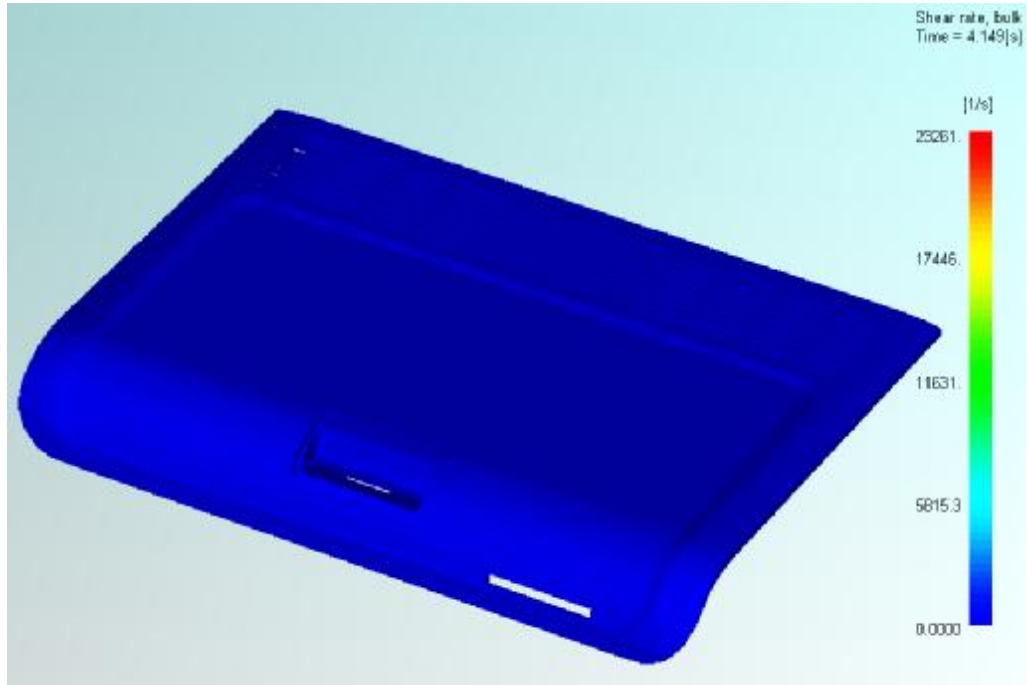
Şekil 16.10. Kitleme kuvveti merkezi gösterilmiştir.



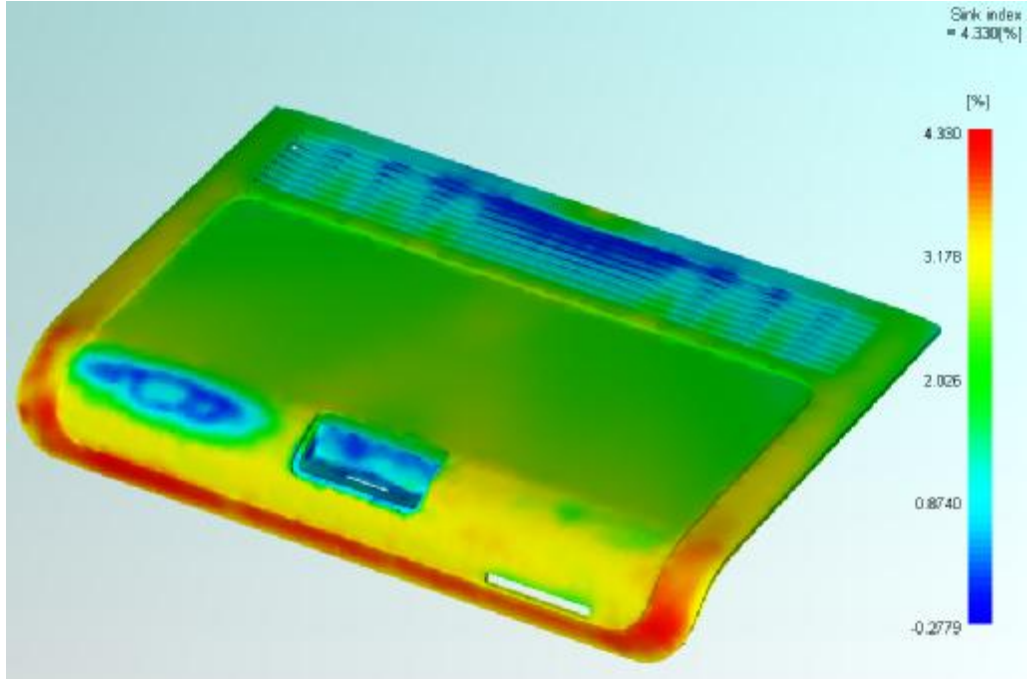
Şekil 16.11. Kitleme kuvvetinin zamana göre değişimini göstermektedir.



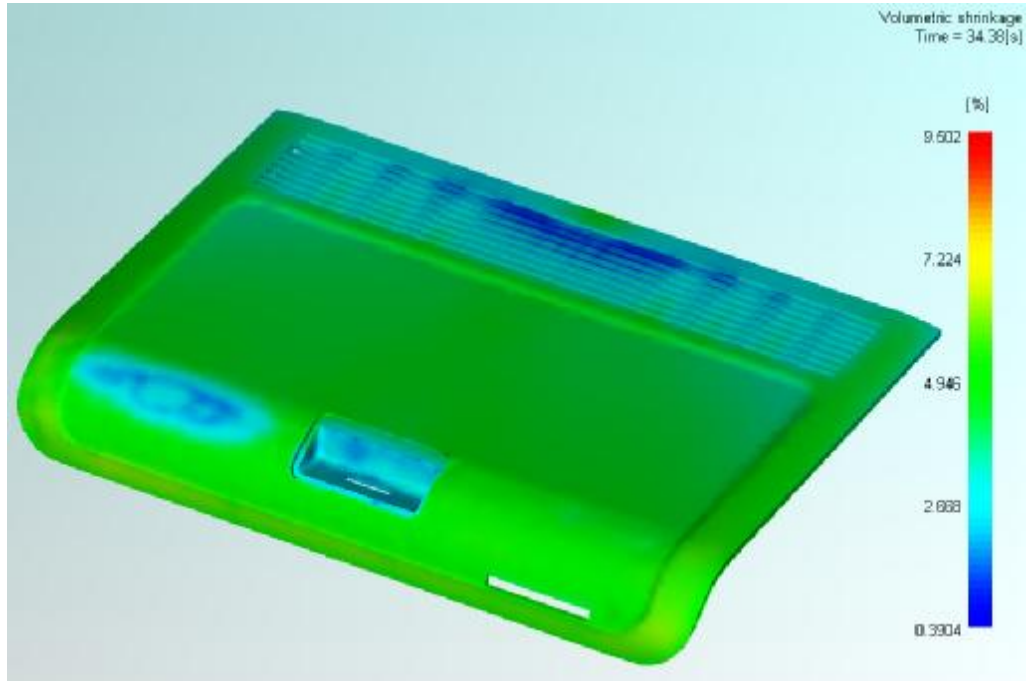
Şekil 16.12. Dolum sonundaki basınç değerleri gösterilmiştir.



Şekil 16.13. Kayma oranı gösterilmiştir.



Şekil 16.14. Malzemede çökmeye maruz kalacak bölgeler gösterilmiştir.

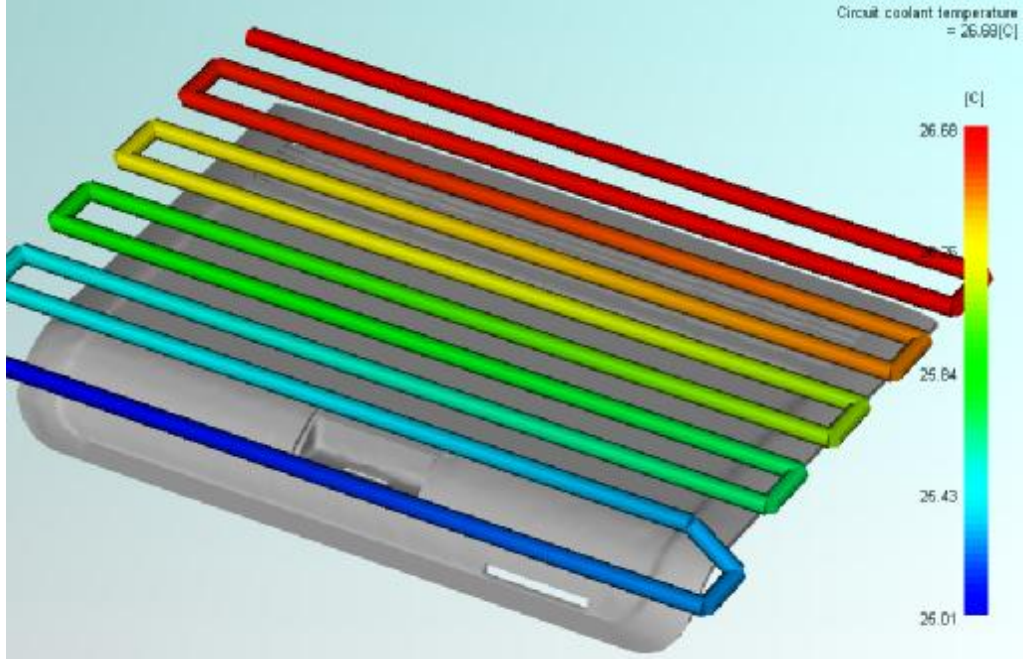


Şekil 16.15. Hacimsel çekme oranı (%) gösterilmiştir.

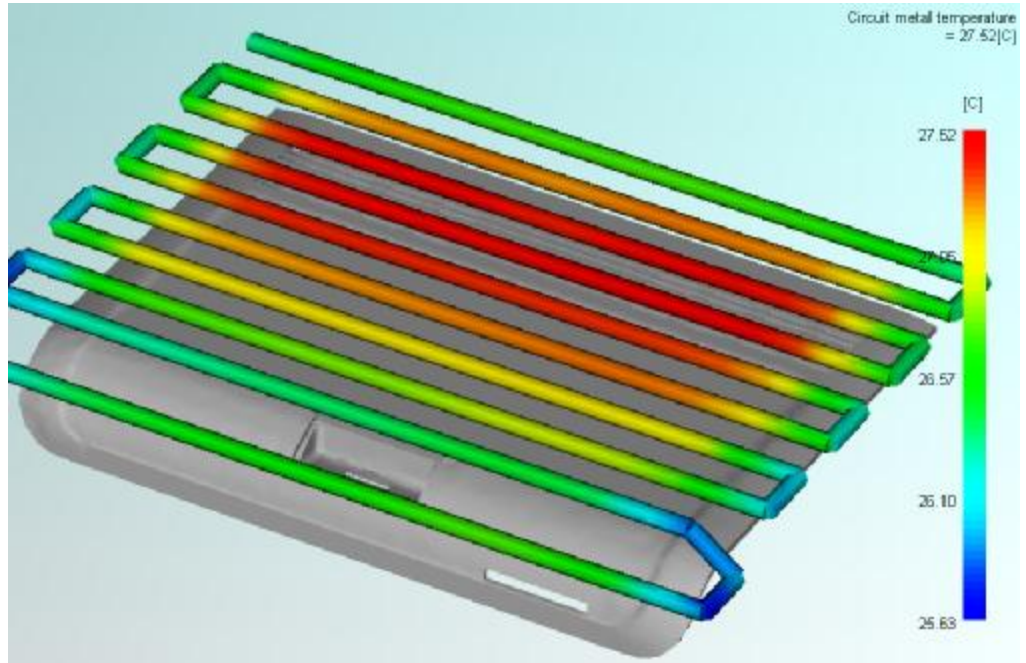


Şekil 16.16. Kaynak çizgilerinin oluşabileceği bölgeler gösterilmiştir.

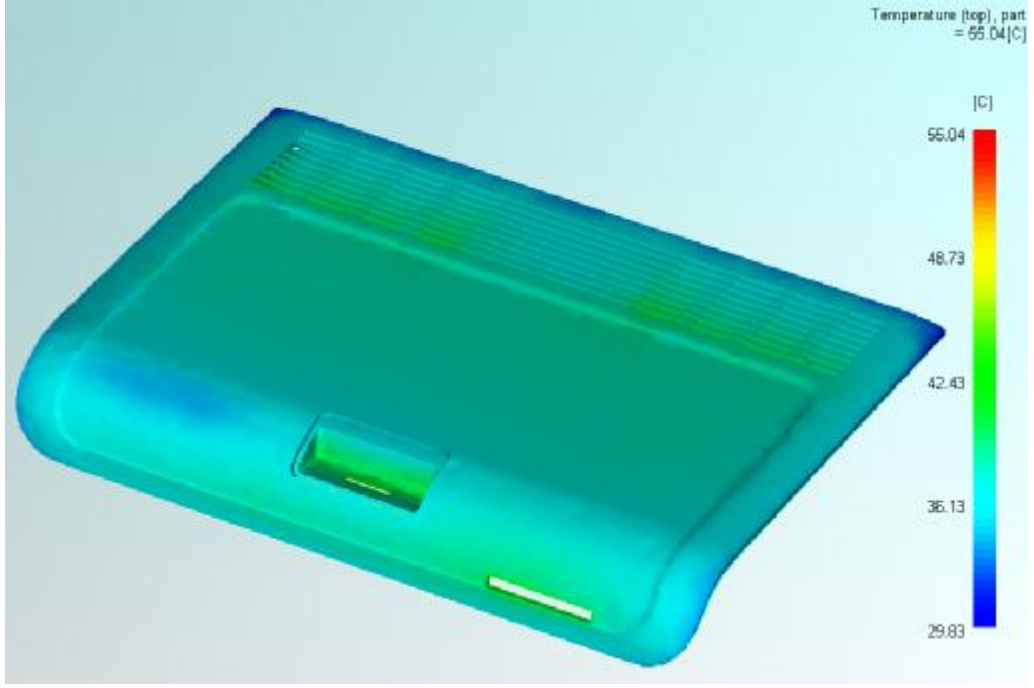
Soğuma analiz sonuçları



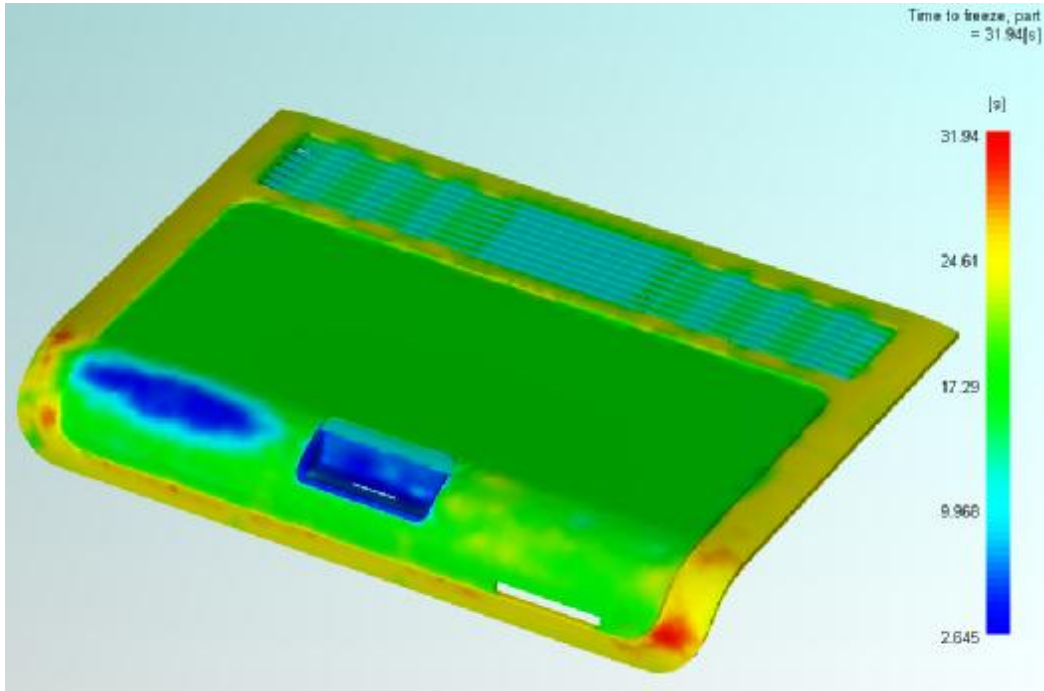
Şekil 16.17. Kalıp konstrüksiyonuna göre tasarlanmış ve analiz programında simüle edilmiş soğutma kanalları gösterilmiştir. (Suyun giriş ve çıkış sıcaklıkları diyagramda belirtilmiştir)



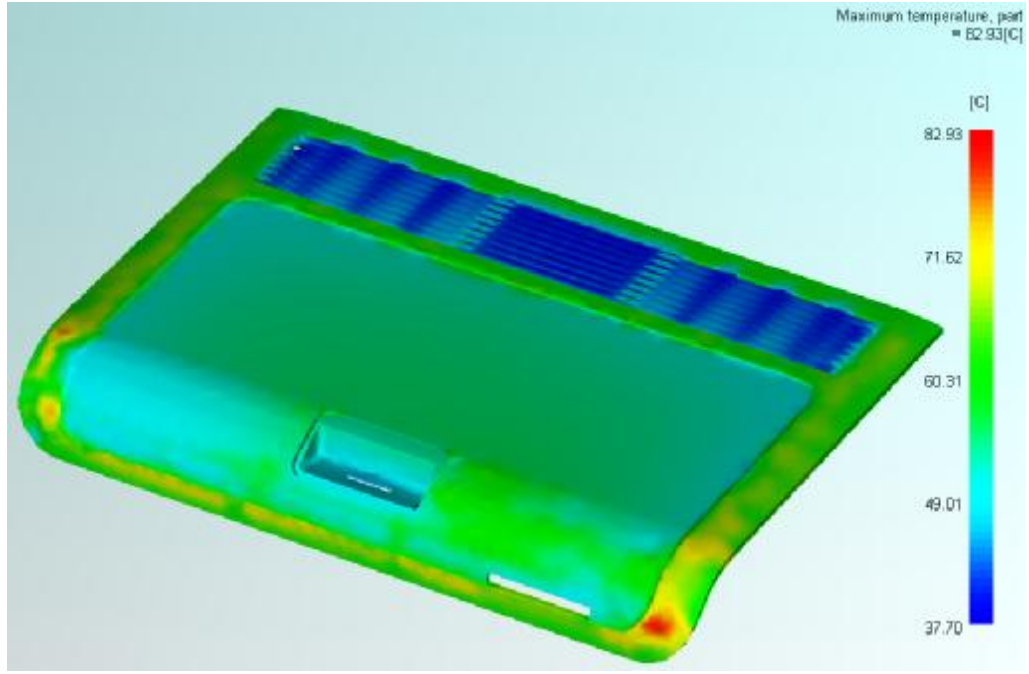
Şekil 16.18. Soğutma kanallarının en çok ısıya maruz kalan bölgeleri gösterilmektedir.



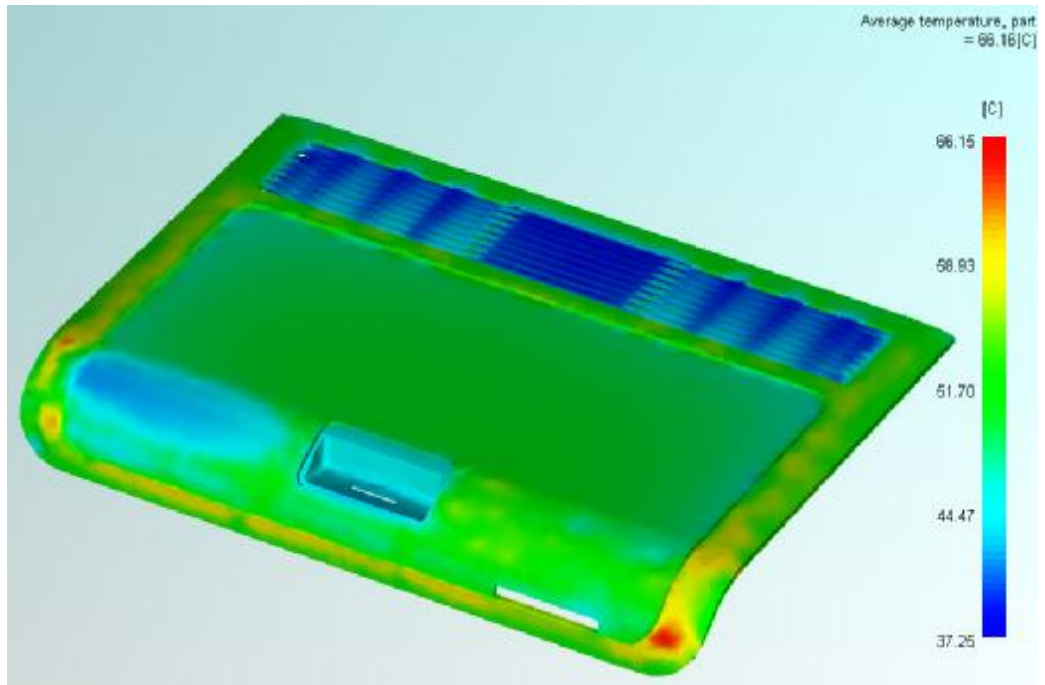
Şekil 16.19. Soğutma kanallarına göre malzemenin sıcaklık diyagramı gösterilmiştir.



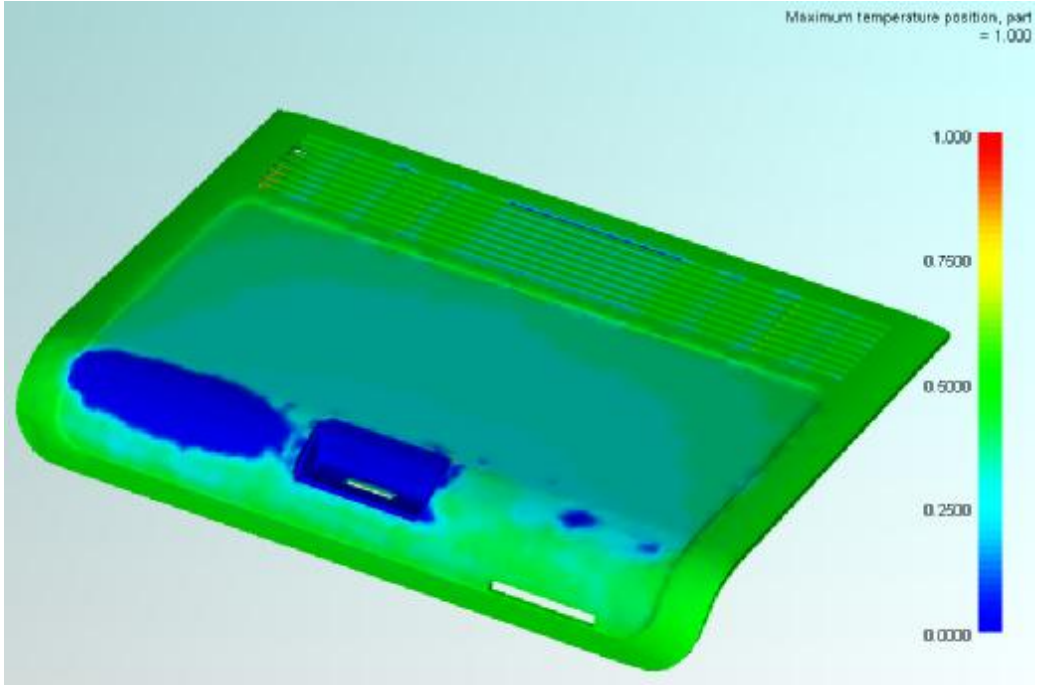
Şekil 16.20. Parçanın soğutma kanallarına bağlı olarak donma süresi gösterilmiştir.



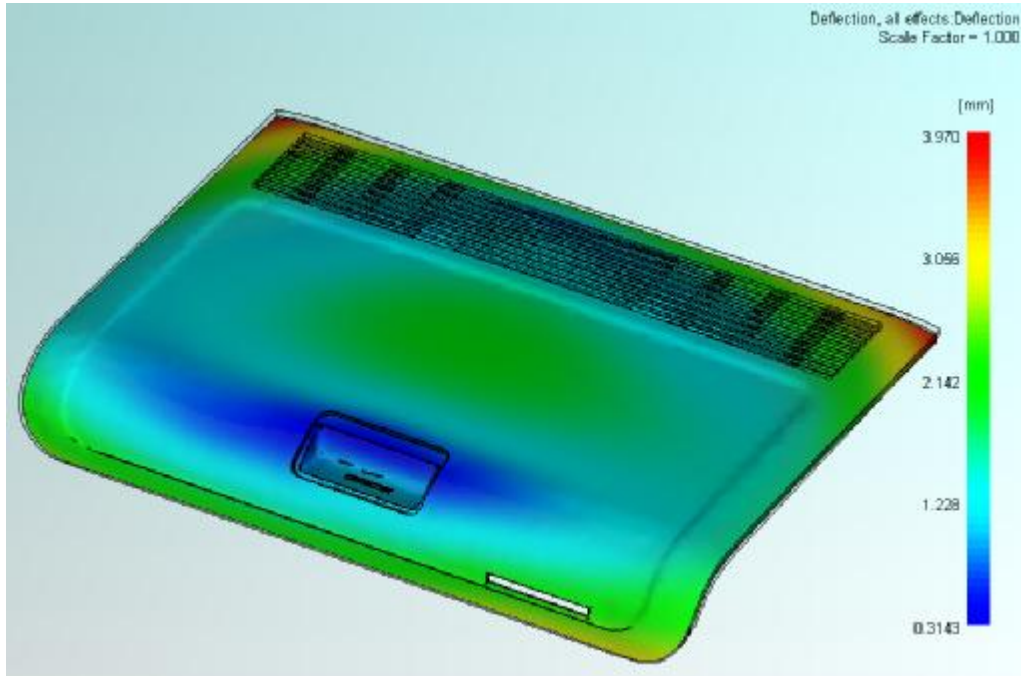
Şekil 16.21. Parçanın soğutma kanallarına bağlı maksimum sıcaklık diyagramı gösterilmiştir.



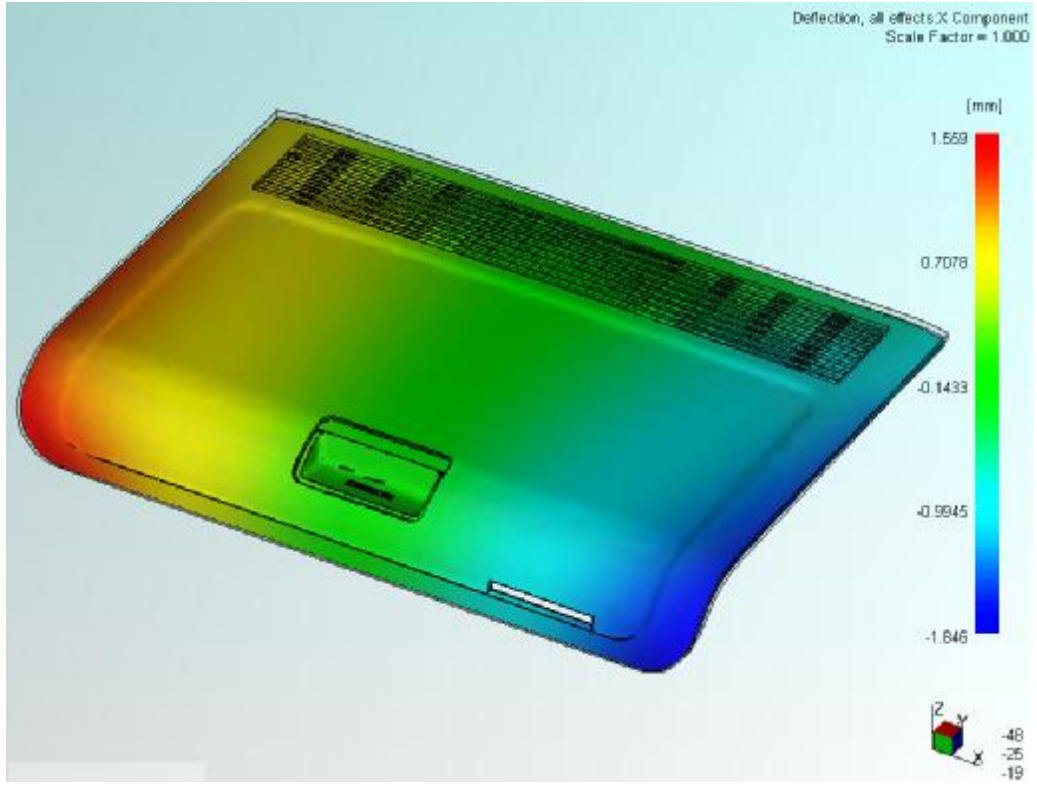
Şekil 16.22. Parçanın soğutma kanallarına bağlı ortalama sıcaklık diyagramı gösterilmiştir.



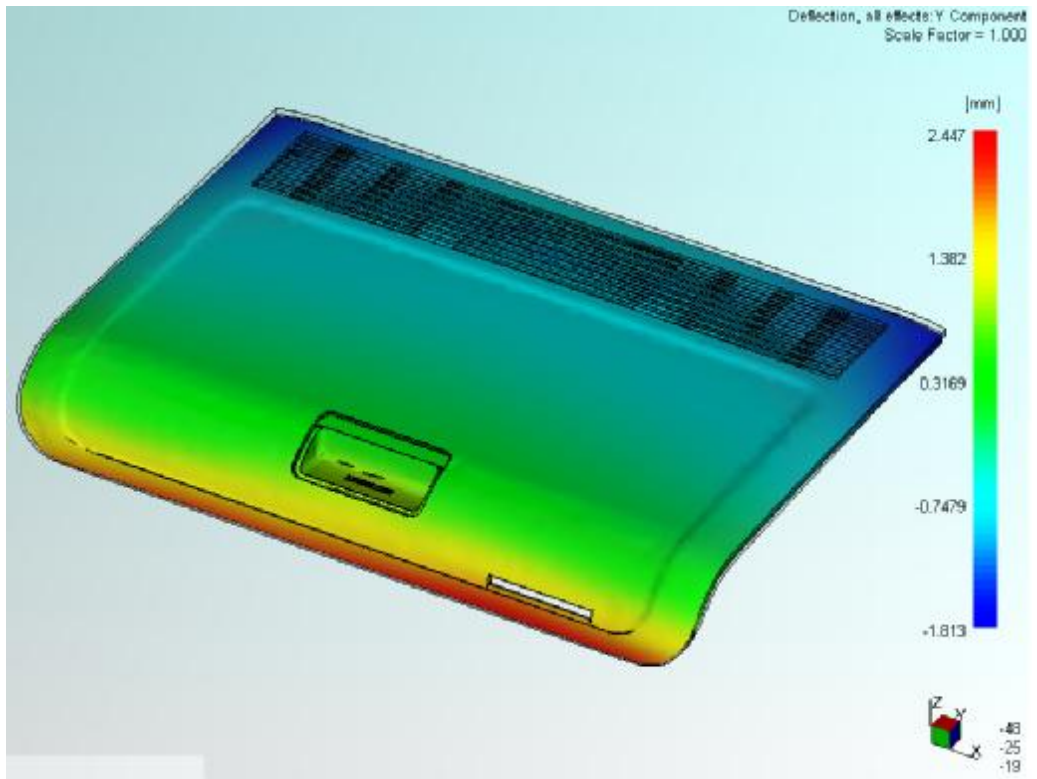
Şekil 16.23. Parça üzerindeki maksimum sıcaklıkla minimum sıcaklığın 1-0 arası gösterilmesi.



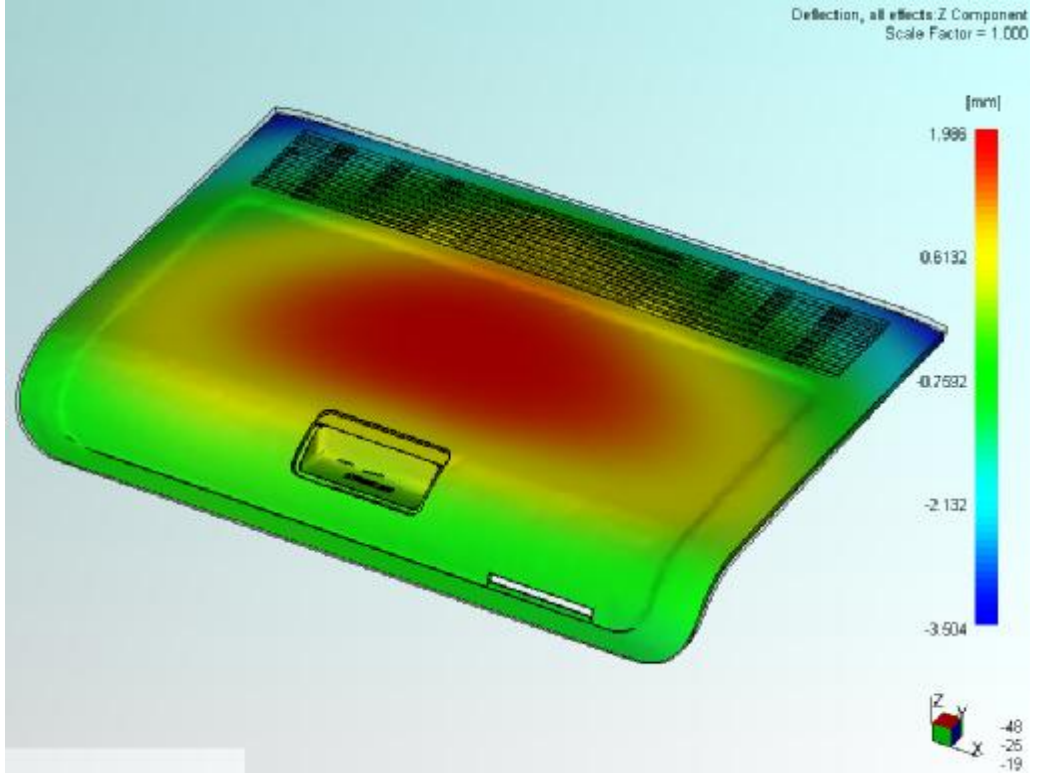
Şekil 16.24. Parça üzerinde gerçekleşebilecek deformasyonlar gösterilmiştir.



Şekil 16.25. Parçada X ekseninde meydana gelebilecek çekme miktarları gösterilmiştir.



Şekil 16.26. Parçada Y ekseninde meydana gelebilecek çekme miktarları gösterilmiştir.



Şekil 16.27. Parçada Z ekseninde meydana gelebilecek çekme miktarları gösterilmiştir

16.1.3 Parçada Görülen Hatalar

16.1.3.1. Kaynak çizgisi (Weld line) oluşması



Şekil 16.28. Yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelen kaynak çizgisi gösterilmiştir.



Şekil 16.29. Şekil 16.12 deki analiz sonucunda belirtilen kaynak çizgisinin yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelmiş kaynak çizgisi ile karşılaştırılması gösterilmiştir.

Çözüm 1

Kaynak çizgisinin etkisini azaltmak için o bölgede meydana gelen hava sıkışması önlenmelidir. Kaynak çizgisinin olduğu bölgedeki çelik parçalara (lokmalara) ayrılarak sıkışan havanın buradan tahliyesi sağlanabilir ve kaynak çizgisinin etkisi azaltılabilir.

Çözüm 2

Kaynak çizgisinin olduğu bölge ısıtılarak soğuk birleşmeden meydana gelen kaynak çizgisinin etkisi azaltılabilir.

Çözüm 3

Malzemenin akışı yönlendirilerek kaynak çizgisinin oluşumu farklı bir bölgeye kaydırılabilir.

Bu hatanın etkisinin azaltılması için Çözüm 1 de bahsedilen erkek çelik lokmalara ayrılarak sıkışan havanın tahliyesi sağlanmıştır.



Şekil 16.30. Kaynak çizgisinin etkisini azaltmak için erkek çeliğe uygulanmış lokma izleri gösterilmiştir.

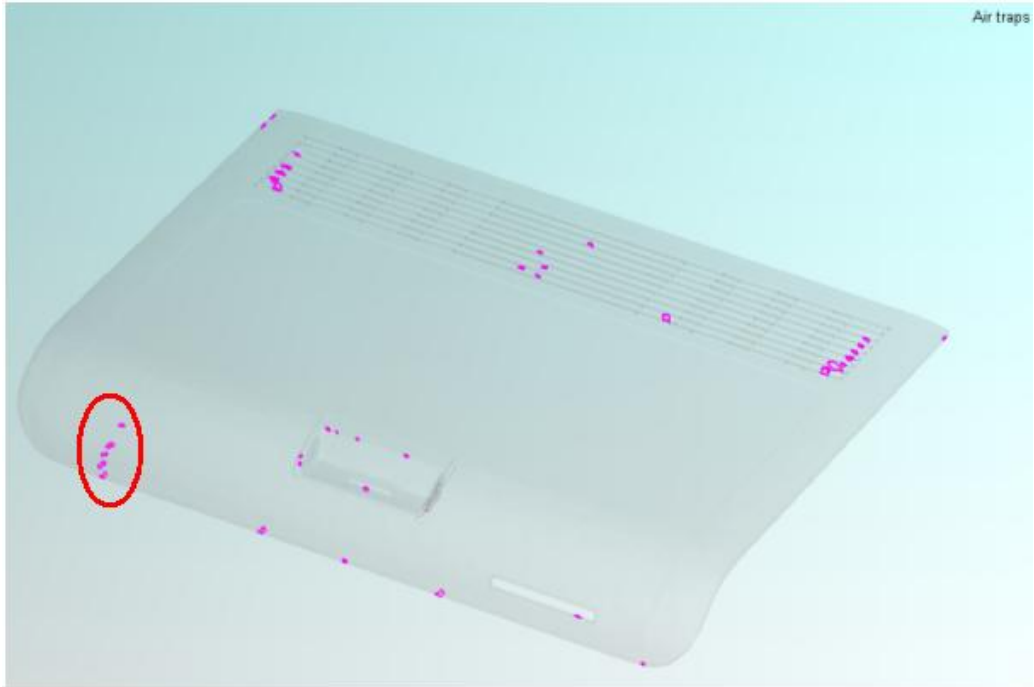


Şekil 16.31. Erkek çeliğin lokmalara ayrılmasından sonraki durum gösterilmiştir. Kaynak çizgileri ortadan kaldırılmıştır.

16.1.3.2. Hava boşluğu (Air traps) oluşması



Şekil 16.32 Yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelen hava boşluğu gösterilmiştir.



Şekil 16.33. Şekil 16.8. de ki analiz sonucunda belirtilen hava boşluğunun yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelmiş hava boşluğu ile karşılaştırılması gösterilmiştir.

Çözüm 1

Kaynak çizgisinin etkisini azaltmak için o bölgede meydana gelen hava sıkışması önlenmelidir. Kaynak çizgisinin olduğu bölgedeki çelik parçalara (lokmalara) ayrılarak sıkışan havanın buradan tahliyesi sağlanabilir ve kaynak çizgisinin etkisi azaltılabilir.

Çözüm 2

Sıkışan havanın tahliye edilmesi için o bölgeye hazır kalıp elemanları olan havanın atılmasını sağlayan gaz atma filtreleri kullanılabilir. .

Çözüm 3

Hava sıkışmasının meydana geldiği bölgeye itici pim konularak oradan havanın tahliyesi sağlanabilir.

Bu hatanın etkisinin azaltılması için Çözüm 1 de bahsedilen erkek çelik lokmalara ayrılarak sıkışan havanın tahliyesi sağlanmıştır.



Şekil 16.34. Hava boşluğunun olduğu bölgedeki erkek çelik gösterilmiştir.



Şekil 16.35. Hava boşluğunun ortadan kaldırılması için erkek çeliğe uygulanmış lokma izleri gösterilmiştir.

16.1.3.3. Çökme (Sink marks) oluşumu



Şekil 16.36. Yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelen çöküntüler gösterilmiştir.

Çözüm 1

Çöküntünün oluştuğu bölgedeki plastik kalınlığı arttırılarak çöküntü azaltılabilir.

Çözüm 2

Enjeksiyon basıncının ve ütüleme basıncının arttırılması amacıyla yolluk girişi çöküntünün olduğu bölgeye yaklaştırılabilir.

Bu hatanın etkisinin azaltılması için Çözüm 1 de bahsedilen çöküntünün olduğu bölgedeki plastik et kalınlığı arttırılarak çöküntünün oranı azaltılmıştır.



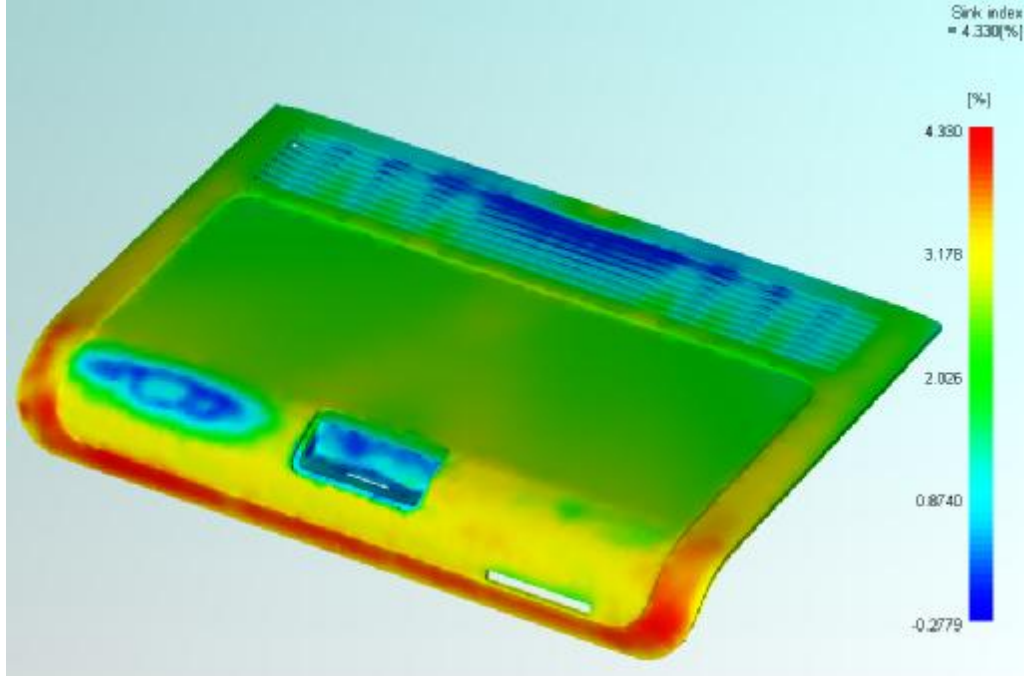
Şekil 16.37. Çöküntüyü meydana getiren feder gösterilmiştir.



Şekil 16.38. Federin olduğu bölgedeki plastik et kalınlığının artışı gösterilmiştir.



Şekil 16.39. Yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelen çöküntüler gösterilmiştir.



Şekil 16.40. Şekil 16.14. de ki analiz sonucunda belirtilen çökmelerin yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelmiş çöküntüler ile karşılaştırılması gösterilmiştir.

Bu bölgedeki çökmeleri önlemek için enjeksiyon basınçlarının artırılması yada bu bölgeye yüzey işlemlerinin (Bölüm 2) uygulanması gerekmektedir.



Şekil 16.41. Yüzey işlemlerinin yapılmadan önceki enjeksiyon baskısı gösterilmiştir. Yüzey parlatılmıştır.

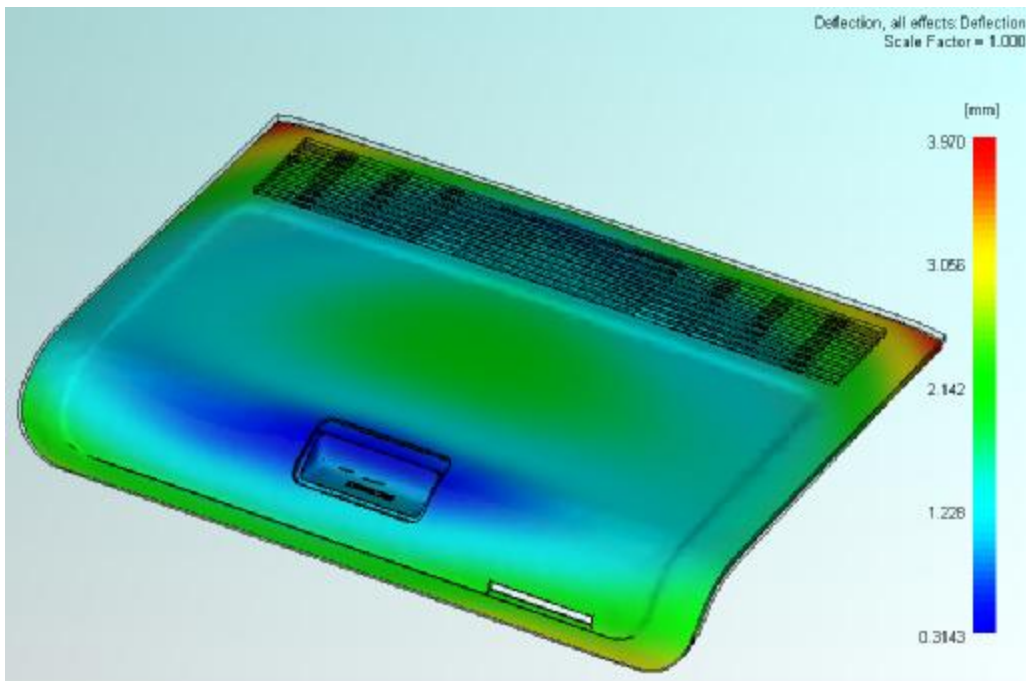


Şekil 16.42. Yüzey işlemleri yapıldıktan sonra enjeksiyon baskısı gösterilmiştir. Resimde mat olarak görünen yüzeye 3 mikron derinliğinde yüzey kumlama işlemi yapılmıştır.

16.1.3.4. Çarpılma (Warp) oluşumu



Şekil 16.43 Yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelen çarpılma gösterilmiştir.



Şekil 16.44. Şekil 16.24. de ki analiz sonucunda belirtilen çarpılmaların yapılan enjeksiyon baskısında meydana gelmiş çarpılmalar ile karşılaştırılması gösterilmiştir.

Parçada meydana gelmiş çarpılmaları azaltmak için farklı hız ve basınç enjeksiyon şartları denenmelidir. Çarpılmayı önlemek için parçanın tasarımı sırasında tasarım mühendisleri tarafından gerekli önlemler alınmalı yada parçanın çarpıldıktan sonra bile montajı esnasında problem yaratmasının önüne geçecek şartlar sağlanmalıdır.

16.2. Deney 2

Plastik parçalarda meydana gelen tasarım, enjeksiyon ve kalıp hataları belirlenip bu hataların ortadan kaldırılması veya en aza indirgenmesi için yapılanlar veya çözüm önerileri sunulmuştur.

16.2.1. Kaynak Çizgisi (Weld line) oluşumu



Şekil 16.45. Parçada oluşan kaynak çizgisi gösterilmiştir.

Çözüm 1

Kaynak çizgisinin etkisini azaltmak için o bölgede meydana gelen hava sıkışması önlenmelidir. Kaynak çizgisinin olduğu bölgedeki çelik parçalara (lokmalara) ayrılarak sıkışan havanın buradan tahliyesi sağlanabilir ve kaynak çizgisinin etkisi azaltılabilir.

Çözüm 2

Kaynak çizgisinin olduğu bölge ısıtılarak soğuk birleşmeden meydana gelen kaynak çizgisinin etkisi azaltılabilir.

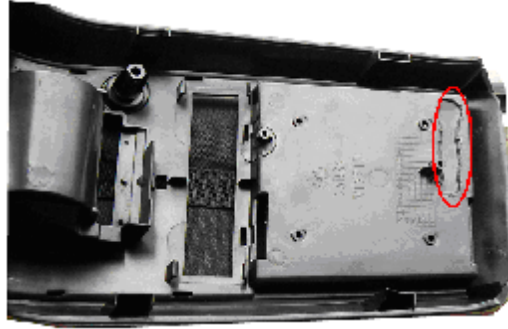
Çözüm 3

Malzemenin akışı yönlendirilerek kaynak çizgisinin oluşumu farklı bir bölgeye kaydırılabilir.

Bu hatanın etkisinin azaltılması için Çözüm 3' te malzemenin akışı yönlendirilerek kaynak çizgisinin oluşumu kaydırılmaya veya etkisi azaltılmaya çalışılmıştır.



Şekil 16.46. Parçanın görünmeyen (kozmetik olmayan) alt kısmı gösterilmiştir.



Şekil 16.47. Parçada oluşan kaynak çizgisini önlemek amacıyla erkek çeliğe kaynak yapılarak malzemenin akışı yönlendirilmeye çalışılmıştır.



Şekil 16.48. Erkek çelikte yapılan kaynaktan (malzeme ilavesi-et inceltmesi) sonra kaynak çizgisinin yerinde herhangi bir değişiklik olmamıştır fakat kaynak çizgisinin etkisinin azaldığı

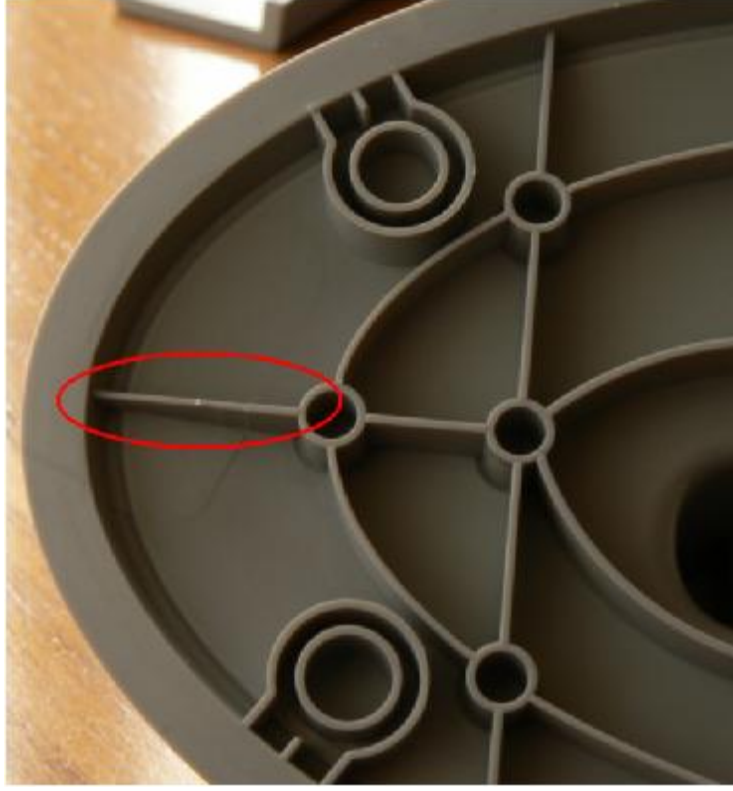
gösterilmiştir.

16.2.2. Hare oluşumu

Kalıba enjekte edilen malzemenin soğuk kalıp çeliğine hızla çarpması esnasında malzeme yüzeyinde leke oluşur. Bu leke malzemenin dar kesitten geçerken hızlanması ve aniden kalıp çeliğine çarparak hızla soğumasından kaynaklanır. Resim 16.45. Parçanın alt kısmındaki yolluk girişi gösterilmiştir. Resim 16.46. Parçanın muz yolluk olarak tabir edilen yolluğu gösterilmiştir. Muz yolluktaki kesit daralmasından ve malzemenin bu kesitten geçerken hızlanmasından ötürü dişi yüzeyinde hare oluşmuştur.



Şekil 16.49. Parçanın görünür yüzeyindeki hare oluşumu gösterilmiştir.



Şekil 16.50. Parçanın alt kısmındaki yolluk girişi gösterilmiştir.



Şekil 16.51. Parçanın muz yolluğu gösterilmiştir.

Çözüm 1

Malzemenin yolluk şekli değiştirilmelidir yada yolluk görünmeyecek yüzeye kaydırılmaldır.

Çözüm 2

Parça boyanarak hare oluşumu gizlenmelidir.

Bu hatanın giderilmesi için parçanın üst yüzeyi (görünen yüzey) boyanmıştır.



Şekil 16.52. Parçanın üst yüzeyinin hare oluşumunu gizlemek üzere boyanmış hali gösterilmiştir.

16.2.3 Parçanın mukavemetinin artırılması

Tasarım mühendisleri tarafından yapılan hatalar yada parçanın yapılan testler sonucunda mukavemetinin yetersiz olduğu durumlarda;

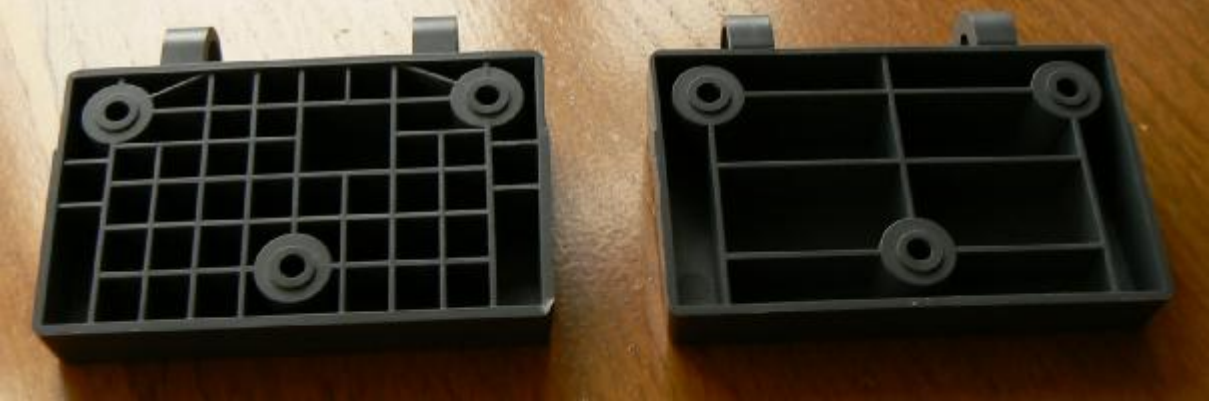
Çözüm 1

Mukavemet değerleri yüksek farklı plastik malzemeler kullanılabilir. Fakat farklı malzemelerin kullanılması çekmedeki farklılıklardan ötürü ölçüsel problemler yaratabilir.

Çözüm 2

Parçanın ilave federler atılarak et kalınlığı arttırılabilir.

Parçaya ilave feder atılarak mukavemeti yaklaşık 5 kat arttırılmıştır.



a)

b)

Şekil 16.53. b) Parçanın ilk hali a) Parçanın son hali gösterilmiştir.

17. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

17.1. Deney 1

Uydu alıcısının üst kapağı olan plastik parçanın Moldflow programıyla plastik akış analizi yapılmıştır. Moldflow programından elde edilen sonuçlar parçada meydana gelen hatalarla karşılaştırılmıştır

17.1.1 Kaynak çizgisi (Weld Line) oluşması

Parçanın ön kısmında meydana gelen kaynak çizgilerinin Moldflow akış analizinde de görülmesi analiz sonuçlarının tasarım aşamasında dikkate alınarak meydana gelebilecek hataların önlenmeye çalışılmasının süreç ve maliyet avantajı getireceği görülmektedir.

17.1.2. . Hava boşluğu (Air traps) oluşması

Parçanın ön kısmında meydana gelen hava boşluğunun Moldflow akış analizinde de görülmesi analiz sonuçlarının tasarım aşamasında dikkate alınarak meydana gelebilecek hataların başlangıçta çözümlerinin uygulanmasının sonradan uygulanmasına karşı maliyet ve süreç avantajı yaratacağı görülmüştür.

17.1.3. . Çökme (Sink marks) oluşumu

Parçanın ön kısmında meydana gelen çöküntülerin Moldflow akış analizinde de görülmesi analiz sonuçlarının tasarım aşamasında dikkate alınarak meydana gelebilecek hataların tasarımda, kalıp prosesinde yada enjeksiyon prosesinde önlenmeye çalışılmasının süreç ve maliyet avantajı getireceği görülmektedir.

17.1.4 . Çarpılma (Warp) oluşumu

Parçada meydana gelen çarpılmaların Moldflow akış analizinde de görülmesi analiz sonuçlarının tasarım aşamasında dikkate alınarak çarpılmanın ortadan kaldırılması yada etkisinin azaltılması için tasarımda ve enjeksiyon prosesinde alınması gereken önlemlerin maliyet ve süreç avantajı getireceği görülmektedir.

17.2. Deney 2

Plastik parçalarda görülen hatalar, bu hataların oluşma nedenleri ve etkileri gösterilmiş ve giderilmesi için çalışmalar yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

17.2.1 Kaynak çizgisi (Weld Line) oluşması

Malzemenin akışından oluşan kaynak çizgisinin etkisini azaltmak yada daha uzak bölgeye taşımak için akışa yön vermeye çalışılmıştır. Bu amaçla erkek çelik üzerine kaynak yapılmış ve et kalınlığı bu bölgede azaltılmış. Malzeme bu bölgedeki ar kesitten geçmesi sırasında ısınarak soğuk birleşmeden kaynaklanan kaynak çizgisinin etkisi azaltılmıştır.

17.2.2 Hare oluşumu

Kalıpta hare oluşumunu önlemek için enjeksiyon şartları (basınç, hız ve sıcaklık) ayarlarını değiştirerek hare lekesi yokedilmeye çalışılmıştır fakat basınç düşürülmesi, parçada çöküntüye, basınç artışı çapak oluşumuna hız düşürülmesi, kalıbın doldurulamamasına yol açmıştır. Bu nedenle parçanın enjeksiyon işleminden sonra boyanması zorunlu hale gelmiştir. Bu da bize fazladan boya ve proses maliyeti getirmektedir.

17.2.3 Parçanın mukavemetinin artırılması

Parça tasarlanmış ve imalatı yapılmış fakat gereken uygulamaya göre mukavemet açısından yetersiz olduğunun tespit edilmesi kalıbın tekrar işlenmesi gereğini doğurmuştur.

18. GENEL SONUÇ ve ÖNERİLER

Moldflow akış analizinin tasarım aşamasında yapılmasının ve sonuçların tasarım, kalıp ve enjeksiyon proseslerine yansıtılarak önlem alınmasının daha sonra hataları gidermek için yapılacak revizyonları engellediği ve bu hatalara önceden alınan tedbirlerin maliyet ve süreç bazında büyük maliyet avantajı getireceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

Beaumont J. P., Sherman N. Successful Injection Molding: Process, Design, and Simulation 1st edition Hanser Gardner Publications - Munich July 2002

Brown L. Design and Manufacture of Plastic Parts John Wiley & Sons Inc - Canada July 1980

Bryce D. M. Plastic Injection Molding: Mold Design and Construction Fundamentals Vol III : Fundamentals of Injection Molding Series) Society of Manufacturing Engineers - United States of America May 1998

Campbell P. Plastic Component Design 1st ed edition Industrial Press, Inc.; - New York January 1996

Campo E. A. The Complete Part Design Handbook: For Injection Molding Of Thermoplastics Hanser Gardner Pubns - Munich June 2006

Chanda M., Roy S.K. Plastics Technology Handbook 3 edition (Plastics Engineering , Vol 47) CRC; - United States of America April 1998

Fischer J. Handbook of Molded Part Shrinkage and Warpage New edition Plastics Design Library - New York June 2003

Gerdeen J. C., Lord H.W., Rorrer L, Ronald A.. Engineering Design with Polymers and Composites CRC; Har/Cdr edition - United States of America November 2005

Harper C. A. Handbook of Plastic Processes 1 edition Wiley-Interscience; - United States of America August 2006

Joseph M., Gordon Jr. Industrial Design of Plastics Products Wiley-Interscience - New Jersey October 2002

Malloy R. A. Plastic Part Design for Injection Molding : An Introduction (Spe Books.) Hanser Gardner Publications – New York Jun 1994

Miller J. Plastics Products Design Handbook, Part A Mechanical Engineering Marcel Dekker Inc - New York August 1981

Olmsted B. A. Davis M. Practical Injection Molding 1 edition CRC; - United States of America March 2001

Osswald T. A., Turng Lih-Sheng, Gramann P. J. Injection Molding Handbook, 2nd Edition Hanser Gardner Publications - Ohio November 2007

Rao N, S., O'Brien K. Design Data for Plastics Engineers (Paperback) Hanser Gardner Publications - Munich November 1998

Rotheise J. Joining of Plastics: Handbook for Designers and Engineers 2 Revised edition Hanser Gardner Publications; - Ohio April 2004

Sasso J. Plastics For Industrial Use Freeman Press - England March 2007

Shoemaker J. Moldflow Design Guide Hanser Gardner Publications - Ohio June 2006

Stoeckhert K., Mennig G. Mold-Making Handbook 2nd Edition Hanser Gardner Publications - Canada Nov 1998

Tres P. A. Designing Plastic Parts for Assembly 6 edition Hanser Gardner Publications; - Canada May 2006

INTERNET

[1] <http://www.moldflow.com/stp/>

[2] <http://www.yudo.com.tr/>

[3] <http://www.turkcadcam.net>

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	12.03.1982	
Doğum yeri	Eskişehir	
Lise	1993-2000	Muğla Anadolu Lisesi
Lisans	2000-2005	Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2006-Devam ediyor	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Bölümü Konstrüksiyon Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı