İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PLASTİK ENJEKSİYONDA PROSES VE KALIP KAYNAKLI SORUNLARIN GİDERİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Engin KÖSE
(503021210)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 12 Haziran 2006

Tez Danışmanı : **Yrd.Doç.Dr. Vedat TEMİZ**

Diğer Jüri Üyeleri **Doç.Dr. Haydar LİVATYALI**

Yrd.Doç.Dr. Mehmet PALABIYIK

TEMMUZ 2006

ÖNSÖZ

Çalışmamın, bu konuyla ilgilenen teknik kişilere yararlı olmasını diler, öğrenim hayatım boyunca desteklerini hiçbir zaman benden esirgememiş olan aileme ve sürdürdüğüm tez çalışmamda sürekli yardımcı olan hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Vedat Temiz'e saygı ve sevgilerimi sunarım. Ayrıca çalışmam sırasında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen, Sn. Yeliz Anık'a, Sn. Cem Dağlı'ya, Sn. Mustafa Karabaş'a, Sn. Ahmet Şen'e, Sn. Veli Kızgınel'e, Sn. Volkan Bayram'a, Sn. Onur Ozansoy'a, tüm Vestel Beyaz Eşya A.Ş. ve B/S/H çalışanlarına teşekkür ederim

TEMMUZ 2006 Engin KÖSE

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ii
İÇİNDEKİLER iii
TABLO LİSTESİ vi
ŞEKİL LİSTESİ vii
SEMBOL LİSTESİ ix
ÖZET x
SUMMARY xi

1. KALIPÇILIK ve KALIPLA ÜRETİM 1
1.1. Kalıpçılığın Tanımı 1
1.2. Kalıpların Sınıflandırılması 2
1.2.1. Metal Kalıpları . 2
1.2.2. Hacim Kalıpları 4

2. PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNESİ VE ENJEKSİYON PROSESİ 9
2.1. Plastik Enjeksiyon Makinesini Oluşturan Üniteler 9
2.1.1. Mengene kapama Ünitesi 9
2.1.2. Plastikleştirme ve Enjeksiyon Ünitesi 11
2.1.3. Kontrol Ünitesi 12
2.1.4. Makine Gövdesi 12
2.2. Plastik Enjeksiyon Prosesinde Ana Değişkenler 12
2.2.1. Sıcaklıklar 13
2.2.2. Basınçlar 14
2.2.3. Zamanlar 15
2.2.4. Hızlar 17
2.2.5. Dört Değişkenin kullanım sırası 17
2.3. Plastik Enjeksiyon Çevrimi 18
2.3.1. Plastikleştirme 18
2.3.2. Kalıbın Kapatılması 18
2.3.3. Kalıbın Doldurulması 18
2.3.4. Ütüleme 19
2.3.5. Tutma 19
2.3.6. Soğutma 19
2.3.7. Kalıptan Çıkarma 19
2.4. Enjeksiyon Testi Nasıl Yapılır? 19

3. PLASTIK ENJEKSIYON KALIPLARI 22

3.1. Kalıp terminolojisi 23
3.1.1. Kalıp Boşluğu (Göz) 23
3.1.2. Erkek Kalıp 23
3.1.3. Dişi Kalıp 24
3.1.4. Yolluk sistemi 24
3.1.5. Soğutma Sistemi 24
3.1.6. İtici sistemi 27
3.2. Enjeksiyon Kalıp Elemanları 31
3.2.1. Dişi Kalıp Elemanları 31
3.2.2. Erkek Kalıp Elemanları 33
3.3. Kalıp Tipleri 35
3.3.1. Kalıp Yapısına Göre Sınıflandırma 35
3.3.2. Yolluk Tipine Göre Sınıflandırma 43
3.4. Sıcak Yolluklu Kalıp ve Sıcak Yolluk Sistemi 44
3.4.1. Sıcak Yolluk Sistemi Özellikleri: 44
3.4.2. Sıcak Yolluk Sistemi Avantajları: 44
3.4.3. Sıcak yolluk sistemlerinde giriş uçları 48
3.5. Soğuk yolluk çeşitleri 53
3.5.1. Yolluk Giriş Tipleri 53

4. YOLLUK GİRİŞ YERİNİN VE GİRİŞ ÇAPININ DOĞRU BELİRLENMEMESİ SONUCU KALIPTA VE PARÇADA YAPILAN DEĞİŞİKLİKLER 60
4.1. Yolluk Giriş Yerinin Yanlış Tayini Sebebiyle Kalıpta ve Parçada Yapılan Değişiklikler 60
4.1.1. Yolluk Girişinin Değiştirilmesi ve Kısıtlamalar 62

5. PLASTİK ENJEKSİYON KALIBINDA VERİMLİLİK 65
5.1. Enjeksiyon kalıbında verimliliği etkileyen faktörler 65
5.1.1. Kalıp ömrü ve Dayanıklılığı 65
5.2. Verimliliğin Önemi 69
5.3. Verimliliğin arttırılması için yapılan Çoklu Hızlı Bağlantı Elemanlarının ve Manyetik Plakaların Enjeksiyon Makinesine ve Enjeksiyon Kalıplarına Adaptasyonu 70
5.3.1. Manyetik Kalıp Bağlama Sistemi 70
5.3.2. Çoklu Hızlı Bağlantı Elemanları Sistemi 73

6. PROSES ve KALIP KAYNAKLI SORUNLARIN GİDERİLMESİ 75
6.1. Parça tasarımı 75
6.1.1. Kullanılan Malzeme Miktarının Azaltılması 75
6.1.2. Vidalama ve pim delikleri tasarımı 76
6.1.3. Ters Açıların (Undercut) Kullanılmaması 77
6.1.4. Desteklerin (feder) tasarımı 77
6.1.5. Çıkma Açısı (Draft Angle) 78

6.1.6. Kalıp birleşme yüzeyinin ve köşe radyuslarının belirlenmesi 79
6.2. Parça Rijitliğinin Arttırılması için Parçaya Feder Eklenmesi 79
6.3. Kalıbın yapımından ve devreye alınmasından sorumlu kişinin yapması gerekenler 82
6.4. Kalıbı yapacak firmanın yapması gerekenler 83
6.5. Proses ve Kalıp Kaynaklı Sorunlar 84
6.5.1. Sıcak Yollukla İlgili Problemler ve Çözümleri 84
6.5.2. Parçalarda görülen problemlerin giderilmesi 86

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 97

KAYNAKLAR 99

ÖZGEÇMİŞ 100

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: Çok Kullanılan Plastik Hammaddeler için Uygun Enjeksiyon Parametreleri 17
Tablo 3.1: Çok kullanılan plastiklerin çeliğe sürtünme katsayıları(m)..... 30
Tablo 3.2: Uç Seçiminde İğne Uç, Açık Uç ve Valve Gate Uç Tiplerinin Karşılaştırılması 50
Tablo 3.3: Plastiklerin Kesme Gerilmeleri ve Kesme Hızları..... 51

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: Kalıpların sınıflandırılması 2
Şekil 1.2: Ekstrüzyon plastik kalıplama yöntemi ve elemanları 6
Şekil 1.3: Pistonlu enjeksiyon makinesi [1] 7
Şekil 1.4: Vidalı enjeksiyon makinesi elemanları [1] 8
Şekil 2.1: Plastik enjeksiyon üniteleri [13] 9
Şekil 2.2: Hidrolik kapama 10
Şekil 2.3: Hidro-Mekanik Kapama (Kilitleme) Sistemi 11
Şekil 2.4: Plastikleştirme ve enjeksiyon ünitesi [13] 11
Şekil 2.5: Kontrol ünitesi[13] 12
Şekil 2.6: Çevrim süresi 16
Şekil 3.1: Enjeksiyon kalıbı 23
Şekil 3.2: Uygun soğutma kanalları ve parça arasındaki mesafeler[5] 25
Şekil 3.3: Soğutma kanallarının parça köşe detaylarına yaklaştırılması ile sıcak bölgelerin soğutulması[5] 25
Şekil 3.4: Parça köşe detaylarının iyi soğutulması ile deformasyonların engellenmesi[5] 26
Şekil 3.5: a-)Paralel su bağlantısı b-)Seri su bağlantısı c-) Seri ve paralel su[5] 27
Şekil 3.6: İtici plakası, iticiler ve erkek plakanın birlikte resmi 28
Şekil 3.7: Pim ve bıçak itici kullanılarak parçanın kalıptan ayrılması [5] 28
Şekil 3.8: Sıyırıcı plaka kullanılarak parçanın kalıptan ayrılması [5] 29
Şekil 3.9: Açılı pim itici kullanılarak parçanın kalıptan ayrılması[5] 30
Şekil 3.10: Enjeksiyon kalıp elemanları 31
Şekil 3.11: İki plakalı kalıp 35
Şekil 3.12: Üç plakalı kalıp [5] 36
Şekil 3.13: Açılı hareketli (maçalı) kalıp a-)Kapalı b-)Açık [7] 37
Şekil 3.14: Açılı hareketli (maçalı) kalıbın a-) Dişi Kalıp b-) Erkek Kalıp 38
Şekil 3.15: Katlı (Stack) kalıplar 39
Şekil 3.16: Vida mekanizmalı (unscrewing) kalıplar a-)Kapalı b-)Açık [7] 42
Şekil 3.17: Ters kalıplar 43
Şekil 3.18: 16 gözlü soğuk yolluklu kalıp 45
Şekil 3.19: 16 gözlü, 4 sıcak yolluklu manifoldlu kalıp 45
Şekil 3.20: 16 gözlü, 16 sıcak yolluklu manifoldlu kalıp 46
Şekil 3.21: Sıcak yolluklu manifoldlu sistem 46
Şekil 3.22: Sıcak yolluk giriş ucu geometrisi 48
Şekil 3.23: İğne giriş ucu 49
Şekil 3.24: Açık giriş ucu 49
Şekil 3.25: Açma kapama giriş ucu-valve gate 50
Şekil 3.26: Sıcak yolluk memelerinde genleşme ve boyut değişimleri[7] 52
Şekil 3.27: Tünel yolluk giriş kesitleri [5] 54
Şekil 3.28: Tünel yolluk çalışma prensibi [5] 55
Şekil 3.29: a-)Muz Yolluk Çalışma Prensibi b-) Muz Yolluk Kesiti [5] 56
Şekil 3.30: Kenar yolluk şekli ve kesiti [5] 57
Şekil 3.31: Fan yolluk şekli ve kesiti [5] 58
Şekil 3.32: Diyafram yolluk şekli ve kesiti [2,5] 59

Şekil 4.1: 4 gözlü yumurtalık kalıbı yerleşim şekli ve yolluk sitemi 61
Şekil 4.2: Malzeme birleşim izleri 61
Şekil 4.3: Yumrtalık parçasın kapı rafına montajlı resmi 62
Şekil 4.4: Yolluk girişi değişimi için alternatifler 63
Şekil 4.5: 2. Alternatifin uygulanması 64
Şekil 5.1: Cu-Be (Bakır-Berilyum) alaşımlı çelik kullanımı 66
Şekil 5.2: Manyetik plaka sistemi [11] 72
Şekil 5.3: Manyetik plaka [11] 73
Şekil 5.4: Çoklu hızlı bağlantı elemanı[10] 74
Şekil 6.1: Parça tasarımı ile malzeme miktarının azaltılması 76
Şekil 6.2: Vidalama ve pim delikleri tasarımı 77
Şekil 6.3: Parça tasarımında ters açıların (Undercut) iptali 77
Şekil 6.4: Feder tasarımı [3] 78
Şekil 6.5: Çıkma Açısı (Draft Angle) [3] 78
Şekil 6.6: Köşe radyüsü ve kalıp birleşme yüzeyinin belirlenmesi 79
Şekil 6.7: Sehim ve rijitlik problemi olan parça 80
Şekil 6.8: a) Sehim Problemi b-) Rijitlik Problemi 81
Şekil 6.9: Parça dizaynında köklü değişiklik yaparak probleme çözüm arama 82
Şekil 6.10: Sehim ve rijitlik problemi giderilmiş parça 82
Şekil 6.11: Tam doldurulamamış parça 86
Şekil 6.12: Köşe detayları zor doldurulan parka 87
Şekil 6.13: Çapak sorunu olan parça 88
Şekil 6.14: İtici izleri 89
Şekil 6.15: Parçada dalga izleri 90
Şekil 6.16: Parçada çökme 91
Şekil 6.17: Diesel etkisi 92
Şekil 6.18: Parçada oluşan gaz kabarcıkları 93
Şekil 6.19: Malzeme birleşim izleri 95
Şekil 6.20: Çarpılma sorunu 96

SEMBOL LİSTESİ

Re	: Reynolds Sayısı
T_c	: Soğuma süresi
h_{max}	: Max. Parça kalınlığı
T_x	: Parça sıcaklığı
T_m	: Kalıp sıcaklığı
T_i	: Enjeksiyon sıcaklığı
α	: Termal genleşme katsayısı
t_1	: Kalıp Kapanma Süresi
t_{inj}	: Enjeksiyon Süresi
t_h	: Enj. Tutma Süresi
t_2	: Kalıp Açılma Süresi
t_e	: Parça Çıkarma Süresi
t_3	: Kalıp Açık Kalma Süresi
P	: İtici kuvveti (kN)
E	: Polimerin elastik modülü (N/cm^2)
A	: Baskıyla temas halindeki toplam yüzey alanı (cm^2)
m	: Plastiğin çeliğe sürtünme katsayısı
d	: Baskının çevresine eşit dairenin çapı (cm)
t	: Baskının kalınlığı (cm)
n	: Poisson oranı
ΔT	: Plastiğin erime sıcaklığı-kalıp sıcaklığı
e	: Termal genleşme(mm)
l	: İlk uzunluk(mm)
HRC	: Rockwell Sertliği
P/L	: Kalıp ayrılma hattı (birleşme çizigisi)

PLASTİK ENJEKSİYONDA PROSES VE KALIP KAYNAKLI SORUNLARIN GİDERİLMESİ

ÖZET

Bu çalışmada; günümüzde çok önemli bir hale gelen seri üretim yöntemlerinden plastik enjeksiyonla üretim yöntemi üzerinde çalışılmış olup, proses ve kalıp kaynaklı sorunların çözümleri incelenmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde, genel olarak kalıpçılığın tanımı yapılmış ve kalıpla üretim yöntemleri incelenmiştir.

Plastik enjeksiyon makinesi ve enjeksiyon prosesi bölümünde, plastik enjeksiyon makinesini oluşturan üniteler (Mengene ünitesi, plastikleştirme ve enjeksiyon ünitesi, makine gövdesi ve kontrol ünitesi) anlatılmıştır. Enjeksiyon prosesindeki 4 ana değişken olan; sıcaklık, basınç, hız ve zaman parametrelerinin üretimdeki sırası ve enjeksiyon prosesine etkileri üzerinde çalışılmıştır.

Plastik enjeksiyon kalıpları bölümünde, kalıbı oluşturan elemanlar, kalıp tipleri, kalıplarda kullanılan soğutma sistemleri, itici istemleri ve yolluk sistemleri hakkında bilgi verilmiş ve şekillerle gösterilmiştir. Yolluk giriş yerinin yanlış seçilmesi sonucu yapılması gereken ve yapılan değişiklikler anlatılmıştır.

Plastik enjeksiyon kalıbında verimliliğin önemine değinilmiştir, verimliliğe etki eden faktörler ve verimliliğin arttırılması için yapılması gerekenler hakkında bilgi verilmiştir ve yapılan bir uygulama anlatılmıştır.

Son bölümde ise proses ve kalıp kaynaklı yaşanan çeşitli sorunlar, bu sorunların nedenleri ve sorunların çözülebilmesi için yapılması gerekenler anlatılmıştır.

REMOVING THE PROBLEMS OF PLASTIC INJECTION PROCESS AND PLASTIC INJECTION MOULDS

SUMMARY

In this study, plastic injection production method is described which becomes the most common and important serial production today in industry and problems which are caused by injeciton process and mold construction are examined.

In the first section of the study, general mold definition is done and different types of molds are introduced.

In plastic injection machine and injection process section, clamping unit, plastication and injection unit, machine base and control unit are described. In injection process there are 4 main parameters which are temperature, velocity, pressure and time. Each parameter has much importance in production period.

In plastic injection mold section, molds' components, different types of molds, cooling sytems, ejection systems and runner systems are examined and showed with figures.

After that section, one existing problem about runner system is showed and problem solution of runner system is examined with alternative solutions.

In plastic injection mold productivity section, factors which has important effects on productivity is determined. To improve production what can be done is sampled with one application.

In the last section, problems which are caused by injection process and injection molds construction are examined with details. To solve these problems various kinds of solution methods are suggested.

1. KALIPÇILIK ve KALIPLA ÜRETİM

Günümüzde seri üretim çok önemli bir hale gelmiştir. Tek tek parça yaparak rekabet etme olanağı artık kalmamış, bu nedenle bir çok seri üretim metodu geliştirilmiştir. Bu metotlardan biri ve en önemlisi kalıpla üretimdir. Talaş kaldırmadan kesme, bükme, çekme, şekillendirme suretiyle sac parçaların yapımının en ekonomik yoludur.

Kalıp sözcüğünün tanımı oldukça geniştir. Ancak bizim açımızdan kalıp; çok sayıda özdeş olan parçayı seri olarak üretmeye yarayan araç (aparat) demektir. Bir kalıbın tasarlanması, yapımı ve prese bağlanması ancak bu konuda yetişmiş elemanlarla mümkündür. Bu aşamadan sonra kalifiye elemana ihtiyaç yoktur. Bu faktör maliyeti düşüren en önemli nedenlerden biridir.

Bir parçayı yapacak kalıbı en uygun şekilde tasarlamak, kalıpçılık teknolojisini iyi bilmek, bu alanda tecrübeli olmak ve devamlı yenilikleri izlemekle mümkündür.

1.1. Kalıpçılığın Tanımı

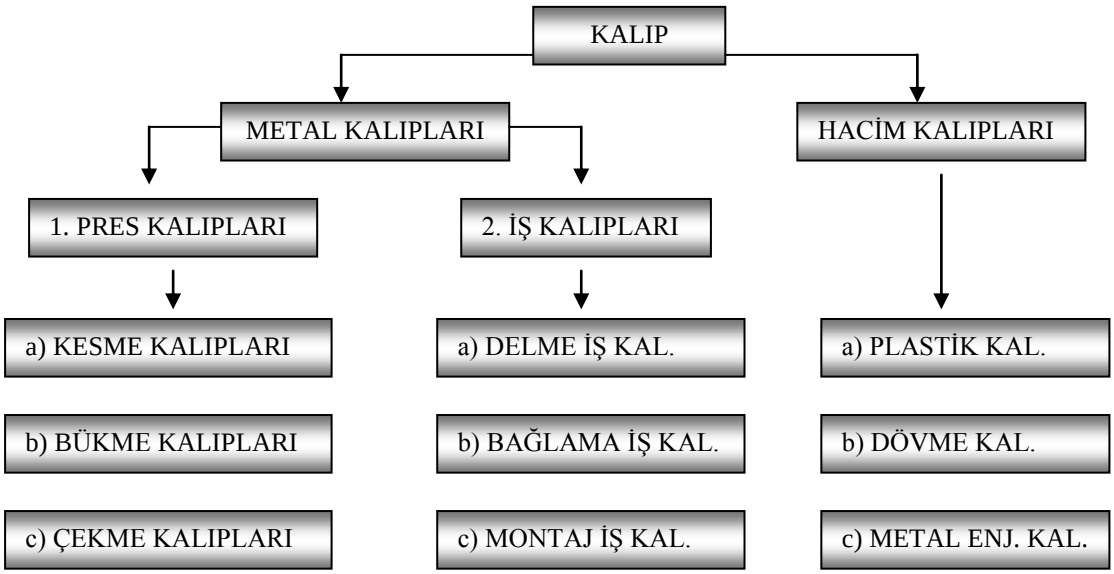
Bazı iş parçalarını detay resmindeki ölçü ve biçimlerine göre, sürekli ve özdeş olarak üretmek için, yapılan aparatlara kalıp, yapan elemanlara ise kalıpçı denir.

Serbest dövme ve basma yoluyla imalatı gereken parça sayısı, belirli bir sayıyı geçtikten sonra bu yöntem ekonomik olmaz. Bu nedenle aynı boyut, biçim ve özellikleri gösteren parçaların imalatında kalıp önemli bir takım olmaktadır. Bu parçaların daha ekonomik olması seri üretim ile mümkün olmaktadır. Kalıp ile üretimde belirli bir ölçü tamlığı sürekli olarak sağlanabilmekte, aynı zamanda kısa süreli basit bir işçilikle parçalar elde edilmiş olmaktadır.

Buradan da anlaşılabileceği gibi kalıp, daha kaliteli, daha hızlı, daha üretken çalışmanın ana unsurudur. Bu nedenlerden dolayı, günümüzde kalıpçılık her bölümü ile önem kazanan ve gelişen branş durumundadır.

Kaliteli ve düşük maliyetli üretimi, sanayi yönünden düşünürsek insan gücünün tesisi ve malzemeyi çok verimli kullanmak gerektiği sonucuna varılmaktadır. Kalıplarla, aynı şekil, ölçü ve kalitede, saniyelerle ölçülen zaman dilimlerinde, hızlı üretim gerçekleştirilir. Kalıplarla birim zaman içerisinde kaliteli, ne kadar çok parça üretilirse parça başına düşen maliyet değeri ters orantılı olarak azalmaktadır. Burada önemli olan husus şudur; parça üretimi için yapılması gereken kalıbı, gerçek anlamda bilinçli yapmaktır. Bunun için üretilecek parçayla, kalıp yapımıyla ve kalıp yapımın da kullanılan malzemelerle ilgili, teknik temel bilgilere sahip olmak gerekmektedir. Burada kalıp tasarımı ve işçilik hususlarının, kalıp maliyetine ve doğal olarak üretilecek parçanın birim maliyetine etkisi sınırlı olmakta, maliyeti esas belirleyen ise kalıp imalatında kullanılan malzemenin seçimi, kalıbın bir parçayı üretmek için harcadığı zaman (çevrim süresi) ve bununla bağlantılı olarak kalıp ömrüdür.

1.2. Kalıpların Sınıflandırılması



Şekil 1.1: Kalıpların sınıflandırılması

1.2.1. Metal Kalıpları

1.2.1.1 Pres Kalıpları

Kesme Kalıpları

Kesme, pres kalıpçılığında en çok kullanılan işlemlerden birisidir. Kesme kalıplarının bölümleri, kesmenin tanımı ile belirlenir. O halde, levha halindeki metal

veya metal dışı yarı mamulün bir hat boyunca veya planlanan biçimde birbirinden ayırma işlemine kesme işlemi denir. Kesme iki yöntemle ve değişik tarzda yapılmış düzeneklerle yapılır.

Bunlardan birincisi uç kesme yöntemidir. Bu yöntemde levha halindeki metal veya metal dışı yarı mamul, ayarlanan boyda ve biçimde en az fire verecek şekilde kesilir. Bu keseme yöntemi ile tasarlanan kalıplarda, birbirini tamamlayan simetrik parçaların üretilmesinde dilme, ayırma, çentik açma veya yarma şeklinde uygulanır.

İkinci kesme yöntemi ise kapalı kesme yöntemidir. Levha halindeki metal veya metal dışı yarı mamul üzerinde, değişik biçimlerde boşluklar oluşturularak üretim sağlanıyorsa, bu tür kesme kapalı kesme ve klasik yöntemle kesme, bu işlemi yerine getiren düzeneklere ise kapalı kesme kalıpları denir.

Gerek uç kesme yöntemi, gerekse kapalı kesme yöntemine göre üretilecek parça malzeme şeridine, değişik konumlarda kağıt üzerinde yerleştirilerek verim hesabı yapılır. Böylece hangi kesme yöntemine göre kalıbın yapılacağı saptanır.

Bükme Kalıpları

Bükme, malzemenin sıcak veya soğuk olarak, talaş kaldırmaksızın, tarafsız eksenler etrafında, kuvvet etkisi ile yüzey doğrultularının yön değiştirme işlemi olarak tanımlanabilir. Bükmeyi, malzemenin elastik deformasyondan, plastik deformasyona geçişi şeklinde de ifade edilebilir.

Eğer üzerine etkiyen kuvvete rağmen, kuvvet üzerinden kalktığı halde, malzeme eski durumuna geliyorsa, malzemede bükme olayı meydana gelmiyor demektir. Bu durum etkiyen kuvvetin yetersizliğini göstermektedir.

Bükme işleminde amaç;mekanik konstrüksiyonun gerektirdiği şekle uygun parça elde etmektir. Bunun içinde önceden hazırlanmış, parçanın ölçü resmine uygun parça üretebilecek kalıp yapımını gerçekleştirmektir.

Bükme operasyonunda, malzemenin bükülen kesitinde gerilmelerden dolayı bazı değişimler oluşur. Bükülen yarin iç yüzeyinde, basma nedeniyle yığılma, büzülme, dış yüzeyinde ise çekilme sonucu açılma, uzama meydana gelir. Bu durum bükülme açısı büyüdükçe daha belirgin bir hal alır. Bükme açısının 180° olması halinde, malzemenin elastikiyet dayanım sınırına bağlı olarak, malzemenin bükülen iç

yüzeyinde aşırı yığılma ve büzülme, dış yüzeyinde ise aşırı açılma, çatlama hatta kırılmalar meydana gelir.

Bükülecek sacın bükme ekseni, hadde eksenine paralel, başka bir deyişle, sacın doku lif istikametinin, hadde yatay eksenine dik olması gerekmektedir. Bu durum sacın bükülmesinde, bükme radyüsü, hesapta olan en küçük değerde de olsa, bükülme şansı vardır. Sacın lif hattı yönüne dik bükmelerde, bükülen yerde gerilmeler nispeten az olur. Eğer bükme işlemi, sacın lif hattı yönü, bükme eksenine paralel olacak şekilde yapılacak olursa, malzemedeki gerilmeler, aşırı derecede büyüyerek ortaya çıkar, hatta malzemede hızlı bir şekilde çatlamalar ve kırılmalar meydana gelir.

Çekme ve Derin Çekme Kalıpları

Dairesel pulların veya çok kenarlı sac plakaların, uygun kalıplarla tas, kovan, çanak v.b. gibi şekillere sokulması işlemine "Çekme" denmektedir. Çekilecek parçayı birden fazla kalıpla, ancak istenilen şekil verilebiliyorsa bu işlemede "Derin Çekme" işlemi denmektedir.

Çekme işleminde, teorik olarak sac kalınlığında, incelme olmadığı kabul edilse de, pratikte özellikle çekilen parçanın dibe yakın yan cidarlarında % 5'e yakın bir oranda, incelme olduğu bilinmektedir.

1.2.2. Hacim Kalıpları

1.2.2.1 Plastik Kalıpları ve Kalıplama Yöntemleri

Ham plastiği işleyerek, kullanılabilir bir şekle getirebilmek için bir çok plastik kalıplama yöntemi uygulanır. Bu yöntemlerin hepsinde uygulanması gereken ortak yöntem; ham plastiğin belli sıcaklıkta yumuşatılması, belli basınç altında şekillendirilmesi ve sonuçta şeklini korumasıdır. En yaygın kullanılan kalıplama yöntemleri şunlardır;

- Sıkıştırma Kalıplama Yöntemi
- Aktarma Metodu ile Kalıplama
- Ekstrüzyon Metodu ile Kalıplama
- Enjeksiyon Metodu ile Kalıplama

1-Sıkıştırma Kalıplama Yöntemi

Bu metot, termoset plastiklerin biçimlendirilmesinde uygulanan kalıplama usullerinden bir tanesidir. Bu metotta, kalıbın bir yarısı presin alt tablasına; diğer yarısı üst tablasına bağlanır. Toz plastik ham madde, kalıplama boşluğuna doldurulur. 120°C ile 360°C arasında, yaklaşık 2 bar basınç altında, kalıp içerisinde sıkıştırılır. Belli bir süre bekletildikten sonra, şişerek, kalıbın şeklini almış olan plastik parça; kalıp açılarak alınır; yanlara taşmış çapak fazlalıklar, uygun bir tarzda, parçanın biçimini bozmadan, elle veya bir kalıp, bir makine , bir aparat yardımıyla kesilir.

Sıkıştırma kalıplama metodunda, kalıp, parçanın şekline ve ölçülerine uygun bir tarzda yapılmalı; kalıp yüzeyleri, özel usullerle gayet iyi bir şekilde parlatılmalıdır.

Kalıbın boşluğuna konacak ham plastik miktarının, parça ağırlığının % 15 ile %25'i kadar fazla olacak şekilde, hazırlanması gerekir. Plastik hammadde, kalıp boşluğuna; toz, talaş, boncuk, hamur, v.s. gibi biçimlerde konur.

Sıkıştırmalı Kalıplama 3 şekilde yapılır.

- Taşmasız (Çapaksız)
- Yarı taşmalı
- Taşmalı, sıkıştırma kalıplama şekilleridir.

2-Aktarma Metodu ile Kalıplama Yöntemi

Bu tip kalıplama, sıkıştırma kalıplama metoduna benzer bir kalıplamadır. Plastik hammadde, yükleme silindirinin içerisine konur. Bal kıvamında sıvılaşan plastik üzerine piston ile basılır. Basılan sıvı plastik, yolluktan dağıtıcılara, oradan da kanallar vasıtasıyla, kalıp boşluğuna aktarılarak, boşluğu doldurur.

Aktarma metodu ile genelde termoset plastikler kalıplanır. Kalıp boşluğuna aktarılan plastik maddeye, sertleşinceye kadar basınç uygulanır.

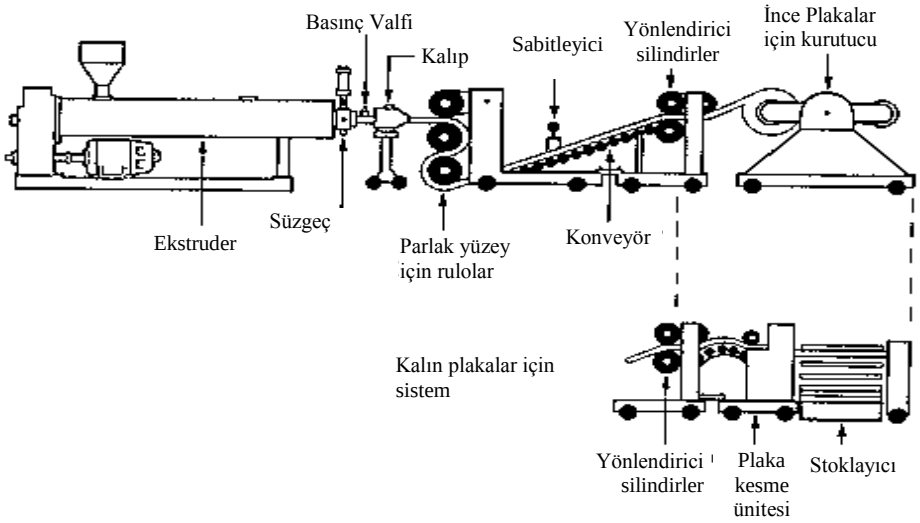
3-Ekstrüzyon Plastik Kalıplama Yöntemi

Bu metot, yumuşatılmış plastik maddenin, helezon piston yardımıyla, silindirin içerisine basılarak, yapılan kalıplama prensibine dayanır. Fışkırtma kalıplama da denilen bu metot, genellikle üretilecek, parçanın şekline göre dörde ayrılır.

- Tek yuvarlak delikli, dişi kalıplar

- Dar ve uzun kanallı dişi kalıplar
- Boru fışkırtma kalıpları
- Profil fışkırtma kalıpları

Ekstrüzyon kalıplama metodu ile alüminyum, plastik boru, plastik kaplı tel, bir çok plastik profil üretilebilir.



Şekil 1.2: Ekstrüzyon plastik kalıplama yöntemi ve elemanları

4-Enjeksiyon Kalıplama Yöntemi

Enjeksiyon kalıplama metodu, en çok termoplastiklerin şekillendirilmesinde uygulanan bir metottur. Toz veya küçük taneler (granül) halindeki termoplastikler, huni yardımıyla, silindir içerisine gönderilir. Isıtıcılar tarafından ısıtılan silindirin sıcaklığı, plastik malzemenin cinsine göre ayarlanır. Silindirin içerisinde ısıtılan plastik madde, hidrolik pistonla veya helezon vidalı mil yardımıyla silindir sonuna doğru taşınır. Yayıcı aracılığıyla hız kazanan erimiş plastik, kalıp boşluğunu doldurur. Kalıp iç boşluğunun şeklini alan plastik, soğutulur. Kalıp açılarak plastik parça çıkarılır. Kullanılan enjeksiyon makineleri şunlardır:

- Pistonlu enjeksiyon makineleri
- Vidalı enjeksiyon makineleri

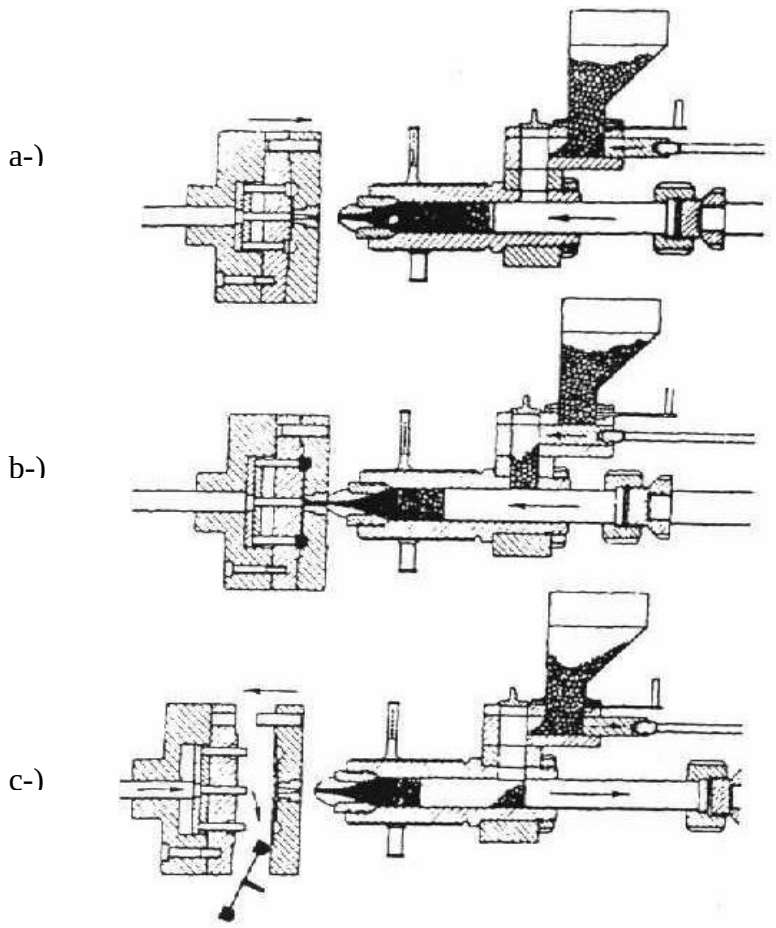
Plastik hammaddeyi kontrollü bir biçimde akıcılaştırıp, bünyesindeki kalıba basınçla iletilmesini sağlayan ve soğuduktan sonra çıkarma işlemini gerçekleştiren makineye, enjeksiyon makinesi adı verilmektedir. Enjeksiyon makinesini, enjeksiyon kalıbı,

enjeksiyon ünitesi, kapama ünitesi ve kontrol ünitesi oluşturur. Parçanın kalitesi, bu ürünlerin işleyişleri arasındaki etkileşime bağlıdır. [3]

Enjeksiyon kalıplamada kullanılan cihazlar; küçük kapasiteli ve basit parçaların kalıplanmasında pistonlu enjeksiyon makineleri, daha kaliteli ve fazla sayıda parçaların kalıplanmasında vidalı enjeksiyon makineleri olmak üzere iki ana grupta imal edilirler. [1]

1-Pistonlu Enjeksiyon Makineleri

Pistonlu makineler malzemenin homojen ısıtılmaması sebebiyle birkaç gram ağırlığındaki çok küçük parça üretimi dışında günümüzde pek kullanılmamaktadır. Pistonlu makine kullanılması halinde silindirde yaklaşık 10 dozajlık malzeme bulunur ve bu malzeme ısıtılarak eritilir. Şekil 1.2'de pistonlu enjeksiyon makinesinin basit bir şekli gösterilmiştir.



Şekil 1.3: Pistonlu enjeksiyon makinesi [1]

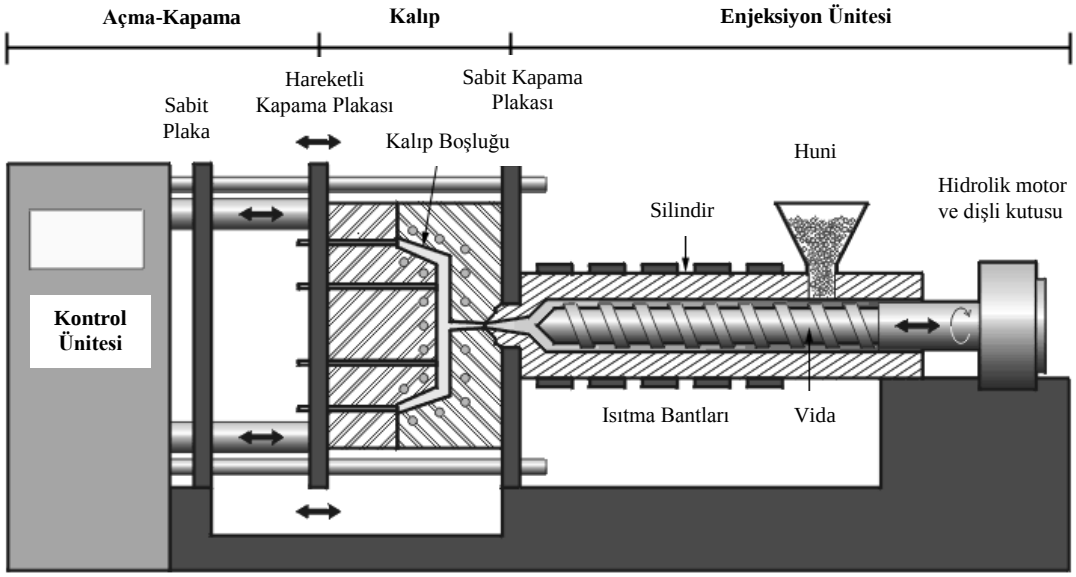
Pistonlu enjeksiyon makinesi ile yapılan işlemler şöyle özetlenebilir:

İlk olarak kalıp kapatılır memeye yaklaştırılır (aynı anda erimiş malzeme sıkıştırılır) (Şekil 1.2-a). Daha sonra kalıba malzeme enjeksiyonu gerçekleştirilir (aynı anda sonraki dolgu için özel dolgu ayarı yapılır) (Şekil 1.2-b). En son olarak da piston geri çekilir, dozaj ayarlı granüller silindire alınır, yolluk memeden koparılır, kalıp açılır ve parça kalıptan itilir (şekil 1.2-c). [1]

2-Vidalı Enjeksiyon Makineleri

En çok kullanılan tip, vidalı enjeksiyon makineleridir. Bu tip presler 4 ana kısımdan oluşur:

- Açma-kapama ünitesi
- Kalıp
- Enjeksiyon ünitesi
- Kontrol ünitesi

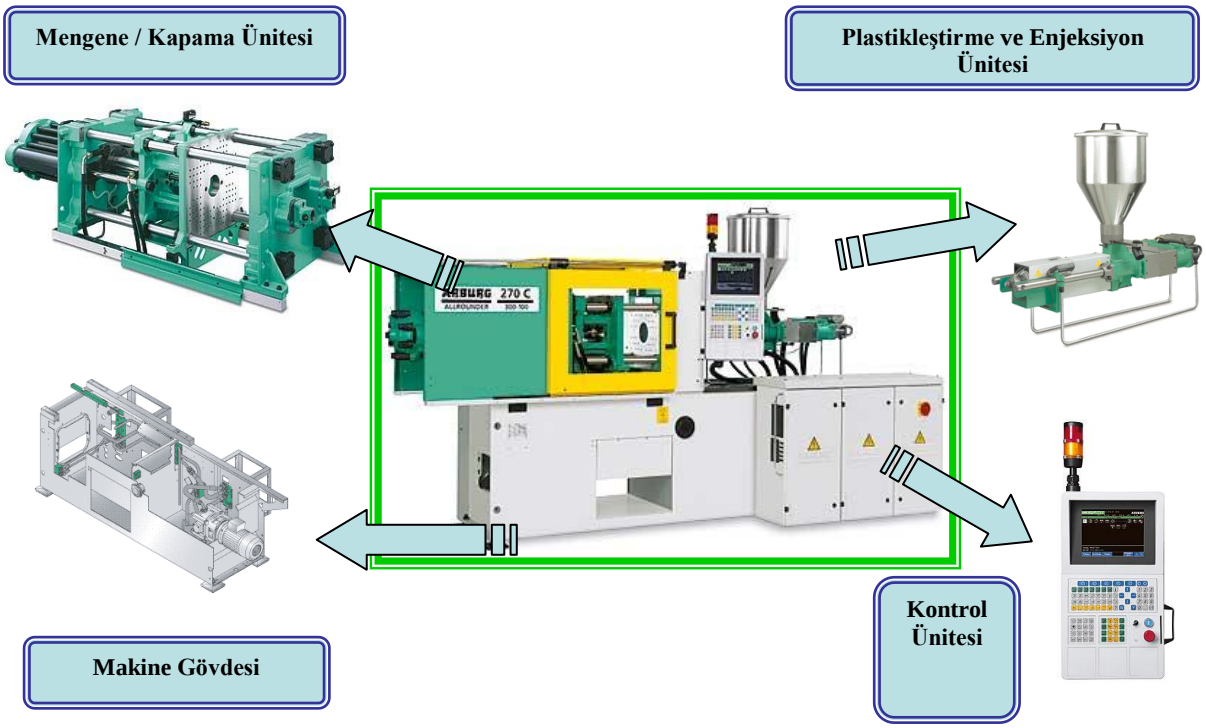


Şekil 1.4: Vidalı enjeksiyon makinesi elemanları [1]

Huni biçimindeki depoya, granül halindeki plastik hammadde konur. Huninin alt kısmından, vidalı mil üzerine inen plastik granüller, helezonik vidalı milin dönüş hareketi ile enjeksiyon memesine doğru sürüklenir. Vidalı mil silindirinin dışında, çepeçevre bulunan ısıtıcılar, sürüklenen plastik hammaddeyi istenilen sıcaklığa getirir. Sıcaklık, plastik maddeyi eriterek, bal kıvamında akışkan durumuna sokar. Bal kıvamındaki plastik hammadde, enjeksiyon memesinden geçerek kapalı kalıp içerisindeki boşluğa enjekte edilir. Parça kalıptan soğutularak alınır.

2. PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNESİ VE ENJEKSİYON PROSESİ

2.1. Plastik Enjeksiyon Makinesini Oluşturan Üniteler



Şekil 2.1: Plastik enjeksiyon üniteleri [13]

2.1.1. Mengene kapama Ünitesi

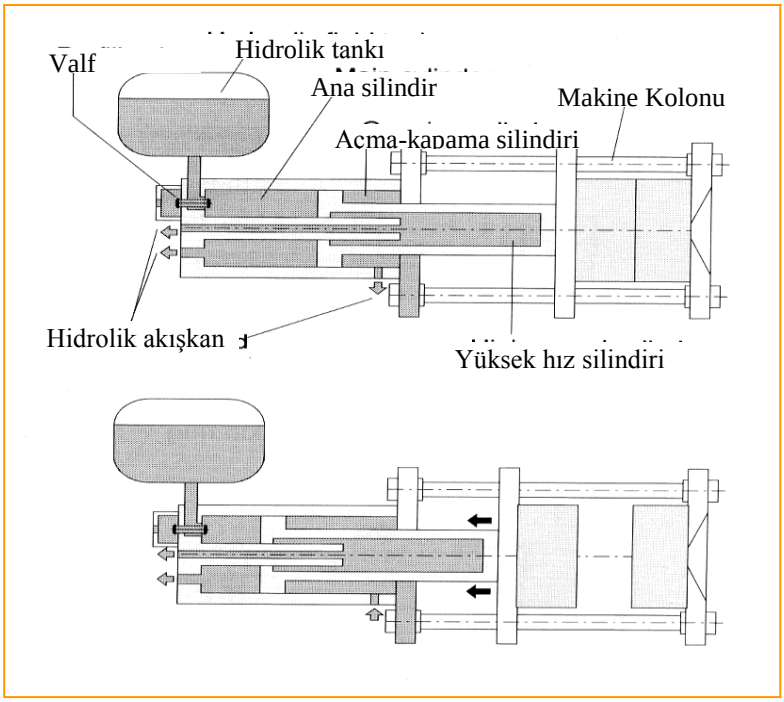
Mengene kapama ünitesinin görevi, kalıbı kapamak ve açmak, kalıbın yüksek basınçta kapalı kalmasını sağlayarak kalıp ayrılma hattında çapak oluşmasına izin vermemektir.

3 Tip Kapama (Kilitleme) Sistemi vardır;

- Hidrolik Kapama (Kilitleme) Sistemi
- Hidro-Mekanik Kapama (Kilitleme) Sistemi
- Mekanik Kapama

2.1.1.1 Hidrolik Kapama (Kilitleme) Sistemi

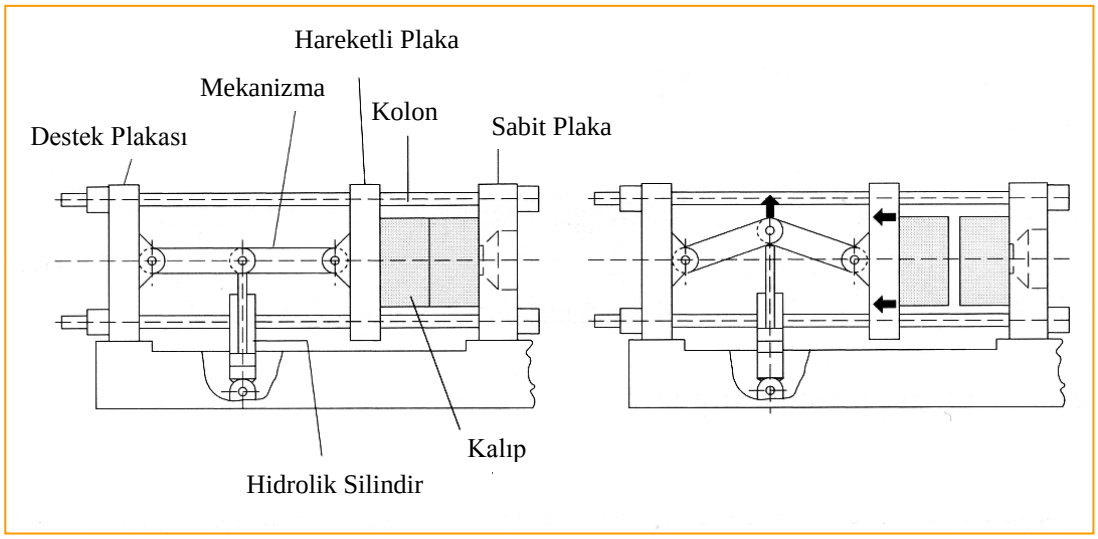
Hidrolik kuvvet uygulaması ile çalışır. Hidrolik piston makinenin hareketli tarafındadır. Plakanın ileri hareketi ve uygulanan kuvvet, kapama (kilitleme) silindirindeki sıvıya uygulanan yük basıncıyla kontrol edilir. Plakanın hareket hızı genellikle, sıvının giriş ve çıkış hızlarının oranıyla kontrol edilir.



Şekil 2.2: Hidrolik kapama

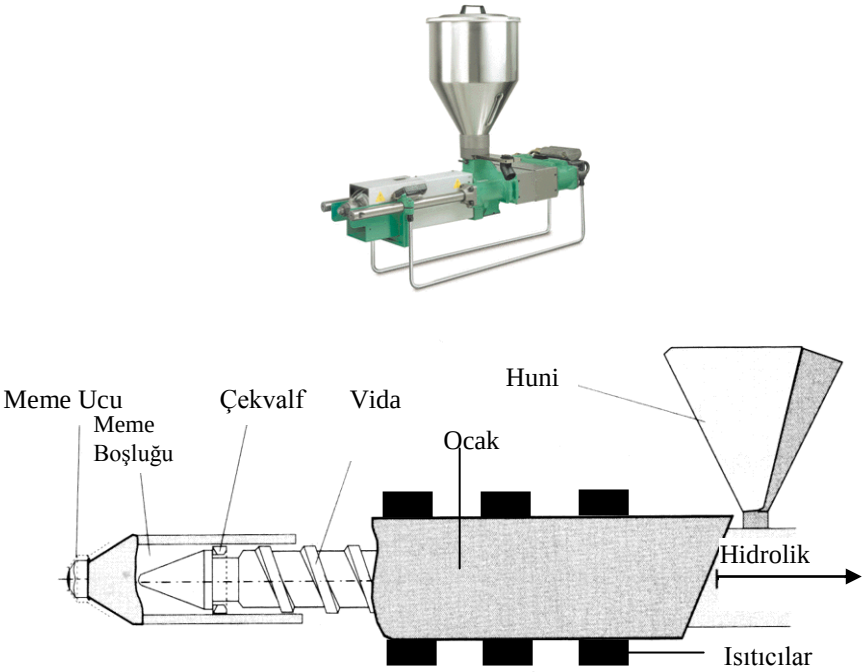
2.1.1.2 Hidro-Mekanik Kapama (Kilitleme) Sistemi

Hidrolik hareketlendirici, silindir kelebek sistemini ve bağlantılarının hareketini kontrol eder, bu şekilde hareketli plakanın açılıp kapanmasını sağlar. Kilitleme kuvveti, mekanik olarak kelebek sisteminin açılmasıyla sağlanır. Dizayndaki bağlantılar sebebiyle mekanik olarak avantaj sağlanır. Bu da hidrolik olarak uygulanan kuvvetin 1\20'sinin katlanmasıyla olur. Kilitleme gücü kilitleme yüksekliğinin ayarıyla yapılabilir. Bu da kilitleme vidasındaki bağlantılarının ileri geri çevrilmesiyle sağlanır. Kilitleme tonajı, kolonlardaki uzamalardan hesaplanır.



Şekil 2.3: Hidro-Mekanik Kapama (Kilitleme) Sistemi

2.1.2. Plastikleştirme ve Enjeksiyon Ünitesi



Şekil 2.4: Plastikleştirme ve enjeksiyon ünitesi [13]

Huni, vida , ocak, ısıtıcılar(rezistanslar), çekvalf, yolluk memesinden oluşur.Huniden gelen polimeri ocakta ısıcılar yardımıyla eriterek, eriyik polimeri vida gövdesi (ocak, silindir gövdesi) içinde toplar. Hidrolik basıncı ile vida döner ve vidanın dönmesiyle vida helezonlarından eriyik polimer ileri doğru itilir. Vidanın üzerinde bulunan helezonların açıları ve vida çeliği çok önemlidir. Eriyik vidada ilerken, helezonlardaki açıdan ve plastiğin vida çeliğine sürtünmesinden kaynaklanan ısınma

da göz önünde bulundurulmalıdır. Vidaların yapımcısı tarafından belirlenen ömürleri vardır ve ömrü bittiğinde değiştirilmesi gerekir. Helezonlar zamanla aşınarak özelliklerini yitirirler, iyi çalışıyo gibi gözükse de vidadan kalıba verilebilecek eriyik kapasitesi azalır. İleri itilen eriyik polimer kalıp boşluğuna enjekte edilir. Soğuma boyunca tutma basıncını sağlanır ve meme ucunun geriye kaçması önlenir.

2.1.3. Kontrol Ünitesi

Şekil 2.5: Kontrol ünitesi[13]

Enjeksiyon tezgahının ve enjeksiyon prosesinin tüm parametrelerini ayarlar.

4 ana enjeksiyon parametresi grubunun (Sıcaklıklar, Basınçlar, Hızlar ve Zamanlar) doğrudan ya da dolaylı olarak kontrol edildiği 15-30 adet parametre değeri bulunur.

2.1.4. Makine Gövdesi

Yukarıda anlatılan, plastikleştirme ve enjeksiyon ünitesini, mengene ünitesini, kontrol ünitesini ve enjkesiyon kalıbını taşıyan ana iskelettir. Ana gövde, makine çalışırken oluşacak darbe ve titreşimleri ünitelere aktarmayacak şekilde dayanıklı yapılmalıdır.

2.2. Plastik Enjeksiyon Prosesinde Ana Değişkenler

Plastik enjeksiyon prosesinde dört ana değişken vardır.

2.2.1. Sıcaklıklar

2.2.1.1 Enjeksiyon Malzemesinin sıcaklığı:

Malzemenin sıcaklığı malzemenin cinsine uygun ve uniform olmalıdır. Meme ucundaki malzemenin sıcaklığı mutlaka bilinmelidir. Malzeme sıcaklığı, karışım tedarikçileri tarafından verilen sıcaklık aralığının tam ortasında olmalıdır. Eriyik sıcaklığını öğrenmenin en iyi yolu ise direkt olarak ölçmektir. Bu ölçümü yapmak için iki yöntem vardır.

Ölçme Yöntemleri:

- Daldırma (çubuk pirometre) (30-30-30 yöntemi)
- Infra red pirometresi

Daldırma (Çubuk) pirometreler çekirdek sıcaklığını, infra-red pirometreleri ise yüzey sıcaklığını ölçerler.

2.2.1.2 Kalıp Sıcaklığı

Enjeksiyonda temel prensip, sıcak plastiği kalıp içine gönderip kalıp boşluğunun şeklini alarak bu şekilde kalarak soğuyup sertleşmesidir. Kalıp sıcaklığı, baskı süresini ve parça kalitesini etkilediğinden önemlidir. Sıcak kalıpta plastik çok kolay akmasına rağmen, baskının soğuyup dışarı atılma süresi uzayacaktır. Buna karşılık, soğuk kalıpta erimiş plastiğin soğuması çabuk olur fakat kalıp boşluğundaki akışkanlığı düşeceğinden kalıbı tam doldurmadan soğuyup sertleşir. Bu iki durum arasında en iyi koşulları yakalamak için; kullanılacak plastiğin tipine ve çeşidine, plastiğin akma uzunluğuna, plastik parçanın et kalınlığına, kullanılacak yolluk çeşidine ve yolluk uzunluklarına ve istenilen parçanın kalitesine dikkat etmek gerekmektedir.

Kalıp dolma esnasında en sıcak erimiş plastik, kalıba girişinde ve en soğuk plastik yolluk girişinden en uzak noktadır. Kalıbın sıcaklığı iyi ayarlanamazsa bu sıcaklık farkı plastik parçada istenmeyen gerilmelerin, zayıf noktaların ve malzeme birleşim izlerinin oluşmasına sebep olur. Bunları önlemek için baskıda eşit sıcaklık dağılımı sağlamak gerekmektedir. Bu da kalıpta tasarlanacak en uygun soğutma sistemleri ile gerçekleştirilebilir. Kalıbın sıcak bölgelerine soğuk su, soğuk bölgelerine sıcak su girişi sağlayarak bu mümkündür.

Yavaş akan suyun laminar bir akışa sahip olduğu kabul edilir.

Türbilanslı akış, kalıp soğutma çevriminin ve soğutmanın en iyi yoludur.

Re <10000 laminar akış

Re >10000 türbilanslı akış olarak ifade edilir.

Kalıp sıcaklığı da ideal olarak enjeksiyon malzeme sıcaklığı gibi plastik üreticileri tarafından verilen sıcaklıktır.

2.2.2. Basınçlar

Plastik malzeme kalıp boşluğuna belirli bir basınçta enjekte edilir. Bu basınçla plastik malzemenin kalıp boşluğunun şeklini alması sağlanır. Basınç kaldırıldığında plastik hala akışkandır ve bir önceki geometrisine dönmek ister.

Plastiğin çok kolay esneyebilme ve uzayabilme kabiliyetinden dolayı kalıp boşluğuna aşırı basınç uygulamalıyız ki malzeme sıcaklığı düştüğünde ve parçanın soğumasından dolayı pres çıkışında boşluklar oluşmasın.

Kalıp plastikle dolduğu zaman bu seferde içindeki havayı dışarı atmak ister. Kalıp açıldığında ise yapmamız gereken iki şey vardır.

- Parçanın kalıbın sabit tarafına (enjeksiyon tarafına) yapışmasını engellemek
- İtici sistemi tarafından itilen parçayı ayırmak

Bazı kalıpçılar, kalıpların makinelere adapte olamadığını öne sürerler. Yani aynı kalıp ve plastik şartları sağlandığında, farklı makinelere bağlandığında aynı performans elde edilemeyeceği söylenmektedir. Bu bir anlamda saçmadır. Malzeme işlem gördüğü makinenin kimliğini okuyamaz. Yani eğer şartlar aynı ise sonuçta aynı olmalıdır. Bununla beraber bazı farklılıklar vardır.

Yapılan ilk hata hidrolik pres başında, basıncı okuyan operatör tarafından, plastiğin üzerindeki basınç yüzünden hata olduğu düşünülür. Hidrolik pres işi, kuvvet katlayıcı denen bir prensiple çalışır. Plastik işinde bu 8:1 ve 12:1 oranındadır. Bununla beraber, bir çok istisna vardır. Çok açıktır ki eğer bir pres 8:1 oranında çalışıyorsa plastiğin 1000 kg'lık bir basıncı 8000 kg'lık bir basınca eş değerdir. Aynı makinede kullanılan 12:1'lik oran 12000 kg'lık bir basınç oluşturacaktır.

Basınçtaki bu fark makinede flaşa sebebiyet verir (makinenin flaş yapması ile kastedilen, presin ışığının yanıp sönerek bir hata olduğunu ikaz etmesi). Bu basınç

oranlarına göre her makine kendi kuvvet katlayıcısına göre sınıflandırılmalı ve buna göre bir tablo yaparak makinenin bu verilere göre ayarlanması gerekmektedir.

Birçok makine bilgisayar kontrollüdür ve bilgi işlemcisi saniyenin 1000'de bir aralığında okuma yapmaktadır. Bununla beraber makine imalatçıları saniyenin sadece 10'da birinde devreye girebilen valf sistemleri kullanmaktadırlar. Aradaki bu hassasiyet farkı tabii ki makinenın yavaşlamasına ve problem çıkarmasına sebep olmaktadır. Bu tip makineların valfleri de ona göre seçilmelidir. Böylece kontrolde ilerleme yapılmış olacaktır.

Parmak kuralına göre, basınç malzemenin üzerine aynı uygulanılırsa, kalıpta aynı büyüklükler elde edilir ve buna bağlı olarak da parçada aynı ölçüler elde edilir.

2.2.2.1 Enjeksiyon Basıncı

Kalıp gözünü doldurmak ve parçayı ütülemek (Kalıbın tam olarak dolması,

ince detayların da oluşması sağlanır.) için uygulanır.

2.2.2.2 Tutma Basıncı

Plastik malzemedeki çekmeleri karşılamak ve eksiksiz olarak şeklini alması için uygulanmaktadır.

2.2.2.3 Geri Basınç

Vida geri hareketine direnç olarak tanımlanmaktadır ve malzemenin sürtünme ile ısıtılmasına yardımcı olmaktadır.

2.2.3. Zamanlar

Bir çevrimin başından sonuna kadar tamamlanıldığı aralığa çevrim zamanı denir. Malzeme eriyik halinde iken kalıbın içini çok iyi doldurması istenir. Malzeme soğumaya başladığında, yeteri kadar katı hale gelir ve bundan sonraki parça için enjeksiyon makinesi hazırlanmaya başlar. Malzemenin basitçe soğuması önemli değildir. Asıl önemli olan nasıl soğuduğudur. Burada anlatılmak istenileni bir değimle anlatmak istersek "Plastik katı hale gelmeden önce biraz kestirmesi gerekir." Yani hemen soğutmakta plastik açısından optimal bir durum değildir.

Düşük Çevrim süreleri için minimum zamanlar kullanılmalıdır.

2.2.3.1 Doldurma süresi

Sadece kalıp gözünün doldurulması için geçen süredir.

2.2.3.2 Ütüleme süresi

Sadece kalıp gözündeki malzemenin sıkıştırılması için gerekli süredir.

2.2.3.3 Tutma süresi

Çekmeyi azaltmak için parça kalıp içinde basınç (Tutma Basıncı) altında bekletilir. Parça çektikçe içeriye yeni eriyik dolması sağlanır. Tutma aşaması yolluk girişinin donmasına kadar devam eder.

Daima aynı tutma sürelerinde çalışarak aynı ağırlıklardaki parçalar elde edilebilir.

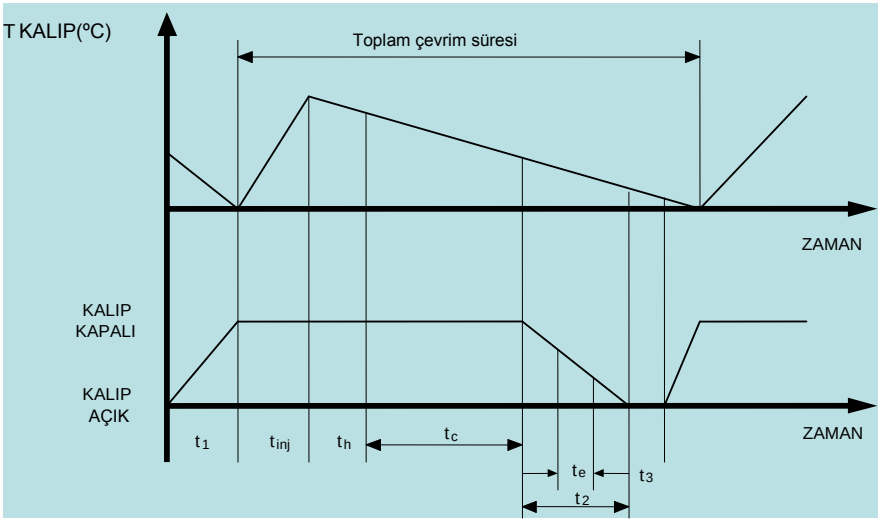
2.2.3.4 Soğutma Süresi

Parçanın kalıbın içinde yeterli rijitliğe ve soğukluğa sahip oluncaya kadar geçen süredir. Aşağıda soğuma süresine referans olması açısından bir hesaplama yöntemi gösterilmiştir.

$$T_c = \frac{h_{\max}^2}{\pi^2 \alpha} \log_e \frac{4(T_i - T_m)}{\pi(T_x - T_m)} (sn) \tag{2.1}$$

2.2.3.5 Kalıp Açık Kalma Süresi

Minimum olmalıdır ve değişmemelidir. Kalıp açık kalma süresi, kalıbın açılması, iticilerin vurması ile parçanın çıkarılması ve kalıbın kapatılma süresinden oluşur.



Şekil 2.6: Çevrim süresi

2.2.4. Hızlar

Kalıp gözünü doldurma hızına enjeksiyon hızı denir. Yüksek enjeksiyon hızı kalıp gözünün düşük viskozite ve iyi eritilmiş malzeme ile doldurulmasını sağlar.

Küçük yolluk girişleri ile , yüksek enjeksiyon hızı ile parça da mekanik ve kozmetik hatalar oluşabilir

2.2.5. Dört Değişkenin kullanım sırası

Genellikle hızın birincil derecede değişken olduğunu bulacaksınız. Doldurma hızı direkt olarak ergiyin viskozitesine bağlıdır. Bu da istenilen doldurma basıncına bağlıdır. Hızdaki ufak değişiklikler makinenin kalıp boşluğunu doldurma kabiliyetini dramatik bir şekilde etkiler. Malzemenin viskozitesi bu hıza bağlıdır; büyük bir ihtimalle en kritik ve değiştirilmesi diğerlerine etkisi en az olan değişkendir.

Basınç kullanılması gereken ikinci değişkendir. Prosesin genelinde yapacağı az bir etkiyle çok kısa bir zaman periyodu içinde adapte edilebilir.

Zaman sıradaki kullanılması gereken değişkendir. Çevrim zamanındaki değişiklik malzemenin ergime sıcaklığına hemen yansır. Sıcaklıkta yapılan değişiklikler, kolayca viskoziteyi değiştirir. Buda basıncı ve hıza etki eder.

Isı ayarlanması gereken en zor değişkendir. Çünkü plastiğe ısı vermek kolaydır ama aynı zamanda ondan ısıyı almak çok zordur.

Tablo 2.1: Çok kullanılan plastik hammaddeler için uygun enjeksiyon parametreleri [4]

	Termal yayılma katsayısı (mm^2/s)	Enjeksiyon sıcaklığı (^oC)	Kalıp sıcaklığı (^oC)	Parça sıcaklığı (^oC)	Enjeksiyon basıncı (bar)
PE	0.11	232	27	52	965
PS	0.09	218	27	77	965
ABS	0.13	260	55	80	1000
ACETAL	0.09	216	93	129	1172
PA	0.1	291	91	129	1103
PC	0.13	302	91	127	1172
PP	0.08	218	38	88	965

2.3. Plastik Enjeksiyon Çevrimi

Bu bölümde plastik enjeksiyon çevriminin 7 adımını inceleyeceğiz.

- Plastikleştirme
- Kalıbın Kapatılması
- Kalıbın Doldurulması
- Ütüleme
- Tutma
- Soğutma
- Kalıptan Çıkarma

2.3.1. Plastikleştirme

Plastik hammaddenin eritilmesi, kalıba enjekte edilmeye hazır hale getirilmesi

İlk Adım, vida döner, huniden ocağa granül hammadde alınır.

İkinci Adım, ısıtıcılar ve vida sürtünmesi ile hammadde eritilir.

Üçüncü Adım, eriyen plastik önde vida boşluğuna ulaşır.Vida boşluğunda biriken plastik vidayı geriye doğru iter.Vidanın geri gitmesine Geri Basınç karşı koyar.

2.3.2. Kalıbın Kapatılması

Makinenin mengene ünitesi kalıbın iki parçasını birbiri üzerine kapatır ve yüksek basınç uygular. İki kalıp plakası (erkek kalıp ve dişi kalıp) arasında kalan kalıp boşluğunun oluşmasını sağlar ve uygulanan yüksek basınç ve hızlara karşı kalıbın açılmasını engeller.

2.3.3. Kalıbın Doldurulması

Kalıp doldurma aşamasında vida hızı parametresi kontrol edilir. Dolma sırasında plastik malzemenin sıcaklığı düşer, viskozite artar ve enjeksiyon basıncı artar.

İlk Adım, vida hidrolik piston tarafından ileri itilir.

İkinci Adım, eriyik plastik kalıp boşluğuna dolar.

Üçüncü Adım, kalıp gözünü doldurmak için gerekli olan basınç, enjeksiyon basıncı ve kalıp göz iç basıncı artar.

2.3.4. Ütüleme

Basınç yükseltilir. Kalıbın tam olarak dolması, ince detayların da oluşması sağlanır.

2.3.5. Tutma

Çekmeyi azaltmak için parça kalıp içinde basınç (Tutma Basıncı) altında bekletilir. Parça çektikçe içeriye yeni eriyik dolması sağlanır. Tutma aşaması yolluk girişinin donmasına kadar devam eder.

2.3.6. Soğutma

Yolluk donduktan sonra parça kalıp içinde soğur ve çeker. Parçanın soğutulması Vicat Yumuşama Sıcaklığı ’na ulaşıncaya kadar devam eder.

2.3.7. Kalıptan Çıkarma

Parça itici sistemi yardımı ile kalıptan çıkarılır.

2.4. Enjeksiyon Testi Nasıl Yapılır?

- Test edilen kalıptan ileride tutarlı parçalar isteniyor ise, test sırasındaki bütün değişkenleri, parametreleri ve kalıpla ilgili tüm bilgileri kayıt etmek
- Kalıbın üst tarafına göre su bağlantılarının şemasını izometrik olarak resimlemek ileriki uygulamalarda farklı bağlantılar ile kalıpta farklı soğutma ve hatalı parça olasılığını ortadan kaldıracaktır.
- Enjeksiyondan önce su çevrimlerinin ve kalıp çeliklerinin sıcaklıkları kontrol ve kayıt edilmelidir.
- Enjeksiyona başlamadan önce eriyik polimerin enjeksiyon makine memesi ucundaki sıcaklığı ayrı bir termokupl ile sürekli kontrol edilmelidir. Eriyik sıcaklığı malzeme kataloğunda belirtilen sıcaklık aralığının orta değerinde iken enjeksiyona başlanılmalıdır.
- Katalogda verilen sıcaklık ve nem oranlarına göre polimere iyi bir kurutma uygulandığı kontrol edilmelidir.

- Presin vida boyu/çapı (8/1 veya 12/1) katsayısı dikkate alınarak enjeksiyon basınçlarının gerçek değerleri kayıt edilmelidir.
- Doldurma,ütüleme ve soğutma zamanları makine ayarlarıdır ve doğruluğundan emin olunmalıdır. Doldurma zamanı enjeksiyon hızı ile doğrulanmalı, ütüleme süresi tespit edilecek yolluk girişi donma süresinin bir miktar üstünde olmalı, minimum soğutma süresi de parçanın boyutları ve stabilitesine göre saptanmalıdır.
- Geri Basınç ısı kaynağıdır. Makineden makineye ısıtma etkisi farklı olabilir. Makine değiştirildiğinde, geri basınç ile elde edilen eriyik sıcaklığı da tekrar kontrol edilmelidir.
- Kalıbın açık kalma süresi soğutma dengesini etkileyeceğinden sağlıklı ve tutarlı baskılar için hep sabit tutulmalıdır.
- Kalıbı devreye alırken daima polimer üreticisi firmanın enjeksiyon parametreleri için önerdiği çalışma aralıklarının orta değerlerini kullanmak gerekir.
- Kalıp tasarımının gerektirdiği ideal çalışma şartlarının (Doğru su bağlantıları, Isıtıcı bağlantıları, Sıcaklık okuma değerleri, polimerin kurutulması,temiz gaz kanalları) tam ve doğru olarak sağlandığından emin olunmalıdır.
- Yolluk girişlerinin donma süresi doğru olarak tespit edilmelidir.
- Çok gözlü kalıplarda, gözler arasındaki doldurma dengesinin %15 den daha az olduğu kontrol edilmelidir. Doldurma dengesizliği %15 den büyük ise yolluk girişleri kontrol edilmelidir.
- Kalıp su giriş çıkışları arasındaki sıcaklık farkı 3 0C nin üzerinde ise kalıbın soğutma sisteminde problem var demektir, kontrol edilmelidir.
- Parçadaki kritik ölçüler ikinci çekme gösteren PP, PE gibi kristalin malzemelerde 48 saat sonra tekrar kontrol edilmelidir.
- Enjeksiyon testi sırasında, test parametrelerinde mümkün olduğu kadar fazla değişiklik yaparak, kalıbın çalışmasını ve parça kalitesini kontrol eden değişkenleri saptamak gerekir.

- Özellikle basınç ve sıcaklık için sabit ayar değerleri yerine aralıklar saptamak, başka bir deyişle kalıbın çalışma pencerelerini saptamak kalıbın seri üretiminde rahatlık sağlayacaktır.

3. PLASTIK ENJEKSIYON KALIPLARI

Eriyik plastik hammaddeye parçanın şeklini verdikten sonra katılaştıran bir "takım"dır. Genel hatlarıyla plastik enjeksiyon kalıbını oluşturan parçalar aşağıda gösterilmiştir. Bu parçalara ek olarak parça tasarımına ve isteğe bağlı olarak yolluk sistemini oluşturan manifolt plakası, maçalar vs. bir kalıpta bulunabilen diğer parçalardır.

Parça geometrisini oluşturan kalıp boşluğudur; bu boşluk da iki temel parçadan oluşur; Erkek (Core) ve Dişi (Cavity).

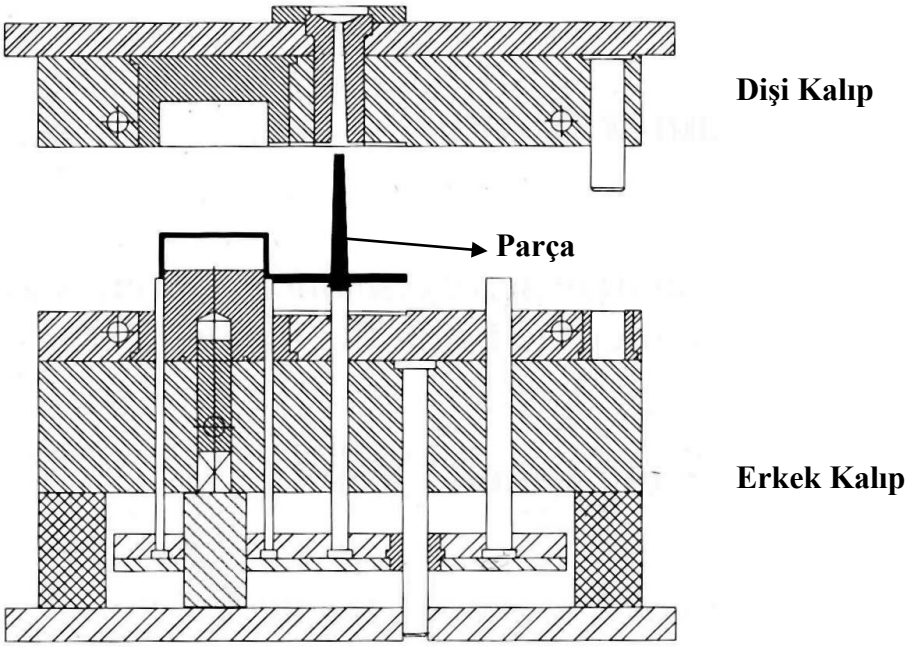
Enjeksiyon tezgahından kalıp boşluğuna eriyik plastiği getiren bir yolluk sistemi mevcuttur.

Parçayı hızlı ve dengeli katılaştıran, sağlıklı bir ısı transferi gerçekleştiren bir soğutma sistemi gereklidir.

Parçanın kalıptan ayrılmasını sağlayan bir itici sistemi vardır.

Kalıp çalışma yönünden farklı yönlerdeki geometrik detaylar (ters açılar) için maça sistemi kullanılır.

3.1. Kalıp terminolojisi



Şekil 3.1: Enjeksiyon kalıbı

3.1.1. Kalıp Boşluğu (Göz)

Kalıp boşluğu, kalıbın içinde erimiş plastiğin gönderildiği ve soğutulduğu kısımdır. Kalıpta 1 adet boşluk var ise buna Tek Gözlü, birden fazla boşluk varsa Çok Gözlü kalıp denir. Kalıp boyutu genellikle içindeki boşluk (göz) sayısı ile ifade edilir. Kalıp boşluğu, kalıbın kapanması esnasında kalıbın erkek ve dişi kısmının oluşturduğu boşluktur. [6]

3.1.2. Erkek Kalıp

Kalıbın erkek kısmı, kalıbın iç kısmını oluşturur. Bu şekilde kalıp boşluğunun oluşmasını da sağlar. Erkek kalıba hareketli plaka da denilmektedir.Erimiş polimerin soğuması sırasında , çekme karakteristiğinden dolayı soğuyan baskı, kalıbın erkek kısmı üzerine çekilir, kalıbın dişi kısmından ayrılır. Bu çekme karakteristikleri kalıbın içinden parçanın atılması için iticilerin, erkek kısımda yerleştirilmesine sebep olur. İtici sistemi makinenin hareketli plakasının arkasına yerleştirildiği için genellikle kalıbın erkek kısmı makinenin hareketli plakasının olduğu tarafa monte edilir. [6]

3.1.3. Dişi Kalıp

Baskının dış yüzeyini bilirler. Erkek kısmı gibi, tek plaka üzerine yerleştirilir. Yerleştirildiği plakaya da kalıbın dişi plakası (sabit plakası) denir. Kalıbın dişi plakası, genellikle makinenin hareketsiz plakası üzerine monte edilir. Kalıp besleme sistemi (yolluk sistemi) genellikle kalıbın dişi kısmının üzerine yerleştirilir. Çünkü makinenin enjeksiyon ünitesi bu taraftadır. Kalıp tasarımcıları itici sistemini erkek kalıba, besleme sistemini de dişi kalıp tarafına koyarlar. [6]

3.1.4. Yolluk sistemi

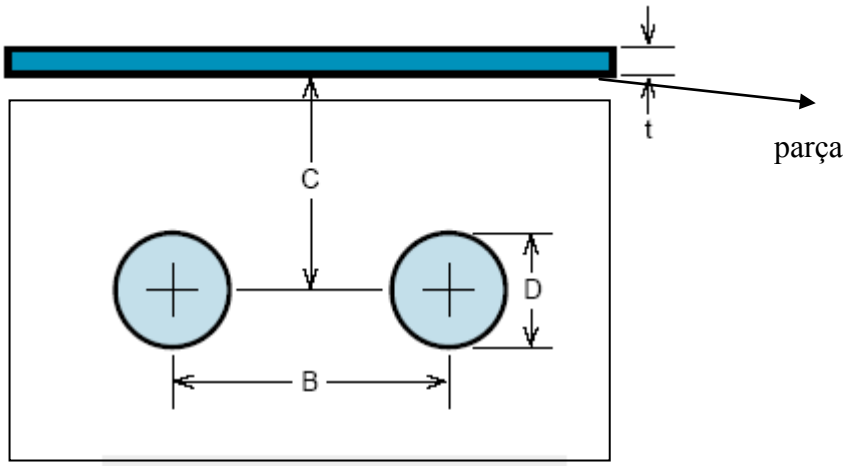
Bölüm 3.4. ve Bölüm 3.5'de yolluk sistemi ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

3.1.5. Soğutma Sistemi

Kalıbın çalışması sırasında kalıp erimiş plastiğin sıcaklığıyla bir süre sonra ısınmaya başlar. Kalıbın ısınması kalıbın çalışma performansını, çevrim süresini ve parça kalitesini etkiler. Seri üretimde aynı kalitede ürün elde edebilmek için aynı kalıpta sabit değerlerle (sabit kalıp sıcaklığı, sabit eriyik sıcaklığı, basınç, hız) çalışılması gerekmektedir. Bunun için kalıbın sürekli sabit sıcaklıkta kalabilmesi için kalıp çekirdeğine ve hamiline açılacak olan soğutma kanalları ile soğutulması gerekmektedir. [6]

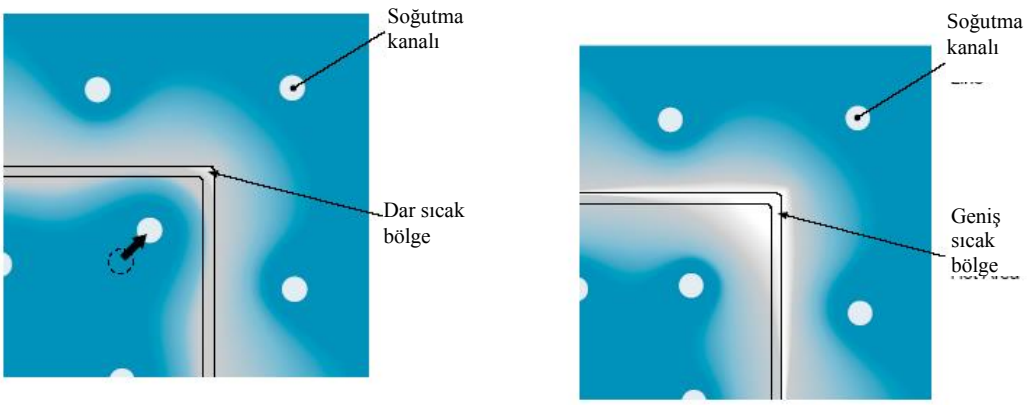
Ayrıca kalıbın dolma esnasında en sıcak erimiş plastik, kalıp girişinde ve en soğuk erimiş plastik, yolluk girişinden en uzak noktadadır. Soğutma suyunun sıcaklığı, bu kanallardan geçtikçe artar, bundan dolayı baskıda eşit soğuma sağlamak için, kalıbın sıcak bölgelerine soğuk sıvı, parçanın soğuk bölgelerine sıcak sıvı girişi sağlamak gerekir.

Soğutma kanallarının parça ve kalıp yüzeyine olan mesafesi ve soğutma kanalları arasındaki mesafe hesabı;

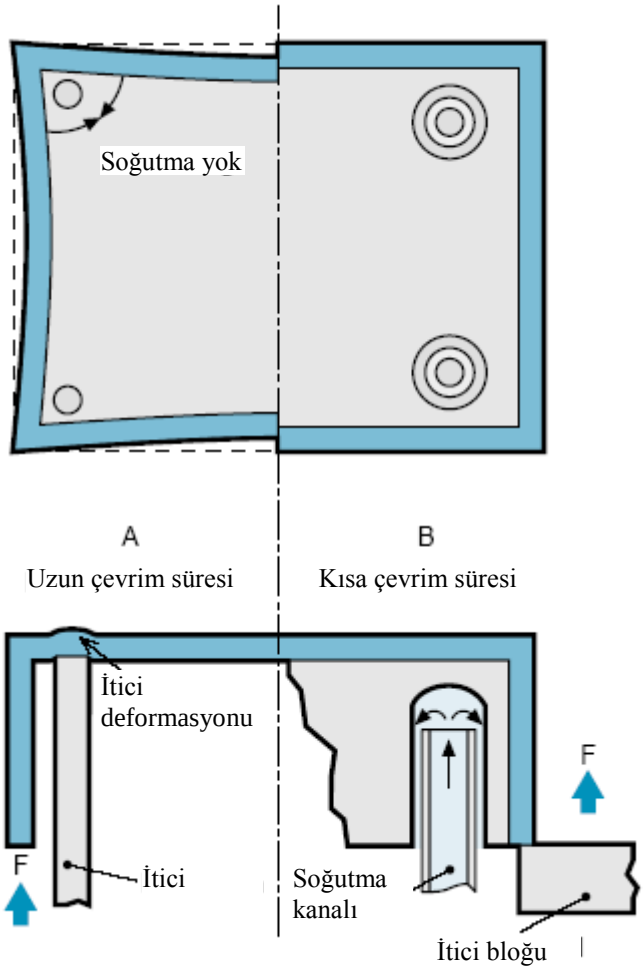


B=3D maksimum
C=2.5D
D =4.5mm-7.5mm eğer t ≤ 1.5 mm
D =7.5mm-10.5mm eğer t ≤ 3 mm
D =10.5mm-15mm eğer t ≤ 6 mm

Şekil 3.2: Uygun soğutma kanalları ve parça arasındaki mesafeler[5]

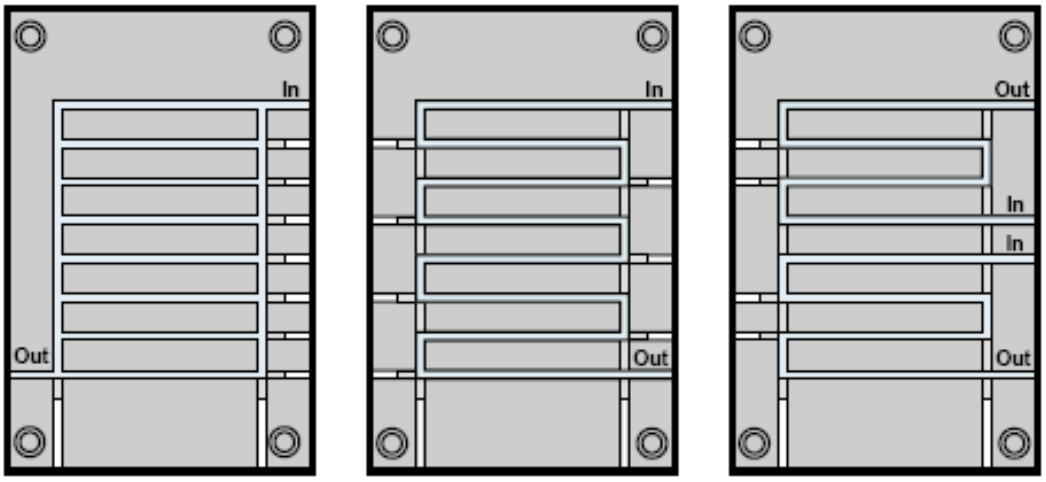


Şekil 3.3: Soğutma kanallarının parça köşe detaylarına yaklaştırılması ile sıcak bölgelerin soğutulması[5]



Şekil 3.4: Parça köşe detaylarının iyi soğutulması ile deformasyonların engellenmesi [5]

Yukarıdaki şekilden de görüleceği üzere köşeli parçalarda, köşelere mümkün olduğunda su kanalları koyulmalı ve bu soğutma kanalları da köşelere yakın olmalıdır. Aksi takdirde geniş sıcak bölgeler oluşacak, bu sıcak bölgeler de soğuma esnasında parçada şekil değiştirmesine ve çarpılmalara neden olacaktır. Ayrıca soğutulmayan parça köşelerinde kullanılacak iticiler de parçanın deforme olmasına neden olacaktır. Burada önerilen soğutma kanallarının mümkün olduğunca detaya yakın olması, iticilerin parçanın içine değil de kalıp birleşim yüzeylerine (blok veya sıyırıcı itici) konularak parçanın kalıptan uzaklaştırılması sağlanmalıdır.



a-)Paralel Bağlantı | b-)Seri bağlantı | c-)Seri ve Paralel Bağlantı

Şekil 3.5: a-)Paralel su bağlantısı b-)Seri su bağlantısı c-) Seri ve paralel su[5]

3.1.6. İtici sistemi

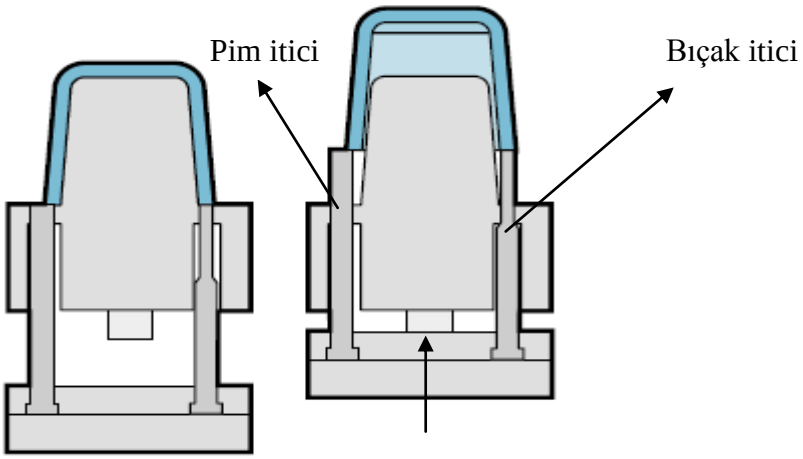
Kalıp boşluğunu dolduran plastiğin kalıp içinde soğuduktan sonra kalıptan ayrılabilmesi için iticiler ve bu iticileri harekete geçiren itici blokları kullanılmaktadır. Bu itici bloğunu da harekete geçiren enjeksiyon makinesindeki itici barlarıdır (pimleridir). Bu itici barları kalıbın en dış plakasına açılan pim deliklerinden geçerek itici bloğuna teması ile plakanın ve dolayısı ile iticilerin hareketini sağlar. Kalıptaki itici bloğunun dengeli olması gerekmektedir. Parçaların kalıptan düzgün biçimde çıkması için bu şarttır. Sadece itici bloğunun dengeli olması yeterli değildir, itici bloğuna bağlı iticilerin boylarının da eşit olması gerekmektedir.

Aşağıda bazı itici tipleri tanıtılmaktadır.

Şekil 3.6: İtici plakası, iticiler ve erkek plakanın birlikte resmi

3.1.6.1 Pim ve Bıçak İticiler

İtici pimler en ucuz iti sistemleridir, ufak kesitlerinden dolayı yüksek miktarda itici kuvveti baskıda bir noktaya uygulanır. Bu yüksek kuvvet, ince duvarlı veya kırılgan malzemelerin kullanıldığı parçalarda bozulma veya kırılmalara neden olabilir. Bıçak iticiler ise yine itici sistemleri arasında ucuz sayılabilir fakat pim iticilere göre daha maliyetlidir.



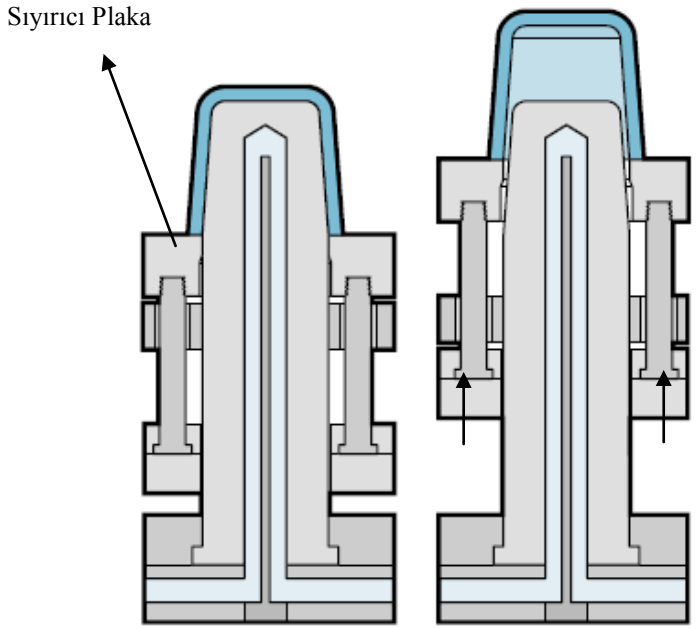
Şekil 3.7: Pim ve bıçak itici kullanılarak parçanın kalıptan ayrılması [5]

3.1.6.2 Blok iticiler

Basit bir şekilde blok iticiler, pim ve bıçak iticilerin kullanıldığı yere göre daha geniş yüzeylerin ve kalıptan çıkması zor olacak derin duvarların olduğu bölgelerde kullanılır. Derin duvarların olduğu bölgelerde parça kalıba tutunmaya çalışacağından pim ve bıçak iticilerin temas ettikleri yüzeyler küçük olduğundan, parçayı çıkarırken zarar verebilirler.Blok itici yerine aralıkları az olan bıçak iticilerin kullanılması akla gelebilir, fakat bütün bıçak iticiler için kalıp hamilinde açılacak boşluklar hamili çok zayıflatacaktır, bu da kalıbın uzun ömürlü olmasını engelleyecektir.

3.1.6.3 Sıyırıcı Plakalı İtici

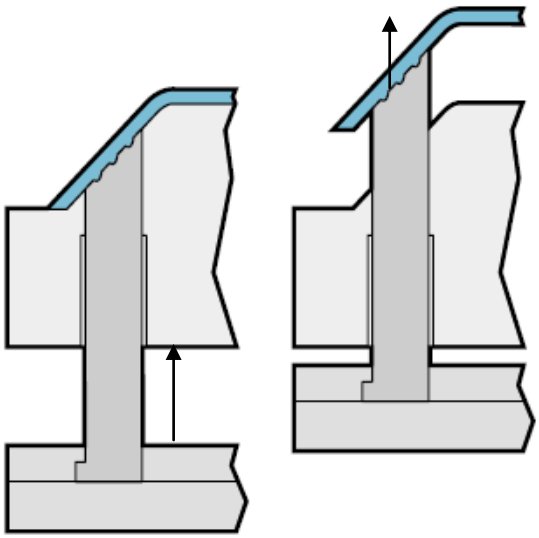
Sıyırıcı plakalı itici sistemi parçayı çepeçevre sarar. Kalıp birleşim çizgisi bu plakanın üzerinde oluşturulur, bu sayede pim ve bıçak iticilerde olduğu gibi parça üzerinde itici izi görülmez. Parçanın daha dengeli biçimde kalıptan ayrılmasını sağlar. Sıyırıcı plakalar büyük boyutlu olduklarından itici plakasına sağlam bir biçimde bağlanmalıdır. Bu plakaya bağlanan sıyırıcının dengeli olmaması durumunda sıyırıcı plaka salınım yapacağından bağlantı yuvalarını ve parçayı deforme eder, iki plaka arasında bağlantıyı sağlayan pimlerin en iyi şekilde yataklanması gerekmektedir.



Şekil 3.8: Sıyırıcı plaka kullanılarak parçanın kalıptan ayrılması [5]

3.1.6.4 Açılı Pim itici

Açılı pim itici sistemi parça geometrisine göre pim iticilerin uçlarına (parça ile temas eden bölgenin) şekil verilmesiyle oluşturulur ve parçaya zarar vermemek için kullanılır. ŞEKİL 3.9'da da görüleceği üzere parça üzerindeki bazı geometriler itici üzerine işlenebilir ve parçanın şeklinin oluşmasına fayda sağlarlar.



Şekil 3.9: Açılı pim itici kullanılarak parçanın kalıptan ayrılması[5]

3.1.6.5 İtici kuvvetinin hesabı

$$p = \frac{\delta_t \times E \times A \times m}{d\left(\frac{d}{2t} - \frac{d}{4t}n\right)} \tag{3.1}$$

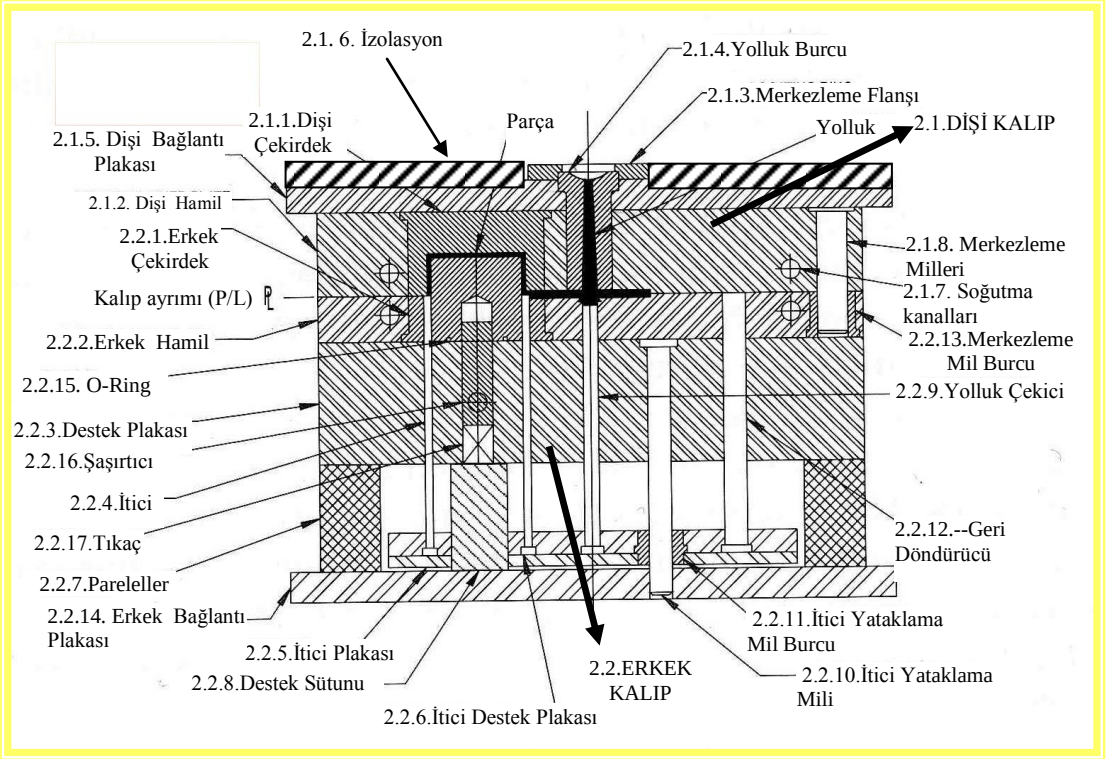
δ_t=Polimerin genleşme katsayısı×d×ΔT [6] (3.2)

Tablo 3.1:Çok kullanılan plastiklerin çeliğe sürtünme katsayıları(m) [6]

	m
ABS	0.24
ASETAL (POM)	0.13
PA	0.2
PC	0.25
PVC	0.22
SAN	0.29
PS	0.3

3.2. Enjeksiyon Kalıp Elemanları

Silindir içindeki plastik malzemenin erimesine ve enjeksiyona hazır hale gelmesine, plastikleşme denir. Enjeksiyon kalıbı, enjeksiyon basıncına karşı koyabilmek için sıkıca kapanıp kilitlendikten sonra, plastikleşmiş malzeme, kalıp boşluğuna doğru basınçla sıkıştırılır. Dişi ve erkek kalıp arasında kalan ve malzemenin istenen şekli aldığı kısma, kalıp boşluğu denir. Kalıp açıldığında, dişi ve erkek kalıpların birleşme yüzeylerini oluşturan dış hat, kalıp ayrım çizgisidir. Genel olarak bir enjeksiyon kalıbının elemanları Şekil 3.9'de gösterilmiştir.



Şekil 3.10: Enjeksiyon kalıp elemanları

3.2.1. Dişi Kalıp Elemanları

3.2.1.1 Dişi Çekirdek

Parça geometrisinin işlendiği, genelde yolluk girişinin bulunduğu kalıbın en parlak çeliğidir.

3.2.1.2 Dişi Hamil

Dişi çekirdeğin etrafındaki ana taşıyıcı çeliktir.

Dişi çekirdeğin ve dişi hamilinin iki ayrı çelikten işlenmesinin avantajları:

- Büyük boyutlu kalıplarda hamil ucuz, çekirdek kaliteli çelikten işlenebilir.
- Büyük tek çelik işlemektense iki ayrı çeliği işlemek zaman kazandırır.

3.2.1.3 Merkezleme Flanşı

Kalıbı enjeksiyon makinesi plakasına merkezler.Merkezleme flanş çapları her makine için aynı değildir. Bu yüzden kalıbın, farklı tonajlı veya üretici farklı olan makinelere bağlanma olasılığı varsa iç içe halka şeklinde yapılmalı ve makine standartlarına göre ayarlanabilir olmalıdır.

3.2.1.4 Yolluk Burcu

Enejksiyon makinesının vidasından kalıp ayrılma hattına (P/L) malzemeyi getirir.

Neden ayrı parça olarak kullanılır?

- İşleme kolaylığı
- Parlatma gereksinimi
- Bakım Kolaylığı
- Standart eleman olarak temin edilebilir.

3.2.1.5 Dişi Bağlantı Plakası

Kalıbın enjeksiyon makinesine bağlanmasını sağlar.

3.2.1.6 İzolasyon Plakası

Isı kayıplarını azaltarak kalıbın ısı dengesine yardımcı olur, kalıp maliyetini ek bir parça koyarak arttırdığı düşünülse de kaybedilen ısı kayıplarının kazanılması büyük bir maliyet kazancı sağlamaktadır.

3.2.1.7 Soğutma Kanalları

Hamilde ve tercihen çekirdekte soğutma kanalları açılır.

3.2.1.8 Merkezleme Milleri

Kalıbın dişi ve erkek plakalarını merkezleyen millerdir. Standart eleman olarak satılmaktadırlar.

3.2.2. Erkek Kalıp Elemanları

3.2.2.1 Erkek Çekirdek

Parça geometrisinin işlendiği, dişi kalıpla kalıp boşluğunu oluşturan, iticilerin ve hareketli diğer elemanların çalıştığı çeliktir.

3.2.2.2 Erkek Hamil

Erkek çekirdeğin etrafındaki ana taşıyıcı çeliktir.

3.2.2.3 Destek Plakası

Erkek hamil plakasının yüksek basınçlara dayanabilmesi için destek görevi görür. Opsiyoneldir ve erkek hamil, çelik ile tek parça da yapılabilir.

3.2.2.4 İticiler

3.2.2.5 İtici Plakası

3.2.2.6 İtici Destek Plakası

Parçayı çıkaran iticilerin bağlandığı, makinenin itici pimlerinin ileri doğru hareketiyle, itici hareketini sağlayan plakalardır.

3.2.2.7 Paraleller

İtici plakasının hareketi için yeterli boşluğu sağlarlar.

3.2.2.8 Destek Sütunu

Destek plakasının eğilmesini engeller, uygulanan basınçlara karşı dayanım sağlar.

3.2.2.9 Yolluk Çekici (Burcu)

Yolluğun dişide kalmaması için yolluğu erkek tarafa çeker. Farklı yolluk çeşitleri ve faklı uygulamlar için çeşitli yolluk çekici ve burcu tasarımları vardır.

3.2.2.10 İtici Yataklama Milleri

İtici yataklama milleri, itici plakasının eksenel yönde hareketini sağlayarak, salınım yaparak kalıba ve parçaya zarar vermesini engeller.

3.2.2.11 İtici Yataklama Mil Burcu

İticiler hareketli parçalar olduklarından, sadece istenilen eksende hareket etmelerini sağlarlar.

3.2.2.12 Geri Döndürücü

Kalıp kapanırken itici plakasını geri döndürür.

3.2.2.13 Merkezleme Mil Burcu

3.2.2.14 Erkek Bağlantı Plakası

Kalıbın enjeksiyon makinesine bağlanmasını sağlar.

3.2.2.15 O-Ring

Kalıbın soğutulması için açılan kanallardan kalıp çekirdeğine ve/veya kalıp hamiline su kaçağını önlemek için kullanılır. Sentetik kauçuktan yapılmıştır, kalıpta açılmış uygun açıklığa yerleştirilerek soğutma sıvısının sızıntı yapması engellenir.Görevini etkin biçimde sağlaması için yeterli bir sıkıştırmaya tabi tutulması gereklidir.

3.2.2.16 Şaşırtıcı

Soğutma kanallarında dolaşan sıvıya yön vermek için kullanılır. Soğutma kanalları parça geometrisine göre parçada eşit soğutma sağlayabilmek için belli uzaklıklarda dolaşmalıdır. Bunu saplayabilmek için de şaşırtıcılar yardımıyla sıvıya yön verilir.

3.2.2.17 Tıkaç

Su devresi oluşturmak için belirli kanalların sonlarını tıkamak gereklidir.Bunlar için de tıkaç diye tanımlanan parçalar kullanılır.

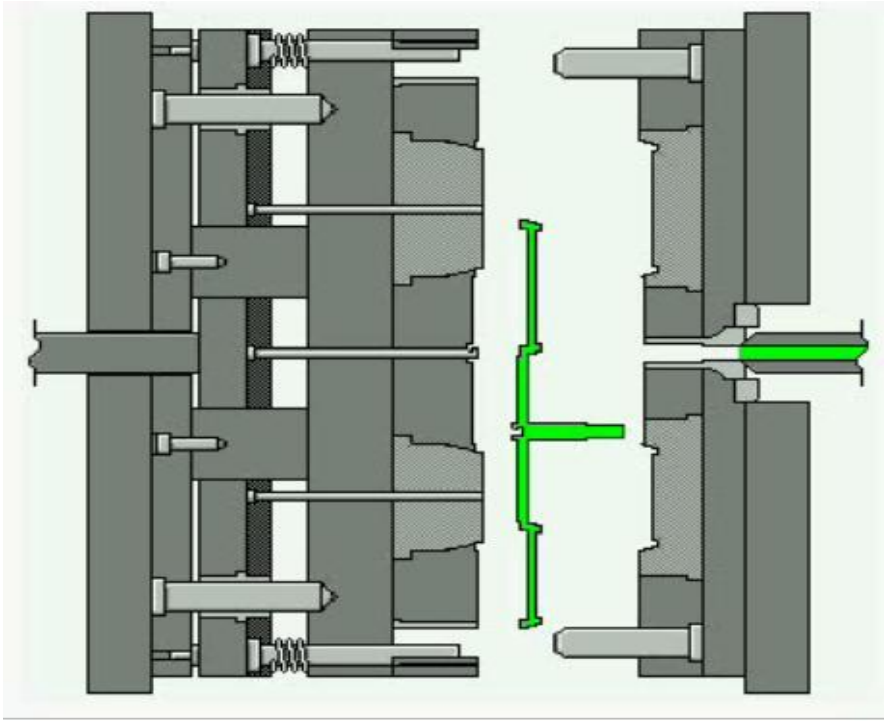
Enjeksiyon kalıp dizaynı, kullanılan plastiğe göre değişebilir. Enjeksiyon kalıpları termoset ve termoplastik malzemeler için kullanılabilir. Termoset malzeme için tasarlanan kalıplar, plastik malzemeden daha yüksek sıcaklıkta tutulmalıdır. Böylece termosetler için gerekli olan olgunlaşma süresi boyunca, gereken sıcaklık sağlanmış olur. Termoplastik malzemeler içinse kalıp sıcaklığı, eriyiğin kalıba giriş sıcaklığından daha düşük olmalıdır.

3.3. Kalıp Tipleri

3.3.1. Kalıp Yapısına Göre Sınıflandırma

3.3.1.1 İki Plakalı Kalıplar

Kalıp endüstrisinde en çok kullanılan enjeksiyon kalıbıdır.Kısaca erkek ve dişi kalıptan oluşur. Bu iki kalıp parçasının birleştiği yüzeye kalıp ayırım çizgisi denir. En ucuz ve kolay dizayn edilebilen ve kullanıcıya kolaylık sağlayan kalıplar oldukları için tercih edilmektedir. Kalıp boşlukları bir plaka üzerine monte edilir ve diğer plaka bu plaka üzerine kapanır. Merkezi bir dikey yolluk sabit bir plakaya işlenir. Hareketli kısım, gereken kapama kuvvetini sağlar ve itici sistemlerini çalıştırır. Şekil 3.11'de gösterilen bu tip kalıplar, enjeksiyon kalıpçılığındaki en temel dizayndır.



Şekil 3.11: İki plakalı kalıp

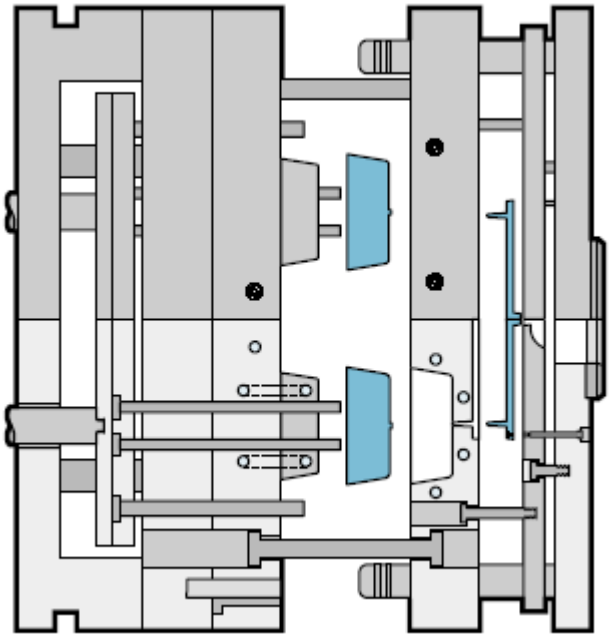
3.3.1.2 Üç Plakalı Kalıplar

Çok gözlü kalıplar için tasarlanan bu tipte, ayrıca bir hareketli plaka daha bulunur. Kalıp üç ayrı plakadan oluşmuştur ve kalıp açıldığında bu üç plaka birbirinden ayrılır.Açıklığın biri, parçanın dışarı atılması için boşluk sağlarken, diğer açıklık, giriş yolluğunun dışarı atılması için boşluk sağlar. İki plakalı kalıba göre yapımı daha çok zaman alır ve maliyeti daha yüksektir. Merkezi veya eksenel kaçık yolluklar, bu

tip dizaynda kullanılabilirler. Şekil 3.12'de üç plakalı bir kalıp tasarımı görülmektedir. Yolluksuz veya sıcak yolluklu kalıp teknolojisi üç plakalı kalıp kullanma eğilimini azaltmıştır.

Sıcak yolluklu kalıplarla karşılaştırıldığında bazı avantajları bulunmaktadır.

- Kalıbın kullanılması esnasında malzemenin ve rengin kolayca değiştirilmesi; her baskıda yolluk sistemini temizleyerek, malzemede uzun süreli kirlenme olmadan hızlı renk değişimini sağlar.
- Güvenirlik; sıcak yolluk sistemlerinde ısı kontrolü, sistemin ısıtılması, elektrik kesintilerinde ve arızalarında bozulmalara sebep olur. Üç plakalı kalıp daha fazla mekanik parça ile çalıştırılır.
- Maliyet; Kalıp ısıtıcıları ve sıcaklık kontrol aletleri (thermocouple, rezistans) çok pahalıdır.

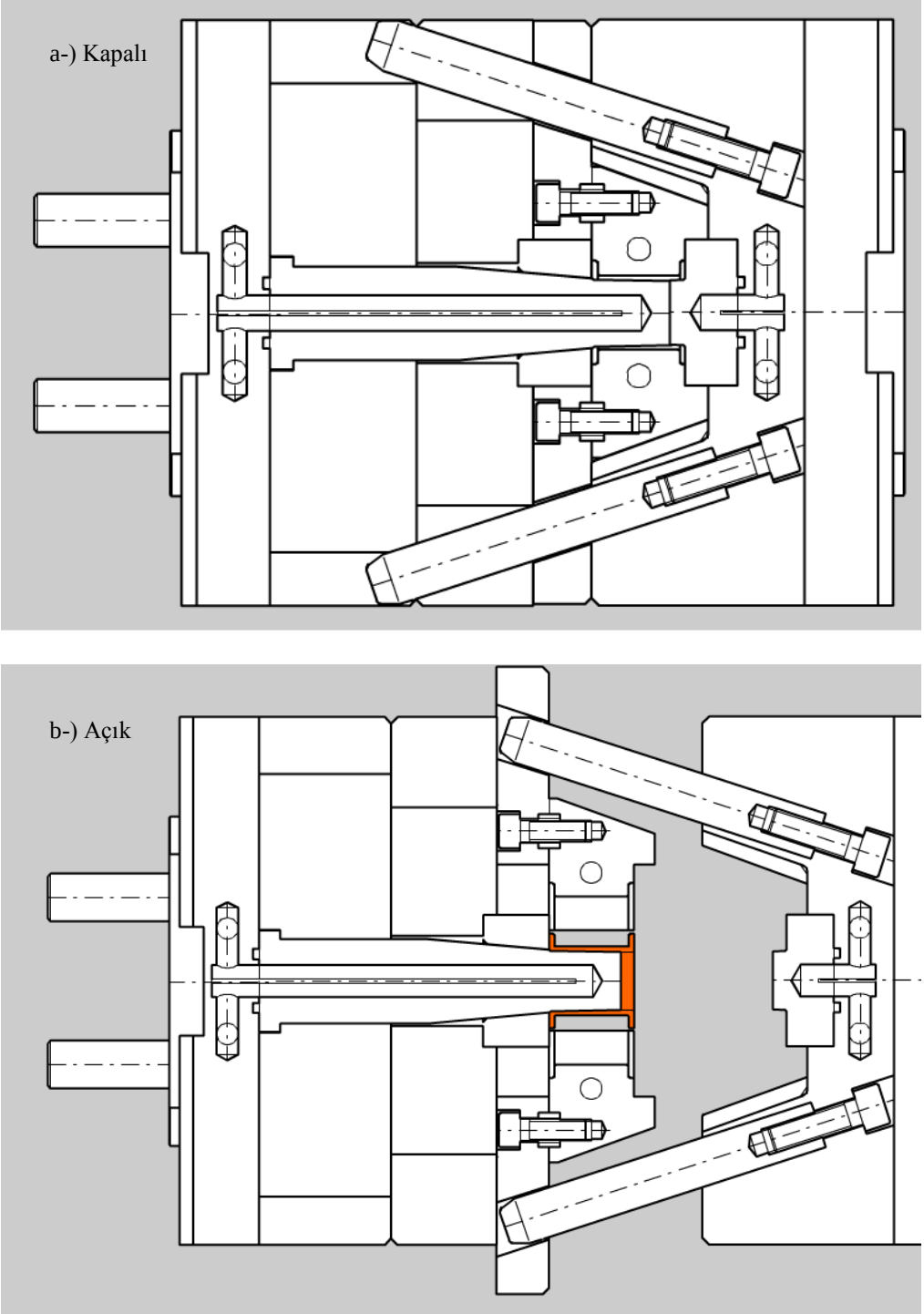


Şekil 3.12: Üç plakalı kalıp [5]

3.3.1.3 Açılı Hareketli (Maçalı) Kalıplar

Parçanın kalıptan dışarı atılmasına engel olan bölümlerin (undercut) parça üzerinde oluşturulup, parçanın kalıbın açılma yönünde bir zorlamayla karşılaşmadan çıkması için kalıplarda maça sistemi kullanılır. Bu tip dizaynlarda, erkek kalıpta, pres tarafından hareket ettirilmesi mümkün olmayan kısımların hareketi amaçlanır. Kam millerinin veya açılı pimlerin kullanımıyla, kalıp elemanlarının ikincil bir hareket

kazanması sağlanır. Bu ikincil hareket pnömatik veya hidrolik silindirler yardımıyla gerçekleştirilir. Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'de tipik bir açılı hareketli kalıp gösterilmiştir.



Şekil 3.13: Açılı hareketli (maçalı) kalıp **a-)**Kapalı **b-)**Açık [7]

a-)Dişi Kalıp

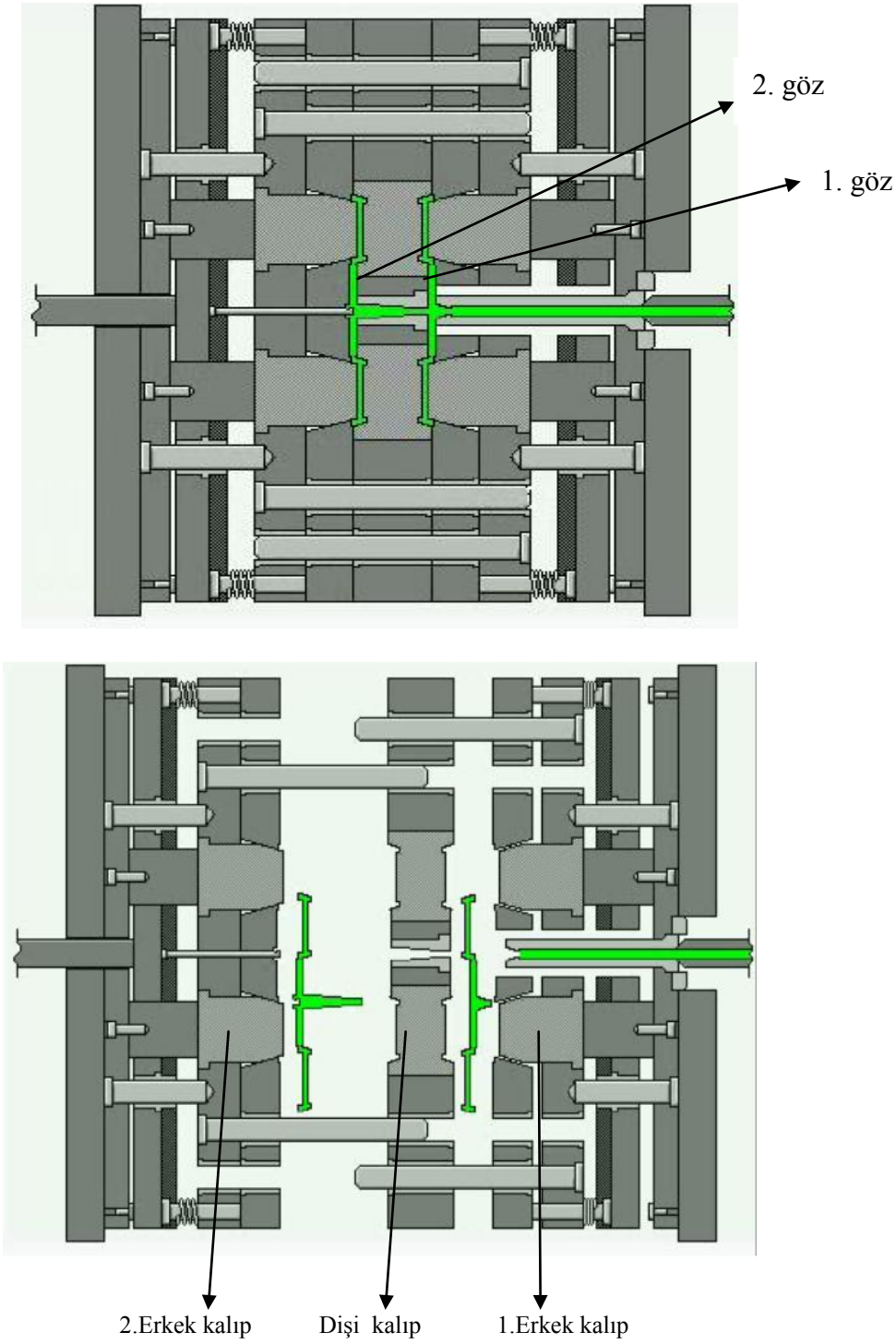
b-)Erkek Kalıp

Şekil 3.14: Açılı hareketli (maçalı) kalıbın a-) Dişi Kalıp b-) Erkek Kalıp

3.3.1.4 Katlı (Stack) Kalıplar

Katlı (stack) kalıplar; iki gözlü yapıldığında kalıp boyutu çok büyük olacak olan kalıpların daha düşük tonajlı makinelerde çalışabilmesini sağlayan kalıplardır. Üretim adetleri yüksek olan parçalar için uygulanabilmektedir. İki ayrı kalıp yapılarak da bu adetler sağlanabilir fakat parça maliyeti yükselecektir ve iki ayrı enjeksiyon makinesi ayrılarak çalışacağından makine kapasitesini olumsuz yönde etkileyecektir. Yolluk 2. göze kadar uzanır ve 2. göz dolduktan sonra 1. gözü doldurur, kalıp plakaları ayrıldığında, ortadaki plaka (dişi plaka) iki erkek plakadan ayrılır ve 2. erkek kalıptaki mekanik itici plakası yardımıyla ilk parça, 1. erkek kalıptaki hidrolik iticilerin yardımıyla ikinci parça kalıptan ayrılır (Şekil 3.15). İki kalıp maliyeti ile karşılaştırıldığında daha ekonomiktir. Parça maliyeti

düşünüldüğünde de iki ayrı kalıptan elde edilecek parça maliyetinden daha düşüktür. Çünkü tek kalıptan tek çevrim süresinde iki adet parça elde edilecektir ve parça maliyetine etki eden makine saat ücreti, işçilik ve çevrim süresi ele alındığında daha ekonomiktir.



Şekil 3.15: Katlı (Stack) kalıplar

3.3.1.5 Vida Mekanizmalı (Unscrewing) Kalıplar

Silindirik iç ve dış yüzeyinde helisel kanalları olan parçalar için özel kalıp dizaynı gereklidir. Vida parçada çıkıntı şeklinde olabilir, bu dizaynı daha karmaşık hale getirir. Bu karışıklığın boyutları farklıdır;

- Dişli tipi; Vidanın harici dişli, dahili dişli, kesintili veya kesintisiz olmasına bağlıdır.
- Vida baskıyla oluşur veya parça içine sokulan metal parça kullanımıyla olur.
- İstenen dişli formu baskının kalıptan sıyrılarak çıkmasına müsaade etmesi veya etmemesi

Parça dizaynı vidanın sıyrılmasıyla çıkmasına izin vermezse vida mekanizmalı (unscrewing) kalıp dizayn etmek gerekmektedir. Bu tip kalıpta parçanın kalıptan çıkması için erkek veya dişi kalıbın dönmesi düşünülür. Bu dönme hareketini sağlamak için kalıbın hareketli tarafına dönme hareketini sağlayacak sistem yerleştirilir. Bunu gerçekleştirecek değişik mekanizmalar kullanılabilir.

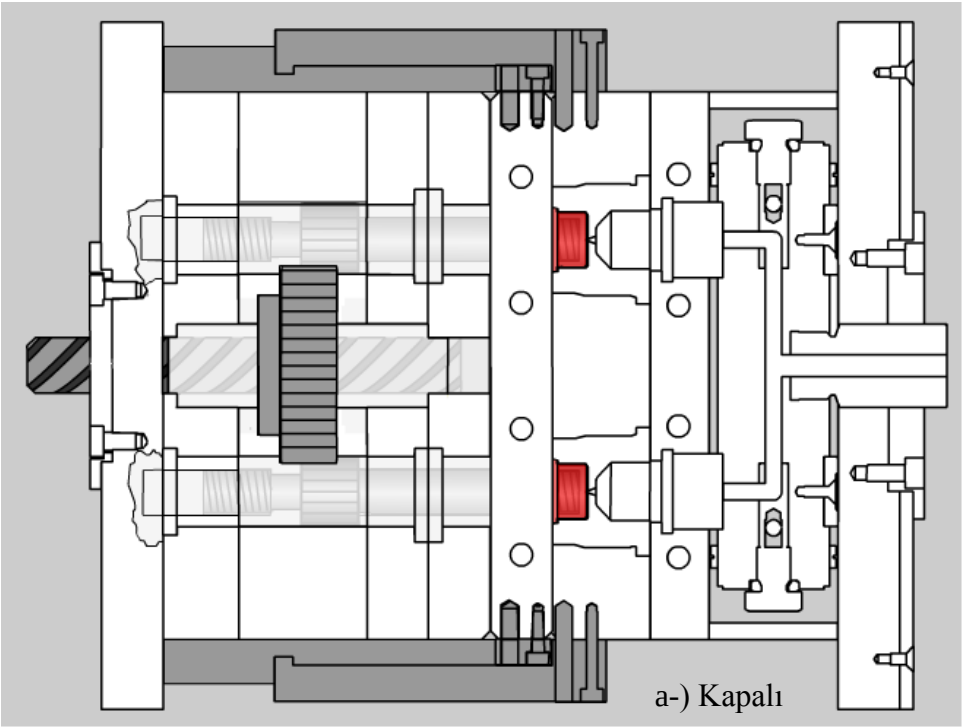
- Ekseni yönünde sabitlenmiş dizayn; vidalı erkek parçayı çıkarmak için çok az döner.
- İtici plaka dizaynı; itici plaka hareket ederken aynı zamanda vidalı erkek döner.
- Dönerek çekilen erkek dizaynı (Ekseni yönünde takılmış dönen erkek), dönme hareketine ek olarak erkek plakaya doğru erkeğin çekilmesi şeklinde çalışır ve parça boşta kalır (ŞEKİL 3.16).
- Dönen dişli plaka dizaynı; Bu tür kalıpları çalıştırmak için çeşitli güç sistemleri ve güç kaynakları kullanılmaktadır.

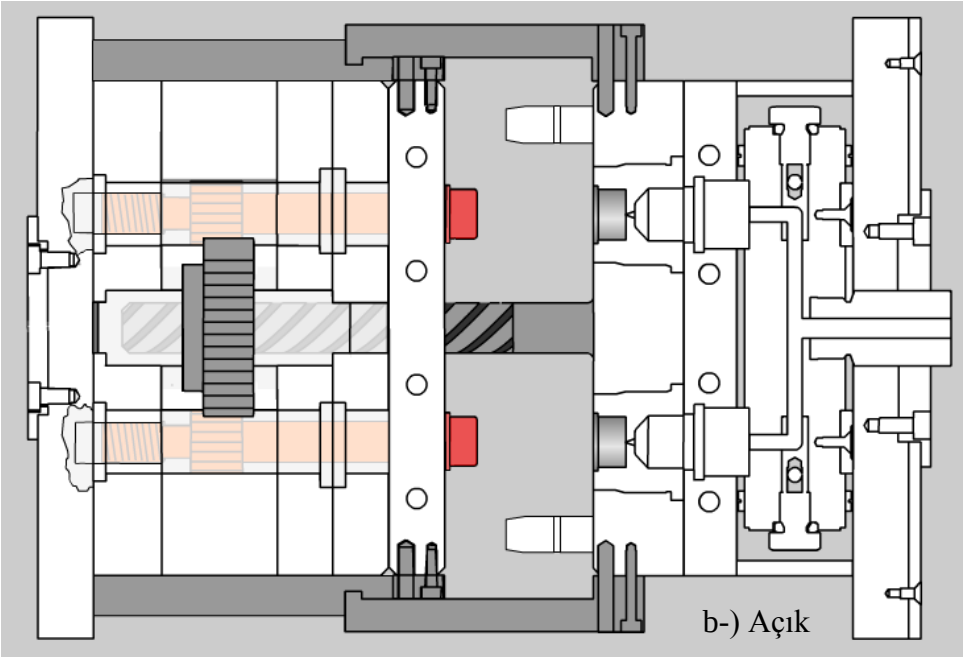
Güç Kaynakları olarak makine, hidrolik-pnömatik, elektrik güç kaynakları kullanılır.

Güç sistemleri olarak dişli sistem, zincir ve zincir dişlisi, dişli çubuk ve ufak dişli, kramayer kullanılır.

Ekseni yönünde takılmış dönen erkek

Vidalı erkek döndürüldüğü zaman parça dışarı atılır. Kalıp boşluğu sabit kalır. Baskının dış yüzeyi öyle olmalıdır ki erkeğin dönmesi esnasında parça erkekle birlikte dönmemelidir. Düz dış yüzeyli silindirik parçalar bu sisteme uygun değildir. Çünkü baskının kalıp bağlantısı soğuyup çekmeyle kalktığı için parçanın kalıp boşluğunda dönme eğilimi vardır. Erkeğin vidalı bölümünün uzunluğu idealde kalıp boşluğundan biraz az olmalıdır. Eğer vidalı bölüm kalıp boşluğunun derinliğine göre oldukça kısa ise, vida sökümü tamamlandıktan sonra parçanın kalıptan atılmasını sağlamak için vida merkezine takılmış itici pimi gereklidir.



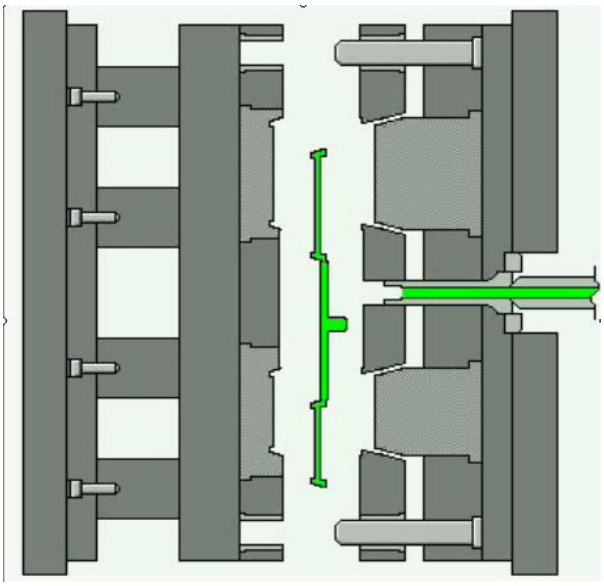


Şekil 3.16: Vida mekanizmalı (unscrewing) kalıplar a-)Kapalı b-)Açık [7]

3.3.1.6 Ters Kalıplar

Bazı uygulamalarda şimdiye kadar anlatılan genel kalıplama prensiplerinin dışına çıkılarak, (dişi kalıbın enjeksiyon makinesinin sabit tarafına, erkek kalıbın, iticilerin makinenin hareketli tarafına yerleştirilerek çalıştırılması) erkek kalıbın ve itici sisteminin enjeksiyon makinesinin enjeksiyon tarafına yerleştirilerek çalışması prensibine dayanan kalıp dizaynları yapılabilir. Bu dizaynda , iticiler mekanik olarak

değil de hidrolik, pnömatik sistemler veya yaylar yardımıyla çalıştırılır. Bu uygulamalar, parça dizaynlarından kaynaklıdır.Genelde kozmetik parçalarda uygulanabilen kalıplama sistemidir. Örneğin; parçanın görünen yüzeyinde hiçbir iz istenmediğinde (yolluk izi, itici izi, çalışan maça izleri vs.), kalıbın erkek tarafından beslenmesi istenebilir. Bu durumda kalıbı ters olarak dizayn etme gereksinimi duyulur. Kalıp maliyetini arttıran ve prosesi zorlaştıran bir yöntem olup, özel durumlarda uygulanır.



Şekil 3.17: Ters kalıplar

3.3.2. Yolluk Tipine Göre Sınıflandırma

3.3.2.1 Sıcak Yolluklu Kalıplar

İdeal bir enjeksiyon prosesinde, kalıplanan parçanın mümkün olduğunca üniform yoğunlukta, yolluklardan ve çapaklardan arındırılmış bir şekilde çıkması istenir. Bu sayede sağlanan malzeme tasarrufu azımsanamayacak düzeylerdedir. Sıcak yolluk sistemli kalıplarda, yolluk etrafına yerleştirilen elektrikli ısıtıcılar, yolluğun belli bir sıcaklıkta tutulmasını sağlayarak yollukların parçayla çıkmasını önler ve malzeme tasarrufu sağlar. Bu tip kalıpların dizaynı daha karmaşık olduğundan daha pahalıdırlar ve ciddi tecrübe gerektirirler. Parça çıktıktan sonra çapakların ve yollukların temizlenmesi için gereken işçilik masrafları düşmektedir.

3.3.2.2 Soğuk Yolluklu Kalıplar

Soğuk yolluklar, genelde sıcak yollukların kullanıldığı parçalara göre daha küçük boyutlardaki parçalar için ve buna bağlı olarak göz sayısı 2 ve 2'den fazla olan kalıplarda kullanılır. Parça için harcanan malzeme dışında hurda olacak olan yolluk kısmı için de malzeme gereklidir. Polimer enjeksiyon vidasının çıkış noktasına kadar ısıtılır ve kalıpla temas ettiği noktada soğumaya başlar ve soğuyarak dağılır. Yolluk yüzeyine temas eden polimer donarak kabuk oluşturur. Bu kabuk, erimiş plastiğin merkezinin sıcak kalmasını ve akmasını sağlar.. Plastiğin soğuması çok hızlı olduğundan ve parçaya ulaşıncaya kadar akış kanallarında da sıcaklık ve basınç kaybı olur, bu yüzden akma mesafesi uzun olan parçalarda tercih edilmezler. Sıcak yolluklu kalıplarda bu sıcaklık ve basınç kaybı parçayı doldurmaya başladığında başlar.

3.4. Sıcak Yolluklu Kalıp ve Sıcak Yolluk Sistemi

3.4.1. Sıcak Yolluk Sistemi Özellikleri:

- Açık Akış Kanalı
- Dengeli Malzeme Akışı
- Değişmeyen bir Isıl Denge
- Yeterli Isıtıcı Güç Kapasitesi
- Isıl Genleşmelere karşı gerekli önlemler
- Hızlı Renk Değişimi

3.4.2. Sıcak Yolluk Sistemi Avantajları:

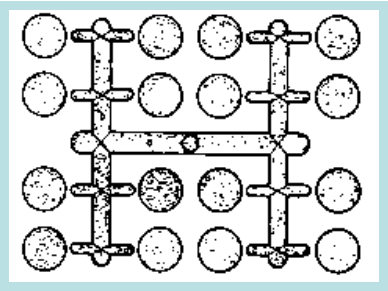
- İşçilikten tasarruf (yolluk temizleme, kırma işçiliği yok)
- Düşük çevrim süresi(açma mesafesi kısa)
- Malzemeden tasarruf
- Makine kapasitesinden tasarruf
- Yüksek parça kalitesi

Aşağıda bazı avantajlar incelenecektir.

3.4.2.1 Malzemeden tasarruf

16 Gözlü soğuk yolluklu kalıp örneği;

Yolluk hacmi: 19.35 mm^3'tür.

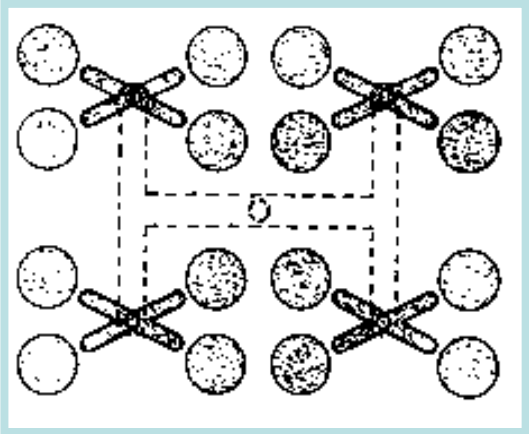


Şekil 3.18: 16 gözlü soğuk yolluklu kalıp

4 Sıcak Yolluklu ve manifoldlu kalıp örneği;

Yolluk hacmi: 5.28 mm^3'tür.

Gramaj farkı: 19.35-5.28=14.07 mm^3'tür.

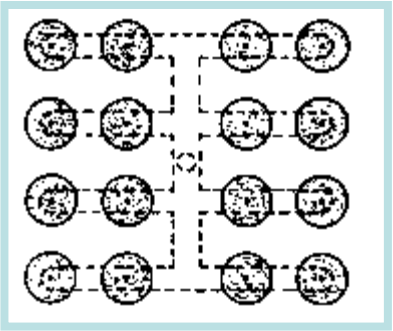


Şekil 3.19: 16 gözlü, 4 sıcak yolluklu manifoldlu kalıp

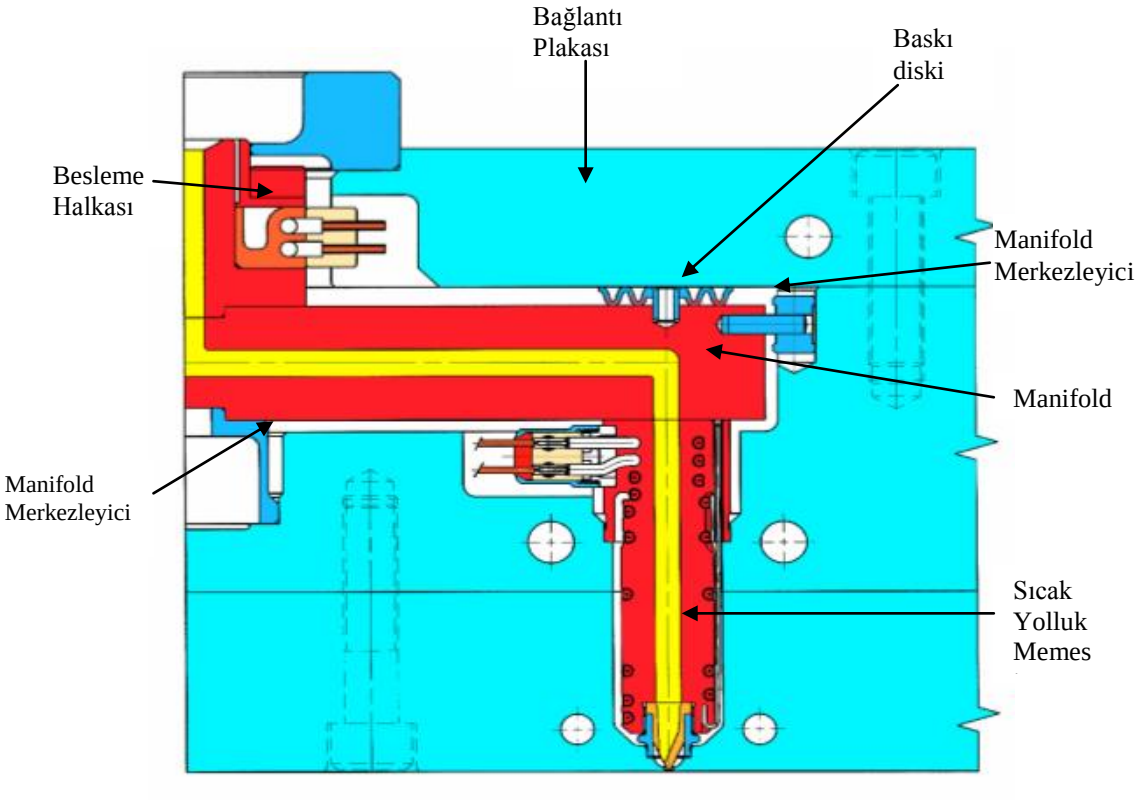
16 Sıcak Yolluklu ve manifoldlu kalıp örneği;

Yolluk hacmi : 0 mm^3'tür.

Gramaj farkı: 19.35-0=19.35 mm^3'tür.



Şekil 3.20: 16 gözlü, 16 sıcak yolluklu manifoldlu kalıp



Şekil 3.21: Sıcak yolluklu manifoldlu sistem

3.4.2.2 Yüksek Parça Kalitesi

Bütün gözlerin aynı zamanda, aynı şartlarda (basınç,sıcaklık) doldurulması sağlandığından gözler arası minimum kalite farklılığı oluşacaktır.

Manifoldlardaki malzeme akış yolunun çapı, soğuk yolluklu kalıplara göre daha iyi basınç iletimi saplayacağından daha büyük seçilebilir.

Düşük basınçlarla kalıplama yapıldığından, kalıplanan parçalardaki iç gerilmeler daha az olacaktır.

Kontrollü açılıp kapanan büyük sıcak yolluk girişleri (Valve Gate) kullanıldığında, genel parça kalitesi daha da iyileştirilmektedir.

İkinci basınç parçaya tam olarak etki edebilmektedir. Dolayısı ile parçada çöküntü, gaz boşlukları, ve diğer tüm sorunlar ortadan kaldırılır.

Daima saf granül ile çalışıldığından kırmadan gelen ve parça yüzey kalitesini düşüren tüm kirlilikler ortadan kaldırılır.

Parça üzerinde oluşabilecek soğuk kaynama izleri daha iyi kontrol altına alınır.

3.4.2.3 Düşük Çevrim Süresi

Enjeksiyon (doldurma) süresi daha düşüktür.

Yollukların donması beklenmediğinden soğuma süresi düşüktür.

Yolluk (sprue) olmadığından kalıp açma mesafesi daha azdır, bu da kalıp açma kapama zamanını azaltır.

Tam otomatik kalıp çalışması sağlanabildiğinden kalıp verimliliği daha yüksek olacaktır.

3.4.2.4 Makine Kapasitesinden tasarruf

Yolluk ile malzeme kaybedilmemekte, daha düşük gramaj basılabilmektedir.

Yolluklar için kapama kuvveti gerekmemektedir.

Yolluk için kaybedilecek alan olmadığından aynı enjeksiyon makinesi için kalıp göz adedi de arttırılabilmektedir.

Sıcak Yolluk Sistemin kullanılabilmesi için istenenler de aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Saf (temiz) plastik kullanımı
- Hassas sıcaklık kontrolu (kapalı çevrim)
- İyi bir kalıp tasarımı
- Hassas bir kalıp üretimi
- Dikkatli bir kalıp bakımı

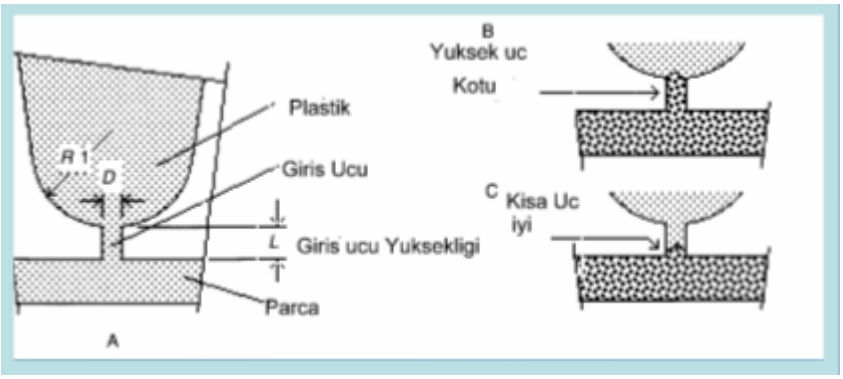
3.4.3. Sıcak yolluk sistemlerinde giriş uçları

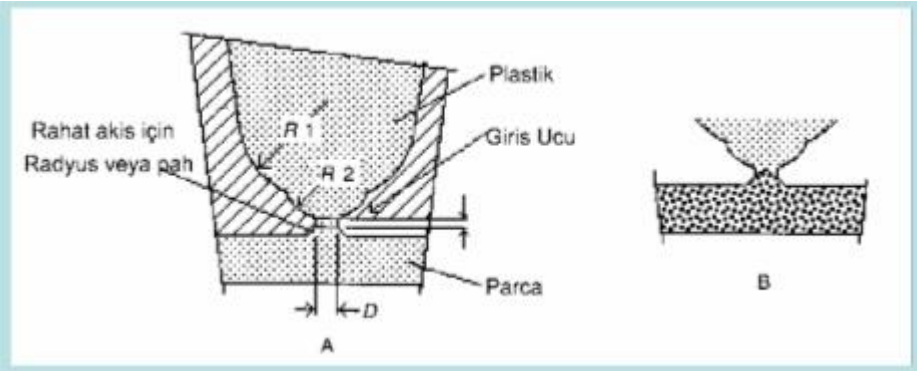
3.4.3.1 Yolluk giriş konumu

Yolluk giriş konumu belirlenirken en kalın ve merkezi bölgeden giriş, en dengeli akış Uzunluğu, parça konsantrikliği için merkezi bir giriş, en küçük yolluk giriş artığı ve parça estetiği dikkate alınmalıdır.

3.4.3.2 Sıcak yolluk Giriş Ucu Geometrisi önemi

Ütüleme sonunda en dar kesitte donan plastik tapa şekli oluşturmaktadır. Kalıbın açılması ile plastik en dar kesitten kopacaktır. Enjeksiyon basıncı ile tapa kalıp gözüne itilerek et kalınlığında eritilmektedir.





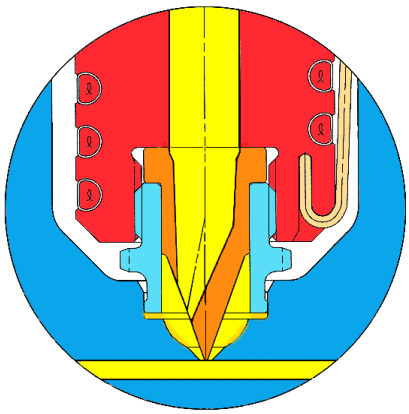
Şekil 3.22: Sıcak yolluk giriş ucu geometrisi

3.4.3.3 İğne Giriş Uçları

Halka kesitli giriş ucundan plastik ütüleme sonunda donmaktadır.

Avantajları

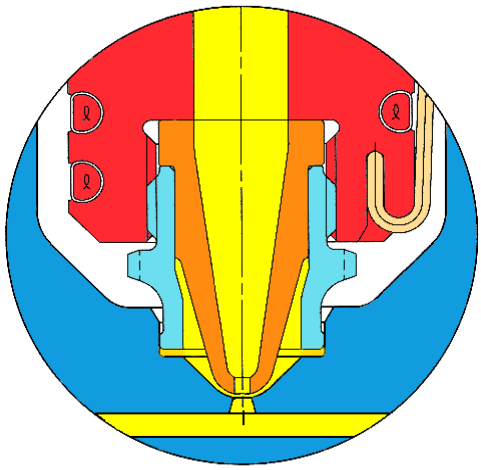
- Yolluk ucu donma riski yoktur.
- En küçük yolluk izi artığı oluşur.



Şekil 3.23: İğne giriş ucu

3.4.3.4 Açık Uclar

İğne yolluk girişine göre büyük giriş kesitlerine sahiptirler. Büyük ve geniş yüzeyli parçalarda kolay doldurma sağlarlar. İç gerilmesiz parçalar oluşturulabilmektedir fakat parça yüzeyinde yolluk izi artığı kalmaktadır.



Şekil 3.24: Açık giriş ucu

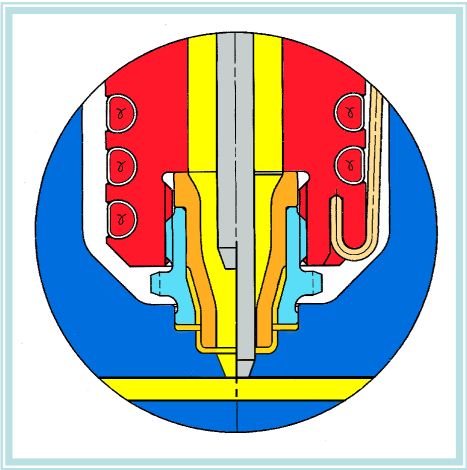
3.4.3.5 Açma Kapama Girişler-Valve Gate

Enjeksiyon öncesinde açma, doldurma ve ütüleme sonunda kapama hareketi yaparak çalışırlar.

Avantajları

- Büyük parçaların kısa sürede doldurulması sağlanır.
- Valve gate girişinin izi vardır fakat daha kozmetiktir ve yolluk giriş izi yok gibi gözükmektedir.

- Parçada gerilmeler oluşmaz.
- Düşük Çevrim süreleri ile çalışma olanağı sağlar.



Şekil 3.25: Açma kapama giriş ucu-valve gate

3.4.3.6 Sıcak Yolluk giriş ucu seçimi

Tablo 3.2:Uç seçiminde iğne uç, açık uç ve valve gate uç tiplerinin karşılaştırılması

KRİTİK FAKTÖRLER	İğne Uç	Açık Uç	Valve Gate Uç
Malzemede kesmelerin önlenmesi	Zayıf	İyi	En iyi
Parçada Gerilmelerin Önlenmesi	Zayıf	İyi	En iyi
Hızlı Çevrim Gereksinimi	İyi	Zayıf	En iyi
Yüzey Görünüm Kalitesi	İyi	Zayıf	En iyi
Yüksek Kalıp Maliyetinin Önlenmesi	İyi	İyi	Zayıf
Damlamanın Önlenmesi	İyi	Zayıf	En iyi
Büyük Baskı Miktarı (Gramaj)	Zayıf	İyi	İyi
Ütülemenin Önemli Olması	Zayıf	İyi	İyi
Hassas Çalışma aralığı Gereksinimi	Zayıf	İyi	İyi

3.4.3.7 Yolluk Girişi Boyutlandırması

Q = Yolluk Girişindeki Akış Hızı (cm^3/sn)

Q = Parça Hacmi (cm^3) / Doldurma süresi (sn) (3.3)

Kesme hızı(1/sn) = $4Q/\pi R^3$ (R = Giriş Yarı çapı) (3.4)

Yolluk giriş çapının ampirik olarak belirlenmesi;

$$d = NC\sqrt[4]{A} \quad (3.5)$$

A= Parçanın toplam yüzey alanı (mm^2)

N ve C ampirik faktörlerdir.

Parça Et kalınlığı (mm)	=	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
C	=	0.178	0.206	0.230	0.242	0.272	0.294
N	=	0.6 (PE,PS)					
		0.7 (PC,PP,PA)					
		0.8 (Nylon)					
		0.9 (PVC)					

Tablo 3.3: Plastiklerin kesme gerilmeleri ve kesme hızları[6]

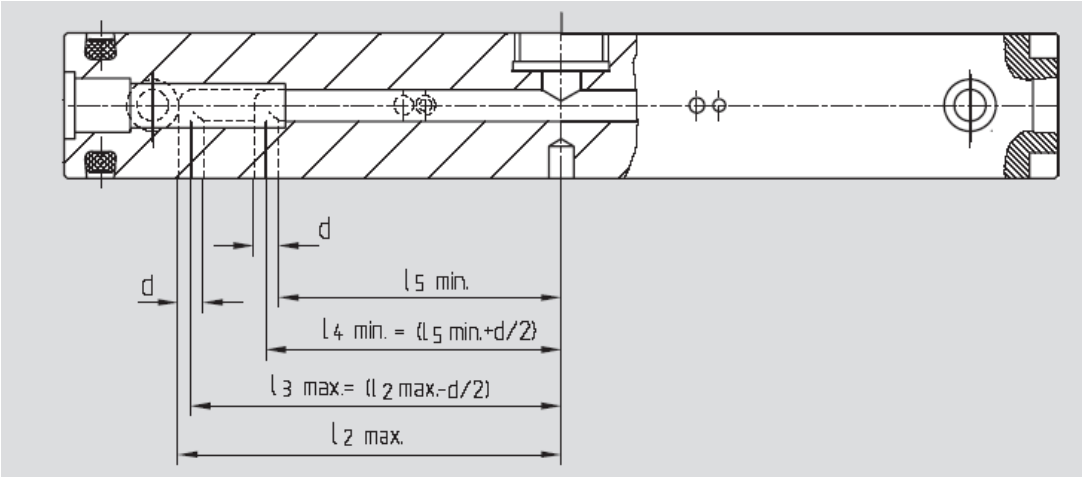
Malzeme	Max Kesme Gerilmesi (Mpa)	Max Kesme Hızı (1/sn)
PP	250.000	100.000
PS	250.000	40.000
HIPS	300.000	40.000
ABS	300.000	50.000
PA	500.000	60.000
PET	500.000	6 000
Nylon	500.000	60.000
SAN	300.000	40.000

3.4.3.7.1 Sıcak Yolluk Sistemlerinde Kalıp Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Konular

Sıcak yolluk firmasının önerdiği tasarıma tümü ile uyulmalıdır. Ölçü ve toleranslar, hava boşlukları, sıcak yolluk sisteminin montajında kullanılacak vida tipi, boyutu, adedi, montaj yöntemi, sıkma torkları tamamen sıcak yolluk üreticisinin tasarımına uygun olmalıdır. Sıcak yolluk firmalarına örnek verecek olursak, HASCO, MOLDMASTER, INCO, THERMOPLAY ve YUDO sıcak yolluk üzerine deneyimleri olan başlıca firmalardır.

Sıcak Yolluk Sisteminde Termal Genleşmeler ve Boyut Değişiklikleri

Kalıp tasarımında da manifold ve sıcak yolluk memelerindeki genleşmeler ile boyut değişiklikleri ve eksen kaçıklıkları olacağı hesaba katılarak gerekli boşluklar verilmelidir.



Şekil 3.26: Sıcak yolluk memelerinde genleşme ve boyut değişimleri[7]

Sıcak yolluk meme kanalı için merkez $l_3$max ile $l_4$min arasında bir bölgede seçilmelidir ve termal genleşme miktarı da merkez belirlenirken hesaba katılmalıdır.

e (mm) = Termal genleşme

l (mm) = İlk uzunluk

ΔT (^{0}C) = Sıcaklık farkı

α = Termal genleşme katsayısı

(Çelikler için 1^0C sıcaklık artışında termal genleşme katsayısı $12*10^{-6}$'dır.)

$e = l \times \Delta T \times \alpha$ olarak hesaplanır. [7] (3.6)

Sıcak Yolluk Sisteminde Malzeme

Kalıpta kullanılan manifold plakasının sertliği minimum 35-42 HRc olmalıdır.

Ayrıca manifold merkezleyicilerinin bastığı yüzeylerde sertleştirilmiş plakalar (45-50HRc) kullanılmalıdır.

Yolluk giriş bölgesindeki kalıp çeliğinin kalitesi en az 1.2344 ve 48-50HRc olmalıdır.

Sıcak Yolluk Sisteminde Soğutma

Kalıbın erkek tarafında, yolluk girişinin tam karşısında bu bölgeye özel bir soğutma çevrimi kullanılmalıdır.

Valf girişler için bu soğutma çevrimi püskürtme tipi spiral bir soğutma olmalıdır.

Kozmetik parçalarda parça yüzeyinde hare şeklinde izlere (dalgalanmalara) mani olabilmek için yolluk giriş ucunun etrafında da ayrı bir soğutma çevrimi dikkate alınmalıdır. Bu sistem yeni yeni yaygınlaşmaya başlamış olup Moldmaster ve Inco firmalarının ürettiği soğutma lokması içeren açma kapama (valve gate) sistemleri mevcuttur.

Sıcak Yolluk Sisteminde Kalıp Üretimi

Yolluk giriş bölgesinde erezyon işlemi uygulanmamalı, uygulanır ise, çeliğin sertleşip kırılganlaşmasını önleyecek düşük amperlerin kullanıldığı parlatma kalitesindeki bir erozyon işlemi yapılmalıdır.

Bu bölge çeliğinde sertleşme yaratabilecek hiç bir nitrasyon ve krom kaplama gibi işlemlerde uygulanmamalıdır.

Çok gözlü kalıplarda yolluk giriş bölgelerindeki çap derinlik gibi tüm boyutlarda ölçü farklılıkları 0.02 mm'yi geçmemelidir.

Enjeksiyon yapılan malzemenin gerektirdiği kalıp sıcaklığı 400C^{o}'nin üzerinde ise kalıbın bağlantı plakasının üzerinde bir izolasyon plakası kullanılmalıdır.

Manifold plakasının alt kısmında (kalıbın alt tarafında) boşaltma delik veya kanalları açılmalıdır. Bu sayede herhangi bir nedenle su veya hidrolik kaçağının manifold plakası içindeki ısıtma ve ölçme kabloları ile teması ve kısa devre olasılığı azaltılmış olacaktır.

Özellikle çok gözlü kalıplarda kalıbı enjeksiyon makinesinden sökmeden, yolluk giriş uçlarına ve sıcak yolluk memelerine kolayca erişebilmek için kalıbın dişi plakasını erkek plakasına sabitleyebilecek bir kilit sistemi öngörülmelidir.

3.5. Soğuk yolluk çeşitleri

3.5.1. Yolluk Giriş Tipleri

3.5.1.1 Tünel Yolluk

İnce tarafı parçada olan konik bir yolluk girişidir. Dağıtım yolluğundan parçaya bir konik tünel açılır. Kalıp açılırken yolluk parçadan kendiliğinden ayrılır. Kalıbın otomatik çalışması sağlanır.

Çok küçük giriş çapı kullanıldığında malzeme kesme gerilmesi artar, erken donarak ütülemeyi engeller.

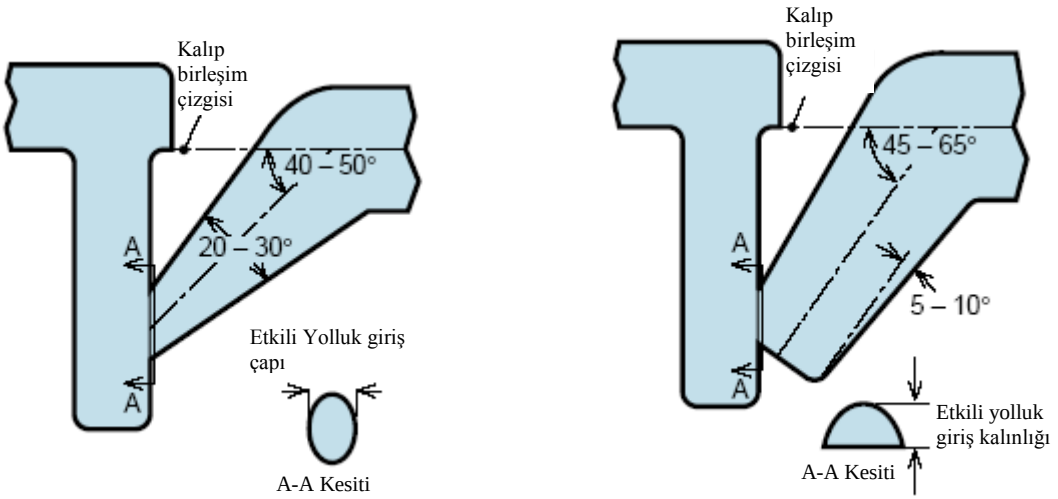
Çok büyük giriş çapı kullanıldığında, yolluk parçadan çok zor kopar, parçaya zarar verir.

Malzemeye bağlı olarak giriş çapı;

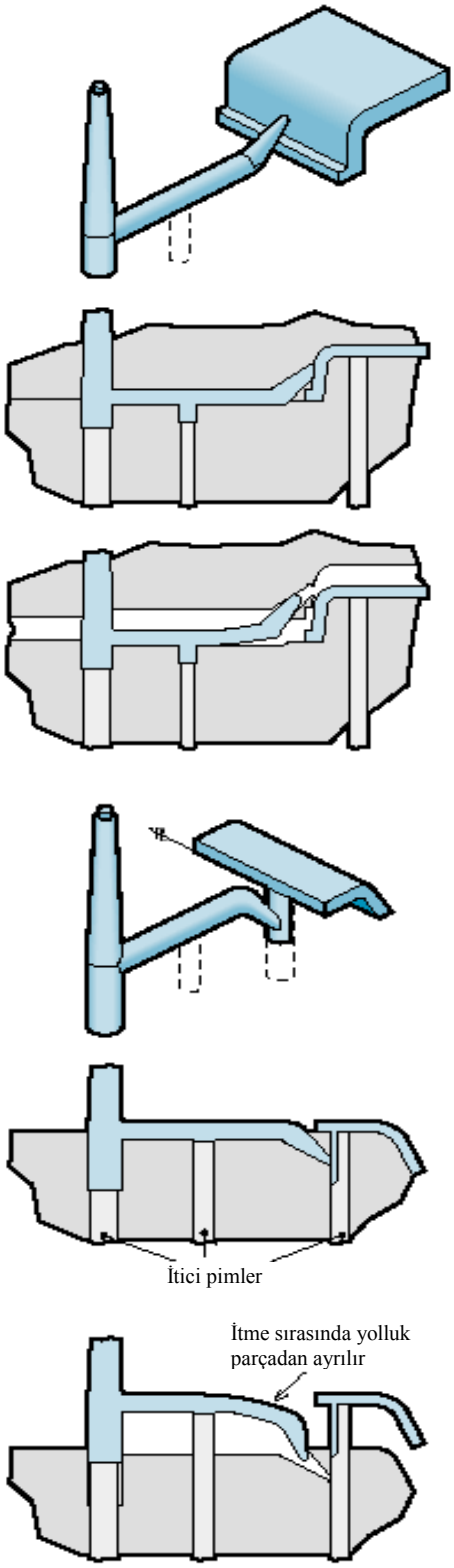
Çap = %30-%70 × et kalınlığı seçilmelidir.

Gevrek malzemelerde kullanılması risklidir. Yolluk kalıpta kalabilir.

Yolluk girişi açılı olarak değil de parçaya düz olarak yapılabiliyorsa bu yolluk giriş tipine İğne Yolluk denir.(Bölüm 4, Şekil 4-1)



Şekil 3.27: Tünel yolluk giriş kesitleri [5]



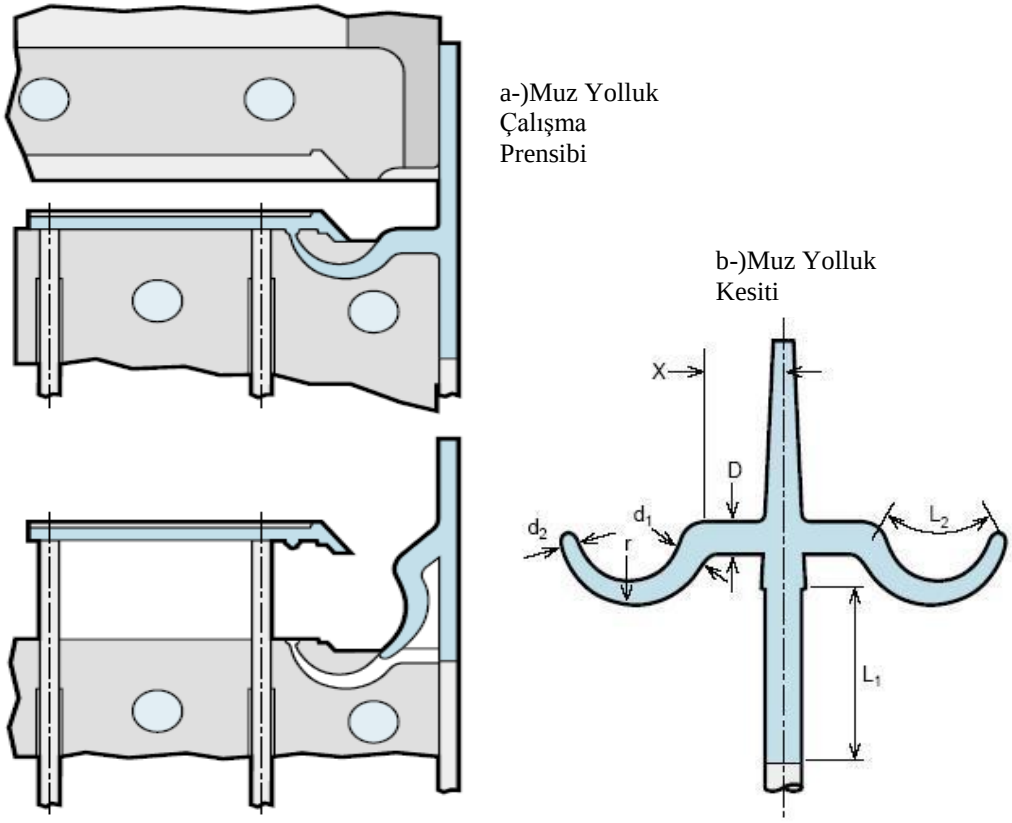
Şekil 3.28: Tünel yolluk çalışma prensibi [5]

3.5.1.2 Muz Yolluk

Giriş kesidi kontrol edilebilmektedir. Parça üzerinde çok küçük bir iz (nokta şeklinde) bırakır. Otomatik kalıp çalışması sağlanır.

Görünen yüzeye girişlerde parça üzerinde mat iz oluşur. Hassas tezgah işçiliği gerekir. Gevrek malzemelerde calışmama riski vardır.

Tünel yolluk için gerekli yüksekliğin sağlanamadığı parçalarda tercih edilir. [8,9]



Şekil 3.29: a-)Muz Yolluk Çalışma Prensibi b-) Muz Yolluk Kesiti [5]

$\frac{X}{D} \geq 2.5$ veya min. 15 mm olmalıdır. [5] (3.7)

D =4-6 mm arasında olmalı

$d1 \leq D$ (3.8)

$r=2.5d_1$ veya $3d_1$ (3.9)

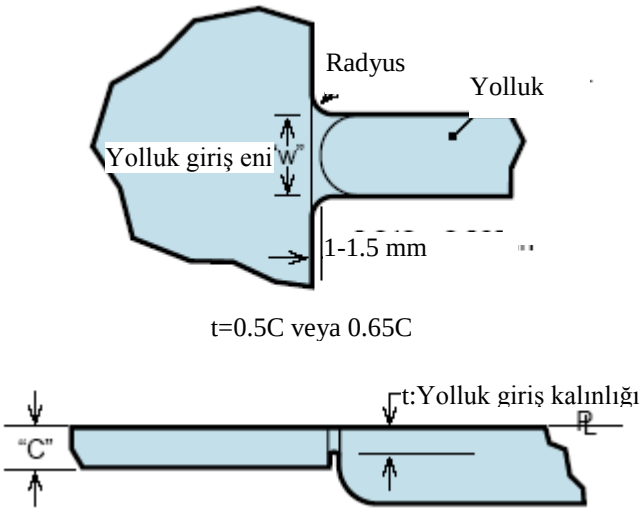
$L_1 \geq L_2$ olmalıdır.

3.5.1.3 Kenar Yolluk

Parçaya kalıp ayrılma hattı üzerinden doğrudan kenardan girilir. Kalıp imalatı kolaydır. Giriş kesitinde hassas boyutlandırma ve kolay modifikasyon yapılabilir. Kalıp gözünün doldurulma hızı kolaylıkla kontrol edilebildiğinden bir çok genel amaçlı polimer için uygun bir giriş kesitidir.

Bazen parçanın yolluktan ayrılmaması özellikle istenebilir, bu durumlarda özellikle kullanılması gereken bir yolluk girişidir.

Yukarıda belirtilen avantajlarının yanında bazı dezavantajları da vardır. Yolluk ayırma maliyeti vardır. Yolluğu parçadan ayırmak için kullanılan geciktirmeli itici ile yolluğun kırılması her zaman mümkün olmayabilir. Bu kullanılan plastik hammaddeye de bağlıdır. Parça üzerinde kötü görüntü yaratır. [6,8,9]



Şekil 3.30: Kenar yolluk şekli ve kesiti [5]

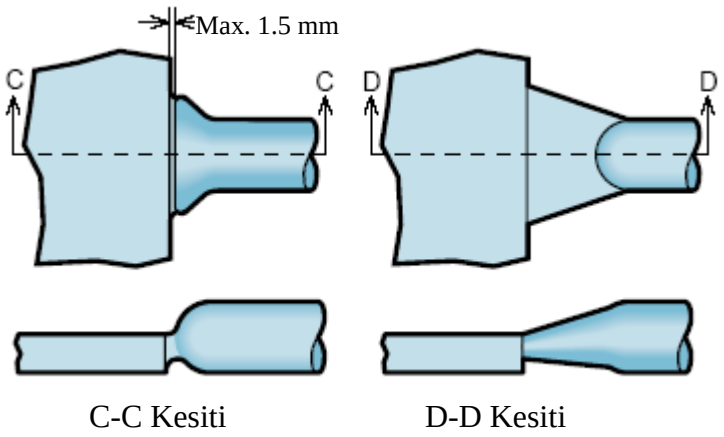
3.5.1.4 Fan Yolluk

Dağıtım yolluğundan parçaya girerken kesit bir fan şeklinde alçalır ve genişler, böylece eriyik plastik parçaya girmeden önce yavaşlatılır ve geniş bir alana yayılır.

Yavaşlatılmış akış hızı ile malzemenin daha iyi yönlendirilmesi sağlanır. Giriş bölgesinde daha düşük kesme hızı (shear rate) oluşur. Bu sayede minimum akış izi oluşacaktır daha uniform malzeme akışı sağlanır. Kaliteli parça yüzeyi elde edilir. PC gibi akışkanlığı düşük malzemelerde kolay doldurma sağlanır.

PC gibi malzemelerde kullanıldığında fan şeklinde genişleyen yolluk, PS ve diğer PC'a göre daha kırılgan olan malzemelere göre daha zor parçadan kopacaktır. Bu

yüzden manuel olarak yolluk kesmek için büyük parçalarda özel aparatlar gerekebilir. Çapak görümünde kötü bir iz oluşur. [5,8,9]



Şekil 3.31: Fan yolluk şekli ve kesiti [5]

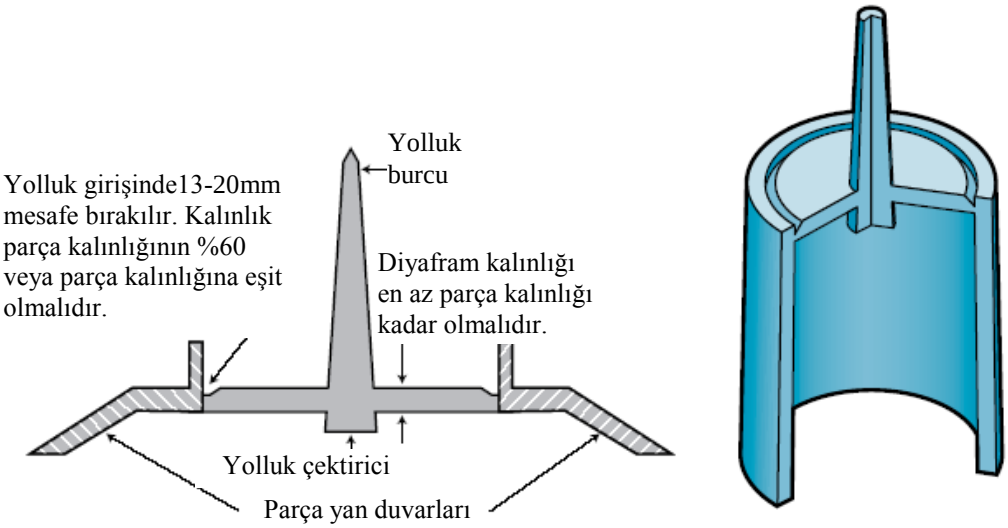
3.5.1.5 Diyafram Yolluk

Silindirik, disk şeklindeki parçaların, iki plakalı tek gözlü, iki plakali-çok gözlü-sıcak yolluklu, üç plakalı-çok gözlü-soğuk yolluklu kalıplarında kullanılır.

Bu parçalar için ideal akış sağlanır.

İki tarafı açık Tüp, Silindirik, eksenel simetrik parçalarda uniform doldurma sağlanır. Soğuk birleşme engellenir. Hassas çap ölçüleri elde edilebilir, Ovallik, çarpılma önlenir.

Disk formunda bir yolluk atıldığından, yolluk sarfiyatı fazladır. Parça üzerinde yolluk izi oluşur. Yolluk temizleme işçiliği fazladan maliyet getirecektir. [5,8,9]



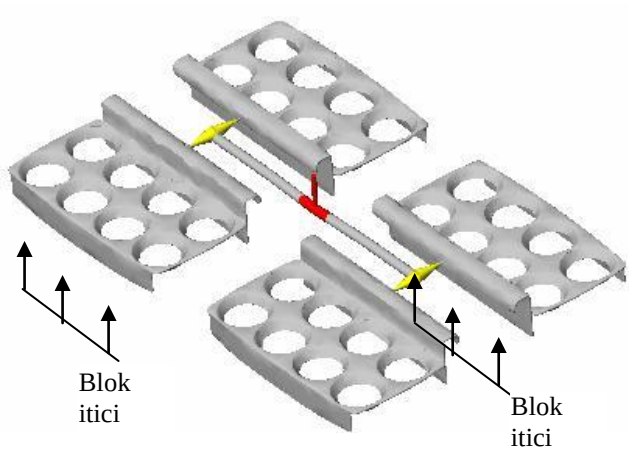
Şekil 3.32: Diyafram yolluk şekli ve kesiti [2,5]

4. YOLLUK GİRİŞ YERİNİN VE GİRİŞ ÇAPININ DOĞRU BELİRLENMEMESİ SONUCU KALIPTA VE PARÇADA YAPILAN DEĞİŞİKLİKLER

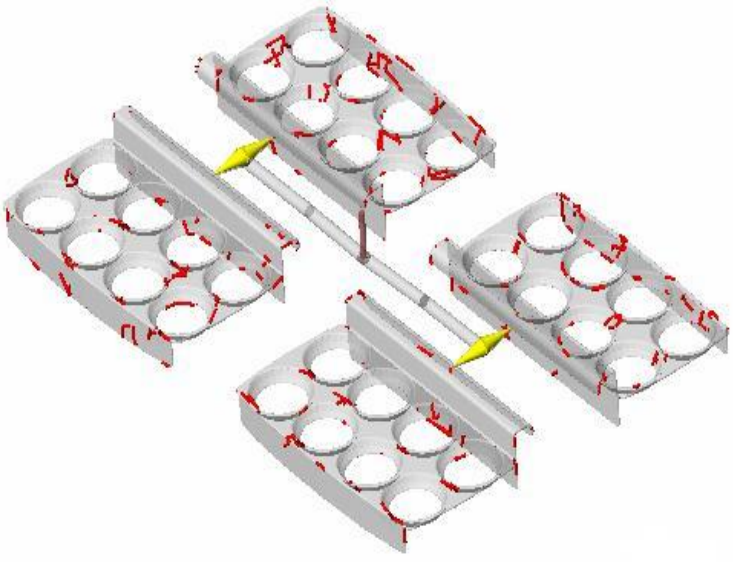
4.1. Yolluk Giriş Yerinin Yanlış Tayini Sebebiyle Kalıpta ve Parçada Yapılan Değişiklikler

Bu bölümde, günümüzde buzdolaplarında aksesuar olarak kullanılan yumurtalık parçasında yolluk giriş yerinin yanlış seçilmesi sonucu yapılan değişiklikler anlatılacaktır.

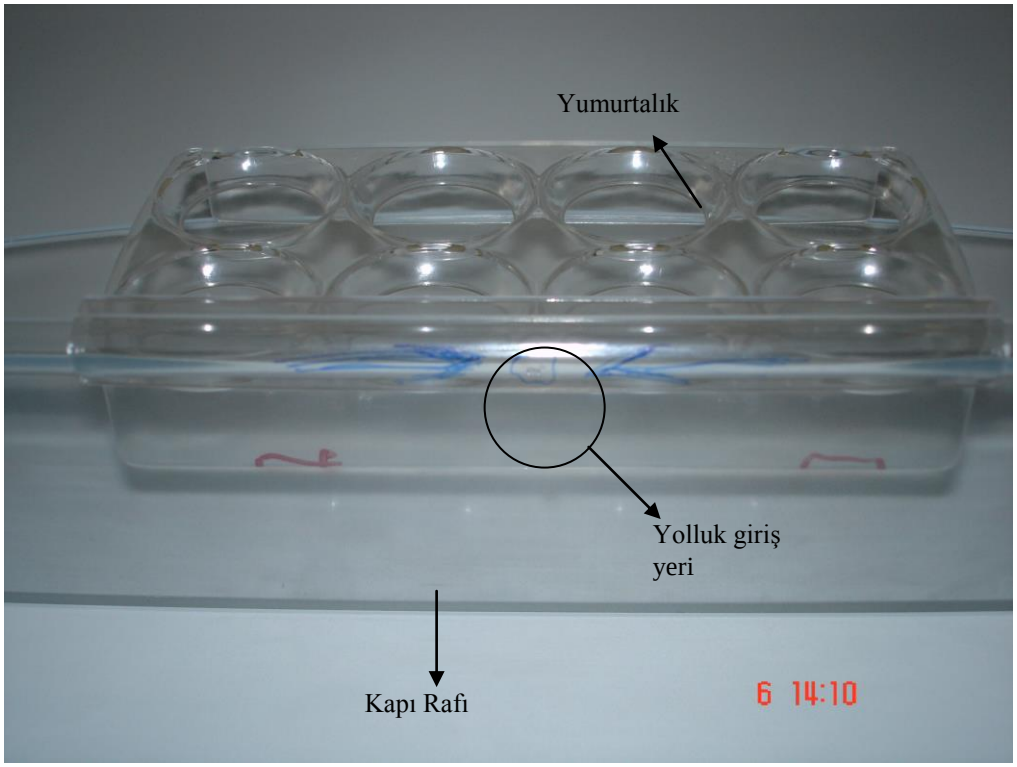
Kalıp yapımına başlanılmadan önce tasarımcının ve kalıpçının yapması gereken, üzerinde önemle durulması gereken konular vardır. (Bölüm 7) Bunların başında parçanın kalıplanabilir olması, istenilen mukavemeti sağlaması, kozmetik bir parça ise kalıp birleşim yerlerinin, yolluk giriş yerinin ve kullanılacak itici tiplerinin belirlenmesi gerekir. Bu uygulamada, parça kozmetik bir parça olduğundan görünen yüzeylerde hiçbir iz istenmemektedir. Şekil 4.1ve Şekil 4.2'de de görüleceği üzere 4 gözlü iğne yolluklu, uzun bir yolluk burcu olan yumurtalık kalıbı tasarlanmıştır. Malzeme birleşim izleri parçanın zayıf noktaları olacağından minimize edilmeye çalışılmalıdır. Fakat bu tip delikli parçalarda ne kadar minimize edilmeye çalışılsa da deliğin iki tarafından dolaşan eryik malzeme bir noktada buluşacaktır ve bu bölgelerde "weldline" denilen malzeme birleşim izleri oluşacaktır. Bu izler sıcaklıklarla ve kalıp içinde eriyik malzemeye yolvererek değiştirilebir fakat tam olarak kaldırılamazlar. Bu gibi detaylar kalıp yapımına başlanılmadan önce kalıpçı firma ile yapılacak toplantılarda detaylı biçimde konuşulmalıdır.



Şekil 4.1: 4 gözlü yumurtalık kalıbı yerleşim şekli ve yolluk sitemi



Şekil 4.2: Malzeme birleşim izleri

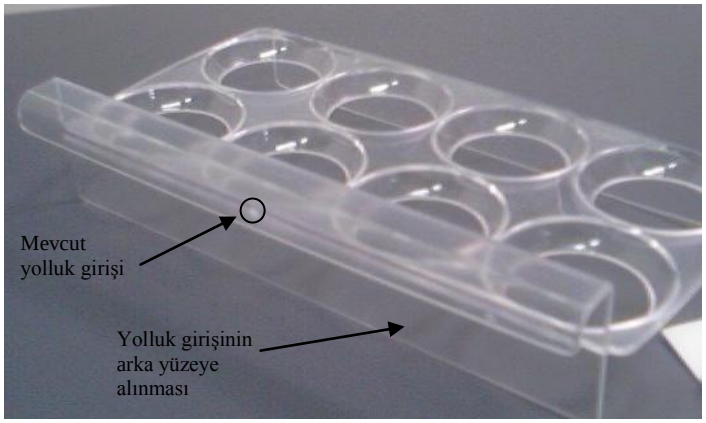


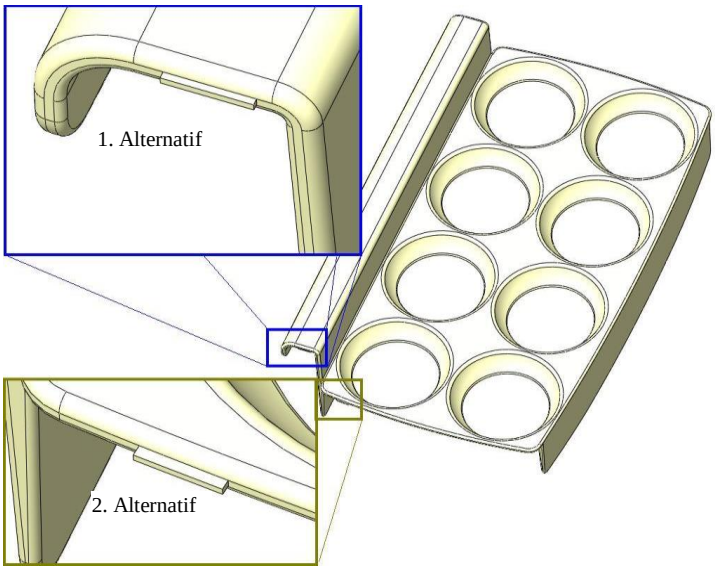
Şekil 4.3: Yumurtalık parçasın kapı rafına montajlı resmi

Kalıp yapımı bitme aşamasına gelip basılan ilk parçalar ölçü kontrolü ve incelenmeye geldiğinde Şekil 4.3'te de görüleceği üzere yolluk giriş yeri kapı rafına monte edildiğinde ilk göze çarpan yerde kalmıştır ve gözden kaçan yolluk giriş yerinin değiştirilmesi gerekmektedir. Bu her kalıpta müsait olmayabilir, müsait olsa da bazı sınırlamalar olabilir.

4.1.1. Yolluk Girişinin Değiştirilmesi ve Kısıtlamalar

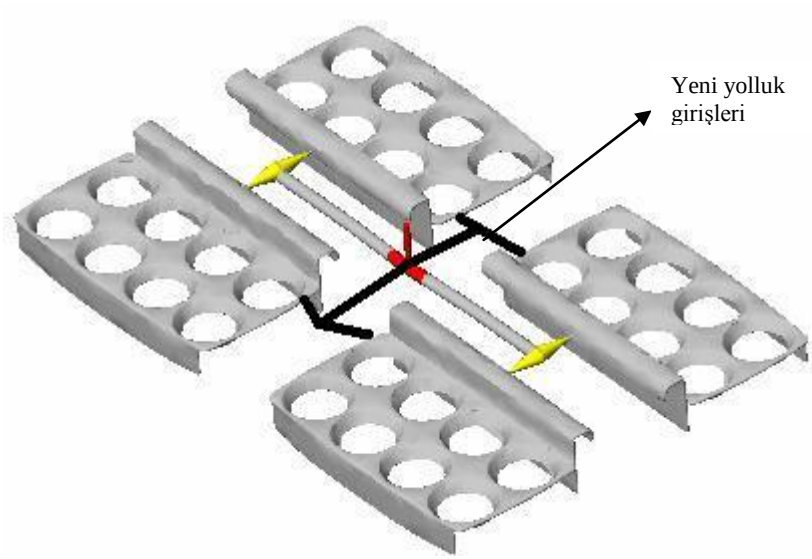
Yolluk girişinin görünen yüzeyden kaldırılıp, parçanın montaj edildiğinde göze çarpmayacak bir yere alınması için ilk olarak akla gelen Şekil 4.3'te görüldüğü üzere montaj edildiğinde rafın içinde kalan arka yüzeye, iğne yolluk girişi değil de tünel yolluk girişi kullanılmasıdır. Fakat bu çözümü parçanın araka ve ön yüzeyinde Şekil 4.1'de gösterilen itici blokları çalışmaktadır. Bu yüzden başka alternatifler sunulmuştur.





Şekil 4.4: Yolluk girişi değişimi için alternatifler

Bu alternatiflerden en kolay, daha az işçilikle daha kısa çözümlü olan 2. alternatif seçilmiştir. Şekil 4.5'te görüleceği üzere sadece yolluk kanallarının kalıpta 90° çevrilmesi olarak düşünülebilir. Kalıbın erkek ve dişi hamilinde yeni yolluk kanalları için yol açılması ve eski yolluk girişlerinin kaynakla veya lokma geçirilerek iptali en kolay ve pratik çözümdür.



Şekil 4.5: 2. Alternatifin uygulanması

5. PLASTİK ENJEKSİYON KALIBINDA VERİMLİLİK

5.1. Enjeksiyon kalıbında verimliliği etkileyen faktörler

Kalıbın verimliliği aşağıdaki faktörlere bağlıdır;

- Kalıp göz sayısı
- Soğutma kalitesi
- Kalıp ömrü ve dayanıklılığı
- Kalıbın makineye kolay montaj yapılması ve üretime kısa zamanda geçmesi

5.1.1. Kalıp ömrü ve Dayanıklılığı

Plastik enkesiyon kalıbı çok yüksek enjeksiyon basınçlarına (500 – 2000bar) ve kapama kuvvetlerine (0.1 – 5 ton) maruz kaldıklarından sağlam olmalı, genelde kullanıcı tarafından belirlenen baskı sayısını (minimum 750.000) tamamlayabilecek kalitede olmalıdır. Kalıp kalitesi olarak da anlaşılabilecek kalıptan beklenen baskı sayısı, kalıbın işlenmesi, ısıl işlemi ve kullanıma ait diğer parametrelere de önemli ölçüde bağlı olmakla birlikte kalıp malzemesine de bağlıdır. Yüksek baskı sayıları için ön sertleştirilmiş malzemelerin yerine yüksek sertlikteki malzemeler tercih edilmelidir.

Yüksek kalıp kalitesi sağlayabilmek için, hassas bir işleme, doğru kalıp tasarımı, doğru kalıp çeliği seçimi yapmak gerekir.

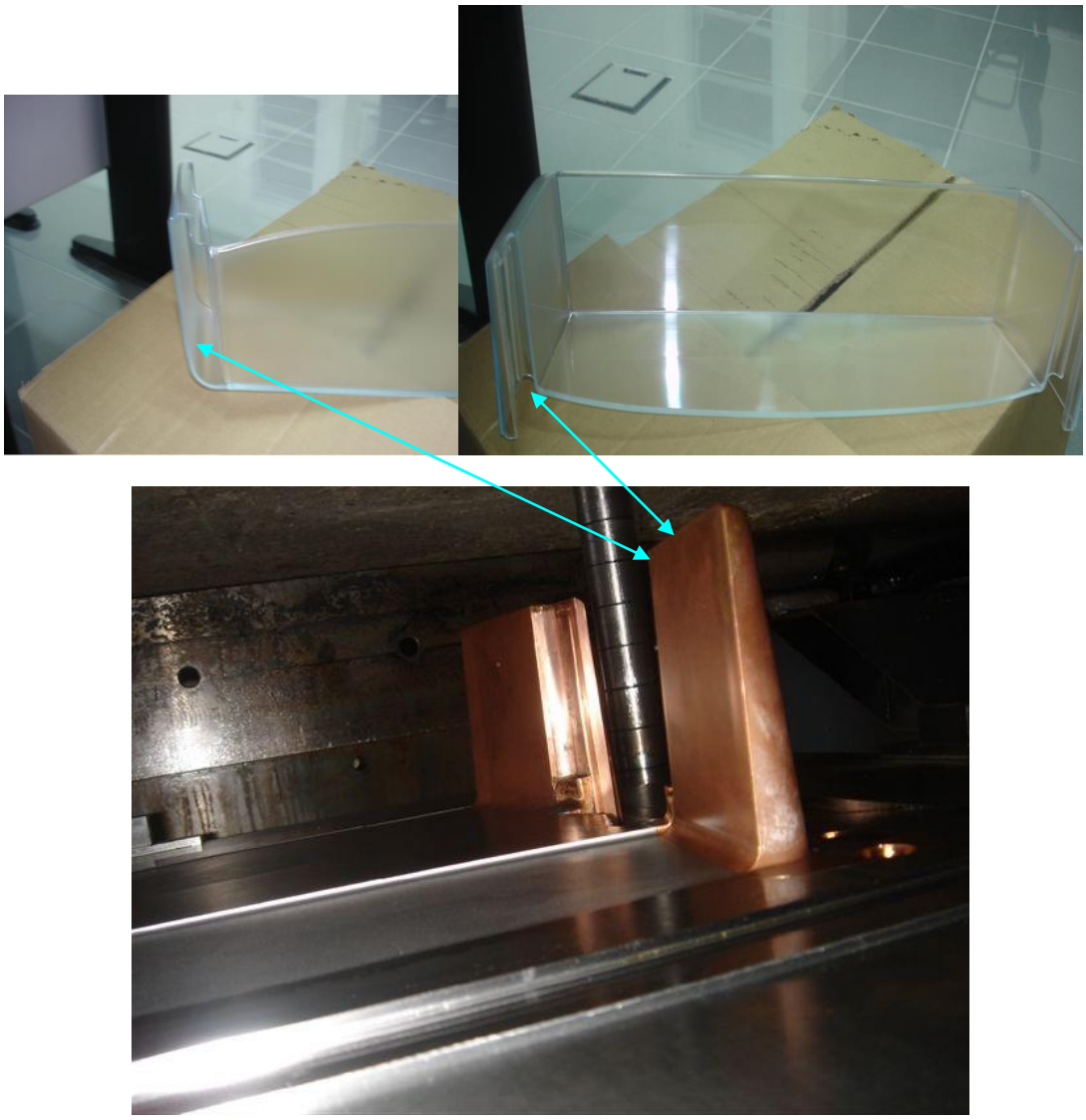
Kalıp tasarımında maliyeti düşüren en önemli faktör kalıp imalatında kullanılan malzemenin uygun olarak seçilmesidir. Üretim sayısı ve parçanın özelliklerine göre kalıp malzemesi kalıp tasarımını yapan kişi tarafından belirlenir. En çok kullanılanlar çelik ve alaşımlı çeliklerdir.

5.1.1.1 Malzeme Seçimi

Kalıpların uzun süre çalışması ve istenilen sonucu vermesi için çelik üreticileri çeşitli amaçlarda kullanılmak üzere çeşitli özeliklerde çelikler üretmektedir. Her kalıbın

yapımında kullanılan uygun çelik, o kalıbın yapacağı işe göre değişmektedir. Genellikle kalıp malzemeleri kaliteli çeliklerdir.

Plastik Kalıp çelikleri, plastiklerin başta enjeksiyon, ekstrüzyon, şişirme ve çeşitli presleme teknikleriyle şekillendirilmesinde kullanılan takım çelikleridir. Plastik hammaddelerin sadece sertlikleri, koroziflik durumları gibi özelliklerine bağlı olarak, kalıp malzemesinin seçimi doğru değildir. Parçadan, dolayısıyla da kalıptan beklenen yüzey parlaklığı, asitte desen dağlama sonucu elde edilmek istenen diğer yüzey özellikleri ve kalıp çeliğinin işlenebilirliği, kaynak edilebilirliği, parlatılabilirliği gibi pek çok parametre çelik seçiminde dikkat edilmesi gereken konulardır.



Şekil 5.1: Cu-Be (Bakır-Berilyum) alaşımlı çelik kullanımı

Şekil 5.1' de görüleceği üzere buzdolabında kapı dedorları olarak bilinen kapı rafı parçasının gövdeye montaj edilen bölgelerinde Cu-Be alaşımlı çelikler

kullanılmaktadır. Cu-Be alaşımlı çeliklerin ısıl iletkenlikleri yüksektir ve kalıpta soğutma imkanının sınırlı olduğu bölgelerde kullanılırlar. Bu uygulamada, kapı rafının geçme detaylarının oluşmasını sağlayan lokmalara soğutma kanalı açmak çok güçtür, kalıbın iğer bölgelerinin soğutulup bu bölgelerin soğutulamaması kalıpta dengesizlik yaratacaktır.Bu yüzden ısıl iletkenliği yüksek alaşımlı çelikler kullanılarak oluşaçak yüksek ısıların iletilmesi sağlanır.

5.1.1.2 Kalıp Büyüklüğü

Kalıp ölçüleri büyüdükçe, kalıp çeliğinden daha yüksek tokluk talep edilir. Ayrıca kalıp boyutu arttıkça ısıl işlem ile sertleştirme, çarpılma/ölçü değişimi nedeniyle giderek zorlaşır. Bu yüzden, kalıp büyüdükçe ön sertleştirilmiş plastik takım çelikleri tercih edilmelidir. Ön sertleştirilmiş malzemelerden DIN 1.2738-1.2312 30-35 Rc aralığında bir sertliğe sahiptir. Bu çelikler, bu sertlik ile kolayca işlenebilir ya da nitrürleme ile yüzey sertleştirme yapılarak kullanılır.

Kalıp büyüklüğü kalıbın çalışabileceği enjeksiyon makinesinin kolonlar arası mesafesinden küçük olmalıdır. Gereksiz yere hamilleri ve dolayısıyla kalıp ebatları büyük yapılan kalıplar, çalışabilecekleri makine tonajından daha fazla tonaja sahip makinelerde çalıştırılmak zorunda kalırlar. Fazla makine tonajı parça maliyetini arttıracaktır.

5.1.1.3 İşlenebilirlik

Ön sertleştirilmiş olmasına karşın DIN 1.2312 (30-35 HRc) ve DIN 1.2316 (36 HRc) özel olarak birleşimlerine katılan kükürt nedeniyle, bu sertliklerine rağmen kolay işlenebilmektedir. Yüksek yüzey kalitesi, yüzey parlaklığı ve asit dağlanma özelliği istenmediği hallerde bu malzemenin kullanımı büyük bir işleme kolaylığı sağlar.

5.1.1.4 Kaynak Edilebilirlik

Kalıplardaki hatalı işleme, dizayn değişikliği yada tamirat gibi gerekçelerle kalıpların kaynak edilebilirliği son dönemlerde oldukça önemli hale gelmiştir. Özellikle DIN 1.2738 -1.2344-1.2083 gibi plastik kalıp çeliklerinin kaynak edilebilirliği aynı bileşimde hazırlanmış kaynak elektrotları sayesinde oldukça iyidir. Ayrıca bu çeliklerin kaynak sonrası yüzey kalitelerinde bir bozulma da olmamaktadır. Unutulmaması gereken, zorunlu ön ısıtma prosedürünün takibidir. Kükürt katkılı DIN 1.2316 ve DIN 1.2312 ise kaynakta iyi sonuç vermez.

5.1.1.5 Erozyon ile İşleme

Dalma erozyon sonrasında tüm malzemelerin yüzeyinde kılcal çatlaklar içeren, beyaz tabaka olarak da anılan bir tabaka ve onun hemen altında da aşırı sertleşmiş ve yumuşamış tabakalar oluşmaktadır. Düşük amper, yüksek adım sayıları ile elde edilen erozyon yüzeyleri nispeten daha az hasarlı olmaktadır. Erozyon sonrası bu tabakaları etkisizleştirmek için ise, erozyon ile işlenmiş çelik son meneviş sıcaklığının 25°C altında bir gerilim giderme tavına tutulmalıdır. Erozyon sonrası DIN 1.2738 gibi iç yapısı temiz malzemeler çok iyi bir yüzey kalitesi sağlarken, DIN 1.2312 gibi işleme kolaylığı sağlayan kükürt katkılı malzemelerde aynı yüzey kalitesi elde edilemez.

5.1.1.6 Nitrasyon ve Yüzey Sertleştirme

Plastik kalıp çeliklerinin kullanımında nitrürlemenin özel bir önemi vardır. Özellikle ön sertleştirilmiş DIN 1.2738-1.2312 gibi malzemelerle DIN 1.2344 gibi meneviş dayanımı gösteren malzeme yüzeyinin nitrürlenmesi sonucunda, korozyona dayanıklı, sert tabakalar oluşturulur. Bu tabakalar özellikle plastiğin kalıba yapışmasını engellediği için tercih edilir. Sert plastiklerde, sıcak yolluk gibi uygulamalarda aşınma dayanımını arttırmak için yine nitrürleme uygulanabilir. Nitrürleme sonrası kalıplarda genelde çarpılma meydana gelmemektedir.

5.1.1.7 Korozyon Direnci

Korozyon açısından önerilen malzeme gurubu paslanmaz takım çelikleridir. DIN 1.2083 bu gurubun en önde geleni ve yüksek sertleşebilirlik özelliği gösteren bir malzemesidir. Bu gurupta bulunan malzemelerden DIN 1.2316 kalıp hamili olarak yada ancak yüksek yüzey kalitesi istenmediği koşullarda kullanılır. Ayrıca DIN 1.2738'de gaz çıkaran plastiklerin şekillendirilmesinde nitrürleme ile yüzey sertleştirilmesinden sonra kullanılabilir. Bunun yeterli olmadığı durumlarda sert krom kaplama bir çözüm olabilir. Günümüzde gittikçe kullanımı yaygınlaşan elyaf takviyeli plastikler yada kristal, PTFE gibi sert plastiklerin şekillendirilmesi söz konusu olduğunda diğer parametrelerde göz önüne alınarak; DIN 1.2738-1.2312 nitrürleme ile yüzeyi sertleştirilerek, DIN 1.2316 normal sertliği ile yada yüksek sertlik malzemeleri ile kullanılır.

5.1.1.8 Parlatılabilirlik

Kalıp çeliğinin çok iyi parlatılabilir olması öncelikle plastik ürünün yüzeyinden beklenen parlaklığı garanti eder. Şeffaf imalat parçalarından, gözlük camları gibi optik parçalara kadar farklı uygulamalar için farklı parlaklık sağlayabilen pek çok malzeme bulunmaktadır. İkinci olarak ise kalıp çeliğinin iyi parlatılabilirliği baskı sırasında viskoz plastiğin çelik yüzeyindeki gözeneklere dolmasını yani yapışmayı engellemektir. Bu malzemelerin iç yapıları denetimli olarak üretilmiş olup curuf altı ergime işlemi ile mikro yapı temizliği sağlanmış olması gerekmektedir. Ayrıca bu işlemlere ek olarak paslanmaz çelik bileşimindeki çelikler de yüksek parlaklık sağlarlar.

5.1.1.9 Kalıp Hamili ve Destek Plakası

Kalıp ömrünü ve kalitesini sadece çekirdekte kullanılan çelik değildir. Gerek kalıp hamilleri gerekse de arka plakalar-destek plakaları çekirdeklerin ömürlerinde belirleyicidir. Buralarda oluşacak ezilmeler, esnemeler çekirdeklerin oynamasına ve kalıbın rijitliğini kaybetmesine yol açmaktadır. Ayrıca kalıp hamillerindeki aşınma, ezilme ve esnemeler çapaklanmaya sebep olur. Bu nedenle kalıp hamillerinin DIN 1.2312 ve DIN 1.2316 gibi ön sertleştirilmiş çeliklerden seçilmesi, destek plakalarında ise DIN 1.1730 kaliteli imalat çeliklerinin kullanılması önerilmektedir.

5.1.1.10 Isıl İletkenlik

Plastik kalıpçılığında soğutmanın önemi çok büyüktür. Dizayn açısında bazı durumlarda, Al, Cu ve Be alaşımları gibi ısıl iletkenliği yüksek metallerin kalıp malzemesi olarak kullanılması yada belli bölgelerin bu tür malzemelerden yapılması neredeyse zorunludur.

5.2. Verimliliğin Önemi

Parça maliyetinde kalıp maliyeti, kullanılacak hammadde maliyeti ve kalıbın çalışacağı makine maliyeti çok önemlidir. Parça maliyetini düşürmek ters orantılı olarak üretim verimliliğinin artmasını sağlayacaktır. Bunu sağlamak için minimum çevrim sürelerinde çalışmak gerekir. Elimizde çok iyi imal edilmiş bir kalıp ve bu kalıp çok iyi bir soğutma ve yolluk sistemine sahipse olur. Plastik hammaddeler pahalı olduğundan minimum hurda ile çalışmak gerekir ve kalıbın çalışacağı

makinenin sarfedeceği enerji maliyetinin düşük olması verimliliği olumlu yönde etkiler.

5.3. Verimliliğin arttırılması için yapılan Çoklu Hızlı Bağlantı Elemanlarının ve Manyetik Plakaların Enjeksiyon Makinesine ve Enjeksiyon Kalıplarına Adaptasyonu

5.3.1. Manyetik Kalıp Bağlama Sistemi

Tüm tip ve şekildeki kalıpların hızlı ve güvenli değiştirilmesini kolaylaştımak için sürekli elektro – manyetik sistem tasarlanmıştır. Bu sistem, genellikle kalıplar üzerinde değişiklik yapma ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Bu tarz bir sistem kullanımına başlandığında muntazam olarak kalıp ve plaka yüzeyi temizliği de sisteme dahil edilmektedir. Sistem, takip eden tarzda işlemektedir; plaka iki sürekli manyetik malzeme içermektedir. Malzemelerden biri elektrik bobinleri ile sarılmıştır. Kenetlenecek olan plakalar üzerindeki bu bobinler, kısa ve ani bir güç aktarımı ile mıknatıslı hale getirilmektedir. Bu ani güç aktarımı kutupların kuzeyden kuzeye , güneyden güneye sıralanarak, her bir sürekli manyetik elemanın ters kutuplaşmasını sağlar.

Kenetleme plakası, bu münasebetle aktif hale gelerek ve herhangi bir dış güce ihtiyaç duymaksızın, manyetik alanı kendi bünyesinde alıkoymaktadır. Kalıbı tekrar sökmek için, yukarıdaki sürecin tersine çevrilmesi, kutupların kuzeyden güneye sıralanması gerekmektedir. Plaka üzerindeki manyetik akış değişimi, plaka yüzeyinin ‘manyetsiz’ hale gelmesi ve bu şekilde kalmasını sağlamak için, manyetik elemanların kutuplarının elektriksel olarak değiştirilmesi ile sağlanabilmektedir.[11]

5.3.1.1 Güvenlik

Sistemdeki manyetik akımı manyetik plaka içerisindeki patentli ‘Süreklilik Algılayıcı’ görüntülemektedir. Alan içindeki akım değişimleri hava boşluklarının, doğru olmayan malzeme tiplerinin ve plaka ile kalıp yüzeyi arasındaki diğer çeşitli güvenlik hatalarının göstergesidir. Ek olarak, kontrol kabini enjeksiyon makinesinden, mevcut durumla ilgili sinyalleri alıp vermeye müsait olarak donatılmıştır. Bu da sistemin sadece kesin makine fonksiyonları ile beraber hareket etmek üzere kurulabileceği anlamına gelmektedir. Bunlara örnek olarak; sistem işletimi sadece kapılar kapalı ve makine elle kontrol edilebilirken olabilecektir. [11]

5.3.1.2 Kalıp yüklemesi

Makine açıklık değeri, toplam kalıp kalınlığına ek olarak, kalıp teknisyeninin kendisine uygun gördüğü şekilde ayarlanır. Enjeksiyon makinesinin, kalıp alanının serbest ve enjeksiyon makinesi ve manyetik sistemin on konumunda açık olduğundan emin olunur. Enjeksiyon makinesi "bakım modu"nda ve manyetik sistemin alarm by-pass konumu aktif halde bulunmalıdır. (Sadece enjeksiyon makinesi bakım modunda iken bu mümkündür). Sistem plakalarının düz ve temiz olduğunu kontrol edilir. Kalıp makinenin içine vinç vasıtası ile indirilir. Makinenin sabit tarafı kılavuz olarak kullanılarak, kalıp makinenin merkezine kadar indirilir. Kalıbın merkezleme çemberi makinenin merkezleme çemberi içine geçirilir. Bu kalıbı merkezlemektedir. Kalıp artık hizalanmıştır. Sistem kumandası kullanılarak, operator sabit taraftaki kenetleme plakasını aktif hale getirir. Kalıp şimdi sabit tarafta güvendedir. Kalıp halen vinç tarafından desteklendiği halde makine kapatılır. Hareketli plaka tarafı, kalıbın hareketli tarafı ile temas ettiği anda, operator el kumandasını hareketli taraf kenetleme plakasını aktif hale getirmek için kullanır. Kalıp şimdi hareketli tarafta da güvendedir. Yükleme süreci şimdi tamamlanmıştır. Kalıp bağlantıları ve vinç artık sökülebilir. [11]

5.3.1.3 Kalıbın sökülmesi

Kenetler kapanır, kalıbın bağlatıları ve vinç kalıp üzerine bağlanır. Enjeksiyon makinesinin 'bakım modu'nda ve tüm güvenlik korumalarının kapalı konumda olduğundan emin olunur. Daha sonra alarm by-pass anahtar–elektrik düğmesini "hareketli plaka manyetsiz düğmesi" konumuna getirin. Kalıp şimdi hareketli taraftan ayrılmaktadır. Kalıbın rahat hareket edebilmesi için gerekli açıklık miktarı kadar hareketli taraf açılır. Kumanda kullanılarak , operator sabit tarafın kenetleme plakasını da pasif konuma getirir. Kalıp şimdi sabit taraftan da ayrılmaktadır. Makinenin kapıları şimdi açılmaktadır. Kalıp vinç yardımı ile makineden sökülebilir. [11]

5.3.1.4 Manyetik Kalıp Bağlama Sisteminin Avantajları

Manyetik kenetleme, diğer geleneksel sistemlere göre çeşitli avantaj sağlar.

Hız: Bir mıknatıs, herhangi bir sistemde en hızlı kalıp kenetleme/bırakma olanağı sağlar.

Esneklik: Her şekil ve boyutta kalıp, değişikliğe gerek olmadan kenetlenebilir.

Kenetleme Kararlılığı: Mıknatıs, tam yüzey kenetlemeyi sağlayan yegane sistemdir, dolayısıyla kalıp bozulmalarını azaltır ve kalıplama kalitesini yükseltir.

Kenetleme Tutarlılığı: Doğru kullanıldığında bu mıknatıs bir düğmeye basmakla önceden görülebilir ve güvenilir bir kenetleme gücü verir.

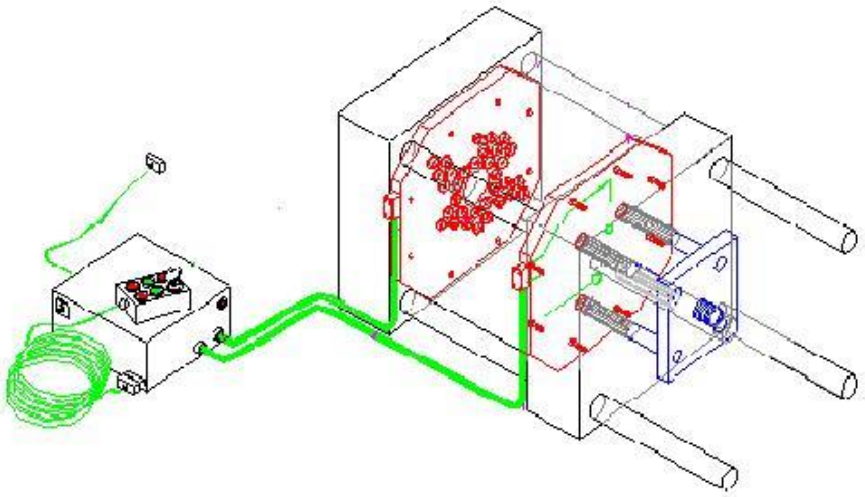
Azami Emniyet: Zorunlu Kilitler, operatör güvenliğini sağlar.

Az Bakım: Hareketli parça, sıyrılacak dişli, temizlenecek yağ yoktur ve bir mıknatısın çok az bakım ihtiyacı vardır.

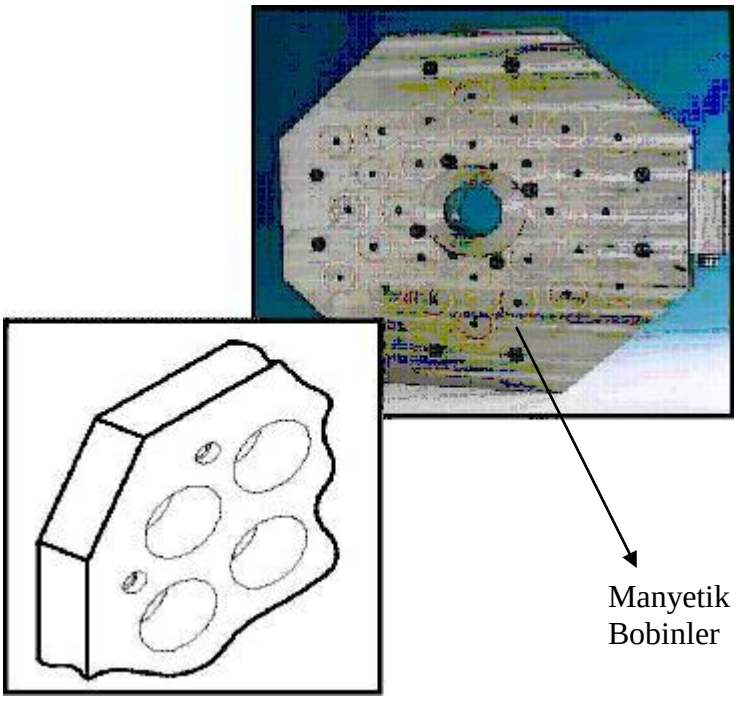
Enerjide Verimlilik: Elektrik tüketimi, sadece devreye alma/demanyetize etmede ve birkaç saniyeliğine gerekmektedir.

Erişilebilirlik: Çıkıntı yapan kenetler yok. Yardımcı ekipman için kalıba daha iyi erişim sağlanır.

Ekonomik: Düşük bakım gereksinimi, düşük enerji tüketimi ve kalıpta çok az (veya hiç) değişiklik gerektirmesi, rekabette üstün bir kenetleme seçeneği yapmaktadır.[11]



Şekil 5.2: Manyetik plaka sistemi [11]



Şekil 5.3: Manyetik plaka [11]

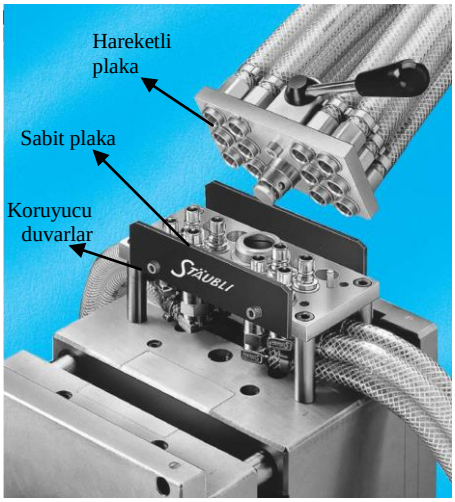
5.3.2. Çoklu Hızlı Bağlantı Elemanları Sistemi

Çoklu Hızlı Bağlantı Elemanları sistemleri değişik ölçülerdeki enjeksiyon makinelerinde çeşitli kalıpları hızlı bir şekilde değiştirebilmek için tasarlanmıştır. Kalıp soğutması ve kalıp sıcaklığının kontrolu için, 6 -9 -12 -16 mm gibi değişik çaplı hızlı bağlantı elemanlarına ve hızlı kilitleme sistemine sahiptir. [10]

5.3.2.1 Sistemin Tanıtılması

Çoklu hızlı bağlantı elemanları, yarı otomatik kilitleme sistemi ile tüm ölçülerdeki (¼''- 6 mm , 3/8 '' – 9 mm ,1/2 '' - 12 mm veya 5/8'' - 16 mm) geçiş çaplarına sahip olan hızlı bağlantı elemanlarını birleştirerek çeşitli devreler oluşturulabilir. [10]

- 6 hızlı bağlantı elemanı (3 devre)
- 10 hızlı bağlantı elemanı (5 devre)
- 12 hızlı bağlantı elemanı (6 devre)
- 20 hızlı bağlantı elemanı (10 devre)



Şekil 5.4: Çoklu hızlı bağlantı elemanı[10]

Burada Çoklu Hızlı Bağlantı elemanlarından STAUBLI firmasına ait RMI 209-6 devreli 12 hızlı bağlantı elemanı içeren sistem incelenmiştir. Sabit plaka tarafında bulunan tüm parçalar, kullanma esnasında erkek parçaların korunmasını sağlayacak şekilde tamamen içeri gömülmüştür. Hızlı kilitleme sistemi, elle kilitleme sayesinde yapılmaktadır. Kılavuzlanmış hareketli plaka , bağlantı hatalarını önlemektedir. Sabit ve hareketli olan her iki tarafta da devreler numaralandırılmıştır. Sabit tarafa erkek parçalar kolayca yerleştirilebilir. Soğuk ve sıcak akışkanlar için uygun sızdırmazlık elemanları mevcuttur. [10]

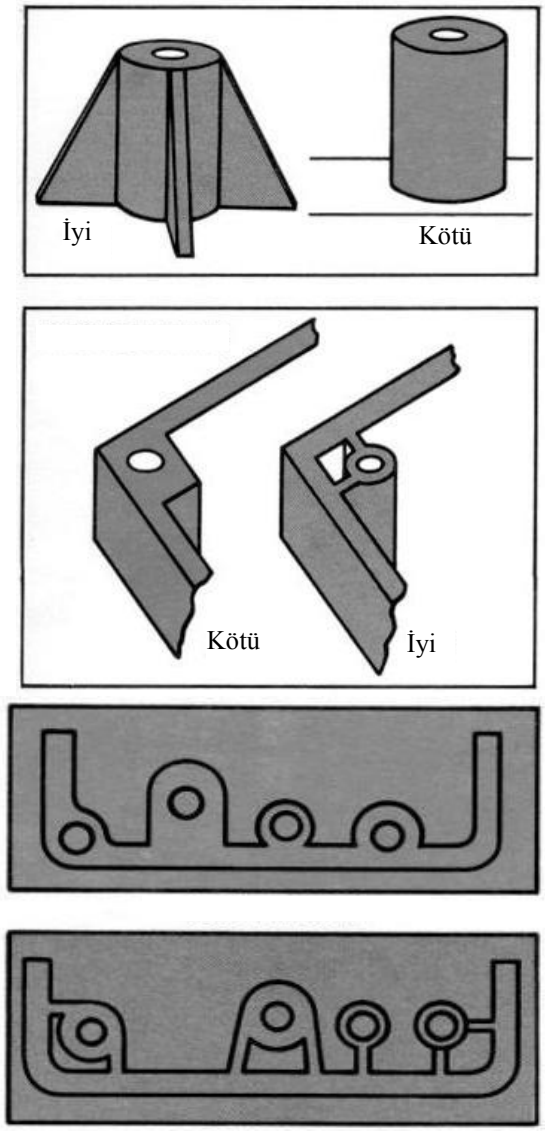
6. PROSES ve KALIP KAYNAKLI SORUNLARIN GİDERİLMESİ

Proses ve kalıp kaynaklı sorunların önlenmesi ve giderilmesi için iyi bir parça tasarımına, plastik enjeksiyon kalıbını ve plastik enjeksiyon prosesini bilen tasarımcılara ve iyi bir kalıp imalatçısına ihtiyaç vardır.

6.1. Parça tasarımı

6.1.1. Kullanılan Malzeme Miktarının Azaltılması

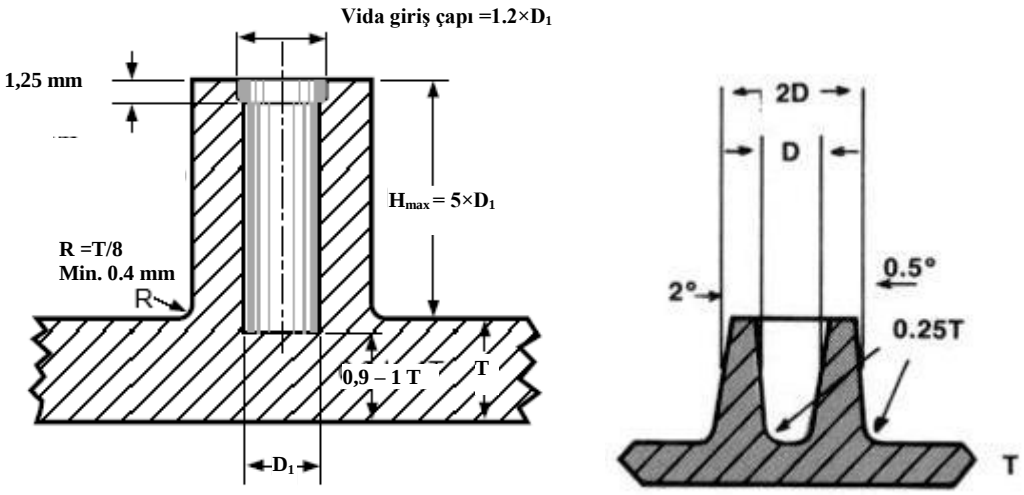
Enjeksiyon parçalarında fonksiyonelliği, görünümü ve parçanın mukavemetini etkilemeyecek biçimde parça gramajının azaltılması gerekmektedir.



Şekil 6.1: Parça tasarımı ile malzeme miktarının azaltılması

6.1.2. Vidalama ve pim delikleri tasarımı

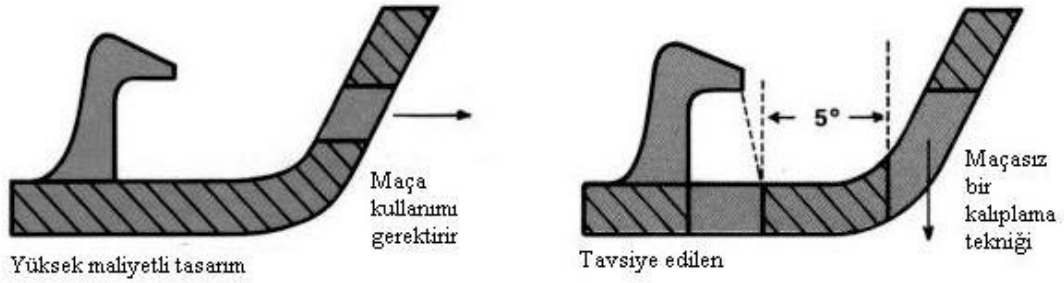
Parça başka bir parçaya vidalanacak ise veya bir pim yardımıyla sabitlenmesi gerekiyorsa parçada oluşturulacak pim delikleri ve vida delikleri tasarlanırken bazı ölçülere dikkat edilmesi gerekmektedir. Aşağıda önerilen ölçüler parçanın dayanımını ve görselliğini etkilemeyecek parça tasarımcıların dikkat etmesi gereken yöntemlerdir.



Şekil 6.2: Vidalama ve pim delikleri tasarımı

6.1.3. Ters Açıların (Undercut) Kullanılmaması

Kalıpçılıkta, parçada yeralan ters açıların parçada çıkmasını sağlamak için maçaların kullanılması gerekmektedir. Bu kalıpta işçiliğin ve maliyetin artmasına neden olur. Maçalar, kalıp içinde hareketli parçalar olduklarından, zamanla çalıştıkları yüzeylerin aşınmasına neden olurlar, malzemenin zamanla yorulmasından kaynaklanacak çatlamalar ve kırılmalar kalıbın çalışmasını olumsuz yönde etkileyecektir. Parça tasarımında yapılacak değişikliklerle kalıp maliyetinin azalması, kalıbın daha uzun ömürlü olması sağlanabilir.

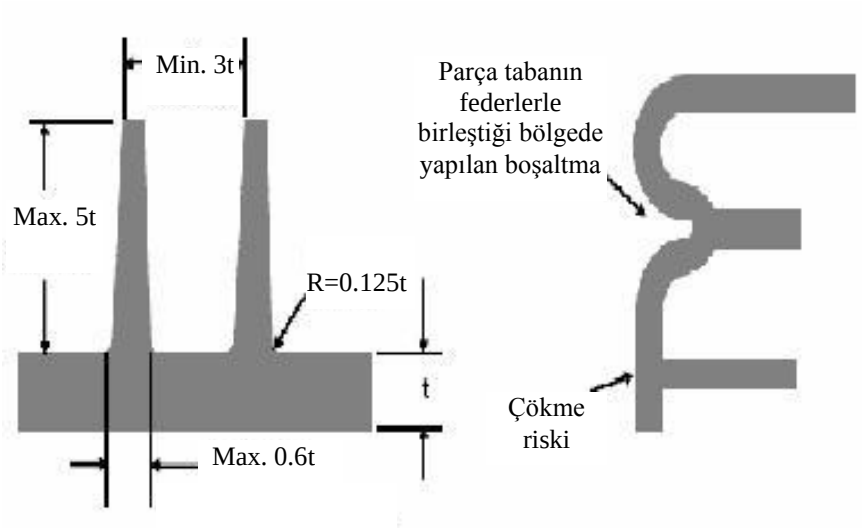


Şekil 6.3: Parça tasarımında ters açıların (Undercut) iptali

6.1.4. Desteklerin (feder) tasarımı

Destekler parçanın rijitliğini sağlamak, eğilme ve burulmaların engellenmesi için kullanılır. Fakat parça tasarımı yapılırken feder kalınlığı parçanın et kalınlığının en fazla %60'ı kadar olmalıdır. Aksi takdirde parça yüzeylerinde çökmeler neden olacaktır. Çökmeyi önlemek için parça tabanıyla federin birleştiği bölgede

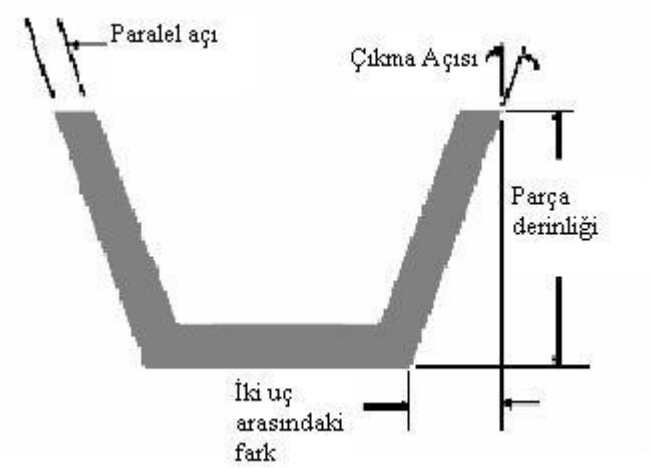
boşaltmalar yapılabilir. Ayrıca tasarlanan federlere de parçanın kalıptan kolay çıkması için verilen çıkma açısının verilmesi gerekmektedir.



Şekil 6.4: Feder tasarımı [3]

6.1.5. Çıkma Açısı (Draft Angle)

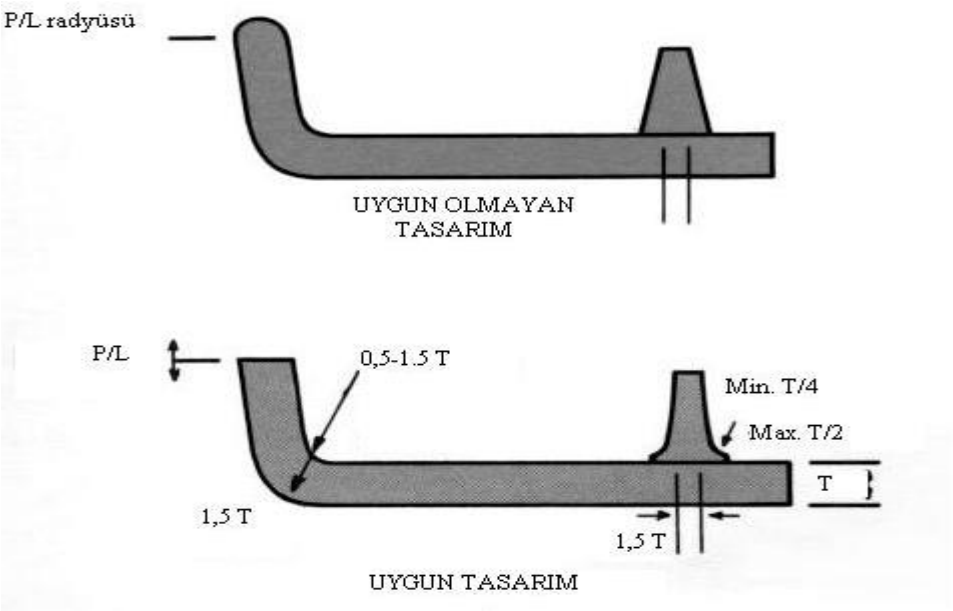
Plastik parçanın kalıptan rahat ayrılabilmesi, kalıbın sağlıklı çalışması için kalıbın çalışma ekseni yönünde parça duvarlarına, federlere çıkma açısı verilir. Bu açı parça duvarının derinliğine, kullanılacak plastik hammaddeye ve kullanılabilen itici pozisyonlarına bağlıdır. Parça görsel değilse, feder veya parça duvarına yakın bölgelere rahat çıkması için itici koyulabiliyorsa çıkma açısı değeri düşük olabilir. Fakat diğer durumlarda 4°-5° çıkma açıları verilebilir.



Şekil 6.5: Çıkma Açısı (Draft Angle) [3]

6.1.6. Kalıp birleşme yüzeyinin ve köşe radyuslarının belirlenmesi

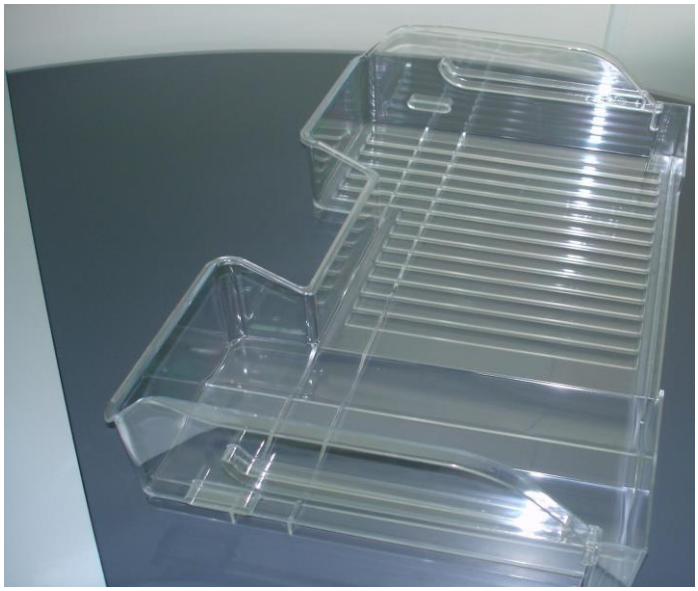
Özelliklede kozmetik parçalar için görünen ve görünmeyen yüzeylerin belirlenmesi parça kalitesini önemli ölçüde etkileyen bir faktördür. Yanlış seçilen kalıp ayrılma hattı, parçanın seri üretiminde çapak oluşmasına neden olabilir. Kalıp birleşme yüzeyinde istenecek radyus kalıbın işlenmesini zorlaştırır ve kalıpta iyi bir alıştırma yapılmasını gerektirir. Parça köşe radyusları da parçanın kalıptan kolay ayrılmasını ve parçanın maruz kalacağı zorlanmalara dayanımını arttırır.



Şekil 6.6: Köşe radyüsü ve kalıp birleşme yüzeyinin belirlenmesi

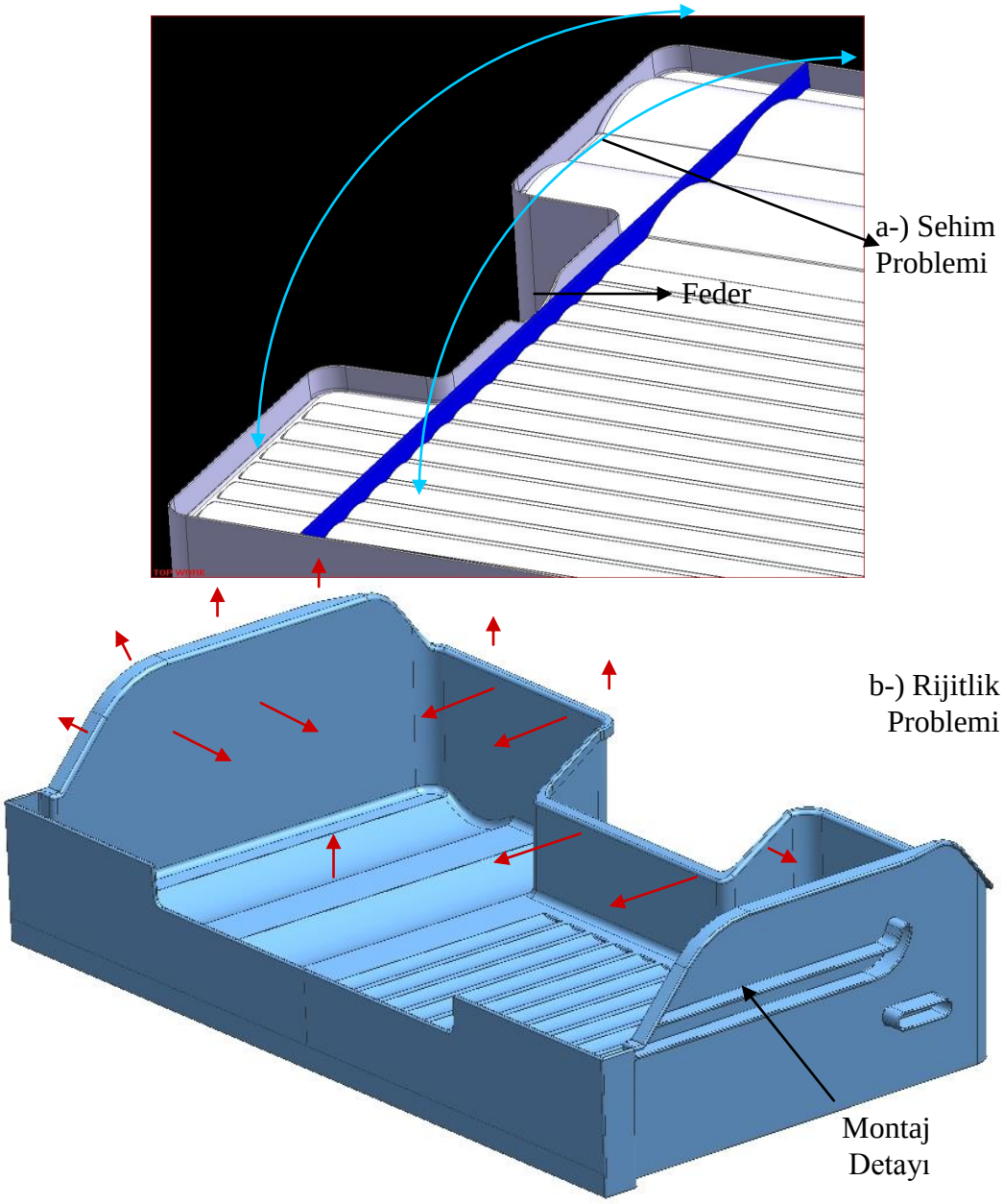
6.2. Parça Rijitliğinin Arttırılması için Parçaya Feder Eklenmesi

Bazı parça tasarımlarında, bilgisayar ortamında hesaplar ve analizler yapılsa da gözden kaçan noktalar olabilir. Bunun için parçaların üretileceği malzemelerden prototip parçalar yapılıp incelenmesi gerekir. Bu inceleme yapılmasığında ise Şekil 6.7'de görülen parçada çıkan sehim ve rijitlik vb. diğer sorunlar çıkabilir.



Şekil 6.7: Sehim ve rijitlik problemi olan parça

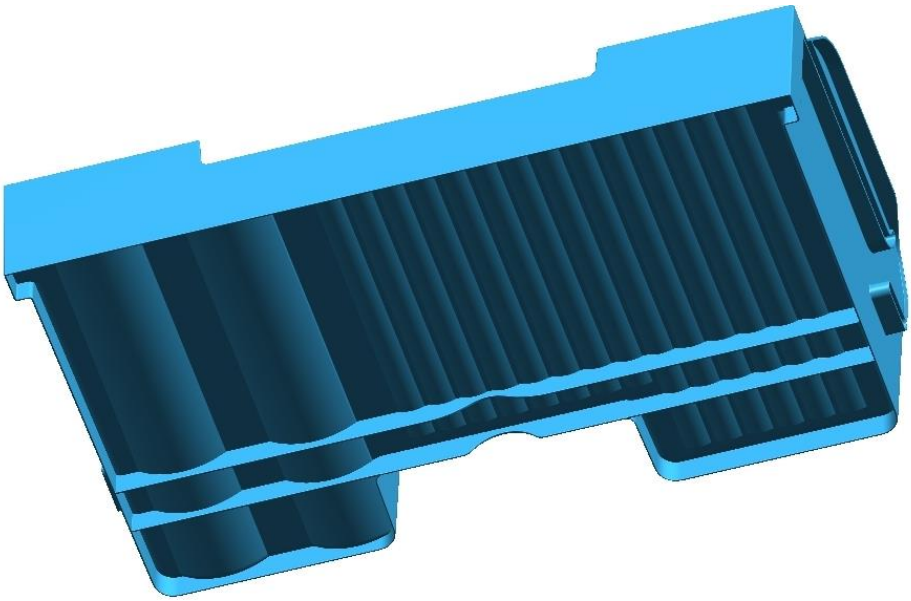
Parçanın dolaba montaj yapılan bölgeleri (Şekil 6.8), parçanın içine ağırlık konulduğunda rijitlik ve oluşan sehimden dolayı dolaptan kurtulmakta ve parça düşmektedir. Şekil 6.8 (a)'da parça tabanına feder atarak oluşan sehimi gidermek, Şekil 6.8 (b)'de ise parça et kalınlıklarının arttırılması ile rijitlik problemini gidermek amaçlanmıştır. Feder atmak yerine parçada köklü tasarım değişiklikleri yapılması da başka bir çözüm yoludur (Şekil 6.9). Fakat bu çözüm çok maliyetli ve çok uzun sürecek bir yoldur. Parça et kalınlığının artırılması, kalıp yüzeylerinden talaş kaldırarak, federlerin eklenmesi ise bakır elektrotlarla erezyon işlemi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Parça dizaynında Şekil6.9'da gösterildiği gibi değişiklik yapılsa idi, kalıbın erkek ve dişi çekirdeklerinin değiştirilmesi gerekecekti. Bu yüzden kısa zamanda problemin çözülmesi ve maliyetin daha az olması ve sorunlara çözüm olması sebebiyle feder atılması ve parça et kalınlıklarının arttırılmasına karar verilmiştir.



Şekil 6.8: a) Sehim Problemi b-) Rijitlik Problemi

Şekil 6.9: Parça dizaynında köklü değişiklik yaparak probleme çözüm arama

Parçanın prototipi yapıldığında, ilk başta tek federle çözülmesi düşünülen problemin iki feder yapılırsa daha iyi sonuç alınacağı anlaşılmış ve feder sayısı ikiye çkarılmıltır.



Şekil 6.10: Sehim ve rijitlik problemi giderilmiş parça

6.3. Kalıbın yapımından ve devreye alınmasından sorumlu kişinin yapması gerekenler

- Tasarımcıdan kalıbı yapılacak parça resmi alınır (2D veya 3D model (tercih edilir))

- Parçanın kullanım yerine göre görünür yüzeyleri, kalıp birleşim yüzeyi, parçanın hammaddesi (hammaddenin çekme oranı), ağırlığı ve fonksiyonel ölçüleri belirlenir.
- Parçanın kullanım adedi ve ihtiyacına, parça ebatlarına göre kalıp göz sayısı belirlenir
- Kalıpta kullanılacak çelikler ve çeliklere yapılması gereken işlemler (nitrasyon, sertleştirme vs.) belirlenir.
- Parça tasarımına uygun yolluk sistemi, itici çeşitleri, özel soğutma istenen bölgeler belirlenir.
- Kalıbın çalışacağı makine tonajı, makine kolon ölçüleri, kalıpta olması gereken flanş çapı belirlenir. Makine itici milleri arasındaki eksen aralıkları, hareketli tarafın en arka plaksında açılacak itici mil kanalları yerinin belirlenmesi için verilmelidir.

Bu bilgiler ışığında kalıbı yapacak firmadan teklif vermesi istenmelidir.

6.4. Kalıbı yapacak firmanın yapması gerekenler

Parça tasarımını, tasarımcının gözünden kaçmış olan (olabilecek); çıkma açısı, çöküntü problemi yaşatacak bölgeler, ters açı (undercut) problemi olan bölgeler, radyus verilmesi gereken keskin köşeleri, desenli yüzeylere verilmesi gereken daha fazla çıkma açısını,maça çalışması gereken bölgelerde oluşabilecek izleri vs. inceleyerek belirlemeli.

Kalıbın birleşme yerini,iticilerin ve su kanallarının yerlerini, yolluk girişlerini belirlemeli.

Yolluk sistemini ve soğutmayı yapabilmesi için MOLDFLOW ve COOLING analizi yapması gereklidir. Moldflow ve cooling analizi; yolluk yerinin doğru seçilip seçilmediği, kalıbın gözlerinin eşit dolup dolmadığı, parçada oluşacak sıcaklık dağılımlarını, iç gerilmeleri, parçanın özellikle soğutulması gereken bölgeleri, malzeme birleşim izlerinin hangi bölgelerde olacağı, parçadan uzaklaştırılması gereken gaz kabarcıklarını, gerekli enjeksiyon basıncı ve hızı hakkında sağlıklı bilgi verdiğinden, kalıp yapımına başlanılmadan yapılması şarttır.

Kalıbı oluşturacak parçalar için bir imalat programı hazırlamalıdır.

6.5. Proses ve Kalıp Kaynaklı Sorunlar

6.5.1. Sıcak Yollukla İlgili Problemler ve Çözümleri

6.5.1.1 Donmayan Yolluk Girişi

Yolluk girişinde artık kalmakta, parça temiz olarak kopmamakta ise,yolluk girişinde aşırı ısı söz konusudur. Bu problemi gidermek için, sıcak yolluk meme/manifold sıcaklığını düşürmek, giriş bölgesindeki soğutmayı arttırmak, yolluk giriş bölgesindeki boyutları kontrol etmek gerekir. Soğutma süresi yetersizse, kalıptaki soğutma süresini arttırmak gerekir.

6.5.1.2 Dolmayan Plastik Parça:

- İlk akla gelen enjeksiyon malzeme miktarını arttırmaktır.
- Geri döndürme valfinde ve sıcak yolluk sisteminde kaçak kontrolü yapılmalıdır.
- Kalıp gözünde yetersiz basınç söz konusu olabilir, enjeksiyon basıncını arttırmak gerekir.
- Sıkıştırma süresini arttırarak deneme yapılmalıdır. Parça çok sıkıştırıldığından çapak sorunu görülebilir.
- Eriyik sıcaklığıdüşük olabilir, bunun için enjeksiyon sıcaklığını arttırmak, sıcak yolluk sisteminin sıcaklığını kontrol etmek, manifold-meme sıcaklıklarını artırmak gerekir..
- Enjeksiyondan basıncından tutma basıncına yanlış geçiş yapılıyor olabilir. Geçiş basıncını, geçiş mesafesini vegeçiş süresini arttırmak gerekir.
- Kalıpta yetersiz gaz kanalı açılmış olabilir, gaz çıkışı kanallarının adedini ve boyutlarını arttırmak gereklidir.
- Bütün yolluk giriş boyutlarının aynı olduğu kontrol edilmelidir.
- Valf pimli kalıplarda açma/kapama çevrimi control edilmelidir.

6.5.1.3 Tam Kapanmayan Valf Pimi

Tam kapanmayan valf pimi, parça yüzeyinde artık malzeme kalmasına, valf pimine malzeme yapışmasına neden olur. Bunu gidermek için;

- Valf pimi kısa olabilir, gerekiyor ise değiştirilmelidir.
- Kalıpta yolluk girişi deforme olmuş olabilir. Bunun nedeni ise valf piminin boyunun uzun olması olabilir, gerekiyor ise yolluk girişinin yeniden işlenmesi, valf piminin değiştirilmesi gerekir.
- Yolluk girişi ile valf pim arasında eksen kaçıklığı olabilir.
- Hidrolik veya pnömatik sistemde aşınmış O-Ringler olabilir.
- Yolluk girişinde valf piminin yetersiz yüzey teması pimin tam kapanmasına engel olacaktır.
- Yetersiz hidrolik veya hava basıncı olabilir, basıncı dikkatlice arttırarak sonuçlar gözlenmelidir. Yüksek basınç yolluk girişini deforme edebilir.
- Hidrolik sistemde hava olabilir, hava boşaltılmalıdır.

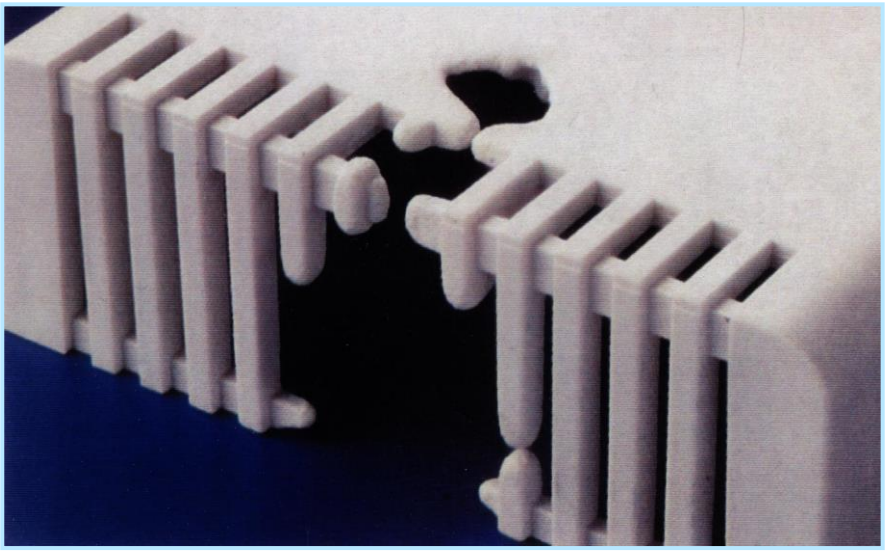
6.5.1.4 Plastik Malzeme Kaçağı

Malzeme kaçağı, enjeksiyon malzemesi basıncının kalıp dayanımını aşmasından kaynaklanmaktadır. Manifoldun çok yavaş ısınması Malzeme kaçağının bir göstergesidir.

- Manifold merkezleyici yüksek veya kalıbın içine gömülmüş olabilir. Kontrol edip ölçüsüne getirmek veya değiştirmek gerekir.
- Sisteminizin genel montaj resminde verilen civata kalitesi, adedi ve yerleri kontrol edilmelidir.
- Enjeksiyon sıcaklığı düşük olabilir.
- Sıcak yolluk memesi aşırı ısınarak yolluk giriş ucunu tahrip etmiş olabilir. Sıcak yolluk memesinin sıcaklığını, giriş ucu bölgesini kontrol etmek gerekir.
- Manifold aşırı ısınmış olabilir.
- Baskı diskleri, valf diskleri, meme diskleri gibi ara bağlantı parçaları kontrol edilmeli ve kalıpta ezilmiş plakalar değiştirilmelidir.

6.5.2. Parçalarda görülen problemlerin giderilmesi

6.5.2.1 Tam Doldurulamamış Parçalar



Şekil 6.11: Tam doldurulamamış parça

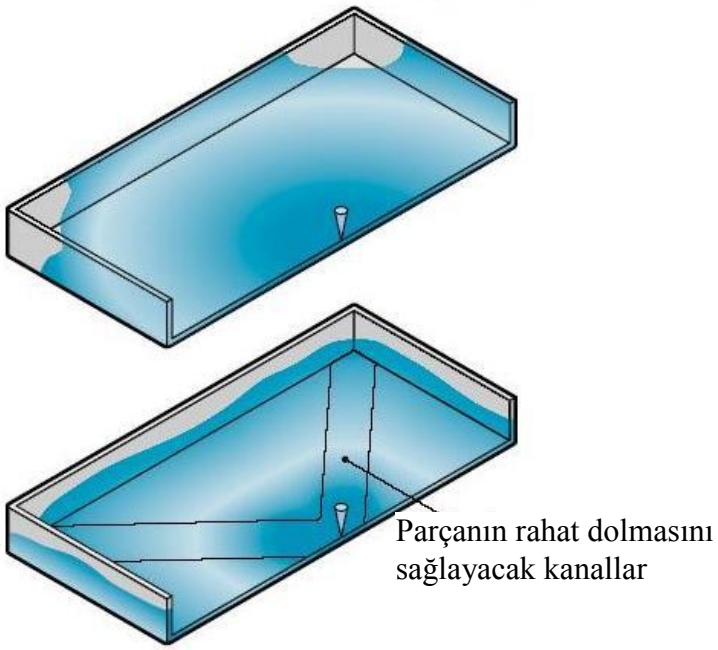
Makine ve proses kaynaklı olası nedenler;

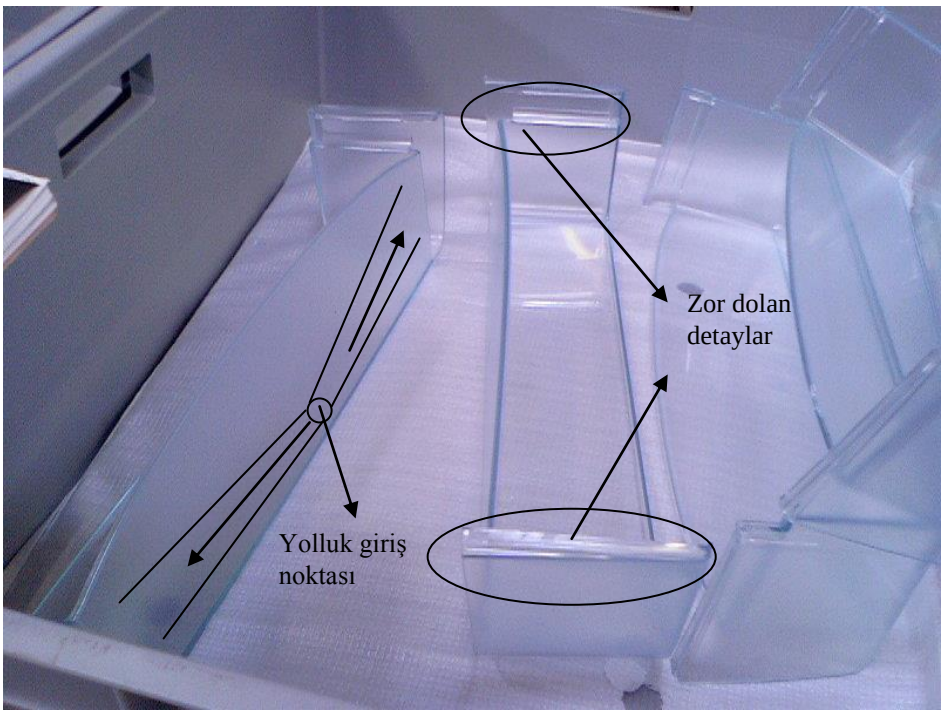
Enjeksiyon basıncı, enjeksiyon sıcaklığı ve enjeksiyon hızı düşük olabilir.

Kalıp kaynaklı olası nedenler;

Et kalınlığı düşük olan kesitlerden eriyik akamıyor olabilir, et kalınlıklarını arttırmak gerekir. Kalıp sıcaklığı düşük olabilir. Yanlış veya yetersiz kesitli soğuk yolluk profili veya yolluk giriş kesiti küçük imal edilmiş olabilir. Gaz kanalları yetersiz ise dolmayan bölgelerde biriken gaz malzeminin yürümesini engeller.

Aşağıdaki uygulamada parçanın normal enjeksiyon koşullarında dolmasını rahatlatmak için yapılan, dolmayan bölgelere doğru eriyik malzemenin akışını rahatlatıcı akış kanallarının eklenmesini inceleyeceğiz (Şekil 6.12). Akış kanalları eklenmeyip yüksek enjeksiyon hızlarında ve basınçlarında basıldığında parçanın kalıptan çıkması zorlaştığından, parçada çatlaklar, kırılmalar ve aşırı basınçtan kaynaklanan sehimler gözlenir.

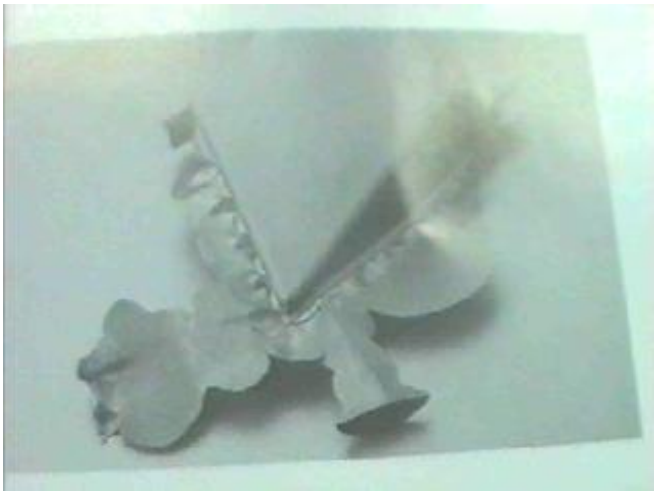




Şekil 6.12: Köşe detayları zor doldurulan parka

6.5.2.2 Çapak Sorunu

Parça ile birlikte artık malzemelerin oluşmasına “çapak” denir.



Şekil 6.13: Çapak sorunu olan parça

Makine ve proses kaynaklı olası nedenler;

Kilitleme basıncı ve kuvveti düşük, enjeksiyon ve ütüleme basıncı, enjeksiyon hızı yüksek olabilir.

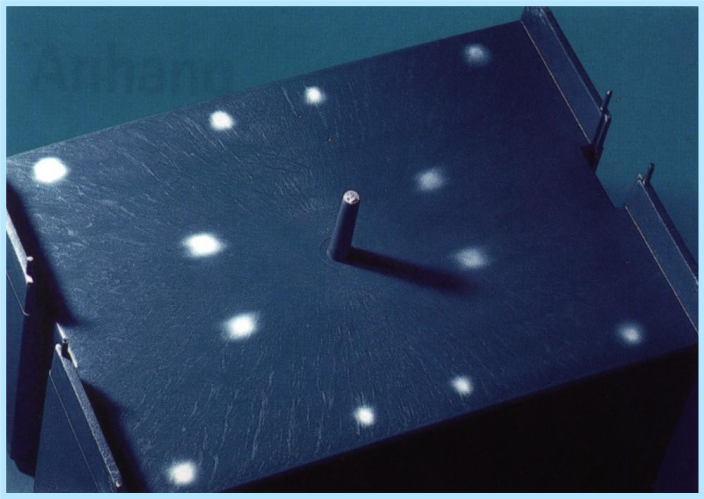
Kalıp kaynaklı olası nedenler;

Kalıp birleşim noktalarında deformasyon(ezilmeler) oluşmuş olabilir. Deformasyon varsa bu bölgelerin doldurulması, tesviye edilip eski seviyesine getirmek gerekir. Deforme olan parka ayrı bir lokma şeklinde ise parçanın yenilenmesi gerekmektedir. Kalıpta alıştırma hatası olabilir. Enjeksiyon baskı sırasında kalıp öpüşme yüzeyinde parça kalmışsa ve kalıp bu parçanın üzerine kapatıldıysa bu bölgelerde ezilmeler oluşur. Hatalı maça kilitlemesi ve gaz kanallarının derinliğinin fazla olması da diğer çapak sorunu nedenleridir.

Malzeme kaynaklı olası nedenler;

Yüksek polimer sıcaklığı ve çok düşük polimer yoğunluğu da normal sıcaklık ve yoğunluktaki polimerlerin akamayacağı kalınlıktaki boşluklardan akabileceklerinden parçada çapak oluşumuna neden olur.

6.5.2.3 İtici İzleri



Şekil 6.14: İtici izleri

Makine ve proses kaynaklı olası nedenler;

İtici hızı çok yüksek olabilir, parçaya yüksek hızla temas ettiğinde kalıptan sürtünerek çıkan parçayı deforme eder.Yüksek ütüleme basıncı uygulanırsa, parka kalıp içinde sıkışacağından itilmesi çok zor olur ve parka yüzeyinde itici izleri gözlenir.

Kalıp kaynaklı olası nedenler;

Kalıbın yüzeyleri yetersiz parlatıldı ise parçaya yetersiz koniklik (çıkma açısı) verildiyse parçanın kalıp yüzeylerine sürtünmesi artar. Bu da parçanın kalıptan ayrılmasını zorlaştırır. İtici adedi ve boyutları yetersiz, iticilerin konumu yanlış olabilir.Yanlış yolluk girişi sebebiyle parçada aşırı sıkışma, yetersiz bölgesel soğutmave dengesiz doldurma da parçada itici izlerinin olmasına neden olur.

6.5.2.4 Parçadaki çekme (Elde edilen parçayla elde edilmek istenen parça) boyutlarının birbirinden farklı olması.

Makine ve proses kaynaklı olası nedenler;

Enjeksiyon basıncı, enjeksiyon tutma basıncı ve zamanı, soğuma zamanı düşük olabilir, değerleri birer birer değiştirip sonuçların gözlenmesi gerekmektedir.

Kalıp kaynaklı olası nedenler;

Kalıp çok sıcaksa parçadaki çekme artacaktır. Plastiğin kendi karakterisiğinden dolayı belli bir çekme yapacağı hesaplanmalıdır fakat kalıbında sıcak olması parçada

ek çekmelerin meydana elmesine neden olur. Yolluk girişleri çok ufak veya yolluk girişinin yeri uygun olmayabilir.

6.5.2.5 Parçanın çevrim sonunda özellikle dişi tarafta yapışması

Makine ve proses kaynaklı olası nedenler;

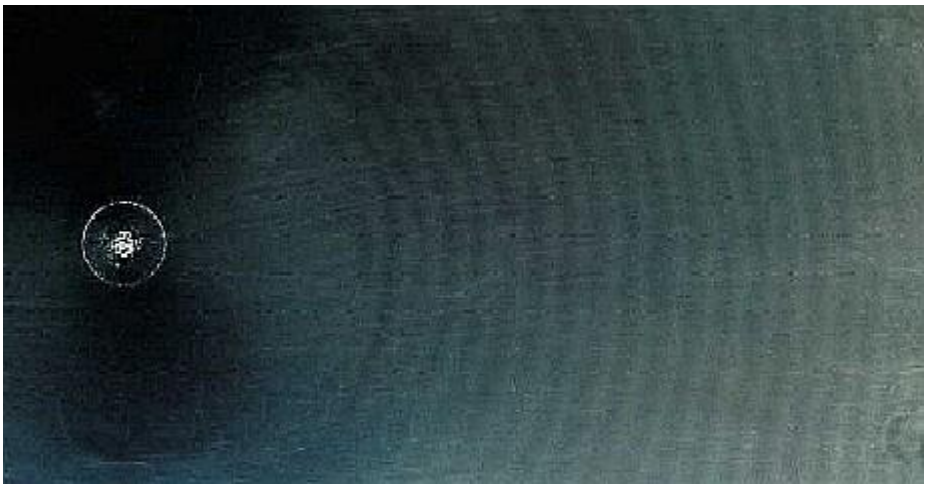
Enjeksiyon basınçları ve hızları, tutma basınçları ve zamanları yüksek olabilir.

Mal alma miktarı fazla olabilir, mal alma ve yastıklama miktarını ayarlamak gerekmektedir.

Kalıp kaynaklı olası nedenler;

Yolluk çekicilerinin ve çıkma açılarının kontrol edilmesi gerekir.

6.5.2.6 Parçada dalga izleri



Şekil 6.15: Parçada dalga izleri

Makine ve proses kaynaklı olası nedenler;

Hızlar ve basınçlar düşüktür, parametrelerin değiştirilip sonuçların gözlenmesi gerekmektedir.

Kalıp kaynaklı olası nedenler;

Kalıp çalışma sıcaklığı çok soğuk olabilir. Erkek ve dişi tarafların farklı parlatılması, hammadde sıcaklığının düşük olması da bu soruna neden olur.

6.5.2.7 Parçada Çökme

Parçanın kalıptan ayrılmadamn önce yetersiz soğumasından dolayı, parçanın ince duvarlarında federlerin kestiği noktalarda oluşur.

Eğer parça kalınlığı ile feder kalınlığı aynı değilse bunun operasyon şartlarıyla ortadan kaldırılması çok zordur.Çünkü çok yüksek tutma basınçları yolluk donduktan sonra bir işe yaramaz ve parçada çok yüksek gerilimler yaratır.[12]

Şekil 6.16: Parçada çökme

Makine ve proses kaynaklı olası nedenler;

Enjeksiyon basıncı ve zamanı, ütüleme zamanı ve basıncı düşük olabilir. Mal alma yetersiz olabilir veya yetersiz soğuma süresi sonucu kalıptan ayrılan parça, soğumasını dışarıda basınçsız ortamda tamamlamak zorunda kalacaktır, bu da parka geometrisinde çökmelere neden olacaktır.

Kalıp kaynaklı olası nedenler;

Kalıp sıcaklığı çok yüksek ve çekme çok fazlaYolluk çapı çok ufak olduğu için yolluk aniden donuyor ve tutma basınçlarının işe yaramasını engelliyor.Duvar kalınlığı ve federlerin orantısız olması.

6.5.2.8 Yollukta oluşan iplik

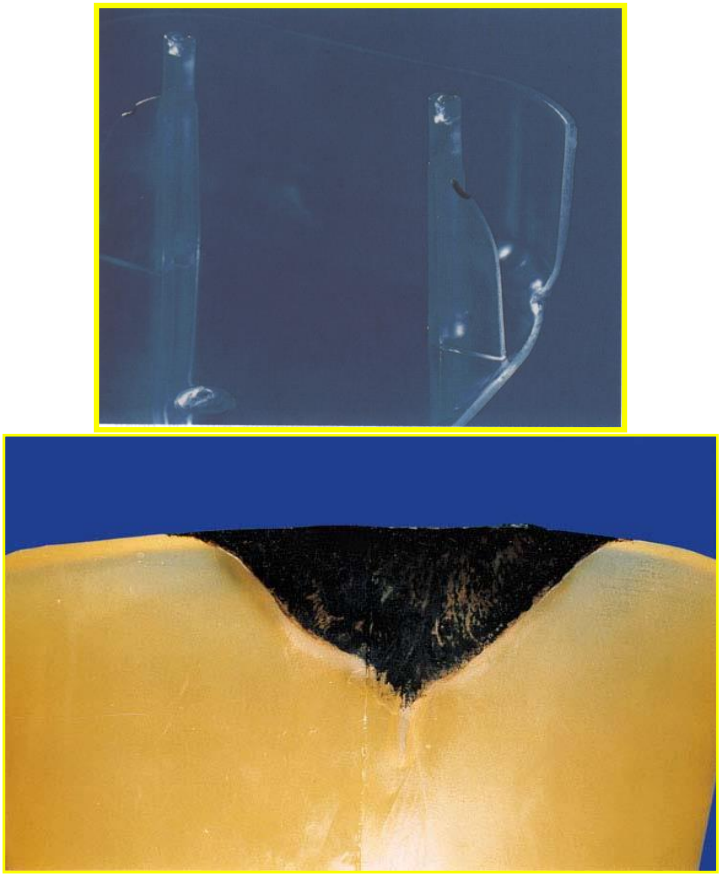
Makine ve proses kaynaklı olası nedenler;

Geri basıncın ve meme sıcaklığının çok yüksek olması, soğuma zamanının düşük olması.

Kalıp kaynaklı olası nedenler;

Yolluk biçimi ve giriş yeri yanlış olabilir.Yüzey parlaklığının homojenliğinin de kontrol edilmesi gerekmektedir.

6.5.2.9 Yolluk girişi uzağında Diesel Etkisi



Şekil 6.17: Diesel etkisi

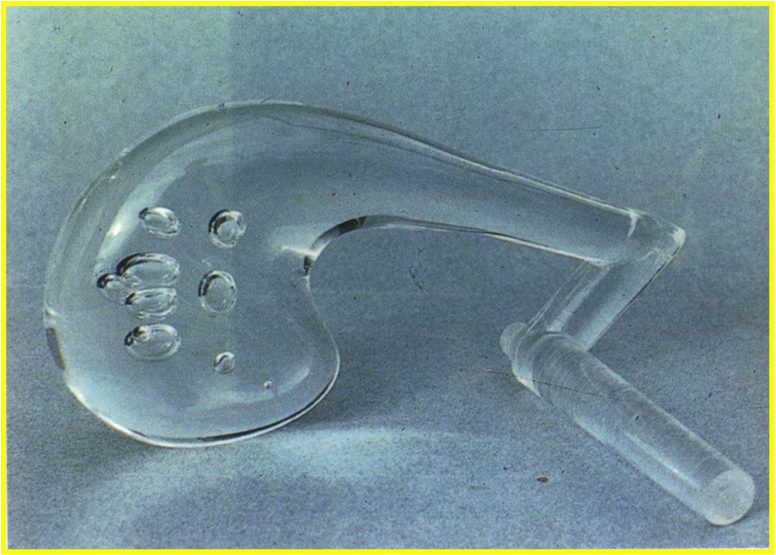
Makine ve proses kaynaklı olası nedenler;

Enjeksiyon hızının çok yüksek olması, polimer sıcaklığının yüksek olması.

Kalıp kaynaklı olası nedenler;

Gaz kanalları yetersizdir ve dengesiz parça geometrisi havanın rahat dışarı atılmasını engeller ve atılamayan hava ısınarak parçanın sıcaklığının artmasına neden olur.

6.5.2.10 Parçada oluşan gaz kabarcıkları



Şekil 6.18: Parçada oluşan gaz kabarcıkları

Makine ve proses kaynaklı olası nedenler;

Enjeksiyon basınçları çok düşük.Tutma basınç zamanları çok kısa.Enjeksiyon hızları çok yüksek.Geri basınç çok düşük.

Kalıp kaynaklı olası nedenler;

Kalıp sıcaklığı çok düşük olabilir bu da malzemenin kalıpta doğru akmamasına neden olur. Duvar kalınlığının çok ince olması veya yolluk giriş kesitinin çok dar olması eriyiğin akışını yavaşlatacağından dışarı atılması gereken gazın rahat dışarı sürüklenememesi. Kalıpta açılan gaz kanallarının kontrol edilmesi gereklidir.

6.5.2.11 Hare biçiminde veya gümüş renginde yolluk girişinden itibaren başlayan ve parçanın çeşitli noktalarına yayılan izler

Makine ve proses kaynaklı olası nedenler;

Vidanın içinde atık plastik kalmış bölgenin olması, enjeksiyon basıncının çok düşük veya çok yüksek olması, enjeksiyon hızının çok düşük veya çok yüksek olması, sıcaklıkların dengesiz olması.

Kalıp kaynaklı olası nedenler;

Plastiğin yolluk girişinde , memede , sıcak yollukta aşırı yanması.Sıkışmış gaz.

Malzeme kaynaklı olası nedenler;

Plastik çok sıcak.Aşırı sıcaklık nedeniyle plastiğin bozulması. (Önceden veya ocakta) Plastikte aşırı nem.Nemden kaynaklanmayan fakat sıcaklığın etkisiyle plastikte ortaya çıkan gazlar.

6.5.2.12 Parçanın kalıptan sehimli çıkması, burulması

Parça dizaynı kaynaklı olası nedenler;

Yanlış parça dizaynı veya parça et kalınlığının fazla olması.

Makine ve proses kaynaklı olası nedenler;

Soğumanın yetersiz olması, basınçların çok yüksek olması.

Kalıp kaynaklı olası nedenler;

Yolluk girişinden dolayı, farklı akma yüzeylerinde farklı çekmeler oluşacaktır. İticilerin uygun olmaması, kalıbın çok sıcak olması.

Malzeme kaynaklı olası nedenler**;**

Malzemenin yanlış seçilmiş olması.Stres altında aşırı gerilmesi.

6.5.2.13 Malzeme birleşim izleri

Kaynama izleri farklı noktalardan akan plastiğin birleşme noktalarında oluşur.Etkili olarak kaynamanın oluşabilmesi için her noktadan akan plastiğin yeterli ve ayını miktarda sıcaklığa sahip olması gerekir.Bu kaynama izleri yüzeyde problem yaratmanın yanında dayanım açısından zayıf noktalarda olabilir.[12]

Şekil 6.19: Malzeme birleşim izleri

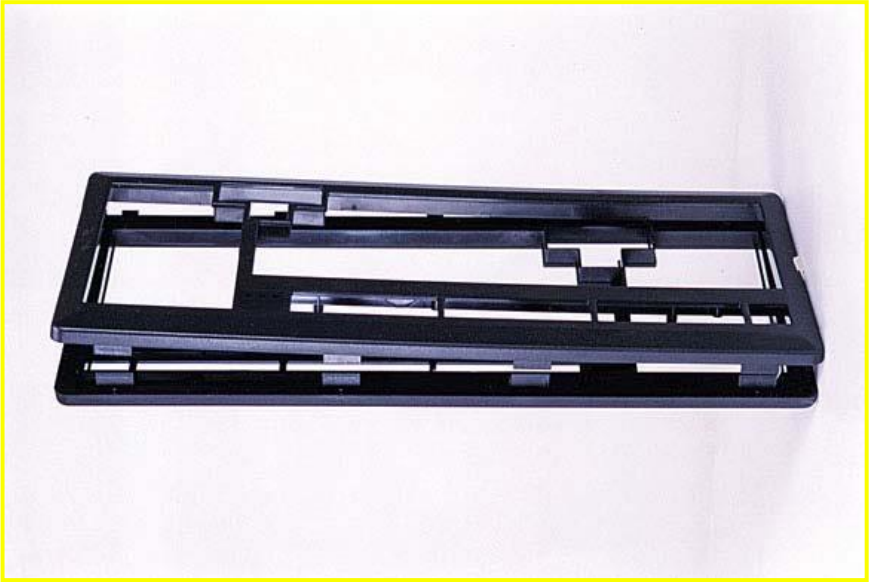
Makine ve proses kaynaklı olası nedenler;

Enjeksiyon zamanının çok kısa, enjeksiyon hızının yüksek olması.

Kalıp kaynaklı olası nedenler;

Kalıbın çok soğuk olması sebebiyle eriyiğin zor ilerlemesi, gaz kanallarının yeterli olmaması ve yolluk girişinin en uç noktaya olan mesafesinin uzun olması başlıca nedenlerdir.

6.5.2.14 Çarpılma



Şekil 6.20: Çarpılma sorunu

Makine ve proses kaynaklı olası nedenler;

Düşük malzeme sıcaklığından veya enjeksiyon basıncının çok yüksek neden olabilir.

Kalıp kaynaklı olası nedenler;

Kalıp sıcaklığının düşük, sıcaklık dağılımının uniform olmaması, parça et kalınlıkları arasında çok fark olması, parça et kalınlıklarındaki geçişlerin yumuşak olmaması çarpılmanın nedenleri olabilir.

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan çalışma sonucunda; günümüzde kullanımı gittikçe artan plastik parçaların üretimi için kullanılan plastik enjeksiyon kalıplarında ve plastik enjeksiyon prosesinde öngörülemeyen ve öngörülen birçok sorunla karşılaşılabileceğini gördük. Plastik parça imal edilmeden önce nerede kullanılacağı ve kullanılma amacında önceliklerin belirlenmesi gerekmektedir.

Bunlar belirlendikten sonra, ilk önemli faktör parça tasarımcısıdır. Parça tasarımcılarının, deneyimli, plastik enjeksiyon kalıplarını, plastik hammaddeleri ve enjeksiyon prosesini tanıması gerekmektedir. Plastik parça tasarımı konusunda deneyimli, kalıplar, hammaddeler ve proses hakkında bilgili tasarımcı, burada ele alınan sorunların baştan çözülmesini sağlayacağından, zaman, maliyet, işçilikten kazanılmasını ve verimliliğin artmasını sağlayacaktır.

İkinci önemli faktör, kalıp imalatçısıdır. Kalıp imalatçısı, parça tasarımı eline ulaştığında, tasarımcının gözden kaçırdığı noktaları tasarımcı ile paylaşmalı ve kalıp yapımına başlamadan önce sorunların çözülmesi gerekmektedir. Kalıp imalatçısı, parçayı oluşturmak için en doğru kalıp tipini belirlemek, en uygun kalıp malzemesini ve elemanlarını seçmek, kullanıcıya kalıp ömrü uzun olan, sağlam, en kısa zamanda sağlıklı ve en verimli biçimde parça üretimini sağlayacak kalıp yapmakla sorumludur. Bu sorumluluğu, kalıbın yolluk sistemini, yolluk giriş noktalarını, soğutma ve itici sistemlerini, kalıpta kullanılacak maça sistemini, hidrolik-pnömatik elemanları ve diğer standart elemanları en iyi tanıyan ve en uygun yerde kullanan kişiler olarak yerine getirmelidirler. Kalıpçı firma müşterisine karşı ancak bu şekilde güven verebilir.

Diğer önemli faktör ise, kalıbın asıl kullanıcıları olan plastik enjeksiyon parça üretimcileridir. Üretimciler, plastik enjeksiyon makinelerini ve kalıplarını, kalıplarda kulanılan yolluk sistemlerini, soğutma sistemlerini, itici sistemlerini, plastik hammaddeleri çok iyi bilmelidirler. Kalıbın düzenli ve sorunsuz çalışabilmesi için enjeksiyon parametrelerini çok iyi kullanbilmeli ve enjeksiyon sırasında çıkabilecek

beklenmedik sorunları, hangi parametrelerle çözeceğini bilmeli ve bunu en iyi şekilde uygulayabilmelidirler.

Bu üç önemli faktör bir takım oluşturur, plastik enjeksiyon üretiminden ve enjeksiyon kalıbından başarılı sonuçlar elde edebilmek için bu takımın çok uyumlu çalışması, herkesin üzerine düşen görevi eksiksiz yerine getirmesi gerekmektedir. Bu takımdan biri aksıyorsa sistem bütünüyle aksayacaktır ve sorunların çıkması kaçınılmaz olacaktır. Sistemin düzgün çalışmasını sağlayabilmek için bu rekabetçi ortamda üretim kayıplarının oluşmasına, ek işçilik, zaman ve maliyet gerektirecektir.

KAYNAKLAR

[1] Temiz, V., 2004, Plastik Malzemelerle Konstrüksiyon

[2] GE Engineering Thermoplastics, 1998, Injection Molding Processing Guide

[3] Solvay Engineered Polymers, Thermoplastic Design Guides

[4] Joseph Chen, Ph.D.,PE, Design For Injection Molding

[5] Bayer Engineering Polymers Design Guide, 2004, Mold Design

[6] Turaçlı, H., 2003, Enjeksiyon Kalıpları İmalatı

[7] HASCO, 2002, Injection Molds

[8] Paul J. Gramann., Tim A. Oswald, Lih-Sheng Turng, Injection Molding Handbook

[9] Robert A. Malloy, Hanser Publishers, 1994, Plastic Part Design for Injection Molding

[10] STAUBLI Connectors, Çoklu Hızlı Bağlantı Elemanları

[11] STAUBLI Connectors, Manyetik Hızlı Kalıp Değiştirme Sistemleri

[12] BASF, Injection Molding Problems

[13] ARBURG, Plastic Injection Machines

[14] DuBois J.H. and Pribble W.I., 1987 Plastics Mold Engineering Book

[15] Menge, G. And Mohren, P., 1986, How to make Injection Molds, Hanser Publishers, Munich.

[16] Stoeckkhert, K., Mennig, G., 1998 Mold Making Handbook, Hanser Publishers, Munich

[17] McCollum, T., 1999 Acomparison of Melt Flow Index to Rheology In The Injection Molding Process, Nova Chemicals Inc, Detroit

[18] Kalıp Çelikleri, www.assabkorkmaz.com, Mayıs 2006

[19] Sıcak Yolluk Çeşitleri ve Özellikleri, www.moldmaster.com, Haziran 2006

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Kütahya'da doğan Engin KÖSE, ilk, orta ve lise öğrenimini Bilecik'te yapmış, yükseköğretimini Ege Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde tamamlamıştır. 2002'de İ.T.Ü. Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans çalışmalarına başlamıştır.

2004 yılında Vestel Beyaz Eşya A.Ş.'de iş hayatına atılmış, 2006 Ocak ayından itibaren iş hayatına B.S.H.'ta devam etmektedir.