

T.C
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLARINDA SOĞUK
YOLLUK PARAMETRELERİNİN ÜRÜN ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Vedat YILDIRIM

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Hamdi SÖZÖZ

İSTANBUL 2009

T.C
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLARINDA SOĞUK
YOLLUK PARAMETRELERİNİN ÜRÜN ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Vedat YILDIRIM
141101720060278

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Hamdi SÖZÖZ

İSTANBUL 2009

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans ve Lisans Eğitimimde bana emeği geçen değerli hocalarıma, Tez çalışmamda teknik bilgisiyle bana yardımcı olan Sn. Tolga ALTUN'a, Yüksek Lisans çalışmalarımı sürdürmemde yardımcı olan TELAS Lastik A.Ő. 'ye, Kalıp imalat sürecinde yardımlarını esirgemeyen Çelik Metal, Güvenal Hırdavat, Dizayn Borverk ve Dupont firmalarına , Ayrıca her daim yanımda olan ve beni destekleyen çok değerli Aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
SEMBOLLER	ix
KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xii
TABLolar	xv
BÖLÜM I	1
I.1 GİRİŞ	1
I.2. AMAÇ	2
BÖLÜM II	3
II.1. PLASTİK MALZEMELER	3
II.1.1. Plastik Malzemelere Genel Bir Bakış	3
II.1.2. Plastik Sınıflandırılması	5
II.1.2.1. Termoplastikler	5
II.1.2.1.1. Akrlonitril Budaien Stiren (ABS)	5
II.1.2.1.2. Polistiren (PS)	5
II.1.2.1.3. Polietilen (PE)	6
II.1.2.1.4. Polipropilen (PP)	6
II.1.2.1.5. Polivinilklorür (PVC)	7
II.1.2.1.6. Polimetilmetakrilat (PMMA)	7
II.1.2.1.7. Poliamid (PA)	8
II.1.2.1.8. Polikarbonat (PC)	8
II.1.2.1.9. Polioksümetilen (POM)	9
II.1.2.1.10. Politetrafloretilen (PTFE)	9
II.1.2.2. Termosetler	9

II.1.2.2.1. Epoksiler (EP).....	10
II.1.2.2.2. Polyester (UP).....	10
II.1.2.2.3. Melamin-Formaldehid (MF).....	11
II.1.2.2.4. Fenolikler	11
II.1.2.2.5. Poliüratan (PUR).....	12
II.1.2.2.6. Silikon (SI).....	12
II.1.3. Plastiklerin Genel Özellikleri.....	12
II.1.3.1. Plastiklerin Genel Görünüşü	13
II.1.3.2. Plastiklerin Yüzey Sertliği	13
II.1.3.3. Plastiklerin Yoğunluğu	14
II.1.3.4. Plastiklerin Isısal Özellikleri.....	14
II.1.3.5. Plastiklerin Elektriksel Özellikleri.....	14
II.1.3.6. Plastiklerin Kimyasal Özellikleri.....	14
II.1.4. Plastik Çekme ve Çarpılma.....	15
II.1.4.1. Çekme	15
II.1.4.2. Çekme Oranına Etki Eden Faktörler.....	17
II.1.4.3. Çarpılma.....	18
II.1.4.4. Çarpılmaya Etki Eden Faktörler	19
II.1.5. Plastik Alaşım ve Harmanları	20
II.1.6. Plastiklere Katılan Dolgu Maddeleri	20
II.1.7. Plastiklere Şekil Verme Yöntemleri	21

BÖLÜM III

III.1. PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLARININ GENEL YAPISI...23

III.1.1. Enjeksiyon Kalıp Tipleri	23
III.1.1.1. İki Plakalı Kalıplar	24
III.1.1.2. Üç Plakalı Kalıplar	24
III.1.1.3. Ayrık Kalıplar	24
III.1.1.4. Yatay veya Açılı Hareketli Kalıplar.....	25
III.1.1.5. Sıcak Yolluklu Kalıplar.....	25
III.1.1.6. Yarı Otomatik Kalıplar.....	26
III.1.1.7. Otomatik Kalıplar.....	26

III.2. ENJEKSİYON KALIPLARINI OLUŞTURAN ELEMANLAR.....27

III.2.1 Yolluk Sistemleri ve Alt Bileşenleri	27
III.2.2. Kalıp Göz Dizilimi	27
III.2.3. İtici Sistemleri	28
III.2.3.1. İtici Dizaynı – Çıkarma ve Açma Kuvveti.....	29
III.2.3.2. İtici Tipleri.....	30
III.2.3.3. İticilerin Hareketlendirilmesi	32
III.2.4. Soğutma Sistemleri	34
III.2.5. Gaz Tahliye Sistemleri	37
III.2.6. Maça Sistemleri.....	40
III.2.7. Merkezleme ve Sabitleme Sistemleri.....	46
BÖLÜM IV.....	32
IV.1. PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLARINDA YOLLUK SİSTEMLERİ VE UYGUN YOLLUK SEÇİMİ	50
IV.1.1. Komple bir Yolluk Sisteminin Karakterize Edilmesi.....	50
IV.1.2. Yolluk Girişi	51
IV.1.3. Yolluk İtici ve Çekiciler	56
IV.1.4. Yolluk Çekicilerin Sayısı ve Yerleşimi	57
IV.1.5. Yolluk Kavramı ve Tanımı.....	59
IV.1.5.1. Bir Yolluk Sisteminden Beklenenler.....	59
IV.1.5.2. Yolluk Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	60
IV.1.5.3. Yolluk Tasarımı	61
IV.1.5.4. Yolluk Şekli Belirlenirken Dikkat Edilmesi Gereken Faktörler	64
IV.1.5.5. Standart Yolluk Sistemleri	67
IV.1.5.6. Sıcak Yolluk Sistemleri.....	67
IV.1.5.6.1. Sıcak Yolluk Sisteminin Tasarımı ve Sistemi Oluşturan Elemanlar.....	71
IV.1.6. Kavite (Yolluk) Girişlerinin Tasarımı	73
IV.1.6.1. Kavite (Yolluk) Girişlerinin Tasarımı	73
IV.1.6.1.1. Yolluk Girişinin Parça Üzerindeki Yeri	76
IV.1.6.2. Yolluk Giriş Çeşitleri	79
IV.1.6.2.1. Direk (Meme) Giriş	79
IV.1.6.2.2. Kenar veya Fan Giriş.....	83
IV.1.6.2.3. Disk Girişi	84

IV.1.6.2.4. Halka (Ring) Girişi	85
IV.1.6.2.5. Tünel Girişi.....	88
IV.1.6.2.6. Yolluksuz Kalıplar.....	91

BÖLÜM V

V.1. PLASTİK ENJEKSİYONDA PARÇA HATALARI	92
V.1.1. Kendini Çekme.....	92
V.1.2. Çarpılma.....	93
V.1.3. Jetting	96
V.1.4. Hava Boşlukları.....	98
V.1.5. Duraksama	100
V.1.6. Kısa Vuruş (ShortShot).....	101
V.1.7. Birleşme İzleri, Soğuk Kaynak (Weld Lines) ve Sıcak Kaynak (Meld Lines) Hatları	103
V.1.8. Çukurluklar ve Boşluklar	104
V.1.9. Akış İzleri.....	106
V.1.10. Yüzeyde Gümüşi İzler	106
V.1.11. Yanık İzleri	107
V.1.12. Soyulma	108
V.1.13. Dalgalanma	109
V.1.14. Çapaklanma.....	110

BÖLÜM VI.

VI.1. SOĞUK YOLLUK CİNS VE PARAMETRELERİNİN PARÇA ÜZERİNE ETKİLERİNİN CAE PAKET PROGRAMI İLE ANALİZİ.....	112
VI.1.1. Dolumu Yapılacak Parçanın Teknik Özellikleri	114
VI.1.2. Dolum Analizleri Yapılan Yollukların Teknik Resimleri	115
VI.1.3. Yolluk Tiplerinin Dolum Zamanına Göre Karşılaştırılması	124
VI.1.4. Yolluk Tiplerinin Soğuk Kaynak Oluşumuna Göre Karşılaştırılması	130
VI.1.5. Yolluk Tiplerinin Gaz (Hava) Oluşumuna Göre Karşılaştırılması.....	136
VI.1.6. Yolluk Tiplerinin Enjeksiyon Basınçlarına Göre Karşılaştırılması.....	141

BÖLÜM VII.

VII.1. ANALİZ SONUÇLARINA GÖRE EN UYGUN YOLLUK TİPLERİNDEN BİRİNİN KALIBA UYGULANMASI VE PARÇA

İMALATI	150
VI.1.1. Kalıp Tasarımı ve İmalatı	150
VI.1.2. Kalıp Denemesi	157
VI.1.3. Üründe Görülen Hatalar.....	162

BÖLÜM VIII.

VIII.1. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

KAYNAKLAR

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLARINDA SOĞUK YOLLUK PARAMETRELERİNİN ÜRÜN ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Yolluk sistemi, plastik enjeksiyon kalıplığında plastiğin kalıp boşluğuna dolumuna büyük etkisi olan parametrelerden birisidir. Plastik enjeksiyon kalıplığında yolluk sistemleri sıcak ve soğuk yolluk olarak iki ana başlığa ayrılabilir. Bu tezde inceleyeceğimiz soğuk yolluklar ilk yatırım maliyeti açısından sıcak yolluklara nispeten çok uygundur ve uygulama oranı sıcak yolluklara oranla çok daha fazladır. Enjeksiyon makinesi tarafından akışkan hale getirilen plastik, eriyik halde enjeksiyon makinesinin nozul'undan geçerek kalıbın meme (Sprue) kısmından içeriye giriş yapar. Bu aşamadan sonra yolluk dağıtıcı kanalların (Runner) kalıp gözlerine dağılımı, ölçüleri, şekli ve ayrıca yolluğun ürüne giriş ağızlarının (Gate) şekli, ölçüleri kalıbın dolum kalitesini, dolum süresini, kalıptan çıkan ürünün kalitesini çok büyük ölçüde etkilemektedir.

Bir plastik parça için pek uygun olmayan bir yolluk grubun tercih edilmesi kalıbın çalışma kalitesini, dolayısı ile zaman, hammadde, işgücü, enerji, vb. kayıplara sebep olacaktır. Bir kalıbın günümüz rekabet koşullarında 7 gün 24 saat çalıştırıldığı düşünüldüğü zaman bir çevrimde oluşabilecek en ufak kayıpların bile kalıbın toplam çalışma ömrü boyunca çok büyük kayıplara sebep olacağı çok basit hesaplarla görülebilir.

Bu çalışmanın amacı bir plastik parça için en uygun yolluk sistemini kalıp tasarım aşamasından evvel belirlemek ve böylece oluşacak kayıpları daha kalıp tasarımı yapılmadan önlemektir.

Bu çalışmada aynı plastik parçaya uygulanan farklı yolluk sistemlerinin bilgisayar destekli dolum analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları değerlendirildikten sonra olumlu sonuçlar veren yolluk sistemlerinden bir tanesinin kalıp uygulaması yapılarak analiz sonuçlarının pratik uygulama sonuçları ile karşılaştırması yapılmış ve bu karşılaştırmalar neticesinde çalışmanın değerlendirmesi yapılmıştır.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF COLD RUNNER SYSTEM ON THE PRODUCT FROM PLASTIC INJECTION MOLDS

Runner systems are one of the most important parameters in filling of the cavities in plastic injection molding. Runner systems of plastic injection molding can be grouped as hot and cold runner systems.

Cold runners are found to be friendlier than hot runners considering the initial investment cost. Cold runners have widespread use in the market. The plastic, which has been fluidized in the Injection Machine, makes entrance through the Sprue transpassing the injection machine's nozzle. After this stage, distribution of molten plastic through runners to cavities, dimensions, shape of runners, as well as dimensions and shape of gate have great impact on mold's filling quality, filling period, and the final product itself.

Poor choice of runner system will eventually have negative effect on labor quality, time, raw material and energy. If we consider that a mold runs 24 hours and 7 days under today's competitive conditions, even a slight deviation may add up to huge losses during that specific mold's active lifetime.

The aim of this study is to find out the best possible runner system for plastic parts before the mold design stage, thus, preventing any loss in advance.

In this study computer aided filling analysis of different runner systems for the same plastic part has been done. Mold application of the favourable runner systems with positive analysis result is performed. Comparison of the computer aided runner system with real system has been done.

June 2009

Vedat YILDIRIM

ŞEKİLLER

Şekil II.1. Plastik Üçgeni.....	13
Şekil II. 2. P-V-T Diyagramı Üzerinde Enjeksiyon Çevrimi ve Çekme.....	16
Şekil II. 3. Farklı Et Kalınlıklarında Farklı Çekme Oranı.....	17
Şekil II.4. Plastiklerde Çarpılma Etkisi.....	18
Şekil III.1. Enjeksiyon Kalıp Bileşenleri	23
Şekil III.2. Üç Plakalı Kalıp.....	24
Şekil III.3. Yatay Hareketli Kalıp	25
Şekil III.4. Sıcak Yolluklu Kalıp	26
Şekil III.5. Yolluk Sistemi Elemanları	27
Şekil III.6. Göz yerleşimleri.....	28
Şekil III.7. İtici Mekanizmasının Çalışma Prensibi	29
Şekil III.8. İtici Pimleri	31
Şekil III.9. Silindirik olmayan Pimler.....	31
Şekil III.10. Kritik Boya göre itici çaplar	32
Şekil III.11. Mekanik Tahrikli İtici Sistemi ve Geri Çekici Plaka.....	33
Şekil III.12. Spiral Kanallı Soğutma Sistemi.....	35
Şekil III.13. Lineer Kanallı Soğutma sistemi.....	35
Şekil III.14. Seri Kanallı Soğutma Sistemi	36
Şekil III.15. Paralel Kanallı Soğutma Sistemi	36
Şekil III.16. Derin Çekirdekli Parçalarda Soğutma Sistemi	37
Şekil III.17. a) Tek Gözlü Kalıpta Gaz Tahliyesi b) Çok Gözlü Kalıpta Gaz Tahliyesi	38
Şekil III.18. Kalıp Ayrım Çizgisi Üzerinden Gaz Tahliyesi İçin Boyutlandırma.....	38
Şekil III.19. Çok Gözlü Kalıplarda Tahliye İçin a) Parçalı Konstrüksiyon b) Hava Boşluğu	39
Şekil III.20. Federli Parçalarda Gaz Tahliyesi.....	40
Şekil III.21. İç Yüzeyinde Ters Açılı Olan Parçalarda Maça Sistemi.....	41
Şekil III.22. Maça Pimli Kalıp Sistemli Kalıp.....	42
Şekil III.23. Kademeli Çubuk	42
Şekil III.24. (a) Maça Pimli Kalıbın Çalışma Prensibi (b) Kademeli Çubuklu Kalıbın Çalışma Prensibi	43

Şekil III.25. Açılma Sırasında Maça Pimi Üzerine Gelen Kuvvet	43
Şekil III.26. Maça Pimi ile Geri Döndürme.....	44
Şekil III.27. Ayrım Yüzeyiyle Geri Döndürme	44
Şekil III.28. Kademeli Çubuk Boyutları	44
Şekil III.29. Kademeli Çubuk	44
Şekil III.30. Ayrık Maçalı Kalıbın Çalışma Prensibi.....	45
Şekil III.31. Kalıp Sızdırmazlığını Sağlayan Yapı	46
Şekil III.32. Merkezleme Halkalı Kalıp.....	47
Şekil III.33. Kolon Burç Montajı.....	47
Şekil III.34. Kolon tipleri.....	48
Şekil III.35. Kolonlar İçin Toleranslar.....	48
Şekil III.36. Burçlar İçin Toleranslar	49
Şekil IV.1. Yolluk Sistemi	51
Şekil IV.2. a) Enjeksiyon Makinesi Lülesi ve Yolluk Memesi Arasında Düzlemsel Temas Yüzeyi b) Enjeksiyon Makinesi Lülesi ve Yolluk Memesi Arasında Küresel Temas Yüzeyi	52
Şekil IV.3. Kontak Bölgesinin Doğru ve Yanlış Tasarımları.....	53
Şekil IV.4. Yolluk Girişinin Boyutlandırılması	54
Şekil IV.5. Yolluk Burcuna Etkiyen Kuvvetler.....	55
Şekil IV.6. Yolluk Çekicinin Bulunduğu Yerde Görülen Plastik Yoğunlaşması.....	56
Şekil IV.7. a) Sıyırıcı Plakalı Çekici a) İtici Pimlerle Beraber Çekici Uygulaması... 57	
Şekil IV.8. Yumuşak ve Sert Malzemeye Göre Yolluk İtçilerinin Yerleşimi.....	57
Şekil IV.9. Yay ile Sıkıştırılmış Yolluk Burcu.....	58
Şekil IV.10. Yolluk Kesitleri.....	62
Şekil IV.11. Yolluk Kesitini Hesaplamak için Kullanılabilecek Nomogramlar	63
Şekil IV.12. İkincil Yolluk Doğru ve Yanlış Uygulamaları.....	66
Şekil IV.13. Kalıba Gömülmüş Meme	66
Şekil IV.14. Kalıba Gömülmemiş Meme	67
Şekil IV.15. Sıcak Yolluk.....	68
Şekil IV.16. Konvansiyonel Yolluk Sisteminden Sıcak Yolluk Sistemine Geçiş.....	69
Şekil IV.17. Sıcak Yolluk Sisteminin Tasarımı ve Elemanları	71
Şekil IV.18. Giriş Kesitleri ve Yolluk Üzerindeki Pozisyonları	75
Şekil IV.19. Nokta (solda) ve Tünel (sağda) Girişler için Önerilen Boyutlar.....	76

Şekil IV.20. Ergimiş Malzemenin Değişik Pozisyonlardaki Girişlerde İzlediği Akış Yolu.....	77
Şekil IV.21. Uzun Kenarda Konumlandırılmış Giriş	77
Şekil IV.22. Kısa Kenarda Konumlandırılmış Giriş	77
Şekil IV.23. Parça Kalitesi Üzerinde Giriş Pozisyonunun Etkisi.....	78
Şekil IV.24. Deliklerin ve Kanalların Ardında Oluşan Birleşme Hatları.....	78
Şekil IV.25. Çoklu Nokta, Kenar Girişler ve Eşit Akış Boylan Prensipleri.....	79
Şekil IV.26. Ek Girişli Direk Giriş.....	81
Şekil IV.27. Direk Giriş.....	81
Şekil IV.28. Eğri Yolluk Girişi.....	82
Şekil IV.29. Yolluk Burcu Kullanılan (solda) ve Yolluk Girişi Kalıba İşlenen (sağda) Yolluk Girişi	82
Şekil IV.30. Dairesel Dağıtım Kanallı Kenar Giriş.....	83
Şekil IV.31. Uniform Akış Hızı İçin Ayarlanmış Kenar Giriş.....	84
Şekil IV.32. Disk Girişler	85
Şekil IV.33. 45° Açılı Disk Giriş	85
Şekil IV.34. Halka Giriş ve Çekirdek Destekleri	86
Şekil IV.35. Dairesel Kesitli Halka Giriş	87
Şekil IV.36. Kare Kesitli Halka Giriş.....	87
Şekil IV.37. İç Halka Giriş	88
Şekil IV.38. Tünel Giriş	89
Şekil IV.39. Otomatik Yolluk İticili Tünel Giriş	90
Şekil IV.40. Eğri Tünel Giriş	90
Şekil IV.41. Tünel Giriş ile İçten Giriş	91
Şekil IV.42. Yolluksuz Giriş	91
Şekil V.1. Proses ve Dizayn Parametrelerinin Kendini Çekmeye Olan Etkileri	93
Şekil V.2. Parçada uniform olmayan soğutmadan dolayı meydana gelen çarpılma ..	94
Şekil V.3. Kendini Çekme	95
Şekil V.4. Kesitler Arası Geçiş.....	95
Şekil V.5. Boşluk ve Çöküntü	96
Şekil V.6. Jetting Olayında Akış	97
Şekil V.7. Geçit Tipi-Jetting	98
Şekil V.8. İlerleme Hızı	98
Şekil V.9. Hava Kabarcığının Oluşumu	99

Şekil V.10. Duraksama	100
Şekil V.11. Geçit Yerinin Değiştirilmesi ile Duraksamanın Önlenmesi	101
Şekil V.12. Kısa Vuruş (ShortShot)	102
Şekil V.13. Sıcak ve Soğuk Kaynak Hatlarının Oluşumu	103
Şekil V.14. Destek Elemanları ve Tavsiye Edilen Ölçüler	105
Şekil V.15. Akış İzleri	107
Şekil V.16. Parça Üzerinde Gümüşi İzler	107
Şekil V.17. Yamık İzleri	108
Şekil V.18. Yüzeyde Soyulma	109
Şekil V.19. Dalgalanma Oluşumu	110
Şekil V.20. Çapaklanma	111
Şekil VI.1. Analiz Programında Kullanılacak Malzemenin Tayini	113
Şekil VI.2. Analiz Programında Proses Şartlarının Tamınlanması	113
Şekil VI.3. Parçanın Ölçüleri	114
Şekil VI.4. Parçanın 3 Boyutlu Görünüşü	114
Şekil VI.5. Diyafram Yolluk Tipi Ölçüleri	115
Şekil VI.6. Dış Halka Yolluk Tipi Ölçüleri	116
Şekil VI.7. İç Halka Yolluk Tipi Ölçüleri	117
Şekil VI.8. Dış İğne (Nokta) Yolluk Tipi Ölçüleri	118
Şekil VI.9. Dış İğne (Nokta) Yolluk Tipi Ölçüleri	119
Şekil VI.10. 10mm Kenar Yolluk Tipi Ölçüleri	120
Şekil VI.11. 120° Kenar Yolluk Tipi Ölçüleri	121
Şekil VI.12. 180° Kenar Yolluk Tipi Ölçüleri	122
Şekil VI.13. Tünel Yolluk Tipi Ölçüleri	123
Şekil VI.14. Diyafram Giriş Dolum Zamanı	125
Şekil VI.15. Dış Halka Giriş Dolum Zamanı	125
Şekil VI.16. İç Halka Giriş Dolum Zamanı	126
Şekil VI.17. İğne Giriş Dolum Zamanı	126
Şekil VI.18. İç İğne Giriş Dolum Zamanı	127
Şekil VI.19. 10mm'lik Kenar Giriş Dolum Zamanı	127
Şekil VI.20. 120° Kenar Giriş Dolum Zamanı	128
Şekil VI.21. 180° Kenar Giriş Dolum Zamanı	128
Şekil VI.22. Tünel Giriş Dolum Zamanı	129
Şekil VI.23. Diyafram Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu	131

Şekil VI.24. Dış Halka Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu	131
Şekil VI.25. İç Halka Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu.....	132
Şekil VI.26. İğne Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu	132
Şekil VI.27. İç İğne Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu	133
Şekil VI.28. 10mm'lik Kenar Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu.....	133
Şekil VI.29. 120° Kenar Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu	134
Şekil VI.30. 180° Kenar Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu	134
Şekil VI.31. Tünel Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu	135
Şekil VI.32. Diyafram Giriş Gaz Oluşumu	137
Şekil VI.33. Dış Halka Giriş Gaz Oluşumu	137
Şekil VI.34. İç Halka Giriş Gaz Oluşumu.....	138
Şekil VI.35. İğne Giriş Gaz Oluşumu	138
Şekil VI.36. İç İğne Giriş Gaz Oluşumu	139
Şekil VI.37. 10mm'lik Kenar Giriş Gaz Oluşumu	139
Şekil VI.38. 120° Kenar Giriş Gaz Oluşumu	140
Şekil VI.39. 180° Kenar Giriş Gaz Oluşumu	140
Şekil VI.40. Tünel Giriş Gaz Oluşumu	141
Şekil VI.41. Diyafram Giriş Basınç Kaybı.....	143
Şekil VI.42. Dış Halka Giriş Basınç Kaybı.....	143
Şekil VI.43. İç Halka Giriş Basınç Kaybı	144
Şekil VI.44. İğne Giriş Basınç Kaybı.....	144
Şekil VI.45. İç İğne Giriş Basınç Kaybı.....	145
Şekil VI.46. 10mm'lik Kenar Giriş Basınç Kaybı	145
Şekil VI.47. 120° Kenar Giriş Basınç Kaybı.....	146
Şekil VI.48. 180° Kenar Giriş Basınç Kaybı.....	146
Şekil VI.49. Tünel Giriş Basınç Kaybı.....	147
Şekil VI.50. Yolluk Tamamen Dolmadan Ürünün Dolmaya Başlaması.....	149
Şekil VI.51. Doğru bir Dolum Sağlayan Yolluk Tipi Örneği	149
Şekil VII.1. Kalıp Kesitleri	151
Şekil VII.2. Kalıp Montaj Perspektif Görünüşü.....	152
Şekil VII.3. Kalıp İtici Tarafı Perspektif Görünüşü	152
Şekil VII.4. Dişi Çelik Üzerindeyken Kalıp İtici Tarafı Perspektif Görünüşü	153
Şekil VII.5. Kalıp Enjeksiyon Tarafı Perspektif Görünüşü	153
Şekil VII.6. Kalıbın Katı Model Kesit Görünüşü.....	154

Şekil VII.7. Üst Bağlantı Plakası Üzerindeki Yolluk Dağıtıcı Kanalları.....	154
Şekil VII.8. Dişi Çelik Üzerindeki Ürün Figürü	155
Şekil VII.9. Dişi Çelik Üzerindeki Yolluk Dağıtıcı Kanalları	155
Şekil VII.10. Erkek Çelik (İtici Tarafı).....	156
Şekil VII.11. Kalıbın Enjeksiyon Makinesi Üzerindeyken.....	156
Şekil VII.12. Enjeksiyon Makinesi Kovan Sıcaklık Değerleri	157
Şekil VII.13. Baskı Sonrası Ürün Kalıp Üzerindeyken	158
Şekil VII.14. Kalıbın 0.1 Saniyedeki Dolumu	158
Şekil VII.15. Kalıbın 0.15 Saniyedeki Dolumu	159
Şekil VII.16. Kalıbın 0.2 Saniyedeki Dolumu	159
Şekil VII.17. Kalıbın 0.3 Saniyedeki Dolumu	160
Şekil VII.18. Kalıbın 0.6 Saniyedeki Dolumu	160
Şekil VII.19. Kalıbın 0.8 Saniyedeki Dolumu	160
Şekil VII.20. Kalıbın 0.9 Saniyedeki Dolumu	161
Şekil VII.21. Kalıbın 1.1 Saniyedeki Dolumu	161
Şekil VII.22. Kalıbın 1.3 Saniyedeki Dolumu	161
Şekil VII.23. Feder'de Gazdan Ötürü Kaynaşmama.....	162
Şekil VII.24. Yolluk Girişinin Karşısında Oluşan Soğuk Kaynak.....	163
Şekil VII.25. Kenarlarda Oluşan Soğuk Kaynak İzleri.....	163
Şekil VII.26. Soğuk Kaynak İzi	164
Şekil VII.27. Ürünün İç Kısmında Oluşan Akış Birleşme İzi.....	164

TABLolar

Tablo II.1. Farklı Plastik Malzemelerin Çekme Oranları	15
Tablo III.1. Bazı Malzemeler için Gaz Tahliye Kanal Yükseklikleri	39
Tablo IV.1. Yolluk Sisteminin Tasarımını Etkileyen Faktörler.....	60
Tablo IV.2. Kavite Girişini Etkileyen Faktörler	73
Tablo VI.1. Yolluk Tipine Göre Kalıp Dolum Süreleri.....	129
Tablo VI.2. Yolluk Tipine Göre Basınç Kayıpları.....	147
Tablo VI.2. Yolluk Dolumum Toplam Dolumdaki Oranı (% Olarak)	148

BÖLÜM I

I.1.GİRİŞ

İyi tasarlanmış bir yolluk sistemi sayesinde homojen dolum sağlayarak kalıptan çıkan parçanın kalitesini güvence altına almak çok önemlidir. Fakat bunu sağlamak için Yolluğun parçaya giriş noktasının, yolluk tipinin, yolluk ölçülerinin doğru seçilmesi, çok gözlü kalıplarda eriyik haldeki Plastiğin bütün Kalıp gözlerini (Cavity) eşit şekilde ve sürede doldurması için Yollukların balanslı dağıtılması çok büyük önem arz etmektedir[1].

Ayrıca, Enjeksiyon sırasında en uygun enjeksiyon parametrelerinin ayarlanabilmesi için deneme baskılarının yapılması hem maliyetleri arttırmakta hem de malzeme kaybına sebep olmaktadır. Bu nedenle, plastik parçaya ait kalıp tasarımı yaparken erimiş plastiğin Kalıp boşluğundaki akışının bilinmesi ve buna göre kalıp unsurlarının tasarımı gerçekleştirilmelidir. Kalıp boşluğunun nasıl dolduğu, dolum tipine göre dağıtıcı kanalların yerleri ve boyutları, giriş yerinin tespiti çok iyi yapılmalıdır. Ayrıca, erimiş plastiğin kalıp boşluğu içerisindeki akışının önceden bilinmesi en uygun enjeksiyon parametrelerinin ayarlanmasına yardımcı olmaktadır. Enjeksiyon tezgahının bir çevrimde basabileceği en fazla malzeme miktarı da dikkate alınarak kalıp boşluğu sayısı belirlenmelidir. Plastik parça maliyetine ihmal edilemeyecek derecede etkisi olan bir çevrimde elde edilen plastik parça sayısı, üretilen parça birim maliyetini düşürür. [2]

Endüstride karşılaşılan en önemli sorunlardan biri enjeksiyon tezgahına bağlanmış kalıp boşluğuna ergimiş plastik basılacağı zaman gerekli olan basınç, hız ve sıcaklık değerleridir. Genellikle deneme yanılma yolu ile belirlenmeye çalışılan bu enjeksiyon parametrelerinin tespit edilmesi hem maliyeti yüksek bir yöntem hem de uygun parametrenin seçilebilmesi oldukça zordur. Deneme baskısının sayısı arttıkça israf olan malzeme direkt olarak toplam üretim maliyetini arttırmaktadır. Özellikle büyük ebatlardaki plastik parça üretiminde deneme yanılma yolu oldukça pahalı bir yöntem olmaktadır.

Enjeksiyonla kalıplama tekniği konusunda bugüne kadar bir çok araştırma yapılmış ve yapılmaya da devam etmektedir. Enjeksiyon işlemi konusunda yapılan çalışmaların çoğunluğu, erimiş plastiğin kalıp boşluğuna dolması (akış simülasyonu), dolduktan sonraki termodinamik değişimlerin ürün üzerindeki fiziksel ve mekanik özellikleri, estetik görünümü, geometrik yapısı ve boyut tamlığı gibi ürün kalitesini doğrudan etkileyen parametrelerin etkilerinin araştırılması üzerinde

yoğunlaşmıştır[3]. Ancak konu ile ilgili Literatür taramasında, yapılan çalışmalarda yolluk parametrelerinin kalıbın dolumu, ürün kalitesi, enjeksiyon parametreleri vb. üzerindeki etkilerinin pek de derinlemesine araştırılmadığı gözlemlenmiştir.

I.2.AMAÇ

Plastik enjeksiyon kalıplarında, özellikle soğuk yolluklu kalıplarda yolluk sisteminin iyi tasarlanması çok büyük önem arz etmektedir. Yolluk dağıtıcı kanallarının uzunlukları ve kesitleri optimum ölçüde tutulmalıdır. Birincil, ikincil ve diğer dağıtıcı kanallar arasındaki ölçüsel değişimlerin de dengeli olması önemlidir. Bu çalışmanın amacı Yolluk sistemindeki bu dengenin nasıl sağlanabileceğine yönelik bir çalışma yaparak, ilk önce yolluk sistemlerini bütün ayrıntıları ile tanıtmak, bu ayrıntılara bağlı olarak parametrelerin etkileşimlerini belirlemek ve bu etkileşimler doğrultusunda da kullanılacak bir Akış simülasyon programı (CadMould) yardımı ile uygun yolluk sistemi tasarımı yapabilmek ve yanlış tasarımlar neticesinde oluşan kayıpların da önüne geçmektir.

Plastik Enjeksiyon Kalıplarında, daha kalıp tasarım aşamasında iken parçanın tek ve doğru şekilde elde edilebilmesini sağlayacak yolluk sistem parametreleri ve bu parametreler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi, mevcut uygulamalarda yapılan hataların ortaya çıkarılması ve Kalıplanmış parçanın en iyi şekilde elde edilebilmesi için yolluk sistemlerinde dikkat edilmesi gereken noktaların belirlenerek, uygulamadaki yanlışlardan kaynaklı kayıpların önlenmesi de yine bu çalışmanın amacıdır.

Bu çalışma 2001 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılmış olan 'Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı ve Örnek Bir Parça Üzerinde Optimal Yolluk Yerinin Belirlenmesi' konulu Yüksek Lisans Tezine tamamlayıcı nitelik taşımaktadır[4]. Söz konusu tezde önerildiği üzere bu çalışmada;

1. Daha fazla soğuk yolluk tipi kullanılarak,
2. Mevcut Soğuk yolluk tiplerine alternatif Soğuk yolluk tipleri denemeleri yapılarak,
3. Soğuk Yolluk Kesit Dağıtıcı (Runner) ve Yolluk Giriş (Gate) kesitleri için alternatif kesitler kullanılarak çalışma genişletilecektir.

BÖLÜM II

II.1. PLASTİK MALZEMELER

II.1.1 Plastik Malzemelere Genel Bir Bakış

Plastik enjeksiyon kalıbı ile ilgili bir çalışmaya (Kalıbın Tasarımı, Analizi, İmalatı, kalıpta bulunan herhangi bir problemin çözümü, vb.) başlamadan önce Kalıpta kullanılan plastik hakkında bilgi edinmek, yapacağımız işlemde başarıya ulaşmak için olmazsa olmaz bir gerekliliktir. Hazırlanan bu Tezin de konusunun Plastik Enjeksiyon Kalıpçılığının en temel unsurlarından biri olan Yolluk sistemleri olmasından ötürü, Plastik hammaddeler hakkında kısaca bilgi edinmemiz faydalı olacaktır.

Polimer, mer adı verilen moleküllerin birleşmesiyle oluşan molekül zinciridirler. Poli'nin kelime anlamı çoktur. Böylece bu iki kelimenin birleşimi polimer olarak ifade edilir. Bu zincirleri oluşturan mer'lerin (propilen, stiren, vb.) çeşitleri bu zincirlerin oluşturduğu plastik türünü belirler. Örneğin PS, PP, PA6 vb. Bu merlerin önüne poli eki ilave edilerek plastik türü belirlenir. Bu merler polimerizasyon adı verilen kimyasal bir işlemle birleştirilirler. Termoplastiği oluşturan bu zincirleri bir arada zayıf Van Der Waals kuvvetleri tutarlar. Plastik ısıtıldığında bu zayıf kuvvetler daha da zayıflar veya kaybolurlar. Buna bağlı olarak plastik esnekleşmeye (kauçuk gibi davranmaya), daha sonra da sıcaklık miktarına bağlı olarak akmaya başlar. Plastiği işlemek için kimyasal yapısını detaylı olarak bilmeye gerek yoktur. Fakat bu yapı hakkında bilinecek ön bilgi plastik kullanıcıları için gereklidir. Çünkü bu bilgilerin ışığında plastiğin kullanıldığı ortamda performansını bilerek mükemmel dizayn yapma imkan bulunabilir. Plastik yapısı hakkındaki bilgi plastiğe uygulanan kuvvetin zamana bağlı olan performansını anlamamızı sağlar. Akriliğin neden sert ve saydam, polietilenin opak ve esnek olduğunu anlamamıza yardım eder. Plastiği işlemek için polimer kimyasında uzman olmamıza gerek yoktur. Polimer ve plastik kelime olarak aynı kabul edilmekle beraber aralarında bir farklılık da vardır. Polimer polimerizasyon sonucunda oluşmuş saf, uzun molekülli malzemedir. Polimer saf olarak nadiren kullanılır.

Polimere çeşitli sebeplerle katkı maddesi ilave edilir. Bu halde polimer plastik olarak ifade edilir. [5]

Plastik sınıfı kapsamına giren malzemelerin özelliklerinde büyük değişimler görülür. Bu sebeple plastiklerin bir malzeme grubu olarak üstünlük ve sakıncalarının diğer malzemelerle karşılaştırılması oldukça güçtür.

Plastiklerin çoğu seri üretime uygun tekniklerle oldukça karmaşık şekillere sokulabilir. Plastiklerin dayanımları metaller kadar yüksek olmadığından gerilmeler altında önemli derecede boyutsal değişimler görülür. Sıcaklık duyarlılıkları metallerden çok daha yüksektir. Bununla beraber metallerden daha yoğun olduklarından dayanım /ağırlık oranı yönünden sonuç genellikle plastiklerin lehinedir. Plastik adının sebebi bu malzemelerin kalıpla şekillendirilebilmeleridir. Daha genel bir tanım da , polimerik malzemeler olmalarıdır. Bu tanım daha çok malzeme içindeki atom düzenini yansıtmaktadır. Polimerik bir malzeme belirli bir düzenle birleşmiş, küçük atomik ünitelerden meydana gelir. "Mer" adı verilen çok sayıdaki bu küçük üniteler belirli bir düzenle birleşerek "polimer" denen çok büyük moleküller meydana getirirler. Plastik maddeler çok geniş kapsamlı oldukları için genel bir tanımlama yapmak yanlış olur. Ancak tüm plastiklerin genel karakteristikleri bir araya getirilirse ortaya tüm plastikleri kapsayan şöyle bir tanım çıkar. Plastikler normal sıcaklıkta genellikle katı halde bulunan , basınç ve sıcaklıkla mekanik veya kimyasal yolla şekillendirilebilen ve kalıplanabilen organik polimer maddelerdir.

Plastikler polimerlerden oluşurlar ve bu polimerler de farklı kimyasal yapıda olduklarından plastiklerde fiziksel farklılıklar görülür.

Plastik malzemeler kimyasal yapışma ve fiziksel davranışlarına göre üç temel gruba ayrılırlar. Elastomerler (Elastoplastikler) , Termosetler (Termosetting , duroplastikler) ve Termoplastikler.

II.1.2. Plastiklerin Sınıflandırılması

II.1.2.1. Termoplastikler

Isı ve basıncın etkisi altında yumuşayıp, akabilen, bu durumda iken şekillendirilebilen ve soğutulduğunda sertleşip şeklini muhafaza edebilen, şekil alabilen ve soğutulduğunda sertleşebilen malzemelerdir. Bu şekillendirme sırasında kimyasal yapılarında herhangi bir değişiklik olmazken fiziksel özellikleri değişme gösterir. Bu gruba verilebilecek önemli örnekler aşağıda verilmiştir.

II.1.2.1.1. Akrlonitril Butadien Stiren (ABS)

ABS plastik hammaddesi akronitril, butadien ve stiren adlı kimyasal maddelerin (monomer) polimerizasyon yoluyla elde edilen bir termolimerdir. Bu monomerlerin çeşitli oranlarda polimerleştirilmesi ile çeşitli özelliklerde ABS türleri elde edilir. ABS'in çok geniş uygulama alanları olarak; doğal gaz boruları, petrol boruları, atık ve tuzlu tahliye borularında, çok parlak türleri olması sebebiyle, elektronik ve beyaz eşyada, büro makinelerinde, elektrikli ev aletlerinde, darbe ve ısı mukavim türlerinden dolayı da otomotiv ve bavul sektöründe kullanılmaktadır.

ABS, sıkıştırma ve enjeksiyonla kalıplama yapılabilir. İşleme sıcaklığı ise 240°C - 1200 °C arasındadır.

II.1. 2.1.2. Polistiren (PS)

Stiren monomerinin polimerizasyonu ile elde edilen, işlenmesi kolay, yeterli fiziksel özellikleri nedeniyle kullanımı çok yaygın bir termoplastiktir. Kolay işlenmesi ve ucuzluğu sayesinde kağıt, tahta ve metallerin yerini almıştır. Yoğunluğu 1.06 kg/dm³'tür. Genel maksat veya darbeye mukavim türler enjeksiyon kalıplama veya ekstrüzyon metotları ile üretilirler. Enjeksiyon sıcaklığı 150°C-200°C arası değişir. Ayrıca erime oranları çok değişik aralıklarda olan ve değişik sahalarda kullanılabilen PS'ler mevcuttur. Bu ürünün sertliği ve işlenme kolaylığı, yüksek veya alçak basınç prosesi ile köpük imalinde kullanımını kolaylaştırmaktadır.

Enjeksiyon kalıplama ürünleri havalandırma üniteleri, buzdolabı veya dondurucu parçaları imalinde kullanılır. Kasetler, radyo, TV, stereo kapakları imalinde yaygınlaşmakta olan bir kullanım alanıdır. Alevlenmeyi önleyici katkıları ihtiva eden reçineler bu ürünün TV kutusu imalinde de kullanımını kolaylaştırır. Darbeye mukavim PS, ev

aletleri, ayakkabı topukları, oyuncak ve kapak, kamera gövdesi, otomobil aksesuarı, buzdolabı gövdesi ve jant kapağı imalinde kullanılır.

II.1.2.1.3. Polietilen (PE)

Kök fırın gazından veya doğalgaz yada petrolden kraking ile üretilen Eten ve Etan'dan elde edilir. Çok sayıda PE tiplerinin diğer farkları, ergime derecesine göre olmakta ve relatif molekül ağırlığına göre ters orantılı bağıntı meydana gelmektedir. Yani ergime derecesi ne kadar düşük ise, relatif molekül ağırlığı da o kadar yüksek ve mekanik özellikleri de o kadar iyi olmaktadır.

Polietilen, oldukça düşük yoğunluğa sahiptir. Bunların elastikliği yüksektir ve düşük sıcaklıklarda da darbeye dayanıklıdır. Diğer üstünlükleri, pek az su alması, uygun elektriksel özelliği, yüksek kimyasal dayanıklılığı ve çok yönlü işlenebilirliğidir. Fiyatının da düşük olmasından dolayı, çok yerde kullanılabilirler. Kötü yönleri ise, stabil olmayan tiplerinde pek ultraviyole dayanımı, sünme ve gerilim çatlak korozyonuna karşı eğilimli olmasıdır.

Önemli kullanım yerleri, paketlenme folyesi, plaka, profit, boru, delikli parça ve kullanım yerinde gerilim çatlağı korozyon tehlikesi olmayan, mekanik özellikler ve yüzey sertliği bakımından fazla zorlanmayan enjeksiyon döküm parçalarıdır.

II.1.2.1.4. Polipropilen (PP)

Propan'dan (petrol/dogalgaz), normal basınç polimerizasyonu yardımıyla imal edilir. Katalizörlerin seçimini, izotaktisite, yani polimer zincirinde CH₃ gruplarının durumu etkiler.

Polipropilen, tüm yüksek polimerler içerisinde en düşük yoğunluğa sahiptir (0.906 kg/dm³). Polietilende olduğu gibi, mekanik özellikler yoğunluğa ve ergime derecesine bağlıdır.

Polipropilen, polietilene nazaran daha yüksek dayanım ve yüzey sertliğine sahiptir, daha az gerilim çatlağı eğilimi vardır ve termik özellikleri daha iyidir. Polipropilenin mekanik özellikleri, yumuşama sahasına kadar pek az düşme gösterirler. Polipropilen, 100°C'ye kadar sürekli sıcaklığa dayanıklıdır, hatta mekanik zorlama olmadığında 140°C'ye kadar kullanılabilir.

Polipropilen su almaz. Bu durum özellikle, ne rutubette ve ne de uyuşmama sıcaklığına kadar olan sıcaklıklarda etkilenmeyen, malzemenin dielektriksel özelliği

açısından önemlidir. Polipropilen oldukça iyi kimyasal dayanıklılık da gösterir, yalnızca oksitleyici ortamlarda uygun değildir. Polipropilenin 0°C'nin altındaki sıcaklıklarda kırılma eğilimi olan meyli kusur olarak görülür. Polipropilenin önemli kullanma yerleri, folye, plaka, profil, boru, delikli parça ve yüzey örtme, yüksek değerli enjeksiyon döküm parçaları, kutu, menteşe, ev cihazı parçaları, çamaşır makinası teçhizatları ve süpürücü kısımlar ile kaplamalar, olarak belirtilebilir.

II.1.2.1.5. Polivinilklorür (PVC)

Etin'in tuz asidinde dinlendirilmesi ve vinilklorüre dönüştürülmesiyle elde edilen monomer, emülsiyon ve süspansiyon polimerizasyonla polimerize edilir. PVC, uygun hammadde temini ve değişik yöntemlerle rahat üretilmesinden dolayı ucuz olduğundan, yüksek polimer malzemeler içerisinde geniş kullanım alanına sahiptirler ve dünya üretiminde de çok fazla yer işgal ederler. PVC'nin iyi işlenebilirliği esnasında 160°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda tuz asidinin parçalanması sonucu renklenme tehlikesi vardır. Bu durum birçok PVC çeşidinde ortaya çıkabildiğinden, stabilizatör ilavesiyle engellenir.

Sert PVC (PVC-S)'nin tipik özellikleri, rijitliğin yüksek olması, yanmazlığı, birçok kimyasal ortama dayanıklılığı ve kötü özelliği de -5°C'nin altındaki sıcaklıklarda kırılma eğilimi olmasıdır. Yumuşak PVC (PVC-Y) üretimler, lastik benzeri yumuşaklıktadır, fakat soğukta kırılma eğilimindedir. Özel soğuğa dayanıklı yumuşatıcılar, kullanımdaki bu sınırlayıcı durumu azaltır.

Sert PVC için önemli kullanım yerleri, aşındırıcı sıvı gaz ileten boru donanımlarının bağlantılarında, plaka, boru, profil ve folye olarak, kaplama malzemesi olarak, içme ve atık su tesisatlarında boru, fittings ve kaplama malzemesi olarak kullanılır. Yumuşak PVC ise, hortum, folye, yapay deri, salmastra, kablolar için izolasyon malzemesi örnekleri verilebilir. PVC-polimerizatlar ise, çekme ve baskılı form parçaları, levhalar, soğutucu dolap parçaları veya taban kaplama malzemesi olarak tercih edilir.

II.1.2.1.6. Polimetilmetakrilat (PMMA)

PMMA, etin ve mavi asidin blok polimerizasyonu ile değişik ara kademelerle üretilir. Yarımamül olarak (plaka, boru) ve enjeksiyon döküm halinde kullanım alanı mevcuttur. Karakteristikleri, çok iyi optik özelliği, iyi mekanik dayanımı (rijitlik, ve yüzey sertliği,) yaşlanmaya ve atmosfere karşı dayanımın çok iyi olmasıdır. Kuşkusuz, PMMA'da

gerilim çatlağı korozyonuna eğilim vardır. 100°C sıcaklığa kadar kullanılabilir ve soğuğa karşı yeterli dayanımları vardır.

PMMA, optik özelliğın ağır bastığı yerler başta olmak üzere, taşıtlarda motor ve şanzımanların saydam fonksiyonel modellerinde, aydınlatma kapaklarında, ışık bantlarında, cadde aydınlatmalarında, reklam panosu, ikaz ve sinyal ışıklarında tercih edilir.

II.1.2.1.7. Poliamid (PA)

Dikarbonasidi ve diaminin polikondenzasyonu yardımıyla yada aminoasidin polikondenzasyonu ile üretilir. Üretilen poliamid 11 ve 12, on bir ve on iki karbon atomu temel yapıda bulunur. Bileşimin, poliamidin özellikleri üzerine önemli etkisi vardır. Özellikle su alma, çok fazla etkilenir. Nemli atmosferde ölçü tamlığı aranan parçalar, yalnızca %1.5 su ile doymaya ulaştıklarından, tercihen poliamidin II'den yapılırlar.

Poliamid, konstrüksiyon malzemesi olarak, örneğın dişli çark, çubuk, civata gibi mekanik yüklenen ve ölçü tamlığı aranan yerlerde tercih edilir. Ancak, 100°C'nin (üzerinde, ortamda oksijen bulunması halinde, oksidasyonla tahribat meydana gelir. Bundan dolayı, atmosferde kullanım için yalnızca stabilize edilmişler seçilir. Buraya kadar belirtilen kullanım yerlerinin yanında poliamid, armatür, vantilatör, soğutma dolabı parçaları, taşıt, büro makinaları parçaları ve ayrıca yanmamül olarak (tel, çubuk, boru, profil) kullanılabilir. Yoğunluğu 1.14 kg/dm³'tür.

II.1.2.1.8. Polikarbonat (PC)

Polikarbonat, dioksidifenilenalkanen'in kömür asidi esteri veya fosen ile kondenzasyonu ile elde edilir. Bunlar, özellik kombinasyonu karakteri gösterirler ve teknikte özel bir kullanıma sahiptirler. Yüksek mekanik dayanım, yüksek sıcaklıkta da dayanımı iyi, sıcakta yüksek form dayanıklılığı, 140°C'ye kadar elektriksel ve dielektriksel geniş uyum ve pek az su alma, bu esnada özelliklerde değişmezlik, ayrıca değişen hava nemliliğında de ölçülerin garanti edilebilmesi. Cam faz takviyesiyle, mekanik ve termik değerler daha da iyileşir. Polikarbonat zor alev alır ve stabilize edildiğında ultravioleye dayanıklıdır.

Polikarbonatın kullanım yerleri, poliamide benzerdir. Esas olarak, teknikte hassas parçalar (dişli çark, diş çemberi, pinyon dişli), ev gereçleri, hesap ve yazı makinaları, tıbbi cihazların gövdeleri olarak kullanılır. Yoğunluğu 1.2 kg/dm³'tür.

II.1.2.1.9. Polioksümetilen (POM)

Polioksümetilen (poliformaldehit veya poliasetal olarak da belirtilir). Formaldehit veya trioksanın polimerizasyonu yada formaldehit veya trioksanın etilenoksitle kopolimerizasyonu ile elde edilir. Kuvvetli bir kristal yapısına sahip olduklarından, yüksek eğme rijitliğine, sertliğe ve darbe dayanımına sahiptirler. Çözülmüş maddelere karşı iyi dirençleri vardır. POM, neme karşı hassas değildir ve yüksek sıcaklıklarda da ölçü tamlığını ve stabilitesini korurlar. Düşük sürtünme katsayılarında, çok iyi aşınma dayanımı gösterir.

POM'un diğer özellikleri de göz önünde tutularak, dişli çark, pinyon dişli, kam mili, kayma parçası, kayma rayı balatası, yay elamanı veya şalt makası gibi konstrüksiyonlarda kullanılır. Atmosferde kullanıldığında, oksitlenmeyi önlemek için, is yada grafitle stabilizeleme yapılması gerekir.

II.1.2.1.10. Politetrafloretülen (PTFE)

Tetrafloretülenin polimerizasyonundan elde edilen politetrafloretülen, en pahalı yüksek polimer malzemesidir. Bundan dolayı, yalnızca çok iyi özellikler gerektiği zaman kullanılır.

Çeliklerle temas ettiğinde, çok düşük sürtünme katsayısı gösterdiklerinden, PTFE özel yatak malzemesi olarak da kullanılır. Kötü bir özelliği, özellikle konstrüksiyonlarda aranan boyut kararlılığı yoktur ve soğuk akma meydana getirirler. PTFE'nin özellikleri, oda sıcaklığında çoğu plastomerin altındadır, fakat buna karşın yükselen sıcaklıklarda diğer tüm yüksek polimerlerden daha iyidir. PTFE, plastik yumuşama sahası göstermediğinden, alışımlı plastomer işleme yöntemleriyle (enjeksiyon döküm, ekstrüzyon) şekillendirilemezler, soğuk preslenir ve ardından sinterlenirler. Ayrıca kimyasal maddelerden etkilenmez ve -150°C 'den $+280^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar sıcaklıklara karşı dayanıklıdır. Yoğunluğu 2.2 kg/dm^3 'tür.

II.1.2.2. Termosetler

Bir defaya mahsus olmak üzere ısıtıldığında istenilen biçimlendirmeyi elde ettikten sonra, yeniden ısıtıldığında eski biçimine dönüştürülemeyen plastik grubudur. Çünkü, bu gruptaki plastiklerin yapısını oluşturan atom zincirleri birbirlerine bağlarla bağlanmıştır. Yan yana bağlı atom zincirleri, termoset plastik tekrar ısıtıldığında birbirleri üzerinde kaymaz, yani

atom bağları birbirini bırakmaz. Bu nedenle, termoset plastikler bir defa biçimlendirmeye tabi tutulabilir.

Termoset plastikler grubuna verilebilecek örnekler aşağıda çıkartılmıştır.

II.1.2.2. 1. Epoksiler (EP)

Epoksi reçinesi, ön kondenzasyonun (Dioksitifenilalkan, epiklorhidrin) alifatik çok değerli amine yardımıyla sertleştirilmesiyle (soğuk sertleştirme) yada dikarbonik-asidanhidridle sertleştirilmesiyle (sıcak sertleştirme) elde edilir. Epoksi dolgu maddesi kombinasyonunun mekanik özellikleri, cam fazı ya da karbon fazı ile takviye edildiğinde, metalik malzemelere yaklaşır (fleksibilizasyon yardımıyla, lastik benzeri yüksek elastiklikte epoksi reçine de üretilebilir). Epoksi reçinesi çok az su alır, ölçülerini hemen hemen korur ve elektriksel özelliklerde pek değişme olmaz.

Sıcak sertleştirilmiş epoksi reçinesinin termik karakteristikleri çok iyidir. Sertleştirme ile bağlantılı hacim çekmesi, dolgu maddesine bağlı olarak % 2-3 arasındadır. Böylece, kompakt metal parçalarının içerisine gömülerek döküm yapılması ve hassas parça üretimi mümkün olur. Ayrıca, laminier reçinesi olarak, bot, uçak, roket imalatında fazla zorlanan tabakalı malzeme üretiminde de kullanılır. Yoğunluğu 1.11 kg/dm^3 ile 1.80 kg/dm^3 arasında değişmektedir. Çekme dayanımı 46 MPa kadar ulaşır. Özel dolgu maddesiyle güçlendirildiğinde 315°C sıcaklığa kadar dayanım gösterebilir.

II.1.2.2. 2. Polyester (UP)

Polyesterin yoğunluğu 1.3 kg/dm^3 'dür. Dolgu maddesiyle güçlendirildiğinde yoğunluğu 1.5 kg/dm^3 ile 2.28 kg/dm^3 arasında değişir. Dikarbonikasidin iki değerli alkol ile polikondenzasyonu, polyester stiren içerisinde çözülür ve peroksit sertleştirici yardımıyla, doymamış polyester elde edilir. Bu malzeme, döküm yada laminier reçinesi olarak pres kalıplarında işlenebilir.

Feno ve aminoplast malzemelerle karşılaştırdıklarında, oldukça düşük pres basıncı gerektirdiklerinden UP malzemelerden geniş yüzeyli form parçalarda üretilebilir. Cam fazı takviyesi sonucu, polyester çok iyi dayanıma sahiptir ve özellikle darbeli eğme ve çentik darbe dayanımı yüksektir. Bunlar, 250°C sıcaklığa kadar dayanıklıdırlar. UP-reçinesi yanabilir. Dayanımın yüksek olması ve geniş yüzeyli imal edildiklerinden, UP malzemeler özellikle, plaka, boru, profil üretiminde, kap ve kaplamasında, gövde, kaplama ve

karoseri için geniş yüzeyli preslenmiş parçalarda, bot, uçak ve roket parçalarında kullanılır.

II.1.2.2. 3. Melamin - Formaldehid (MF)

Yoğunluğu 1.47-1.55 kg/dm³ arasındadır. Melamin ve formaldehidin polikondenzasyonu ile renksiz reçine elde edilir ve dolgu maddesi ile açık renkli form parçalar üretilebilir. Açık renkli, ışığa dayanıklı, yiyecek tadını bozmayan ve koku yapmayan, psikolojik olarak hoş görünümlü MF parçalarının üretimi mümkündür. Çoğu zaman, yiyecek maddeleri için ambalaj malzemesi olarak da kullanılabilir, ancak tabak yapımında kullanılması sağlığa zararlıdır.

Melamin reçinesinden form parçaların mekanik özellikleri, dolgu maddesinin çeşidine bağlıdır ve mekanik özelliklerin büyüklüğü, yaklaşık PF malzemeler kadardır. Ancak, melamin reçinesinin termik özellikleri pek iyi değildir. Ayrıca, kötü özelliğine ilave olarak, komplike form parçalarda titreşimden etkilenme ve çatlak teşekkül ettirme eğilimleri vardır.

II.1.2.2.4. Fenolikler

Yoğunluğu 1.25 kg/dm³ ile 1.55 kg/dm³ arasındadır. Fenol-formaldehid reçinesi, fenol ve onun homologu kresol ve iskenol ile metanolün (formaldehid) polikondenzasyonu ile elde edilir.

Dolgu maddesi içermeyen fenol-formaldehid reçineler, yalnızca pek az miktarda döküm reçine olarak teknik amaçlarla kullanılır. Toz yada talaş formunda dolgu maddesi içeren, kalıpta istenildiği gibi preslenebilen ürünler daha çok kullanılır. Reçine baz üzerine, kimyasal ve termik koşulların etki etmesi yanında, mekanik, elektriksel, işlenebilirlik ve parçaların su alması gibi özelliklere daha büyük etki, dolgu maddelerinin cins ve miktarına bağlı olarak değişir.

Özel kendisine has koyu renginden dolayı, fenol ve kresol reçineler, koyu sarıdan kahverengiye doğru ve ayrıca boyanmış renkli olarak da üretilebilirler. Mineral dolgulu tipleri, daha çok elektrik fişi, priz, anahtar bağlantı elamanları üretiminde kullanılır.

Yüksek dayanım özelliği gerektiğinde, çoğu zaman takviyeli ve örgülü tipleri tercih edilir ve dişli çark, sonsuz vida, makara, yatak, darbeye dayanıklı gövde gibi yerlerde kullanılırlar.

II.1.2.2. 5. Poliüratan (PUR)

Bal sarısı renginde, şeffaf her cinsine göre sert ve diri olanından yumuşak ve lastik elastikiyetine kadar olanları mevcuttur. İyi yapışkanlık kabiliyetinden dolayı köpürtülebilir. Zayıf asitlere, tuz eriyiklerine ve çözücü maddelere karşı dayanıklıdır.

Kullanıldığı yerler; Sert-PUR: yatak zarfları, dişli çark yapımında, orta sertlikte-PUR: Dişli kayışlar, taşıt tamponları, makaralar yapımında kullanılır. Yumuşak-PUR: Conta yapımında kullanılır. Poliüratan bunlardan başka yapıştırıcı maddesi olarak kullanılabilir. Ayrıca her ağ teşekkül derecesine göre, sert köpük maddesi elde edilebilir. Yoğunluğu 1.15 kg/dm³ ile 1.2 kg/dm³ arasında değişmektedir.

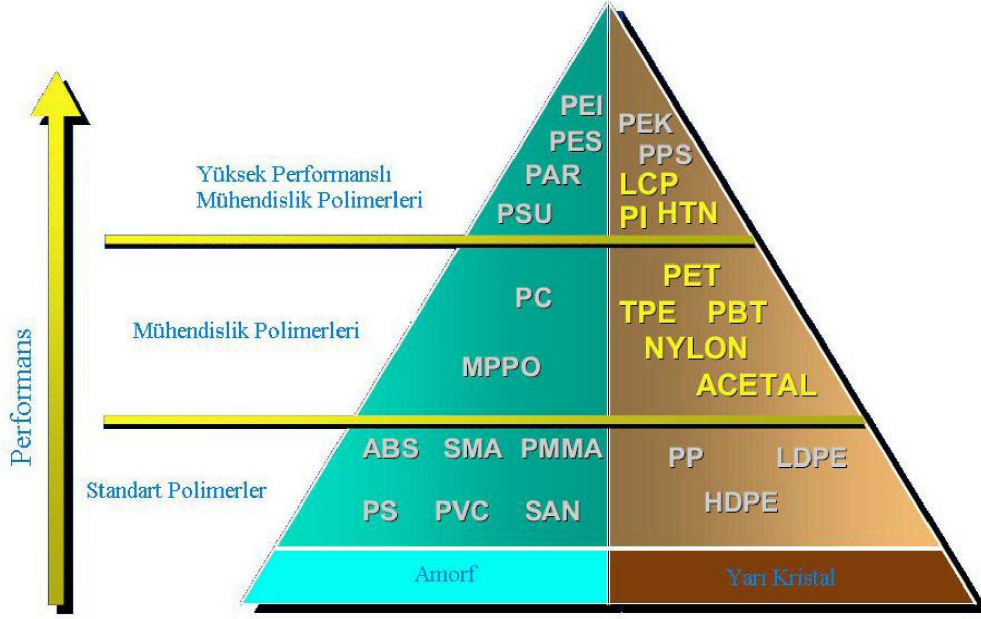
II.1.2.2. 6. Silikon (SI)

Süt beyazı renginde, su ve yapıştırıcı maddeyi reddeden özelliktedir. Her imalata göre sert ve katı olanından yumuşak ve lastik elastikiyeti olanına kadar çeşidi vardır. Yağlara karşı dayanıklı, asitlere, eriyiklere ve çözücü maddelere karşı dayanıksız ve +180°C'ye kadar sıcaklığa dayanıklıdır. İzole boyası, su geçirmez boya, contalar, aralık doldurma maddesi ve döküm kalıpları olarak kullanılır.

II.1.3. Plastiklerin Genel Özellikleri

Çok çeşitli ve diğer birçok malzeme grubundan daha farklı özelliklere sahip plastiklerin ana özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

- Özgül ağırlıkları azdır.
- Çok çeşitli mekanik özelliklere sahiptirler.
- Kolay şekil verilebilir ve kolay işlenebilir.
- Katkı maddeleri ile özellikleri değiştirilebilir.
- Isı ve elektrik iletkenlikleri düşüktür.
- Saydamdırlar
- Korozyona ve kimyasal maddelere karşı dayanıklıdırlar.
- Yeniden işlenip kullanılır hale gelebilirler.
- Ucuz bir şekilde üretilirler.



Şekil II.1 Plastik Üçgeni

II.1.3. 1. Plastiklerin Genel Görünüşü

Plastikler genelde renksiz malzemelerdir. İstenilen renkte plastik elde etmek için renk verici katkı malzemeleri kullanılır. Bazı plastiklerin saydamlık derecesi %92 ile camın saydamlık değerine ulaşır. Bu malzemeler de azo ve anilin sınıfı boyar maddelerle yine saydam, titandioksit ve diğer çeşitli metal oksitler, karbon siyahı gibi maddelerle de mat olarak boyanabilirler.

Plastiklerin ışığı farklı derecelerde geçirme özelliğinden faydalanılarak sanayiden ve günlük hayatta çok iyi optik özelliklere sahip ürünler elde edilmiştir. Polimetilmetakrilat, polikarbonat, kristal polistiren, selüloz asetat bunların yaygın örnekleridir.

II.1.3. 2. Plastiklerin Yüzey Sertliği

Plastikler cam, seramik, metal gibi malzemelere nazaran daha az serttirler. Bu yüzden çizilmeye karşı dirençleri daha azdır. Plastiklerin yüzey sertlikleri, ortamdaki sıcaklık ve basıncın etkisiyle yakından ilgilidir. Termoset ve termoplastiklerin sıcaklık arttıkça yüzey sertliği azalır.

II.1.3. 3. Plastiklerin Yoğunluğu

Sanayide ve günlük hayatta kullanılan malzemeler arasında hafiflik açısından plastikler önemli bir avantaja sahiptirler. Katkısız yoğunlukları $0.9-1.5 \text{ kg/dm}^3$ arasında değişmektedir. Katkı malzemeleri kullanılarak bu değer 2.5 kg/dm^3 'e kadar çıkartılabilir.

II.1.3. 4. Plastiklerin Isısal Özellikleri

Plastiklerin en önemli dezavantajlarından bir tanesi ısıya karşı hassas olmalarıdır. Çoğu plastikler $100-180^\circ\text{C}$ arasında uzun süreli kullanıma uygun olmalarına rağmen, plastiğin kullanımı açısından yumuşama sıcaklığı daha önemlidir. PTFE (Polietrafluoretilen) ve polifenilen gibi bazı plastikler 250°C 'ye kadar kullanım alanına sahiptirler.

Plastiklerin diğer önemli bir ısısal özelliği de ısı iletkenliklerinin son derece kötü olmasıdır. Isıl iletkenliklerinin kötü olması malzemenin ısıl yorulmaya uğrama olasılığını artırır. Bu olasılığı azaltmak için plastik içerisine metal tozları, karbon ve cam elyafı gibi çeşitli katkı maddeleri katılabilir.

II.1.3. 5. Plastiklerin Elektriksel Özellikleri

Genelde plastiklerin büyük çoğunluğu yalıtkan olup iyi bir dielektrik özelliğine sahiptirler. Özellikle kablo yapımında kullanılan plastiklerin dielektrik özelliğini arttırmak için mika, asbest ve antimon trioksit gibi dolgu maddeleri kullanılır.

Bazı plastiklerin kullanım amacına uygun olarak elektriği iletmesi istenir. Bu amaçla geliştirilen poliasetilen elektrik iletme özelliğine sahiptir. İletkenliğini arttırmak için metal tozları, karbon siyahı gibi katkı maddeleri ilave edilebilir.

II.1.3. 6. Plastiklerin Kimyasal Özellikleri

Çoğu plastikler asit, baz kimyasal etkileri çok fazla olan maddelere karşı metallere daha dayanıklıdır. Polietilen, PTFE, polipropilen, epoksi, poliester, sülfon, vinil plastikleri kuvvetli asit ve bazlara karşı oldukça dirençlidir. Bu özelliklerinden dolayı asit ve baz gibi kimyasal ajanların depolanmasında kullanılır.

II.1.4 Plastiklerde Çekme ve Çarpılma

Eğer plastikler enjeksiyon yöntemiyle işleniyorsa, üretilen parçanın boyutlarının kalıp boşluğu boyutlarından sapsması kaçınılmazdır. Nominal boyutlardan bu sapsmalar çekme veya çarpılma olarak adlandırılır.

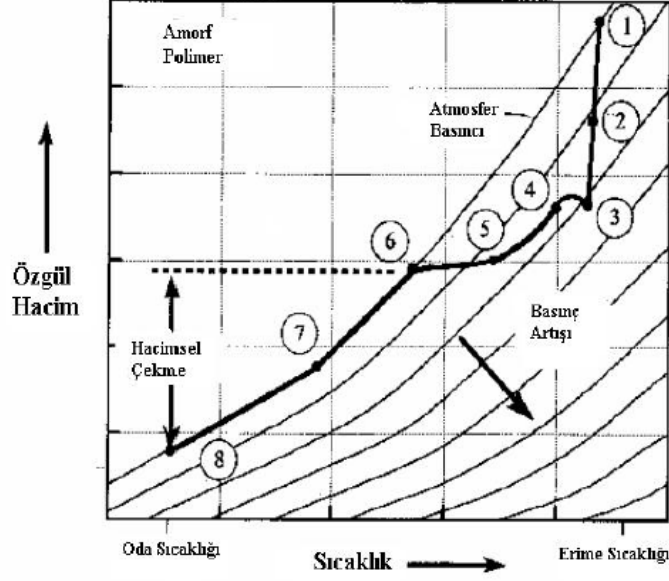
II.1.4 1 Çekme

Bütün malzemeler soğuması esnasında çekerler. Plastikğin erime sıcaklığında kalıp sıcaklığına soğumasına kalıp çekmesi adı verilir. Plastikteki çekmenin ana nedeni plastikğin termal genişleme miktarına bağlıdır. Bu genişleme katsayısı ile ölçülür. Plastik malzemenin termal genişleme katsayısı metallerle karşılaştırıldığında yüksektir. Genel olarak 100 °C sıcaklık artışı veya azalışında malzemeye bağlı olarak 0.001 ve 0-0.02 mm genişleme veya çekme görülür. Kristalleşen termoplastikler, kristalleşme oranına göre ilave bir çekmeye maruz kalırlar, bu kristalleşme ve çekme oranı soğuma hızına bağlıdır. [6]

AMORF		YARI KRİSTALİN	
ISO Sembolü	Kalıpta Çekme Oranı %	ISO Sembolü	Kalıpta Çekme Oranı %
ABS	0,4-0,7	PE	1,5-3
PS	0,3-0,6	PE	1,5-4
SB	0,3-0,6	PP	1-2,5
SAN	0,4-0,6	PA66	1,2-2,5
CA	0,3-0,7	PA66	0,8-2
CAB	0,3-0,7	PA610	0,8-2
CP	0,3-0,7	PCM	1,5-3,5
PC	0,5-0,8	PBTP	1,2-2,8
PMMA	0,4-0,8	PETB	1,2-2
PPO	0,5-0,8	FEB	3,5-5

Tablo II.1 Farklı Plastik Malzemelerin Çekme Oranları

Enjeksiyon yöntemi ile üretilen parçalarda çekmenin doğal sebebi malzemenin termodinamik davranışdır. Bu davranış P-V-T (Basınç-Hacim-Sıcaklık) davranışı olarak da adlandırılır ve plastik malzemelerin sıkıştırılabilirlik ve termal genişleme davranışlarıdır.



Şekil II.2 P-V-T Diyagramı Üzerinde Enjeksiyon Çevrimi ve Çekme

Bir enjeksiyon çevriminde malzemenin P-V-T değişimi Şekil II.2.'de gösterilmiştir. Buna göre:

1: Plastiğin kalıba girişi – atmosferik basınç

1-2: Kalıp gözünün doldurulması

2: Kalıp gözünün tamamen dolduğu an

2-3: Ütuleme fazı

3: Maksimum kalıp göz içi basıncına erişilmesi ve tutma basıncı kontrolüne geçiş başlangıcı

3-4: Tutma basıncına geçiş

4: Tutma basıncı fazı başlangıcı

4-5: Kalıptaki soğuma ve katı tabaka kalınlıklarının artması sonucu basınç düşüşü.

Özgül

hacimdeki küçülmeyi karşılayacak malzeme beslemesi devam etmektedir

5: Yolluk girişinin donması ile malzeme akışının durması, tutma fazının sonu

5-6: Parçanın soğuması ve çekmesi sonucu basınç düşüşü

6: Atmosferik basınca düşülmesi, parça boyutları kalıp boyutlarına eşit. Kalıpta çekmenin

başlangıcı

6-7: Kalıpta sabit basınç altında soğuma

7: Kalıbın açılması, parçanın düşürülmesi

7-8: Kalıp dışında atmosferde soğuma

8: Parçanın son hacmine erişmesi

II.1.4.2. Çekme Oranına Etki Eden Faktörler

1. Kalıp ve eriyik sıcaklıkları: Katkısız Amorf malzemeler için sıcaklık en baskın etkindir. Enjeksiyon sonrası 20-30 dakika içinde nihai ölçüsüne ulaşabilir.

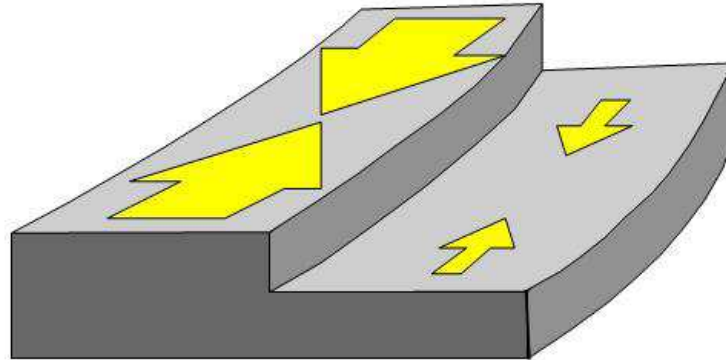
2. Ütüleme ve Tutma basınçları: Yolluk girişi donana kadar tutma basıncı ile çeken hacmin yerine malzeme doldurulduğundan parçanın nihai ölçüleri daha az çeker. Çekme oranının yüksek olduğu yarı-kristalin malzemelerde tutma ve ütüleme basınçlarının etkisi daha fazladır.

3. Kristalleşme: Kristalleşme sırasında malzeme özgül hacmi küçülür. Yarı-kristalin malzemelerde kristalleşme oranı arttıkça çekme oranı artar. Kristalleşme ve kristallerin yeniden sıralanması süreci enjeksiyondan saatler ve günler sonra da devam eder DIN 16901 'e göre parçanın enjeksiyondan 16 saat sonraki ölçüleri kalite kontrol için referans alınır.

4. Soğutma hızı / Parça Et Kalınlığı: Yarı-kristalin malzemelerde kristalleşme yüksek sıcaklıklarda daha hızlıdır.

Yavaş soğutma:

- Kristalizasyon için daha fazla zaman
- Daha fazla çekme
- Yüksek et kalınlığı:
- Daha uzun soğuma
- Daha fazla çekme



Şekil II.3 Farklı Et Kalınlıklarında Farklı Çekme Oranı

5. Nem emme : Plastikler enjeksiyon öncesi “kurutulurlar”. Enjeksiyon sonrası ortamdaki nemi tekrar emerler ve parça boyutları büyür. Bazı plastiklerin nem tutma oranı daha yüksektir. Nem emme malzeme ve parça et kalınlığına göre günler, haftalar sürebilir.

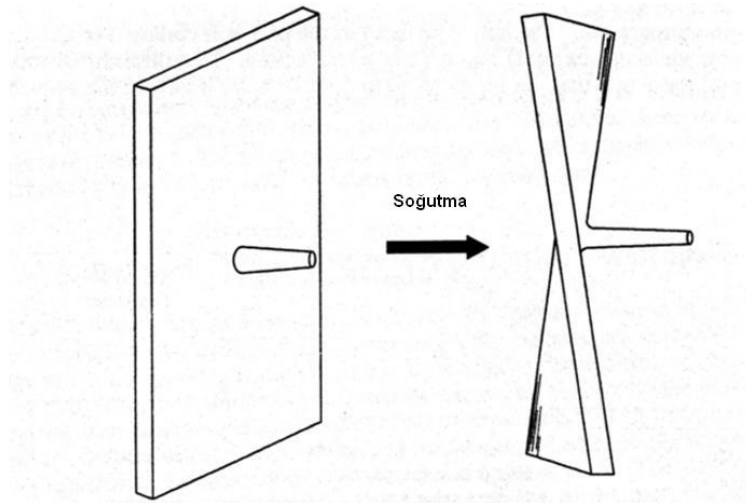
Süreyi kısaltmak için enjeksiyon sonrası suda bekletme, ambalaj içine su doldurma vb. yöntemler uygulanır.

6. Akış yönü / İzotropi: Kalıbın dolması sırasında esnek polimer molekül zincirleri akış yönünde uzar ve yönlendirilir. Tekrar eski boyutlarına dönmeden soğuma ve donma gerçekleşir. Moleküler yönlendirme çekmenin akış yönüne göre değişkenlik göstermesine neden olur. Katkısız malzemeler akış yönünde daha fazla çekerken, elyaf katkılı malzemeler çekmesi elyaf yönünde daha düşüktür.

7. Malzeme katkıları: Partikül katkıları genellikle inorganiktir. Çekme oranları polimerlere oranla çok daha küçüktür. Katkıları oranında çekme oranını düşürürler. Elyaf (fiber) katkıları akışa göre yönlendiklerinden akış yönünde ve akışa dik yönde çekme oranları arasında önemli farklılıklar yaratırlar.

II.1.4 .3 Çarpılma

Parçanın, farklı bölgelerinde, farklı yönlerde, farklı miktarda, farklı zamanlarda oluşan çekmedir. Parçanın şeklinin bozulmasına neden olur.



Şekil II.4 Plastiklerde Çarpılma Etkisi

II.1.4.4 Çarpılmaya Etki Eden Faktörler

1. Akış nedeniyle malzeme moleküler yönlenmesine bağlı anizotropik çekme davranışı:

Moleküler yönlenme nedeniyle farklı bölgelerde farklı yön ve miktardaki çekmeler parçanın şekil değiştirmesine neden olur.

2. Eşit olmayan soğutma nedeniyle farklı ısıl çekmeler:

- Eşit olmayan soğutma nedeniyle farklı ısıl çekmeler oluşur.
- Kalıbın Erkek ve dişi taraflarında tamamen aynı soğutmayı sağlamak genellikle zordur.
- Parça geometrisi soğutma dengesini bozar.
- Farklı et kalınlığı farklı soğuma zamanlarına neden olur. Buda çarpılmaya neden olur.

3. Kalıp göz içinde homojen olmayan basınç dağılımı:

- Yolluk girişinden parçanın uzak noktalarına kadar olan yol boyunca oluşan basınç profili çekme oranını etkiler.
- Yolluğa yakın, ütüleme basıncının yüksek olduğu yerler daha az, uzak bölgeler daha çok çeker. Özellikle ince uzun ve ince et kalınlıklı parçalarda bu etki daha fazla hissedilir.
- Farklı yolluk tasarımları çekme / çarpılma davranışını etkiler.

4. Malzeme etkileri:

- Akış yönüne bağlı farklılaşma, özellikle yüksek moleküler ağırlıklı malzemeler için daha fazladır.
- Soğutma hızına bağlı farklılıklar yarı-kristalin malzemelerde daha fazladır. Daha yavaş soğuma hızı daha fazla oranda kristalleşme ve daha fazla çekme getirir.
- Dengesiz soğutma farklı çekmeler oluşturur. Bu da çarpılmaya neden olur.
- Fiber katkılı malzemelerde fiber yönlenmesi çekme dağılımını etkiler, çarpılmaya neden olur.

Sonuç olarak plastiklerde çekme ve çarpılmanın etkileri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Çekme ve çarpılmayı
 - Parça tasarımı,

- Kalıp tasarımı,
- Enjeksiyon şartları,
- Malzeme özellikleri etkiler.
- Tasarımcı parça fonksiyonuna etkilerini önceden düşünmelidir.
- Kalıp tasarımı buna uygun yapılabileceği gibi tasarımda alınabilecek tedbirler ile çarpılmanın fonksiyona etkisi azaltılabilir.

II.1.5 Plastik Alaşım ve Harmanları

Yapısal farklılık gösteren plastikler yalnız başlarına özellikleri yeterli olmadığı zamanda iki veya daha fazla sayıda plastiğin özel yöntemlerle istenen özelliklerde homojen özelliklere getirilmesidir. Moleküller arası kovalent bağlar Van der Waals kuvvetleri gibi faktörler farklı moleküllerin rijit bir kütle meydana getirmesini sağlar, böylece plastik kullanımında beklenen optimal veya ara özellik değerleri ile ucuz maliyet ve daha başka isteklere ulaşılmış olunur.

II.1.6 Plastiklere Katılan Dolgu Maddeleri

Birçok plastik kendilerine çeşitli özellikler kazandıran dolgu maddeleriyle işlenmeden veya işlendikten sonra piyasaya sürülür. Belirli amaçlara yönelik dolgu maddelerinin en önemlileri aşağıda çıkarılmıştır.

- Pekiştirici ve dayanım arttırıcılar
- Renklendiriciler (boyar maddeler veya pigmentler)
- Plastikleştiriciler
- Kaydırma ve işlemeyi kolaylaştırıcılar
- Antistatikler (statik elektriklenmeyi önleyiciler)
- Ultraviyole ışınım dengeleyiciler (UV stabilizatörleri)
- Oksitlenme önleyiciler

- Köpük yapıcılar (genleştiriciler)
- Diğer dolgu maddeleri: Yataklarda kaymayı arttırıcılar, yanmayı güçleştiriciler ve ısı dengeleyiciler (ısı stabilizatörleri)

II.1.7 Plastiklere Şekil Verme Yöntemleri

"Plastik" sözcüğünün sözlükte geçen anlamı yoğrulabilen, yoğrularak istenilen biçim verilebilendir. Böylece incelenmekte olan plastik sınıfı elemanlarının önemli bir özelliği tariflenmiş oluyor. Sanayide üretilen plastikler ancak iyi bir biçimlendirme ile değer kazanırlar. Plastikler türlerine ve kullanım amaçlarına göre değişik yöntemlerle biçimlendirilirler. Bu yöntemlerin başlıcaları aşağıda gösterilmiştir:

Başlıca Kalıplama yöntemleri:

- Basınç kalıplama
- Döner kalıplama
- Döner döküm kalıplama
- Enjeksiyon kalıplama
- Enjeksiyon ile şişirme kalıplama
- Santrifüj döküm kalıplama
- Döküm

Diğer biçimlendirme yöntemleri:

- Ekstrüzyon
- Őişirme ile film çekme
- Kalıpsız ekstrüzyon

Basınçta ısı ile biçimlendirme (Thermoforming)

- Lif sarma
- Köpük plastik

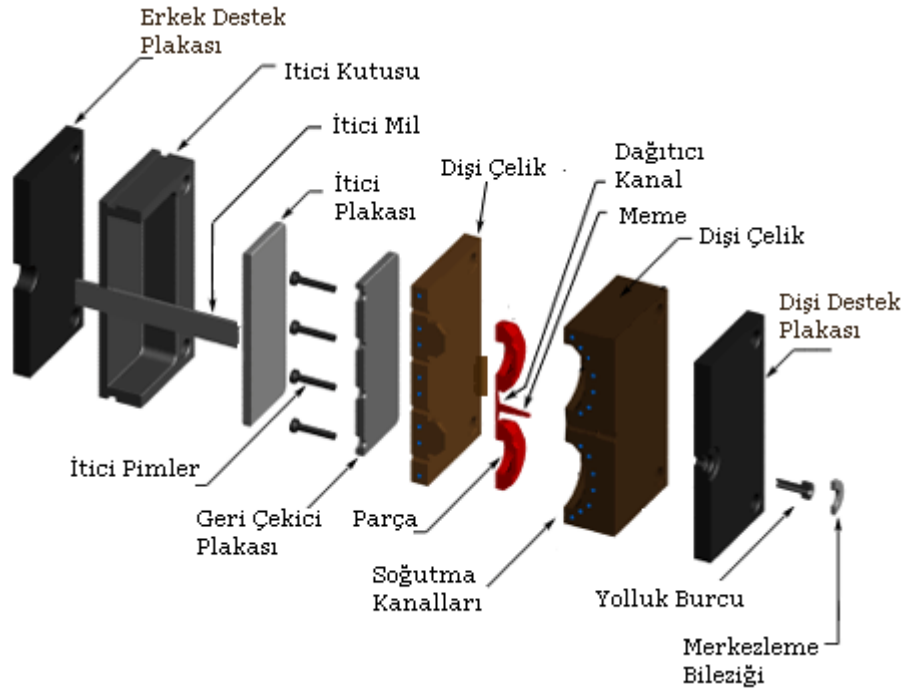
Termoset veya termoplastik türünden plastiklerin biçimlendirilmesinde uygulanan temel yöntemlerden her biri, plastiğe belirli geometrik formların verilmesini sağlamaktadır. Plastiğin kullanılabildiği durumlarda, parça dizaynının öngördüğü geometri ve tolerans gereklerini belirleyebildiğimiz takdirde, parçayı imal etmek için en avantajlı yöntemi seçmemiz mümkün olabilmektedir. Yöntem seçimini etkileyebilecek dizayn faktörlerini önceden saptayarak yonteme uygun dizaynı geliştirecek olursak söz konusu seçimi en iyi bir şekilde çözümlemiş oluruz. Böylelikle, gerek fonksiyonel ve gerekse imalat açısından en uygun dizayn şekline ulaşılabilir. [9]

BÖLÜM III

III.1. PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLARININ GENEL YAPISI

III.1.1. Enjeksiyon Kalıp Tipleri

Silindir içindeki plastik malzemenin erimesine ve enjeksiyona hazır hale gelmesine, plastifikasyon denir. Enjeksiyon kalıbı, enjeksiyon basıncına karşı koyabilmek için sıkıca kapanıp kitlendikten 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 ayırım çizgisidir. Genel olarak bir enjeksiyon kalıbının bileşenleri Şekil III.1.'de gösterilmiştir.



Şekil III.1 Enjeksiyon Kalıp Bileşenleri

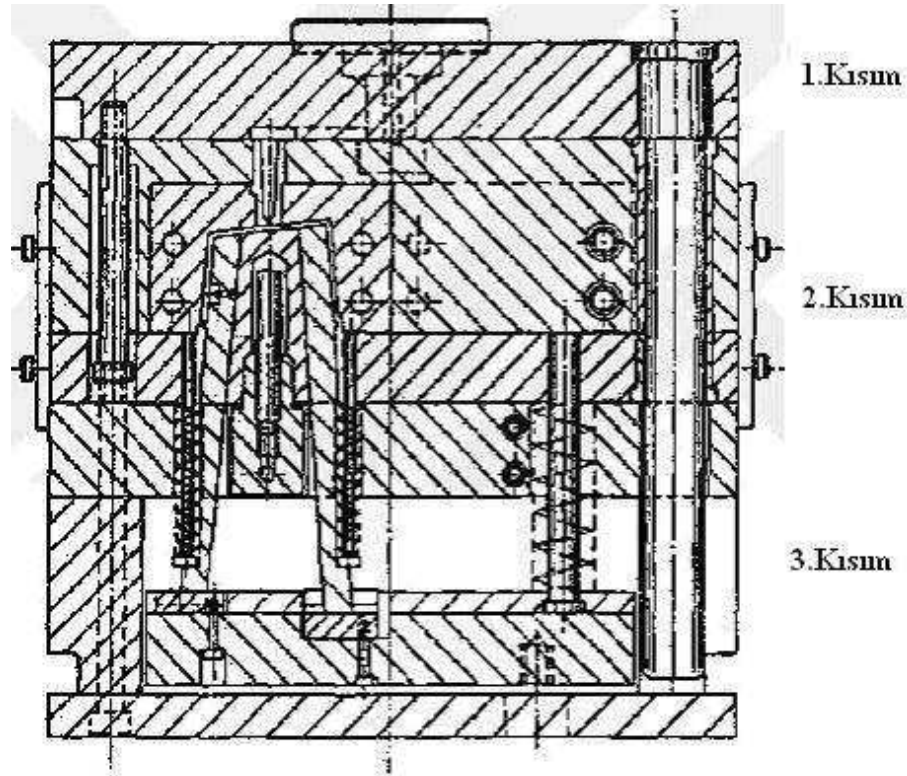
Enjeksiyon kalıp dizaynı, kullanılan plastiğe göre değişir. Enjeksiyon kalıpları, termoset ve termoplastik malzemeler için kullanılabilir. Termoset malzeme için tasarlanan kalıplar, plastik malzemeden daha yüksek bir sıcaklıkta tutulmalıdırlar ki, termosetler için gerekli olan olgunlaşma süresi boyunca, gereken sıcaklık sağlansın. Termoplastik malzemeler için ise kalıp sıcaklığı, eriyiğin kalıba giriş sıcaklığından daha düşük olmalıdır.

III.1.1.1 İki Plakalı Kalıpları

Kalıp boşlukları, bir plaka üzerine monte edilir ve diğer plaka, bu plaka üzerine kapanır. Merkezi bir dikey yolluk, sabit plakaya işlenir. Hareketli kısım gereken kapama kuvvetlerini sağlar ve itici sistemlerini çalıştırır. Şekil III.1'de gösterilen bu tip kalıplar, enjeksiyon kalıpcılığındaki en temel dizayndır.

III.1.1.2 Üç Plakalı Kalıplar

Çok gözlü kalıplar için tasarlanan bu tipte, ayrıca bir hareketli plaka daha bulunur. Merkezi veya aksenal kaçık yolluklar, bu tip dizaynda kullanılabilirler. Genellikle bu yöntemde verimli çalışabilmesi için, birden fazla yolluk iticisi kullanılmak zorunda kalınır. Şekil III.2'de üç plakalı bir kalıp tasarımı görülmektedir.



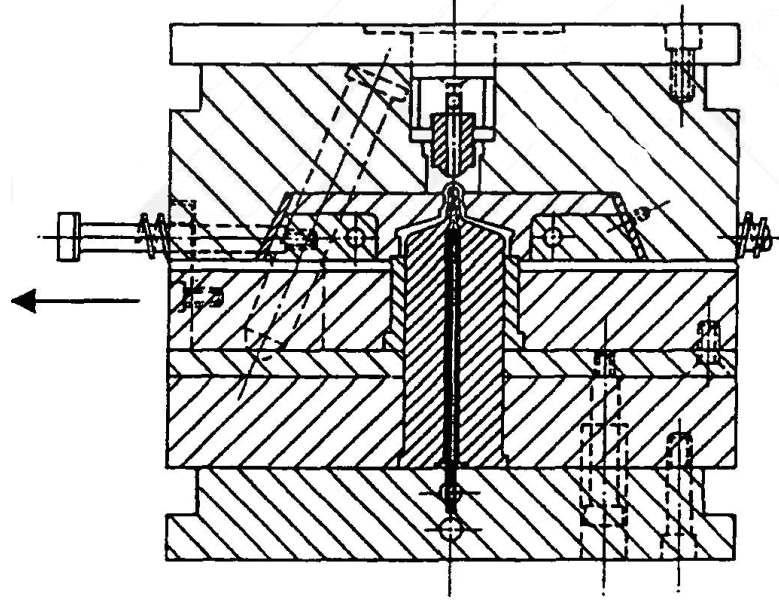
Şekil III.2 Üç Plakalı Kalıp

III.1.1.3 Ayrık Kalıplar

Normal bir operasyonla üretilmeyecek maçalı parçalarda, üretim adetleri düşükse veya prototip yapılması amaçlanıyorsa, kalıp içinde ayrı parçalar dizayn edilir. Bunlar parça ile birlikte kalıptan çıkarıldıktan sonra elle ayrılırlar.

III.1.1.4 Yatay veya Açılı Hareketli Kalıplar

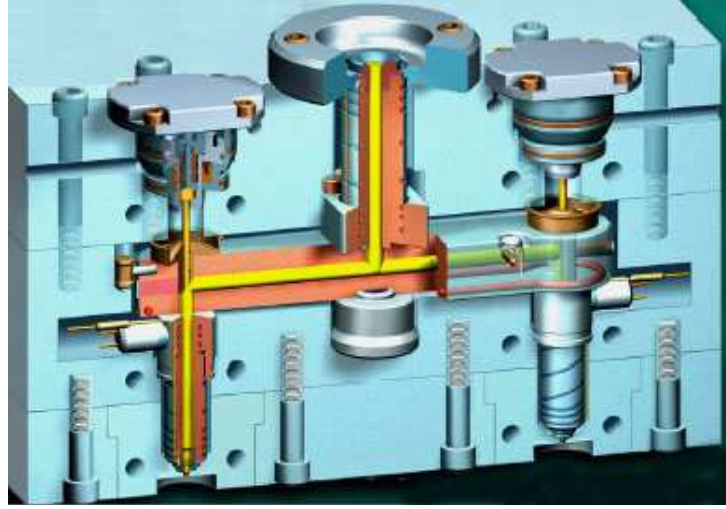
Bu tip dizaynlarda, erkek kalıpta, pres tarafından hareket ettirilmesi mümkün olmayan kısımların hareketi amaçlanır. Kam millerinin veya açılı pimlerin kullanımıyla, kalıp elemanlarının ikincil bir hareket kazanması sağlanır. Bu ikincil hareket, pnömatik veya hidrolik silindirler yardımıyla gerçekleştirilir. Şekil III.3'de tipik bir yatay hareketli kalıp gösterilmiştir.



Şekil III.3. Yatay Hareketli Kalıp

III.1.1.5 Sıcak Yolluklu Kalıplar

İdeal bir enjeksiyon prosesinde, kalıplanan parçanın mümkün olduğunca uniform yoğunlukta, yolluklardan ve çapaklardan arındırılmış bir şekilde çıkması istenir. Bu sayede sağlanan malzeme tasarrufu azımsanmayacak düzeydedir. 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 pahalıdır ve ciddi tecrübe gerektirirler. Parça çıktıktan sonra çapakların ve yollukların temizlenmesi için gereken işçilik masrafları düşmektedir.



Şekil III.4. Sıcak Yolluklu Kalıp

III.1.1.6 Yarı Otomatik Kalıplar

Bu tip kalıplarda kalıplanan parça pres açıldığında otomatik olarak dışarı alınır. İşçilik maliyetlerinin ve çevrim süresinin düşürülmesi bu tip kalıplarla mümkün olmaktadır. Bu kalıplarla çalışan işçilerin yapması gereken, parça çıkarıldıktan sonra çapakların ve yollukların temizlenme işlemi ve presin açılıp kapanmasını sağlamaktır.

III.1.1.7 Otomatik Kalıplar

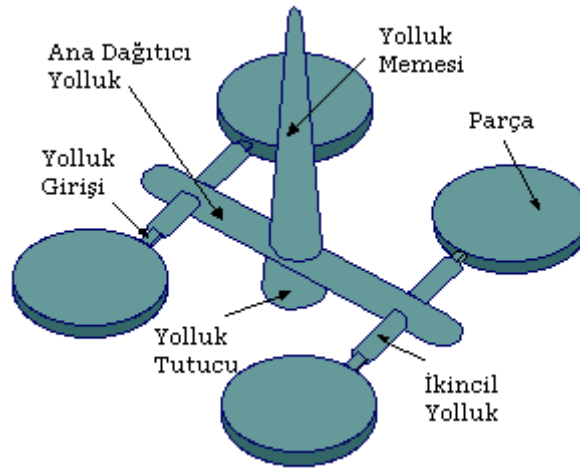
Yarı otomatiklerden farklı olarak bu çeşit kalıplarda ek olarak bazı mekanik donanımlar sayesinde tüm operasyonlar otomatiktir. Ancak bu tip kalıplar ancak otomatik preslerle kullanılabilirler.

III.2 ENJEKSİYON KALIPLARINI OLUŞTURAN ELEMANLAR

III.2.1 Yolluk Sistemleri ve Alt Bileşenleri

Yolluk, enjeksiyon kalıbının, lüleden kalıp boşluğuna kadar olan bölümüdür. Yolluk şekli ve dizaynı, parçanın kalitesini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bir yolluktan istenen, gerekli hacimdeki malzemeyi en çabuk ve düzgün şekilde kalıp boşluğuna iletmesidir.

Yolluk sistemi, genellikle birkaç komponentten oluşur. Bu komponentler, özellikle çok gözlü kalıplarda daha ön plana çıkarlar. Şekil III.5.'de ağız, yan ve dikey yolluk kombinasyonu olan, bir yolluk sistemi gösterilmektedir. Bu konu Bölüm 4'te tüm detaylarıyla incelenecektir.



Şekil III.5 Yolluk Sistemi Elemanları

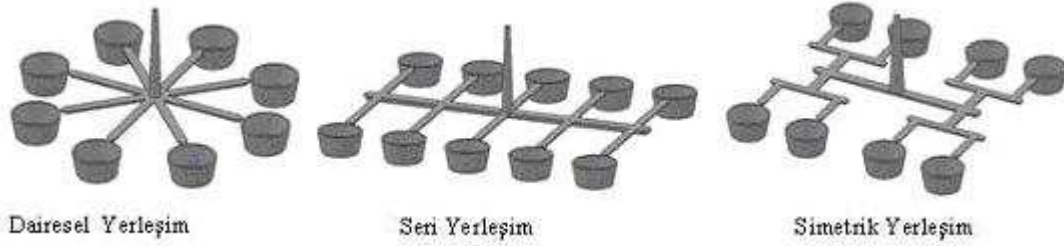
III.2.2 Kalıp Göz Dizilimi

Göz sayısı tespit edildikten sonra, kalıp içindeki yerleşimi yapılmalıdır. Bu yerleşim, mümkün olduğunca merkeze yakın ve simetrik şekilde yapılmalıdır. Yerleşim yapılırken şu hususlar gözönünde tutulmalıdır:

- Tüm gözler aynı zamanda ve sıcaklıkta dolmalıdır
- Akış uzunluğu mümkün olduğunca küçük tutulmalı, böylece hurda miktarı minimuma indirilmelidir.

- Bir gözden diğerine olan mesafe, enjeksiyon basıncına karşı koyacak kadar ve iticilerle, soğutma kanallarının geçeceği kadar geniş olmalıdır.
- Tüm kuvvetler, plakanın ağırlık merkezinde toplanacak şekilde olmalıdır. Sıkça kullanılan yerleşim tipleri Şekil III.6'da gösterilmiştir. Dairesel yerleşim, eşit akış uzunluğunu sağlaması, kalıptan kolay çıkması gibi sebeplerden ötürü tercih edilmektedir. Ancak bu yerleşim, belli sayının üzerinde kalıp gözü gerektiğinde, verimliliğini yitirmektedir. Seri dizilimde, dairesele nazaran daha çok parça yerleştirilebilmektedir. Dezavantajı, akış uzunluğunun eşit olmaması ve uniform dolum istendiği taktirde, kanal çaplarının değişik işlenmesi gerekliliğidir. Simetrik dizilimde ise, akış uzunluğu eşittir fakat yolluk hacmi arttığından, hurda miktarı, dolayısıyla parça maliyeti artmaktadır. Ayrıca eriyik, istenenden daha çabuk soğumaktadır.

Göz yerleşimi, dikey yolluğa göre merkezden kaçık tasarlandığı taktirde, kalıp ve kapama ünitesi eşit yüklenmez. Bu da kalıp bağlantılarını zorlayarak, kalıbın ömrünün kışalmasına ve parçanın, kalıptan çapaklı çıkmasına neden olmaktadır. Karmaşık kalıplarda, ağırlık merkezinin hesaplanarak göz yerleşiminin dikkatli bir şekilde dizayn edilmesi gerekmektedir. Bunun haricinde kalıpta, kuvvetleri dengelemek için, kapama kuvvetlerini arttırmasına rağmen, kompensatör pimleri kullanılmaktadır.



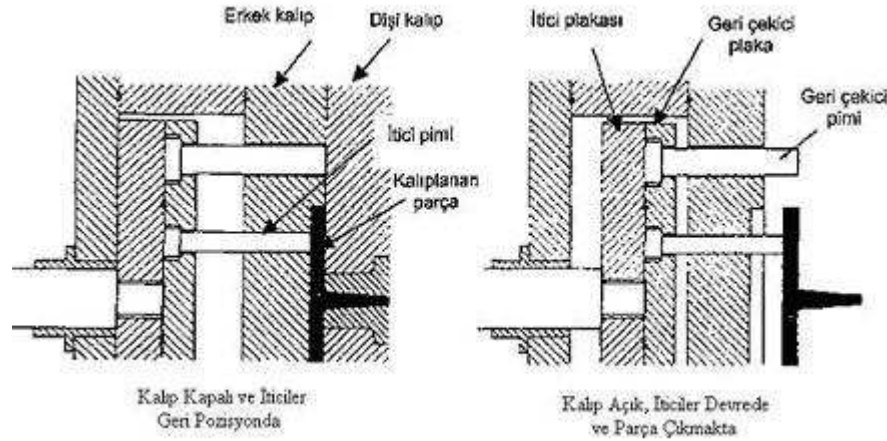
Şekil III.6 Göz Yerleşimleri

III.2.3. İtici Sistemleri

Parça soğuduktan ve katılaştıktan sonra, kalıptan çıkartılmalıdır. İdealde parça, yerçekimi etkisi ile, kalıp açılınca kendiliğinden yerinden kurtulmalıdır. Ancak ters açılar, iç gerilmeler ve yapışma gibi sorunlar yüzünden parça kalıptan özel tekniklerle ayrılmaktadır.

İtici ünitesi, genellikle kalıbın açılması sırasında, mekanik olarak tahrik edilmektedir. Bu basit yöntem yeterli olmadığı takdirde, çıkartma işlemi pnömatik veya hidrolik olarak tasarlanabilir. Elle tahliye ise, prototip üretimlerde yada küçük ve üretim adeti düşük parçalarda tercih edilmektedir.

İtici normalde, hareketli olan erkek kalıpta bulunmaktadır. Kalıbın açılmasıyla, mekanik olarak tahrik olan iticiler, parçayı dışarı doğru iterler. Bu yöntemde parçanın, kalıbın erkek tarafına yapışık olarak hareket ettiği kabulü yapılmaktadır. Kabulün geçerli olabilmesi için dizaynın, parçaya ters açılar verilerek yada parçanın erkek kalıp üzerine çekmesi hesaplanarak yapılması gerekmektedir. Bu kabulün gerçekleşmesinin mümkün olmadığı durumlarda ise, ayrıntılı tasarımlar gerekmektedir. Şekil III.7'de bir itici mekanizmasının çalışma prensibi görülmektedir.



Şekil III.7 İtici Mekanizmasının Çalışma Prensibi

III.2.3.1. İtici Dizaynı - Çıkartma ve Açma Kuvveti

Parçanın kütlesi ve geometrisi belli olduktan sonra, çıkartma kuvvetleri tespit edilebilir. Ayrıca parçanın kalıptaki yerleşim durumu da bilinmelidir. Ayrıntılı bir tasarımda itici sayısı, yerleri ve itici tipi gibi unsurlar belirlenmelidir. Temel olarak iki çeşit çıkartma kuvveti tanımlanabilir:

- Açma kuvvetleri: Kalıp, küçük parça çekmeleri sonucu sıkışyorsa oluşmaktadır
- Çıkartma Kuvvetleri:

- o Çözülme kuvvetleri: Parça, çekirdek üzerinde çekmeye uğruyorsa oluşmaktadır.
- o İtme Kuvvetleri: Küçük çıkma açıları sonucu oluşan sürtünme kuvvetleri ile meydana gelmektedirler. Buradan da anlaşılacağı üzere, açma kuvvetleri, çıkartma kuvvetlerine nazaran üretim zorlukları bakımından daha az önemlidir.

Çıkartma kuvvetlerini etkileyen parametreler, kalıbın soğuması, yüzey pürüzlülüğü, sürtünmesi, rijitliği, parçanın kesit kalınlığı, izdüşüm alanı ve ters açılar olarak bilinmektedir. Ayrıca çıkartma kuvvetleri, parçanın malzemesinin; sürtünme katsayısına, elastiklik modülüne, çekme özelliğine ve enjeksiyon çevriminde; basınca, eriyik sıcaklığına, kalıp sıcaklığına bağlıdır.

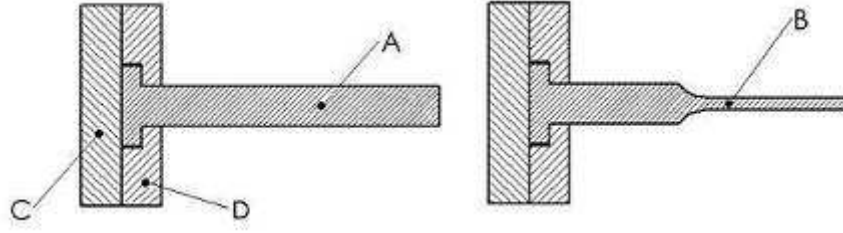
Yüksek çekme özelliğine sahip malzemeler için, çıkma açısı mümkün olduğunca yüksek tutulmalıdır.

III.2.3.2 İtici Tipleri

Parçanın kalıptan çıkartılabilmesi için, itici pimleri en çok tercih edilen methodtur. İtici pimleri genellikle, ısı işlem görmüş kalıp çeliğinden yapılmaktadırlar ve yüzey sertliğinin 70 Rc gibi yüksek değerlerde tutulması için sertleştirilmektedirler. Uzunlukları 200 mm'den fazla olan pimler, nitrürlenirler. Daha kısa uzunluğa sahip itici pimleri, 60-62 Rc sertlikte olabilirler. İtici pimlerinin uç kısmı, keskin çıkıntılardan arındırılmış olmalıdır. İki tip itici pimi vardır.

Silindirik pimler en sık kullanılan tiptir. Silindirik kafa, pimin itici plakasının içine gömülmesini önlemektedir. 1,5mm ile 25 mm çap aralığında, 635 mm uzunluğa kadar boyutlandırılabilirler.

Kademeli pimler, itici sistemi için sınırlı alan bulunduğu ve çıkartma kuvvetlerinin düşük olduğu durumlarda kullanılmaktadırlar. Kademeli pim, bükülme mukavemetini arttırmaktadır. Çapları 1.5mm - 3.0mm ve uzunlukları 355mm'ye kadar değişmektedir. Şekil III.8.'de silindirik ve kademeli pimler görülmektedir.



Şekil III.8. İtici Pimleri

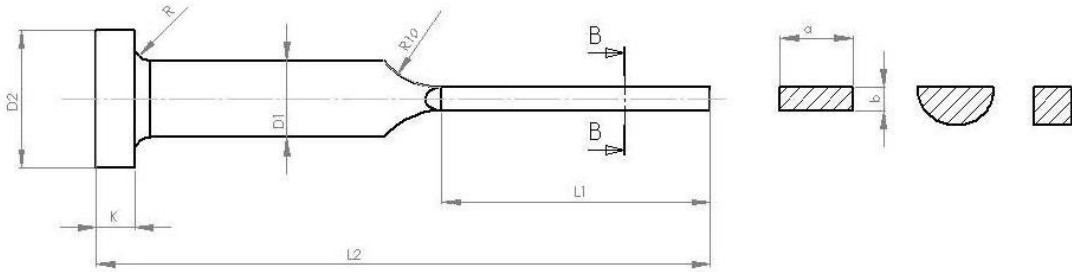
A - Silindirik Kafalı ve Şaftlı İtici Pimi

B - Kademeli İtici Pimi

C- İtici Plakası

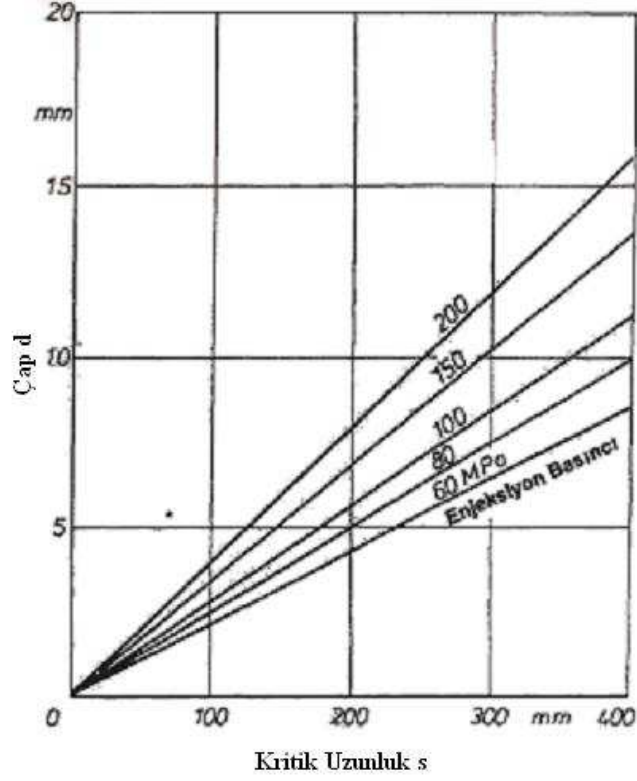
D - İtici Geri Çekici Plaka

İtici piminin ucu, kalıp boşluğunun formuna uydurulacaksa, özel pimler de mevcuttur. Bu tip pimler, dönmeye karşı iyi şekilde sabitlenmelidirler. Şekil III.9.'da bu tip bir pim görülmektedir.



Şekil III.9. Silindirik Olmayan Pimler

Sıcak kalıplarda itici mekanizmasının, kalıp soğuma sıcaklığına gelmeden açılmamasına özen gösterilmelidir. Aksi takdirde, genleşmeler yüzünden itici pimleri zarar görebilir.



Şekil III.10 Kritik Boya Göre İtici Çapları.

İtici pimleri boyutlandırırken III.1 bağıntısı gözönünde bulundurulmalıdır.

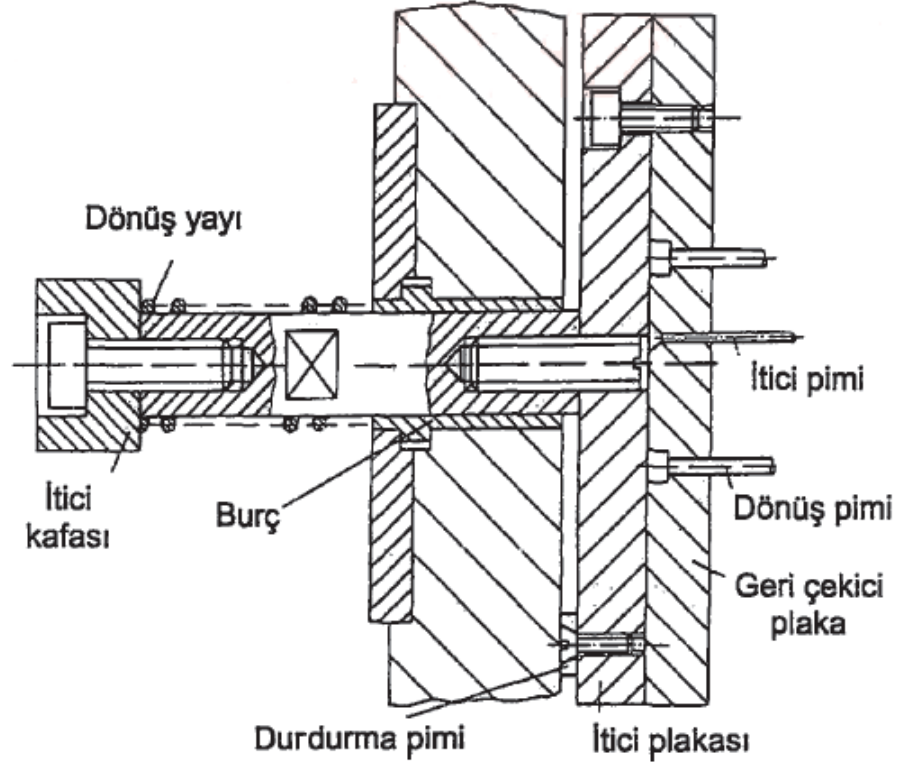
$$d_e > 0,000836 \cdot L_e \cdot \sqrt{p_{enj}} \quad (III.1)$$

Bu bağıntıda p_{enj} enjeksiyon basıncı ve L_e , itici piminin uzunluğudur. Ancak güvenli çalışmak ve bükülmelerden kaçınmak için itici çaplarının Şekil III.10'den tespit edilmesi daha sağlıklı sonuçlar vermektedir.

III.2.3.3. İticilerin Hareketlendirilmesi

Genellikle iticiler, kalıbın hareketli tarafından mekanik olarak hareket alırlar. Ancak itici izlerinin görünmemesi gereken durumlarda, sabit plaka tarafında da iticiler yerleştirilebilmektedir. İtici hareketinin, havalı itici kullanılarak da yapılması mümkündür. Silindirik kap şeklindeki parçalar, genellikle bu methodla kalıptan çıkartılmaktadırlar.

Şekil III.11'de mekanik tahrikli bir itici sistemi görülmektedir. Kalıp açılırken, itici pimler ileri doğru hareket ettirilmekte ve bu hareket, parça kalıptan ayrılıp yerçekimi ile düşene kadar devam etmektedir. Bu tip mekanizmaların, kırılğan parçalarla kullanılması zordur.



Şekil III.11 Mekanik Tahrikli İtici Sistemi ve Geri Çekici Plaka

Zira ilk hareket, parçada hasara sebep olabilmektedir. Bunun ötesinde, çıkartma işlemleri çok gürültülüdür. Bu metotta, iticilerin eski pozisyonunu alabilmesi için geri kaydırıcı plakaya veya yaylı bir sisteme ihtiyaç duyulmaktadır. Aksi takdirde kapanma esnasında, kalıp boşluğunda hasar meydana gelebilir. Geri kaydırıcı pimli bir sistemin konstrüksiyonu Şekil III.11 'de görülmektedir.

Geri kaydırıcı olarak yaylı bir sistemin kullanılması da mümkündür. Ancak yayın uyguladığı kuvvet yeterli değilse, kalıp kapanma sırasında hasara uğrar. Yayın ömrü de belli bir sürenin üzerine çıkmadığından, uygulanan kuvvetlere göre ve çevrim sayısına göre, değişen aralıklarla değiştirilmelidir. Bu yüzden yaylı kaydırıcı sistem kullanılacaksa, iticiler tamamen geri dönmediği takdirde makineyi durduracak emniyet Şalterlerinin kullanılması gerekmektedir.

III.2.4. Soğutma Sistemi

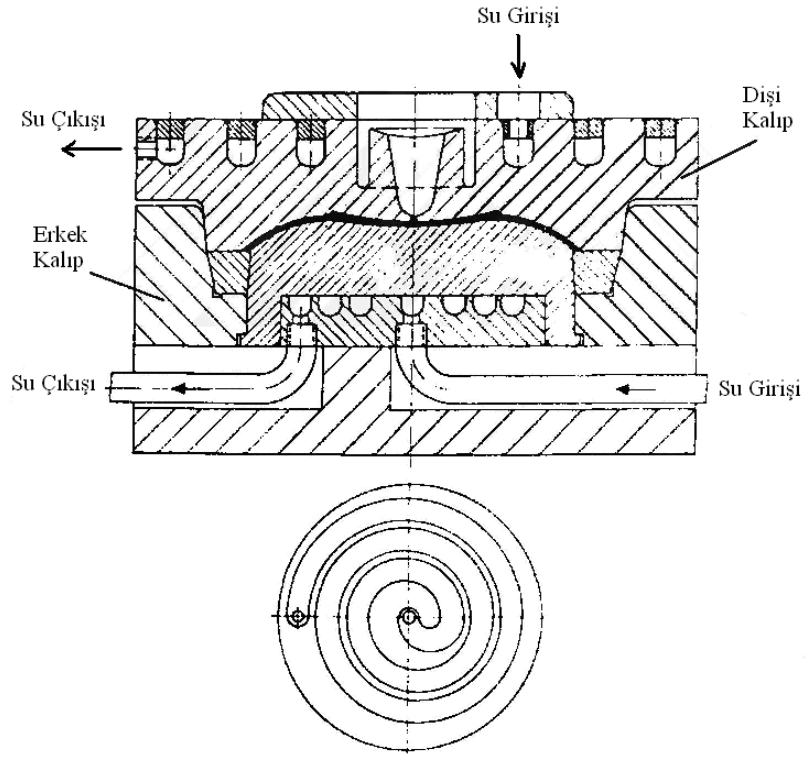
Parça ve kalıp arasındaki ısı transferi ne kadar hızlı gerçekleştirilirse, ekonomik performans o kadar artmaktadır. Zira, parça basım süresi azalmakta ve imalat hızı artmaktadır. Parça kalıptan çıkartılabilecek kadar kararlı bir duruma gelene değin , ısı termoplastik parçadan uzaklaştırılmalıdır. Bu duruma gelene kadar geçen süreye soğutma zamanı denmektedir. Uzaklaştırılacak ısı eriyiğin sıcaklığına, çıkarma sıcaklığına ve parçanın özgül ısısına bağlıdır.

Isının atılabilmesi için, kalıpta soğutma kanallarına ve bunların içinde sirküle olacak soğutucu sıvıya ihtiyaç duyulmaktadır. Parça kalitesi, her çevrimdeki sabit sıcaklık profiliyle doğrudan alakalıdır. Ayrıca üretimin verimi de kalıbın ısı transferiyle değişmektedir.

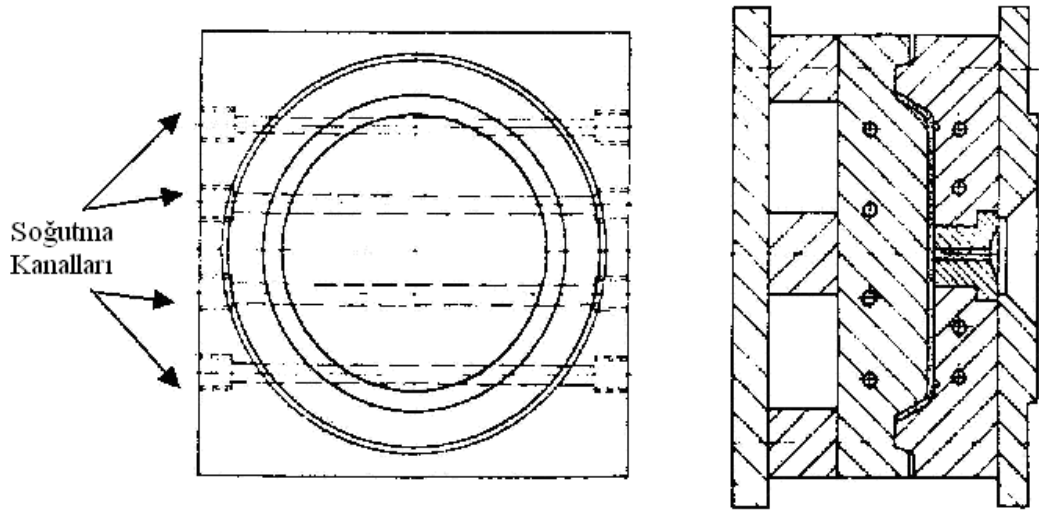
Kalıp, dış ortamın ve kalıbın dış yüzeyinin sıcaklıklarına göre, ısıtılmalı yada soğutulmalıdır. Parçadan olan ısı transferi ve dış ortamla olan ısı transferi ayrı ayrı incelenip, daha sonra süperpoze edilerek soğutma kanalı tasarlanabilir.

Düz ve geniş parçalar için, Şekil 3.12'de gösterilen spiral soğutma kanalları sıkça kullanılmaktadır. Soğutma suyu, kanal içinde, parçanın merkezinden dışına doğru akmaktadır. Böylece parça üzerinde oluşabilecek en sıcak noktada, soğutma suyu ile parça arasındaki en yüksek sıcaklık farkı yaratılmaktadır. Spiral kanal boyunca soğutma suyunun sıcaklığı artmakta, parçanın sıcaklığı ise buna bağlı olarak istenen sıcaklığa düşürülmektedir. Spiral kanalın sonuna doğru ise sıcaklık farkı düşmekte ve daha az ısı parçadan uzaklaştırılmaktadır. Daha uniform bir soğutma istendiği takdirde, ikinci bir spiral kanal, birinciye paralel olarak açılarak suyun dönüşü buradan sağlanabilir. Ancak bu metod zor ve maliyetli olduğundan, boyutsal olarak kritik olmayan parçalarda tercih edilmemektedir.

Homojen bir soğutma sağlamamasına rağmen, ekonomik nedenlerden dolayı, dairesel ve düz parçalarda, Şekil III.13'de gösterildiği gibi boyuna açılmış lineer kanallardan da yararlanılmaktadır. Dikdörtgensel parçalarda ise boyuna kanallar daha iyi sonuçlar vermektedir. Kalıp plakasının boydan boya delinmesi kolay bir işlem olduğundan, sıkça tercih edilen bir methodur. Kanallar açıldıktan sonra, suyun dolaşacağı yolun belirlenmesinde kör tapalar kullanılmaktadır. Seri kanallı soğutma sistemlerinde,(Şekil III.14) soğutma suyu tek hat üzerinde akacak biçimde yerleştirilmektedir.

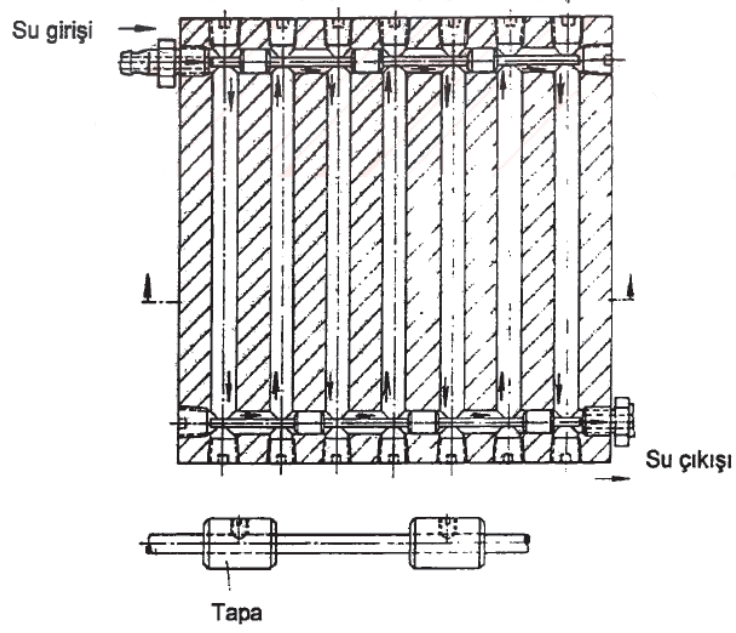


Şekil III.12. Spiral Kanallı Soğutma Sistemi



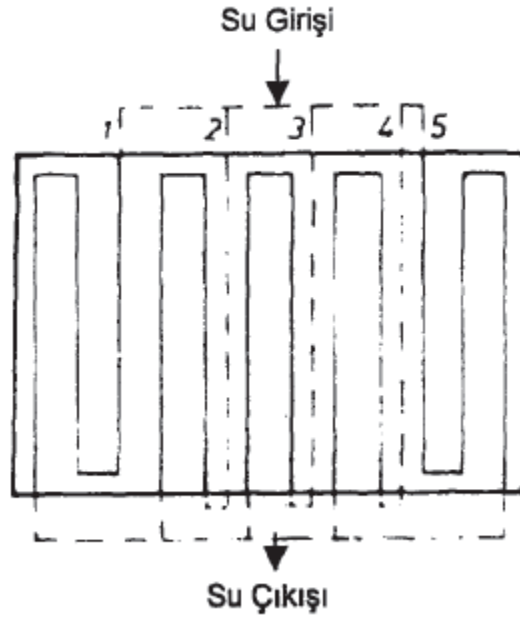
Şekil III.13. Lineer Kanallı Soğutma Sistemi

Bu tip sistemlerde, kanal sonuna doğru soğutma suyunun sıcaklığı artacağından, uzaklaştırılan ısı miktarı bölgesel olarak değişmektedir.



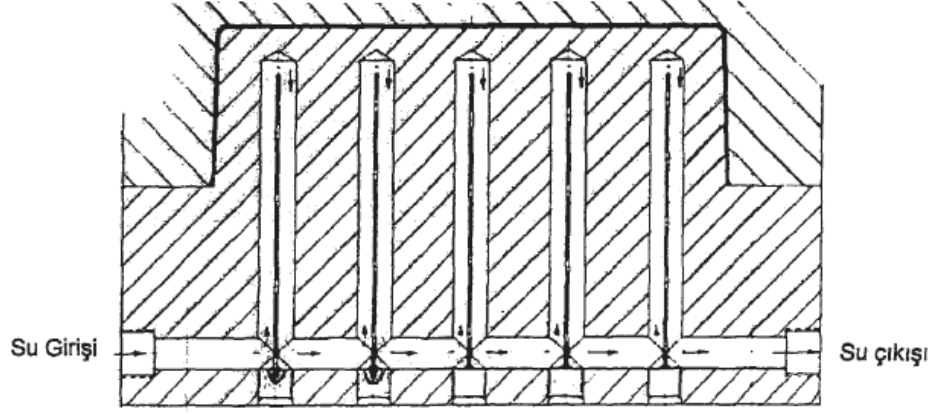
Şekil III.14. Seri Kanallı Soğutma Sistemi

Şekil III.15'de gösterilen paralel soğutma kanallı sistemlerde ise, suyun giriş ve çıkışı ayrı kanallar üzerinden gerçekleştirilmektedir. Geniş yüzeylerde ve çok gözlü kalıplarda paralel kanallar kullanılarak, soğutma daha verimli hale getirilmektedir.



Şekil III.15. Paralel Kanallı Soğutma Sistemi.

Derin çekirdeklerin soğutulmasında ise, Şekil III.16'da gösterilen sistemden faydalanılmaktadır. Kalıp çekirdeğinin bir tarafından, kalıp çeperinin hemen altına kadar açılan kör kanallar içinde, soğutucu akışkan dolaştırılarak, gerekli soğutma yapılmaktadır.



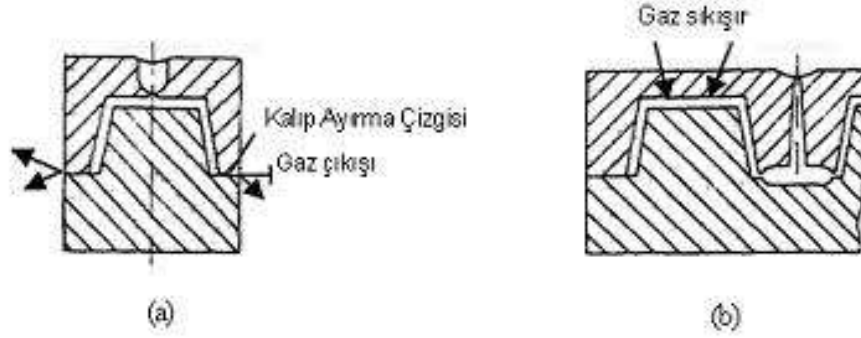
Şekil III.16. Derin Çekirdekli Parçalarda Soğutma Sistemi

III.2.5 Gaz Tahliye Sistemleri

Kalıplama esnasında, plastik eriyik içinde bulunan gazın tahliye edilmesi önemlidir. Gaz tahliye sistemi doğru tasarlanmadığı takdirde, kalıp boşluğunun tam olarak dolması mümkün olmayabilir. Kalıbın, çok kısa zamanda tam dolabilmesi için, enjeksiyonun ok hızlı yapılması gerekmektedir. Ayrıca parçada çapak olmaması için, ayrılma yüzeylerinin tam örtüşmesi gerekmektedir. Bu şartlarda, hava sıvı haldeki plastik ve kalıp arasında sıkışmaktadır. Enjeksiyonun çok hızlı yapılması halinde, içeride sıkışan havanın sıcaklığı aniden artarak etrafındaki plastiği yakmaktadır. Yanıklar parça üzerinde siyah renk oluşturmakta ve matlaşmalara yol açmaktadır. Eğer kalıpta hava tahliyesi yavaş olursa, bu defa tam doldurmak için daha büyük basınçlara ve sıcaklıklara ihtiyaç vardır. Parçaya giriş iki taraftan ise, akan iki plastik kütlelerin birleşmesi iyice zorlaşır ve gazlar bu yapışmaya mani olur. Bu şekilde üretilen bir parçada, birleşim çizgisinde mukavemet çok düşer ve zamanından önce kopar.

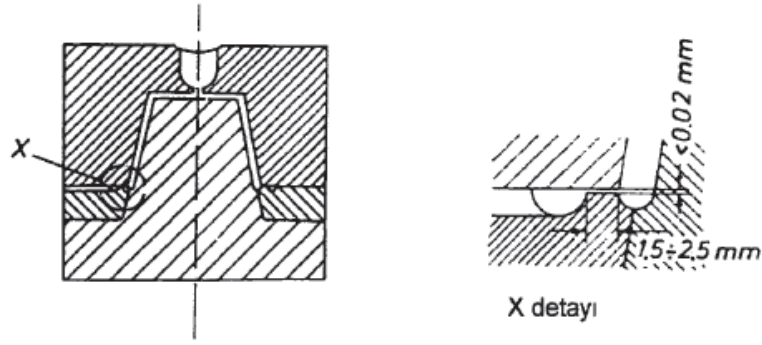
Hava, itici pimlerinden yada ayırım çizgisinden dışarı atılabildiğinden, çok karmaşık olmayan kalıplarda, genellikle özel dizaynlara ihtiyaç duyulmamaktadır. Şekil III.17-a'da görüldüğü gibi parça, tek gözlü bir kalıpta direkt yollukla basılıyorsa, hava kalıp ayırım çizgisinden dışarı otomatikman atılmış olur. Bunun için kalıp ayırım çizgisine, plastik malzemenin giremeyeceği kadar küçük, ancak genleşen havanın

çıkabileceği kadar büyük bir kanalın açılması, işlemi kolaylaştırmaktadır. Bu kanal için boyutlandırma Şekil III.18'de görüldüğü gibi yapılmaktadır.



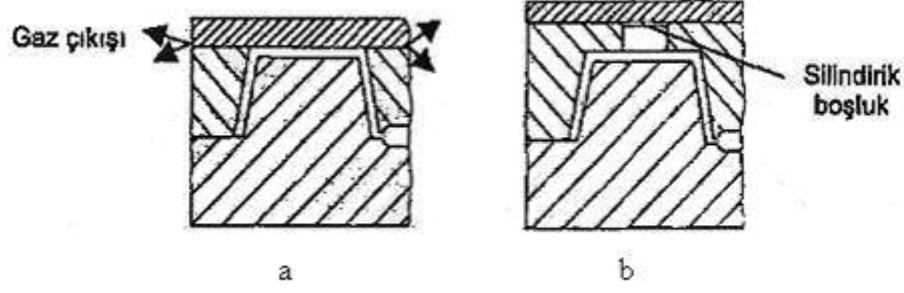
Şekil III.17. a) Tek Gözlü Kalıpta Gaz Tahliyesi

b) Çok Gözlü Kalıpta Gaz Tahliyesi



Şekil III.18. Kalıp Ayırma Çizgisi Üzerinden Gaz Tahliyesi İçin Boyutlandırma

Ancak, Şekil III.17-b'de olduğu gibi çok gözlü bir kalıp tasarımında, malzeme kalıp boşluğuna alttan girmekte ve yavaşça ayırma çizgisini kapatmaktadır. Eriyik yukarı çıktıkça hava sıkışmaya başlamaktadır. Bu sıkışmanın, yanmalara neden olmaması için kalıp parçalı üretilebilir (Şekil III.19-a) veya gaz hacmi kadar bir silindirik boşluk parçaya eklenir.(Şekil III.19-b). Fakat bu silindirik bölüm, parçayla birlikte kalıptan çıkacağı için ek işçilik gerektirmektedir.



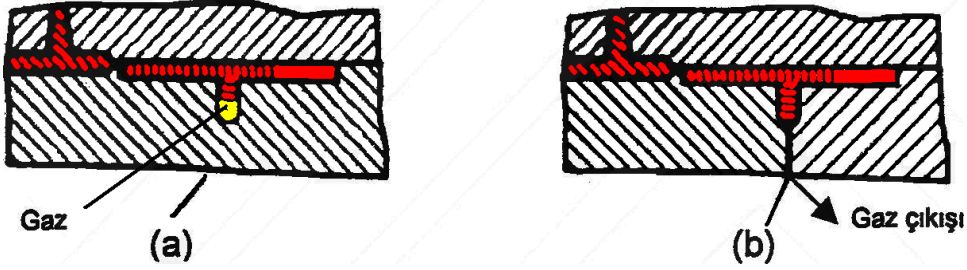
Şekil III.19. Çok Gözlü Kalıplarda Tahliye İçin a) Parçalı Konstrüksiyon b) Hava Boşluğu

Bilhassa yeni kalıplarda hava tahliyesi çok önem kazanmaktadır. Zira ilk anda parçalar birbirine tam uyum sağlamamıştır. Zamanla, kalıbın sürtünmeyle meydana gelen aşınmasından hava tahliyesi daha kolaylaşır, ama kalıbın konstrüksiyonu esnasında tahliye muhakkak düşünülmelidir. Bu tahliye kanalları boyutlandırılırken, havanın geçeceği ama erimiş haldeki plastiğin geçemeyeceği şekilde düşünülmelidir. Aksi halde çapak teşekkül etmektedir. Kanalın yüksekliği kullanılan plastiğe bağlıdır ve değişik plastiklere ait değerler Tablo III.1'de gösterilmiştir.

Şekil III.20-a'da görülen örnekte de, Federin uçuna doğru hava sıkışmakta ve yanmalara sebep olmaktadır. Burada da ek bir Kalıp ayırım çizgisinin eklenmesi, (Şekil III.20-b) soruna çözüm olabilir. Ancak parçalı üretilen kalıplarda, birbiri üzerine gelen yüzeyler çok düzgün olmalı ve enjeksiyon prosesi, gazların tahliyesine olanak verecek kadar yavaş gerçekleştirilmelidir. Bu tip çözümler, özellikle ince cidarlı ve kısa sürede kalıplanan parçalarda yeterli olmazlar ve ekstra tahliye kanallarının açılmasını gerektirirler.

Malzeme	Kanal Yüksekliği (mm)
PE	0,02
PP	0,015 – 0,02
PS	0,02
ABS	0,03
SAN	0,03
POM	0,015 – 0,02
PA	0,01 – 0,03
PC	0,02 – 0,03

Tablo III.1. Bazı Malzemeler İçin Gaz Tahliye Kanal Yüksekliği



Şekil III.20. Federli Parçalarda Gaz Tahliyesi

Çok gözlü kalıplarda hava tahliyesi, sadece kalıp boşluğunda değil aynı zamanda yolluk civarında da düşünülmekte ve böylece kalıba giren hava miktarı azaltılmaktadır. Akış halindeki plastiğin önünde ne kadar az hava olursa, malzemenin yanma ihtimali de o kadar az olur. Bu durumda plastiğin uçlarının da birbirine kaynaması iyi olmaktadır. Hava kolay tahliye olursa, karşı basınç olmadığından malzeme daha iyi dolar. Bu, bilhassa ince cidarlı malzemelerde çok önemlidir. Şekil III.21'de görüldüğü gibi, ayrılma yüzeyinde 0,01 ila 0,04 mm değerlerinde ve 3 mm uzunluğunda kanallar açılmakta ve bunlar daha geniş dış kanallara bağlanmaktadır.

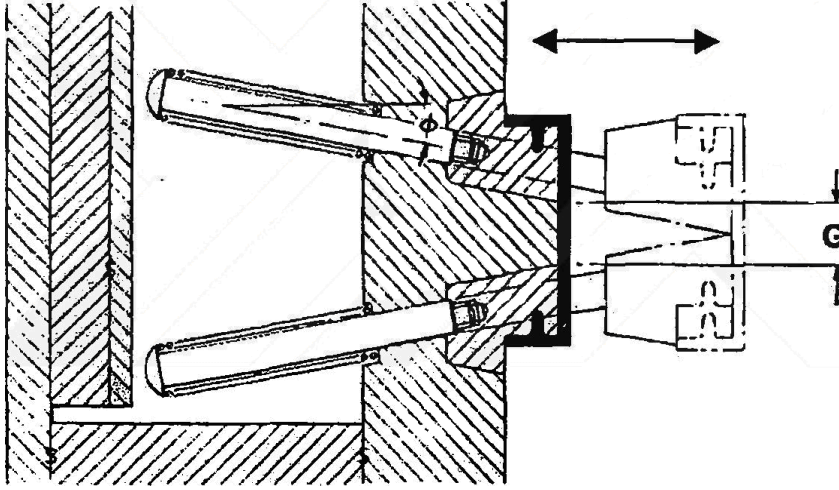
III.2.6. Maça Sistemleri

Kalıplanacak parçanın iç veya dış yüzeylerinde, kalıptan çıkmayı önleyecek ters açılar mevcutsa, parçanın kalıptan çıkartılabilmesi için ek teçhizatlarla gereksinim duyulmaktadır. Kalıbın belli bölümleri oynar vaziyette imal edilerek, iticiler devreye girmeden önce, maçalar hareket ettirilmekte ve parça kalıptan çıkmaya hazır hale getirilmektedir.

Şekil III.21'de gösterildiği gibi, iç yüzeyinde ters açı mevcut olan parçalarda, erkek çekirdek üzerinde hareket etmeyi sağlayan çubuklar, maçaları hareket ettirmektedir. Bu sistemle, minimum alana maksimum hareket kabiliyeti katılabilmektedir.

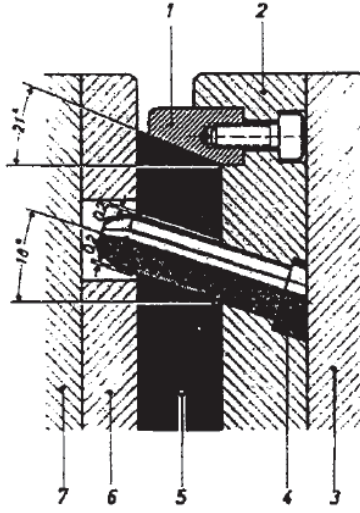
Parçanın dış yüzeylerinde ters açılarının oluşmasına sebep olan kaburgalar, delikler, açıklıklar, flanşlar mevcut olduğunda ise maçalar, kalıbın dış kenarına

yerleştirilebildiğinden, hareket kabiliyeti artmaktadır. Parçayı çepeçevre saran, kaburga gibi elemanların kalıptan çıkartılabilmesi için, kalıp çekirdekleri ayrık tasarlanmalı ve tümüyle hareketli halde imal edilmelidir. Ancak kalıbın içinde hareketli kısımların bulunması, bu parçaların rijitliğinin çok iyi sağlanması gerekliliğini doğurmaktadır. Aksi taktirde, parçanın bozuk veya çapaklı çıkması kaçınılmazdır. Maçaların hareketini sağlayan millerin, çubukların ve kilitleme işlemini sağlayan elemanların, enjeksiyon esnasında maruz kalacağı yüksek kayma gerilmeleri ve eğilme zorlanmaları göz önünde bulundurulmalıdır.



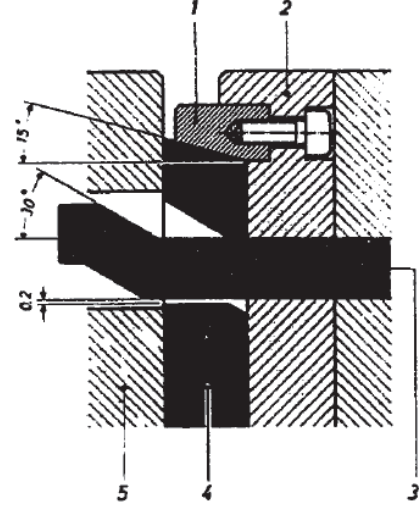
Şekil III.21. İç Yüzeyinde Ters Açılı Olan Parçalarda Maça Sistemi

Şekil III.22 ve III.23'de gösterilen maçalı kalıpların çalışma prensipleri de, Şekil III.24'de anlatılmıştır. Maça pimi, maçayı kalıbın açılmaya başlamasıyla hemen harekete geçirmeye başlarken kademeli çubuklar belli bir süre gecikme sağlamaktadır.



- | | |
|------------------|------------------|
| 1 Kitleme takozu | 5 Maça |
| 2 Kalıp plakası | 6 Kalıp plakası |
| 3 Kapama plakası | 7 Destek plakası |
| 4 Maça pimi | |

Şekil III.22 Maça Pimli Kalıp Sistemli Kalıp



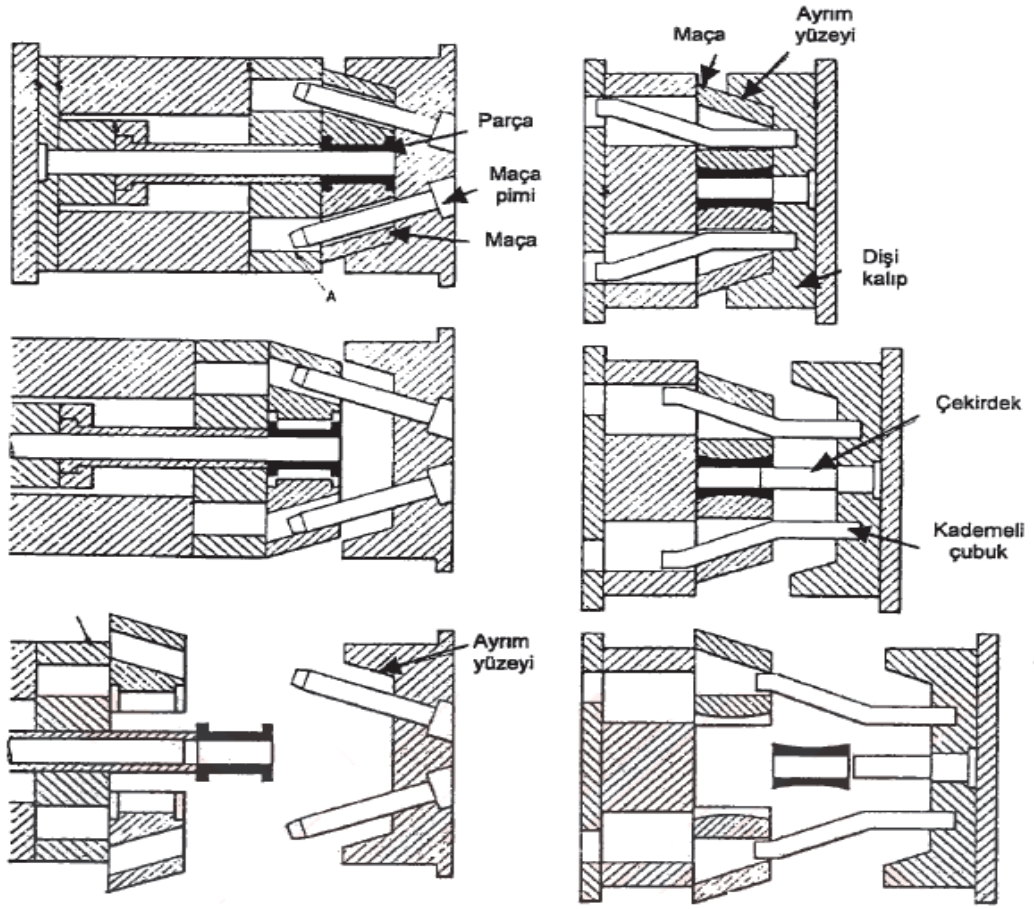
- | | |
|------------------|-----------------|
| 1 Kitleme takozu | 4 Maça |
| 2 Kalıp plakası | 5 Kalıp plakası |
| 3 Kademeli çubuk | |

Şekil III.23 Kademeli Çubuk

Maça pimlerinin boyutları, üzerine etkiyecek kuvvetlere, maçaların ağırlığına ve sürtünme kuvvetinin miktarına göre değişmektedir. Açılma esnasında, bir maça pimi üzerine etkiyen kuvvet, Şekil III.25'da gösterilmektedir. Maça pimlerinin aşırı yüklenmesini önlemek için, pimin açısı 15° ila 25° arasında olmalıdır. Geniş açılar kalıbın açılmasını kolaylaştırmakta, dar açılar ise kapama kuvvetini yükseltici etki yapmaktadır.

Genellikle, maçanın enjeksiyon basıncı altında sabit tutulması ve kilitlemesi işlemi, basitlik ve bakım kolaylığı açısından, Şekil III.22'da gösterilen kitleme takozu ile yapılmaktadır. Takoz yüzeyinin açısı, maça piminin açısından 2° - 3° daha dik tutulmakta, böylece maça piminin yuvası içinde oynaması engellenmektedir.

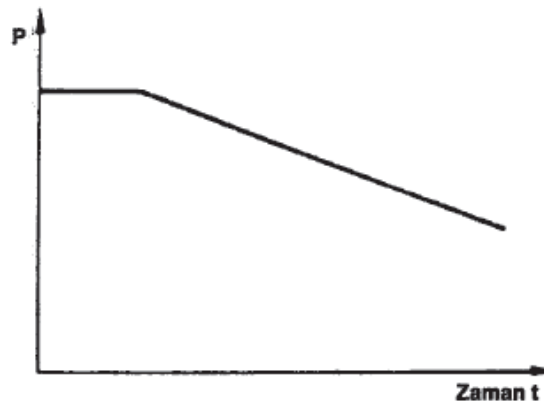
Maçalar, kalıp kapanırken eski yerlerine geri döndürülmek zorundadırlar. Bu işlem, maça pimleri yada ayırım çizgisinin özel olarak tasarlanması ile gerçekleştirilmektedir. Şekil III.26 ve III.27 'de bu iki metod gösterilmektedir.



Şekil III.24 (a) Maça Pimli Kalıbın Çalışma Prensibi

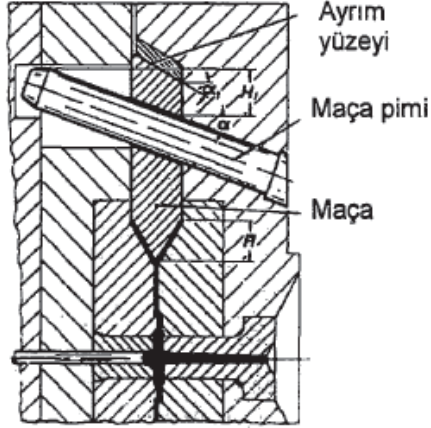
(b) Kademeli Çubuklu Kalıbın Çalışma Prensibi

Maça piminin uzunluğu gerekli açılma mesafesine bağlıdır. Şekil III.27'de görülen kısa pimin aksine Şekil III.36'daki uzun pimin, erkek kalıpta da uzantısı olması zorunludur. Bu durumda maça piminin açısı artırılmalıdır. Ancak 25° sınırını aşması zorunlu olan kalıplarda, maça pimi kullanım yerine değişik metodlar uygulanmalıdır.

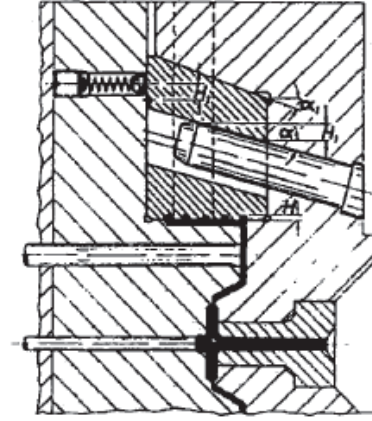


Şekil III.25. Açılma sırasında maça pimi üzerine gelen kuvvet

Bu gibi durumlarda maçaları kalıbın dışından hareket ettirecek piston mekanizmaları kullanılması gerekmektedir.

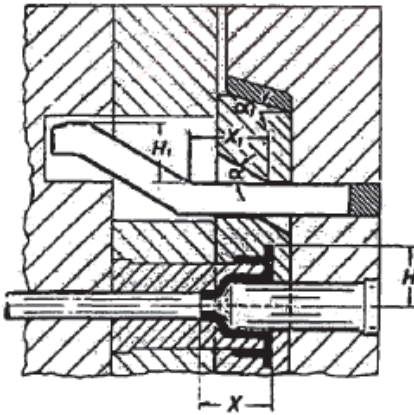


Şekil III.26 Maça Pimi ile Geri Döndürme



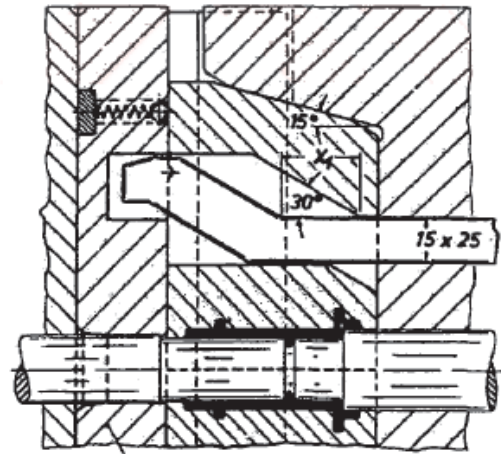
Şekil III.27. Ayrım Yüzeyiyle Geri Döndürme

Maça pimlerine nazaran daha az kullanılan bir sistem olan kademeli çubuklar, açılma sırasında belli bir süre gecikme sağlayarak, maçaları ters açılardan kurtarmaktadırlar. Gecikme süresi, çubuğun şekliyle ayarlanmaktadır. Kademe açısı 25° - 30° arasında olmalıdır. Daha yüksek açılarda kapama kuvveti istenmeyen ölçüde artışlar göstermektedir.

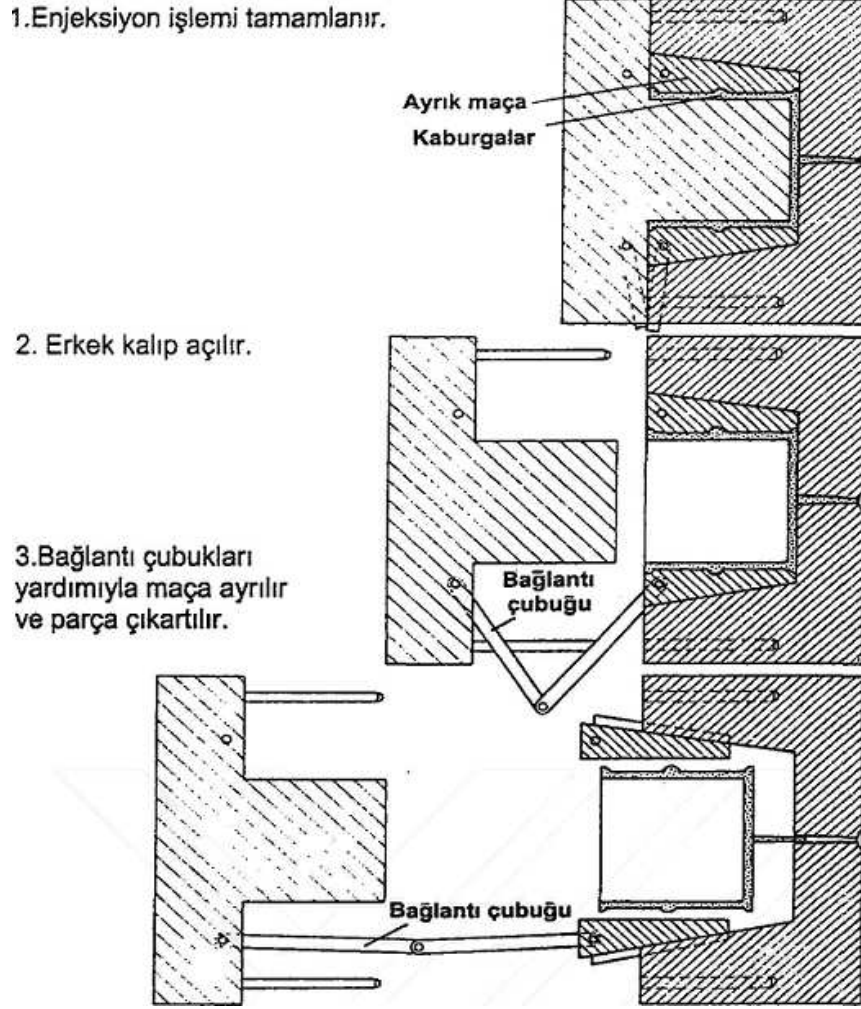


H Ters açı, H_1 Maçanın açılma stroğu, α_1 Ayrım yüzeyi açısı, α Kademeli çubuk açısı, x Parça yüksekliği, x_1 Açılma mesafesi.

Şekil III.28. Kademeli Çubuk Boyutları



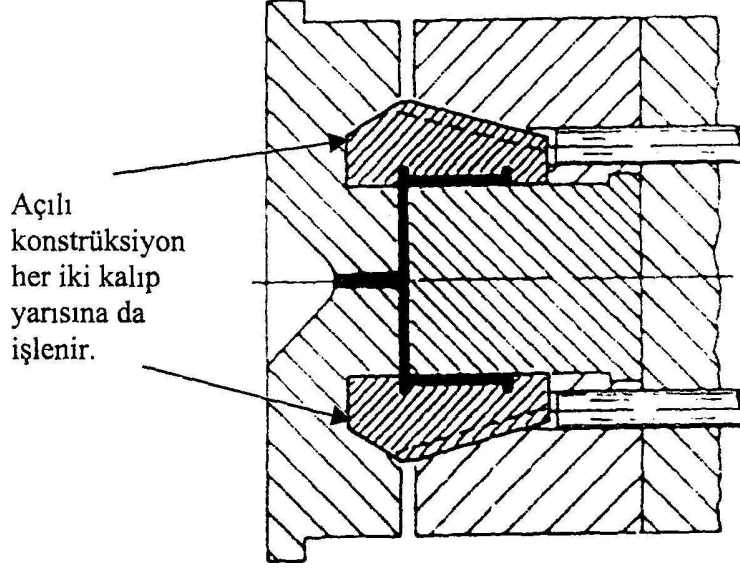
Şekil III.29. Kademeli Çubuk



Şekil III.30. Ayrık Maçalı Kalıbın Çalışma Prensibi

Optimum bir değer, deneylerle 15° olarak bulunmuştur. Şekil 3.28 ve 3.29'te iki değişik kademeli çubuk uygulaması görülmektedir.

Ayrık maçalı kalıplar, parçanın dış yüzeyinde boylu boyunca geçen ters açılar olduğu takdirde sık kullanılmaktadır. Şekil 3.30'de gösterilen ayrık maçalı kalıplarda, dişi kalıp içinde, açılı olarak işlenmiş ayrı bir maça bulunmaktadır. Enjeksiyon sonunda kalıp açılırken, bu maça da hareket ederek tümüyle kalıptan ayrılmakta ve parçanın çıkmasını sağlamaktadır. Maçanın açısı 10° - 15° arasında olduğu takdirde, çalışma istenilen parça kalitesini sağlamaktadır. Bu tip kalıplar, erkek kalıp tarafından kilitlendiklerinden, kalıbın sızdırmazlığının sağlanabilmesi için Şekil 3.31'de gösterilen şekilde konstrükte edilmeleri fayda sağlamaktadır.

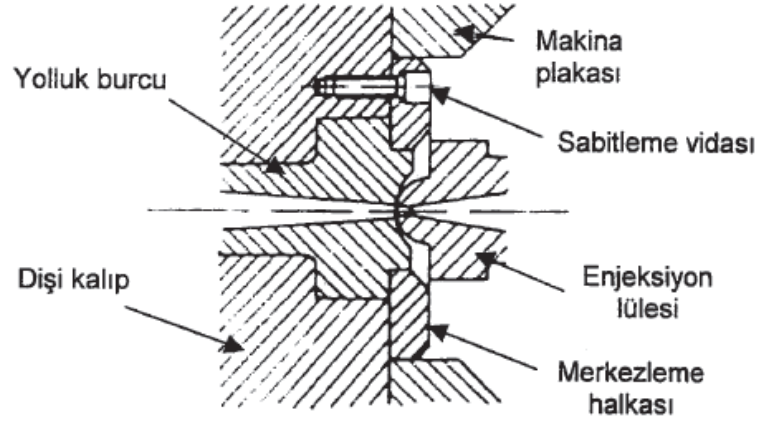


Şekil III.31 Kalıp Sızdırmazlığını Sağlayan Yapı

III.2.7 Merkezleme ve Sabitleme Sistemleri

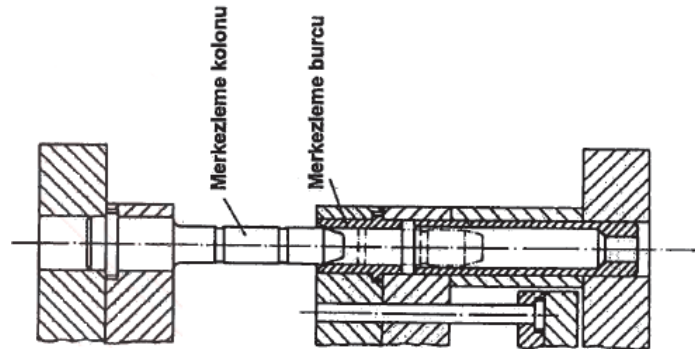
Enjeksiyon kalıpları, enjeksiyon makinelerinin kapama üniteleri üzerindeki deliklere bağlanmaktadır. Kapama ünitesi enjeksiyon çevrimi esnasında, kalıbın açılma ve kapanma işlemini gerçekleştirmektedir. Parçanın boyutlarında sapma olmaması ve homojen dolum için, açılma ve kapanma esnasında, kalıbın tüm oynar parçalarının doğru ve eksiksiz bir şekilde yerlerine oturması ve kalıp yarılarının sıkıca üst üste kapanması gerekmektedir. Bu şartların, sadece kapama ünitesinin kolonlarıyla sağlanması, basit ve küçük kalıplar haricinde çok zor olmaktadır. Bu sebepten, kalıp içinde kendini merkezleyecek ekstra elemanlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Merkezleme metodlarından ilki, enjeksiyon makinesinin lülesi yardımıyla merkezlemedir. Şekil 4.32'da gösterilen bu methoda, yolluk burcu bir merkezleme halkası ile kalıba tutturulmakta ve böylece, lülenin, makine plakası yardımı ile kalıbı merkezlemesi sağlanmaktadır. Ancak bu metod, yolluk burcu ile lüle arasındaki sızdırmazlığın sağlanmasında zorluklar içerdiğinden, sadece yolluğa göre tamamen simetrik olan kalıplarda kullanılmaktadır.



Şekil III.32. Merkezleme Halkalı Kalıp

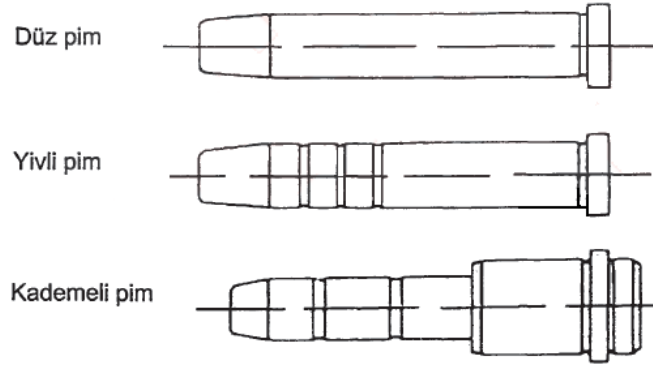
İkinci bir metod olarak, doğru merkezlemenin sağlanabilmesi için, enjeksiyon makinesinin bağlama kolonlarından başka, kalıbın içine yerleştirilen merkezleme çubuklarından faydalanılmaktadır. Şekil 3.33'de gösterilen bu metotta, erkek kalıba yerleştirilen merkezleme kolonları, dişi tarafta bulunan yuvaların içine girerek, her iki kalıp yarısının tam olarak hizalanmasını sağlamaktadırlar. Kalıbın, her zaman doğru olarak merkezlenmesini kesinleştirmek için merkezleme kolonlarından birisi ayrı boyutta işlenmektedir.



Şekil III.33. Kolon Burç Montajı

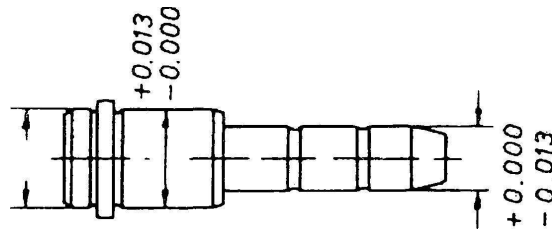
Merkezleme kolonları kalıp kenarlarına mümkün olduğunca yakın yerleştirilmelidir. Zira, çalışma alanı ne kadar geniş kalırsa, o ölçüde büyük kalıp çekirdeklerinin yerleştirilmesi mümkün olmaktadır.

Merkezlemenin doğru olabilmesi için kolonlar ve yuvalar arasındaki toleranslar mümkün olduğunca düşük olmalıdır. Ancak düşük toleranslarla çalışan kalıpta, sürtünme etkilerinden dolayı aşınma etkileri görülmektedir. Bu yüzden merkezleme kolonlarının direkt olarak kalıp plakasına girmesi istenmemekte ve kalıp plakasına burçlar yerleştirilmektedir. Aşınma merkezleme kolonlarının Molibdendisülfid ile yağlanmasıyla azaltılmaktadır. Bu yüzden kolonlar üzerinde yağlamayı kolaylaştırıcı yivler mevcuttur.

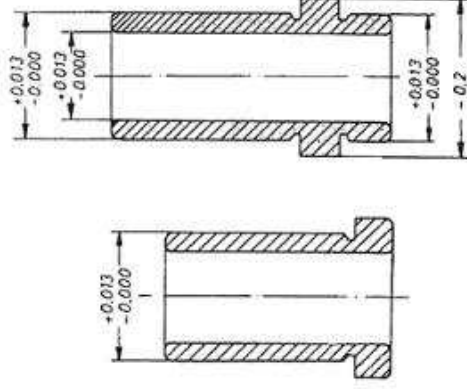


Şekil III.34 Kolon tipleri

Kolon tipleri Şekil 4.34'de gösterilmektedir. Kolonlar ve burçlar için gereken toleranslar, Şekil 3.35 ve 3.36'de verilmektedir. Kolonların uzunlukları kalıbın açılma strokuna ve kolon çapına bağlıdır.



Şekil III.35. Kolonlar İçin Toleranslar



Şekil III.36. Burçlar İçin Toleranslar

Merkezlemenin, kalip yüzeyi tam olarak kapanmadan önce başlayıp bitmesi gerektiğinden kademeli burçlar kullanılabilir. Burçların uzunlukları çaplarına bağlı olarak değişmektedir.

BÖLÜM IV.

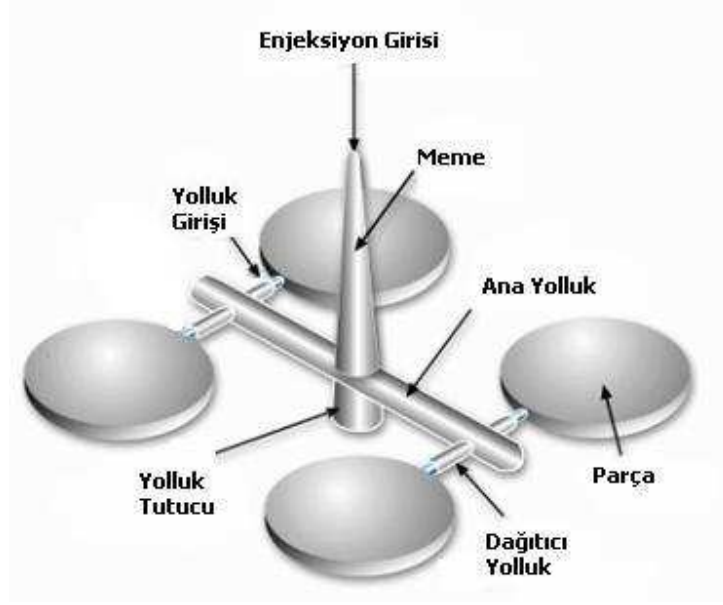
IV.1. PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLARINDA YOLLUK SİSTEMLERİ VE UYGUN YOLLUK SEÇİMİ

IV.1.1. Komple Bir Yolluk Sisteminin Karakterize Edilmesi

Yolluk sistemi plastik ünitesinden gelen ergimiş malzemenin kavitelere sevk edilmesini sağlar. Konfigürasyonu, boyutları ve parça ile olan bağlantısı kalıbın dolma işlemi dolayısı ile de parçanın kalitesi üzerinde oldukça etkilidir. Çabuk katılma ve kısa çevrim zamanı gibi ekonomik unsurları baz alarak yapılan bir tasarım özellikle teknik olarak bir takım özelliklere sahip olması istenen parçalardan beklenen kalitenin sağlanması için uygun değildir.

Bir yolluk sistemi genellikle farklı kısımlardan oluşur. Bu durum özellikle çok kaviteli kalıplarda daha da belirgindir. Aşağıdaki şekil (Şekil IV.1) bir yolluk sistemini oluşturan kısımları göstermektedir. Bu kısımlar şunlardır;

1. Meme (Yolluk girişi)
2. Yolluklar (birincil (ana) ve ikincil, üçüncül, vb. (tali) yolluklar)
3. Ürün girişi



Şekil IV.1. Yolluk sistemi

Yolluk burcu ergimiş malzemeyi plastik ünitesinden alır ve genellikle kendisine dik olan ayırma yüzeyi boyunca ona kılavuzluk eder. Çok sık rastlanan bir durum olarak tek kaviteli kalıplar da sadece yolluk girişi vardır ve parça ileride inceleneceği şekilde sadece yolluk girişlidir

Yolluklar, yolluk girişini parça girişine veya girişlerine bağlarlar. Yolluğun ana amacı özellikle çok kaviteli kalıplarda kaviteletin aynı zamanda ve aynı şartlar (eş sıcaklık ve basınç) altında dolmasını sağlamaktır.

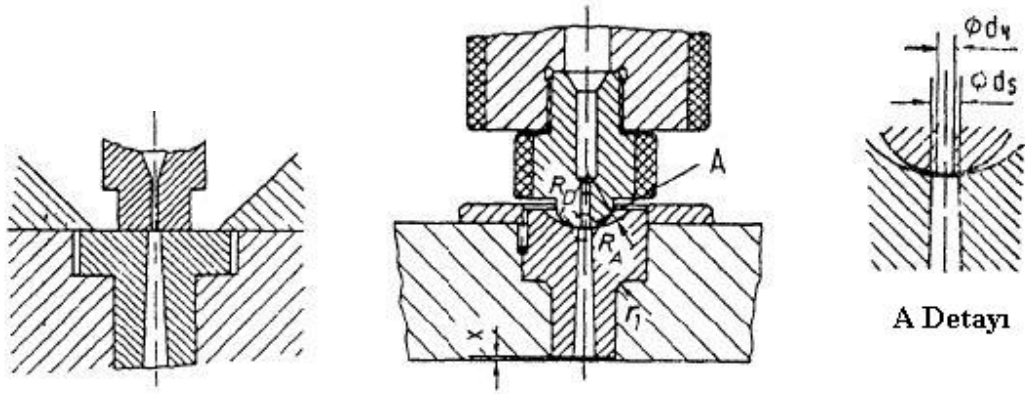
Parça girişleri ise yollukla kavite arasındaki geçişi sağlarlar. Yolluğun parçadan kolayca ayrılabilmesi ve ayrıldıktan sonra bıraktığı izin parça görünümünü etkilememesi için parça girişleri ince yapılırlar.

IV.1.2 Yolluk Girişi

Yolluk girişi genellikle yolluk burcu içinde şekillendirilir. Kalıp kapandıktan sonra ve makine plastik ünitesinin lülesi, kalıp ve plastik ünitesi arasındaki geçiş noktasını dışarıya izole edecek şekilde ileri doğru itildiğinde, malzeme plastik ünitesinden yolluk girişine doğru akar. Bu olay kalıbın bu bölgede lokal olarak önemli ölçüde yüklenmesine neden

olur ve bu bölgenin diğer kısımlara göre daha çabuk aşınmasına neden olur. Bu nedenle yolluk burcu çelikten yapıp sertleştirilir ve kalıba Lokma olarak takılır. Böylelikle aşındığı zaman kolaylıkla değiştirilebilir.

Temas yüzeyi sızdırmazlık yüzeyi de olması nedeniyle özel bir önem taşır. Düzlem ve küresel temas yüzeyleri arasında fark vardır. Düzlemsel temas yüzeyleri sızdırmazlığı sağlamak için daha yüksek kapama basınçları gerektirirler. (Şekil IV.2.a) Bu yüzden çoğu durumda küresel temas yüzeyleri ile karşılaşılır. (Şekil IV.2.b) Sığ bir küresel boşaltma yolluk burcuna işlenir, bu bölgede Enjeksiyon makinesinin küresel uçlu memesi yerleşir.



Şekil IV.2 a. Enjeksiyon makinesi lülesi ve Yolluk memesi arasında düzlemsel temas yüzeyi

Şekil IV.2.b. Enjeksiyon makinesi lülesi ile Yolluk burcu arasında küresel temas yüzeyi

Aşağıdaki genel koşullar yukarıdan alınan sembollerle küresel temas yüzeyinin ölçülerini belirler.

$$R_N + 1 < R_S \cdot d_S < (d_X - 1) \quad (IV.1)$$

Burada;

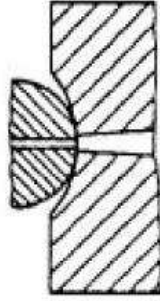
R_N : Plastik ünitesi lülesinin küresel uç yarıçapı

R_S : Yolluk burcu küresel girintisinin yarıçapı

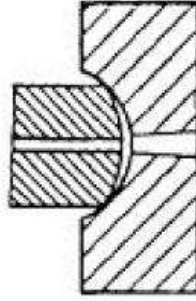
d_S : Plastik ünitesi lülesinin orifis çapı

d_X : Yolluk burcunun orifis çapı

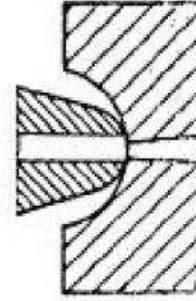
Eğer bu koşullar sağlanmazsa aşağıdaki şekilde (Şekil IV.3) gösterildiği gibi katılaşmadan sonra yolluk girişinin kalıptan çıkışını engelleyen bir çıkıntı meydana gelir.



Doğru Temas



Yanlış Temas



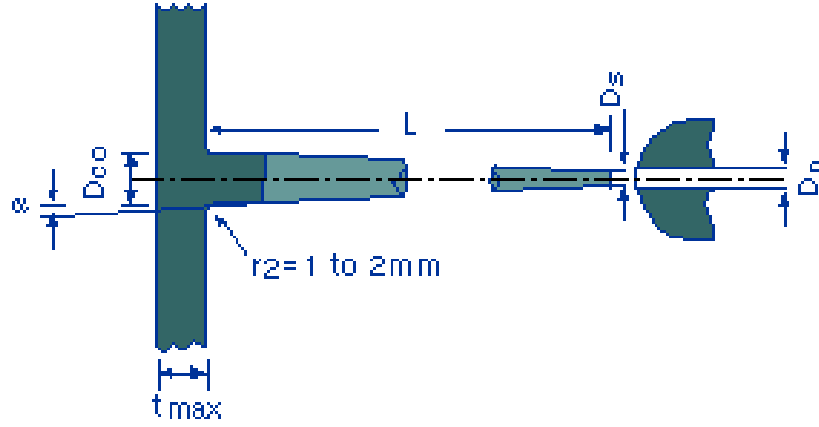
Yetersiz Temas

Şekil IV.3. Kontak bölgesinin doğru ve yanlış tasarımları

Yolluk girişinin dip kısmının boyutları parçanın boyutlarına ve özellikle de parçanın kesitlerinin kalınlığına bağlıdır. Göz önüne alınması gereken kurallar şunlardır;

- Yolluk girişi, enjeksiyondan sonraki tutma safhasındaki tutma basıncını iletebilmek için diğer herhangi bir kesitten daha önce katılaşmamalıdır. Ancak bu şartın sağlanması için de çevrim zamanını uzatacak şekilde çok kalın olmamalıdır.
- Yolluk girişi kalıptan kolaylıkla çıkartılabilmelidir, bu yüzden uç kısma doğru inceltilmelidir. Bu inceltme miktarı çoğu halde en iyi sonucu sağlamak için 1° den fazladır ve 4° civarındadır.

Bu şartlar aşağıdaki şekilde (Şekil IV.4) gösterilen kuralların ortaya çıkmasına neden olur.



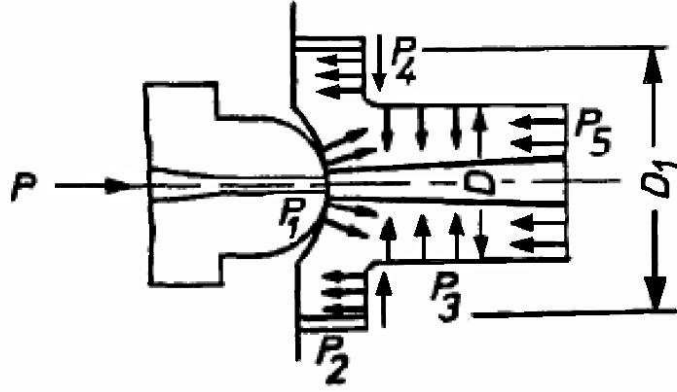
Şekil IV.4. Yolluk girişinin boyutlandırılması

$$D_{co} \geq t_{max} + 1.5 \text{ mm} \quad \alpha \geq 1^\circ - 2^\circ \quad (\text{IV.2})$$

$$D_s \geq D_n + 1.0 \text{ mm} \quad \tan \alpha = (D_{co} - D_s) / 2L \quad (\text{IV.3})$$

Yolluk girişi ve parça (tek kaviteli kalıplarda) arasındaki geçişin keskin olmasını önlemek ve malzemenin akışını kolaylaştırmak için yolluk girişinin dip kısmında r_2 gibi bir geçiş yarıçapının bulunması önerilir.

Plastik ünitesinin lülesi yolluk burcuna sızdırmazlığı sağlamak amacı ile belli bir kuvvetle itildiğinde yolluk burcu üzerine aşağıdaki şekilde (Şekil IV.5) görülen kuvvetler etkir. Yolluk burcu değişken kuvvetlerin etkisi altındadır. Bu yüzden burcun flanş kısmının D çapı (eğilme momentinin etkisini azaltmak için) çok büyük olmamalıdır. Silindirik kısmın D çapı da yolluk burcu ve kalıp arasındaki sıcaklık farkının minimum olması için mümkün olduğu kadar küçük olmalıdır. Sabit kalıp yarısının sıcaklığının üniformluğunu bozan daha sıcak bir yolluk burcu, istenmeyen izlere, çökmelere, distorsiyonlara v.b. sebep olur.



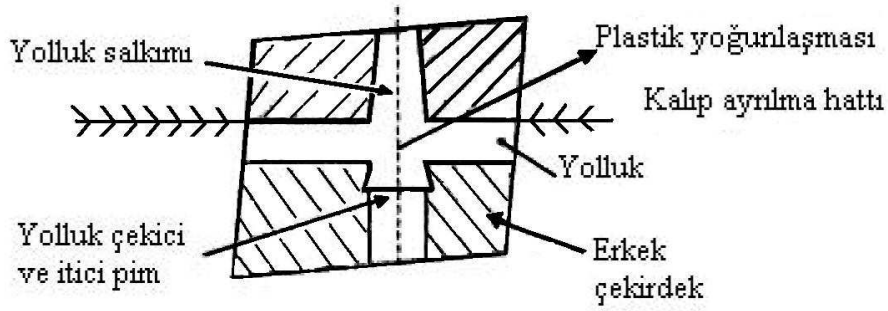
Şekil IV.5. Yolluk burcuna etkiyen kuvvetler

Dayanım yönünden Şekil IV.2 deki r_1 geçiş yarıçapı sertleştirilmiş yolluk burcunun keskin köşesindeki çentik etkisini azaltmak için mümkün olduğu kadar büyük olmalıdır. Plastik ünitesinin lülesinin itmesi ile oluşan kuvvetlerin meydana getireceği deformasyonu kompanze edebilmek amacıyla yolluk burcu maksimum 0.2 mm kısa yapılabilir. (Şekil IV.2 deki x mesafesi)

Yarı mamul halde yolluk burçları standart kalıp elemanı üreticileri tarafından yapılmaktadır. Kalıp üreticisi sadece konik delik kısmını işleyerek bu burçları kullanabilmektedir. Bu deliğin yüzey kalitesine özel bir önem verilmelidir. Parçanın kalıptan çıkış doğrultusuna dik yönde yapılan taşlama ve parlatma işlemleri parçanın kalıptan çıkışını zorlaştıran ve özellikle otomatik çalışmada kalıplama çevrimini kesintiye uğratabilecek girintiler meydana gelmesine neden olabilir. Bunu engellemek için delik çok iyi parlatılmalı hatta korozif özellik taşıyan malzemelerin kalıplanması durumunda krom kaplanmalıdır. Bu koşullar sağlandığında tek kaviteli kalıplarda, yolluk girişi hareketli kalıp yarısında kalmış bulunan parça ile birlikte sabit kalıp yarısından ayrılacaktır. Yolluk girişinin yolluklarla irtibatlı olduğu çok kaviteli kalıplarda veya birden fazla girişi olan tek kaviteli kalıplarda ise yolluk girişini sabit kalıp tarafından ayırmak için ek konstrüktif tedbirler gereklidir. Yolluk girişinin tam karşısına profili bir girinti oluşturarak yolluk girişini çeken bir çekici yerleştirilir (Şekil IV.6). Parçanın kalıptan çıkarılması esnasında çekici profil yolluk girişini serbest bırakır ve parça kalıptan boşluğa düşer. [19]-[18]

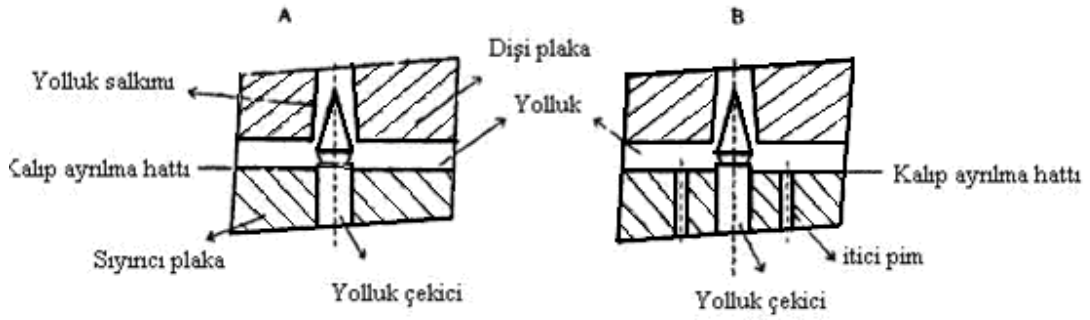
IV.1.3. Yolluk İtici ve Çekiciler

Yolluk çekiciler kalıp açıldığında plastik ürünle beraber yolluğun ve yolluk salkımının erkek çekirdek üzerinde kalmasını sağlamak üzere itici deliğinin bir kısmında ters açılarak yaratılan bölümdür. Kalıbın otomatik olarak çalışması tercih edildiğinden yolluğun her zaman risksiz bir şekilde ürünle beraber kalıptan çıkması gerekir. Çekici etrafındaki plastik yoğunluğu ve hacmi arttığından itici çevrimi başlamadan önce kalıp sıcaklığının istenen seviyeye kadar düşmüş olması gerekmektedir. Çünkü çekicinin etrafını çevreleyen plastik hala tam soğumamış ve hala yumuşaksa çekici görevini tam olarak yerine getiremeyecektir. Şekil IV.6.'da görüldüğü gibi yolluk çekici etrafında oluşan plastik yoğunluğu tam soğuma sağlayabilmek için soğutma çevrimini uzatacaktır. Yolluk kesitinin, yolluk salkımının veya çekicinin altında yer alan itici pim çapını daha küçük tutarak buranın plastik yoğunluğu bir ölçüde azaltılmış olur.



Şekil IV.6. Yolluk çekicinin bulunduğu yerde görülen plastik yoğunlaşması

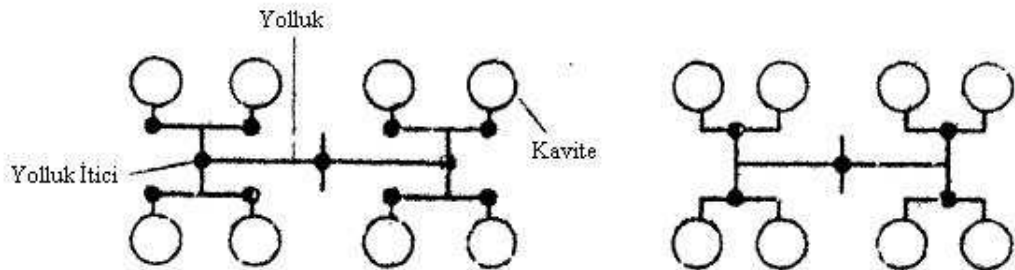
Yukarıda bahsedilen plastiğin çekici etrafında yoğunlaşmasını önlemek için Şekil IV.7'de gösterildiği gibi değişik konfigürasyonlar uygulanabilir. Böylece çekici etrafında plastik kütlelerinin artması önlenir ve bu bölgenin soğuma verimi artmış olur.



Şekil IV.7. A) Sıyrıcı plakalı çekici B) İtici pimlerle beraber çekici uygulaması

IV.1.4. Yolluk Çekicilerin Sayısı ve Yerleşimi

Yolluk çekicilerin sayısı ve yerleşimi kullanılan plastik malzemeye bağlıdır. Tasarımcı bu sayıyı minimumda tutmaya çalışmalıdır. Çünkü ilave her yolluk çekici kalıp maliyetini, işçiliğini ve süresini arttıracaktır. Ayrıca kalıp plakasında çok sayıda delik açmak plakadan geçirilecek su kanallarını olumsuz etkileyecektir. Genellikle sert veya tok plastik malzemeler kullanılıyorsa daha az yolluk çekici veya iticiye ihtiyaç duyulur. Yolluk et kalınlığı plastik ürünün et kalınlığından her zaman daha fazla olduğu için yolluğun geçtiği bölgede aşırı ısınma gözlenecektir. Bu bölgenin ardından su kanalı geçirilerek etkili bir soğutma yapılmalıdır. Oysa burada kullanılan yolluk itici veya çekiciler için açılan delikler istenildiği gibi su kanalı geçirilmesine izin vermeyecektir. Yumuşak veya oldukça esnek plastik kullanıldığında sert, tok plastiğe göre çok daha fazla yolluk çekici kullanmak gerekir (Şekil IV.8). Dengeli yolluk dağılımı kalıbın dolmasını nasıl etkiliyorsa, dengeli bir yolluk itici sistemi kurmak da plastik ürünün kalıptan dengeli bir şekilde çıkması için önem taşır. Yolluğun kalıptan ürünle beraber uzaklaştırılmaması kalıbın güvenliği için büyük tehlike yaratabilir.

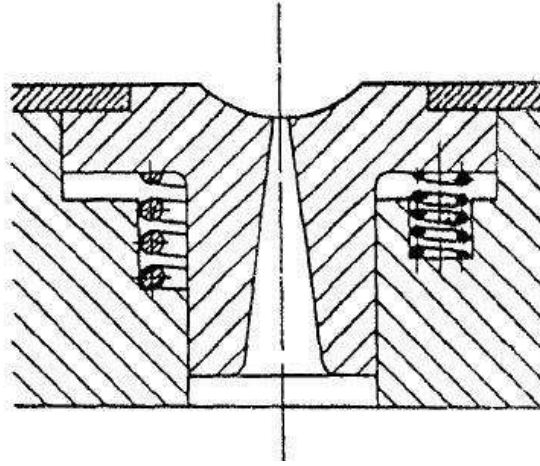


Şekil IV.8. Yumuşak ve sert malzemeye göre yolluk iticilerinin yerleşimi

Şekil IV.8’de solda yumuşak malzemeye göre, sağda ise daha sert malzemeye göre yolluk iticilerin yerleşimi görülmektedir. Yolluğun otomatik olarak üründen koparılıp kalıptan çıkarılabilmesini sağlayan metotlardan biri de üç plakalı kalıp tasarımı yapmaktır, iki plakalı kalıplarda tünel yolluk girişi kullanıldığında yolluk otomatik olarak üründen kopar. Fakat her ürüne tünel yolluk girişi yapmak mümkün olmayabilir. Bununla beraber yolluğun otomatik olarak atılması istendiğinde üç plakalı kalıp tasarımı iyi bir çözüm olacaktır. (Kamber, 2003)

Yolluk girişini yolluk burcundan ayıran ancak daha az kullanılan bir başka yöntem de aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. (Şekil IV.9) Yolluk burcu bir yay tarafından sıkıştırılmaktadır.

Kalıp dolduktan sonra plastik ünitesi lülesi yolluk burcundan ayrılır ayrılmaz yay veya yaylar yolluk burcunu geriye doğru iterek yolluk girişinden ayrılmasını sağlarlar. Şekilde iki farklı tasarım gösterilmektedir. Birincisinde büyük bir yay tek başına kullanılırken ikincisinde çevresel olarak sıralanmış küçük yaylar kullanılmaktadır. Bu yöntem sadece plastik ünitesinin vida kısmının içinde bulunduğu silindirik kısmın ileri geri hareket ettiği makinelerde kullanılabilir.



Şekil IV.9. Yay ile Sıkıştırılmış Yolluk Burcu

IV.1.5 Yolluk Kavramı Ve Tanımı

IV.1.5.1 Bir Yolluk Sisteminden Beklenenler

Yolluk sisteminin boyutlandırılması temel olarak parçanın konfigürasyonu, kullanılacak olan plastik malzeme, enjeksiyon makinesi ve kalıp gibi bir çok faktörden birden etkilenir. Bütün bu faktörler aşağıdaki şekilde (Çizelge IV.1) daha detaylı olarak gösterilmiştir. Bunun yanı sıra yolluk sisteminin kalite istekleri ve ekonomik beklentiler gibi konularda yerine getirmesi gereken fonksiyonlar da vardır. Bunlar Çizelge IV.2 de özetlenmiştir.

Yolluk sisteminin fonksiyonları ve yerine getirmesi gerekenler;

- Kavite en az birleşme hattı oluşumu ile dolmalı
- Akışı zorlaştıran engeller mümkün olduğu kadar az olmalı
- Toplam ağırlık içindeki payı mümkün olduğu kadar az olmalı
- Kalıptan kolay çıkartılabilmeli
- Parça görünüşü etkilenmemeli
- •Uzunluk, basınç, sıcaklık ve malzeme kayıplarını minimum düzeyde tutacak şekilde teknik açıdan mümkün olduğu kadar kısa olmalı
- Donma zamanı tutma basıncının etkili olabilmesi için parçanınki ile aynı veya biraz daha fazla olmalı
- Yolluk sistemi çevrim zamanını etkilememeli veya çok az etkilemeli
- Parça girişi en kalın parça kesitinden yapılmalı
- Girişin yeri jetting olayını önleyecek şekilde seçilmeli

Parça ile ilgili faktörler Geometri Hacim Cidar kalınlığı Boyutsal Optik Mekanik kalite beklentileri Makine	Kalıplanacak malzeme Viskozite Kimyasal kompozisyon (amorfluk veya yarı kristalize) Dolgu maddeleri Donma süresi Yumuşama aralığı Yumuşama sıcaklığı Isıya duyarlılık Çekme Kalıp
Kilitleme türü Enjeksiyon basıncı Enjeksiyon hızı	Parçanın otomatik olarak çıkarılması Parçanın elle çıkarılması Yolluk sisteminin sıcaklığı

Tablo IV.1 Yolluk Sisteminin Tasarımını Etkileyen Faktörler

IV.1.5.2 Yolluk Sistemlerinin Sınıflandırılması

Kendisinden beklenenleri yerine getirmesi için yolluk sisteminin tasarımında tasarımcı daha basit veya daha zor olan çeşitli seçeneklere sahiptir. Bu yüzden aşağıdaki tasarım çözümlerinden herhangi birini seçebilir.

- I. Yolluklar parça üzerinde kalırlar ve daha sonra kesilirler.
- II. Yolluklar parçadan otomatik olarak ayrılırlar ve ayrı olarak kalıptan çıkartılırlar.
- III. Yolluklar parçadan otomatik olarak ayrılırlar ancak kalıp içinde kalırlar.

IV.1.5.3. Yollukların Tasarımı

Yolluklar, yolluk girişini kavite girişleri ile kaviteye bağlar. Malzemeyi ergimiş halde iken aynı halde, aynı sıcaklıkta, aynı basınçta ve aynı zamanda kavitelere dağıtmalıdır.

Plastikleşmiş malzeme soğutulmuş kalıbın yolluklarına büyük bir hızla girer. Kalıp duvarlarına yakın olan malzemedan ısı hızla çekilir ve malzeme soğuyarak katılaştır. Bu durum kanalın merkezinde akan malzeme için bir ısı yalıtım tabakası meydana getirir. Kaviteyi doldurmak için akan plastik, sıcak akışkan bir çekirdek haline gelir. Bu sıcak çekirdek parça tamamen katı hale gelene kadar korunmalıdır. Enjeksiyondan sonraki tutma safhasındaki tutma basıncı ancak bu halde katılaşma süresince meydana gelecek olan hacimsel çekmeyi kompanze edebilmek için tam olarak etkiyebilir.

Bu gereksinim yolluğun geometrisini belirler. Malzeme tasarrufu ve soğuma koşullarından dolayı yüzey/hacim oranı oldukça küçük olmalıdır. Yolluğun boyutları, parça büyüklüğüne, kalıbın tasarımına ve kalıplanan plastik malzemenin cinsine bağlıdır. Genel bir kural olarak, artan parça boyutu ve cidar kalınlığı ile yolluk kesiti arttırılmalıdır. Büyük kesitler akışa gösterilen direncin kesit alanı ile ters orantılı olması nedeniyle ince kesitlere göre kalıbın daha kolay dolmasını sağlar. Düşük viskoziteye sahip plastikler de daha uzun veya ince kesitli yolluklara (daha uzun akış boylarına) izin verirler.

Bunların yanında parçanın mümkün olduğunca ekonomik üretilme gereksinimi söz konusudur. Yolluk artık malzeme miktarını ve parça boyutuna göre büyük ise muhtemelen soğuma zamanını da etkiler. Bu yüzden gerekli yolluk çapı Hagen-Poiseuille yasasının yardımı ile de dikkatli bir şekilde hesaplanmalıdır. Yolluktaki basınç kaybı da bu şekilde hesaplanabilir.



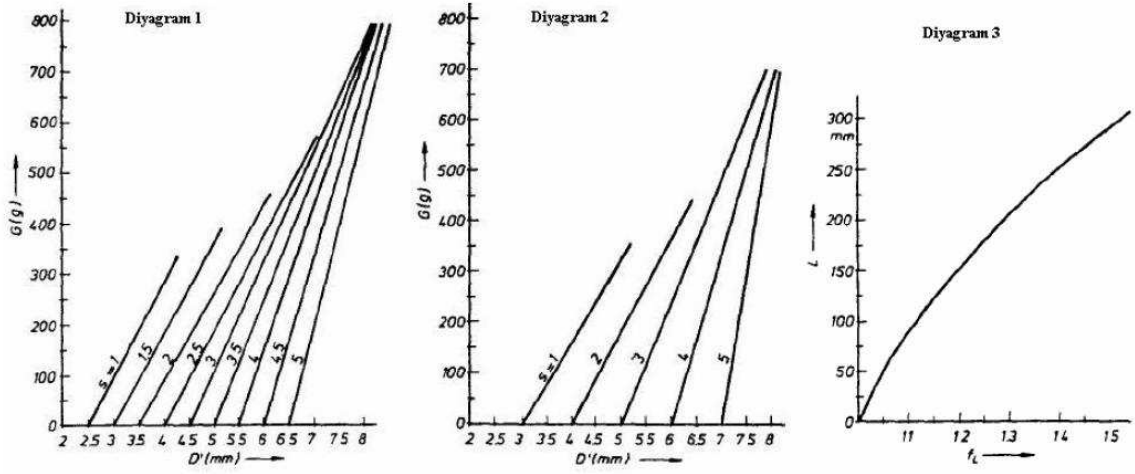
Şekil IV.10 Yolluk kesitleri

Dairesel kesitli yolluğun avantajları kesit alanına göre en küçük yüzeye, yavaş soğuma hızı, düşük ısı ve sürtünme kayıpları ve kanal merkezlerinin en son donması nedeniyle tutma basıncının etkili bir şekilde iletilebilmesidir. Dezavantajı ise Kalıbın iki tarafına işlenmesi nedeni ile zahmetli ve yüksek maliyetli olmasıdır. Parabolik yolluk dairesele kesite en çok yaklaştığı ve Kalıpta tek tarafa işlenmesi avantajıdır, ancak Dairesel Kesite nazaran daha fazla ısı ve malzeme kaybına sebep olması da dezavantajıdır. Trapez yolluk modifiye edilmemişse parabolik yolluğa nispeten daha fazla kayıba sebep olur. Yarım Dairesel ve Geniş Trapez yolluklar kaçınılması gereken yolluk kesitleridir. Yolluğun kesin boyutları ve yüzey kalitesi parçanın kalitesi için olduğu kadar ekonomiklik açısından da önemlidir. Yukarıdaki şekil (Şekil IV.10) en yaygın kullanılan yolluk kesitlerini, avantajlarını ve dezavantajlarını göstermektedir. Buradan parabolik kesitli yolluğun en uygun kesit olduğu ortaya çıkmaktadır.

Yollukların en son katılaşması gerektiğinden çapları kalıplanan parçanın kesit kalınlığına bağlıdır. Yolluk çapı en kalın kesitten 1.5 mm daha kalın olmalıdır.

$$D \geq S_{\max} + 1.5 \text{ mm} \quad (\text{IV.4})$$

Aşağıdaki şekilde (Şekil 4.11) değişik malzemeler ve yolluktan geçen hacimleri veya kütleleri için nomogramlar gösterilmiştir. Veriler ampirik olmakla beraber 30 Mpa'dan daha küçük olan kabul edilebilir basınç kayıpları için yolluk boyuna bağlı olarak yolluk çapının hesaplanmasını sağlar.



Şekil IV.11 Yolluk Kesitini Hesaplamak için Kullanılabilecek Nomogramlar

Grafik 1 : PS,ABS,SAN,CAB için

Grafik 2: PE,PP,PA,PC,POM için

Şekil IV.11'deki nomogramlar şu şekilde kullanılır.

- Önce parça ağırlığı G (gram) ve parça cidar kalınlığı s(mm) saptanır.
- İlgili malzemeye ait diyagramdan D' değeri alınır.
- Yolluk boyu L (mm) saptanır.
- 3 no'lu diyagramdan L'ye karşılık gelen f_L düzeltme faktörü bulunur.

Yolluk çapı $D = D' \cdot f_L$ ifadesi ile hesaplanır.

Yolluğun yüzey kalitesi kalıplanan plastiğin cinsine bağlıdır. Katılaşıp ısı yalıtımı yapan katı kabuğun akan sıvı malzeme tarafından yerinden alınıp götürülmemesi için parlatılmamış yolluk yüzeyinin avantaj olduğu düşünülebilir. Ancak PVC, polikarbonat ve poliasetal gibi bazı plastikler için parçada oluşabilecek hatalardan kaçınmak için yolluk yüzeyinin çok iyi parlatılması hatta krom kaplanması gereklidir.

Birden fazla kaviteli kalıplarda malzemenin bütün kaviteleri üniform olarak ve aynı anda doldurması özellikle önemlidir. Yalnızca eşit tutma basma uygulandığında plastik her yerde aynı anda katılaşıp. Bu koşulun kolayca gerçekleşebilmesi için bütün

akışyolları aynı uzunlukta yapılır. Tamamen aynı olan akışyolları çoğunlukla yolluk girişinin merkezde olduğu kaviteilerin dairesel şekilde yerleştirildiği düzenle elde edilir. Yine çok sıklıkla kullanılan bir diğer tasarım da kaviteilerin ardışık olarak yerleştirildiği ve bir ana yolluğa bağlı tali yolluklarla beslendikleri seri yerleşimdir. Ancak bu yerleşim şekli ile eşit akış boylarının elde edilmesi mümkün değildir. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak için ise kaviteilerin simetrik olarak dizildiği düzen kullanılır.

IV.1.5.4 Yolluk şekli Belirlenirken Dikkat Edilmesi Gereken Faktörler

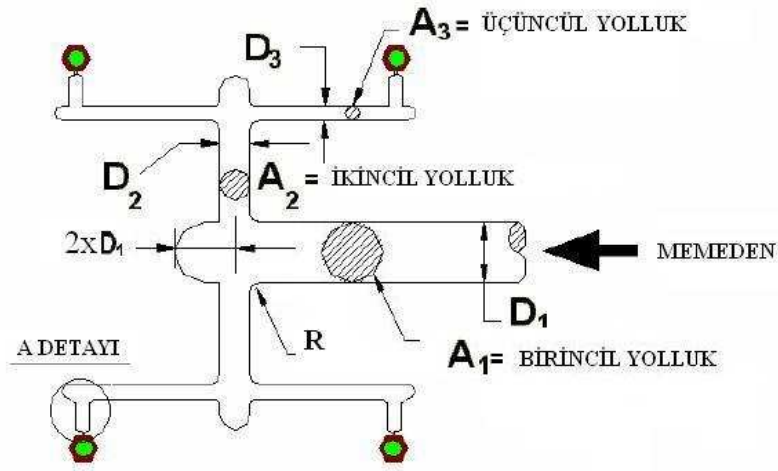
- a) Kalıbın her gözüne eşit basınç nakledilmesi sağlanmalıdır.
- b) Her kalıp gözüne giren yolluğu mümkün olduğunca kısa yapmalıdır.
- c) Kalıptan kolayca çıkması sağlanmalıdır. Profilleri umumiyetle trapez veya yuvarlak olmalıdır.
- d) Uygun şekilde fonksiyonunu yerine getirirken en düşük ağırlıkta olmalıdır.
- e) Kalıp yolluk girişi içi kesinlikle konik rayba ile raybalanmış ve çok özel bir şekilde parlatılmış olmalı. Aksi takdirde yolluğun memeden çıkmaması gibi problemlerle karşılaşılabilir.
- f) Bütün yolluk sistemleri ve bütün yan yolluklar veya bağlantıları mümkün olduğunca basınç düşmesini minimize etmek için yuvarlanmalı ve dairesel formlar kazandırılmalıdır.
- g) Yolluğun sonuna, erimiş olan plastiğin önündeki daha az sıcak plastiği, hapsedmek için boşluk yapılmalıdır. Bu daha az soğuk plastik parça içinde kaynak etkisi yapar boşluğun boyu, yolluk çapına eşit olmalıdır. (şekil IV.12)
- h) Tüm yolluklar parlatılmalı kesinlikle freze çakısı izleri bulunmamalıdır.

i) İkincil yolluklar ana yolluklarda daha ince olmalıdır. Plastik, yolluk sayesinde her göze doğru ilerlerken hiçbir zaman sert köşelere rastlamamak, her zaman radyüs veya yuvarlak bir açı ile diğer ikincil yolluğa bağlanmalıdır.

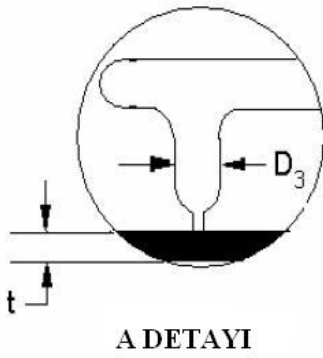
j) Otomatik çalışan kalıplarda yolluk kopması kolayca olabilecek şekilde açılmalıdır.

k) Kalıp giriş yolluğu boyu mümkün olduğunca kısa tutulmalı gerekirse meme kalıp içerisine gömülmelidir. (Şekil IV.13 - IV.14)

Bu tür uygulamalarda meme boyu kısa olduğu için ana yolluk boyuda kısacaktır. Bu da hem zaman, hem de hammaddeden tasarruf sağlamaktadır (Kamber, 2003)



Doğru Uygulama



Değişkenlerin Tanımı

D₁, D₂, D₃: Yolluk Çapları

A_1, A_2, A_3 : Yolluk Kesit Alanları

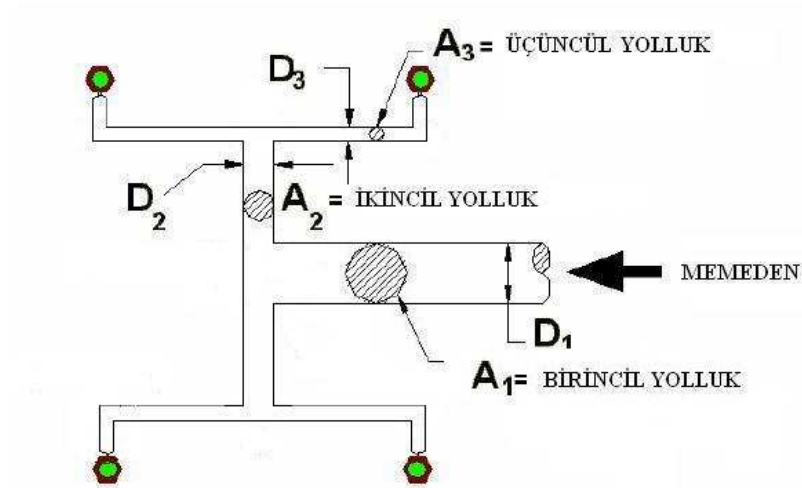
t : Parça Kalınlığı

TPE Yolluk Ölçüleri için Rehber

D_3 : 1.0-1.2 t

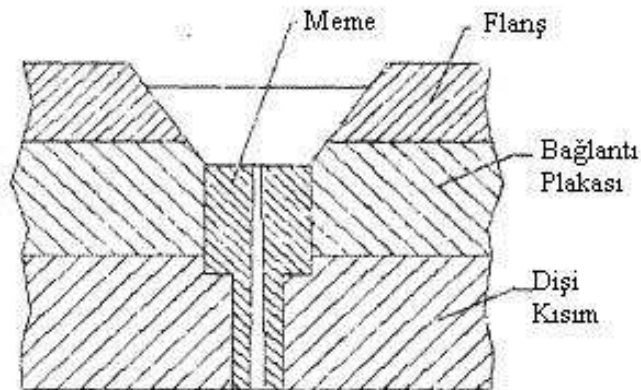
D_2 : 1.4 D_3

D_1 : 1.4 D_2



Yanlış Uygulama

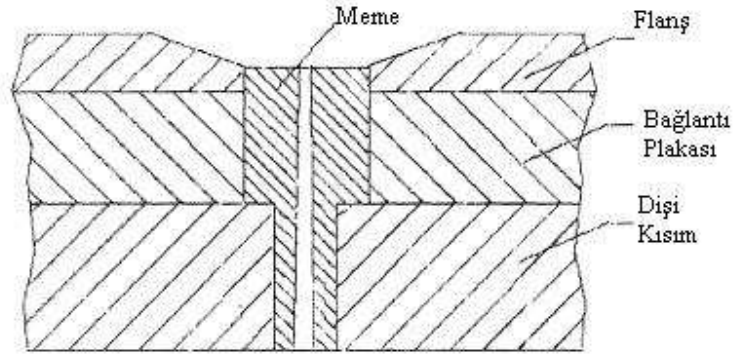
Şekil IV.12 İkincil Yolluk Doğru ve Yanlış Uygulamaları



Şekil IV.13 Kalıba Gömülmüş Meme

IV.1.5.5 Standart Yolluk Sistemleri

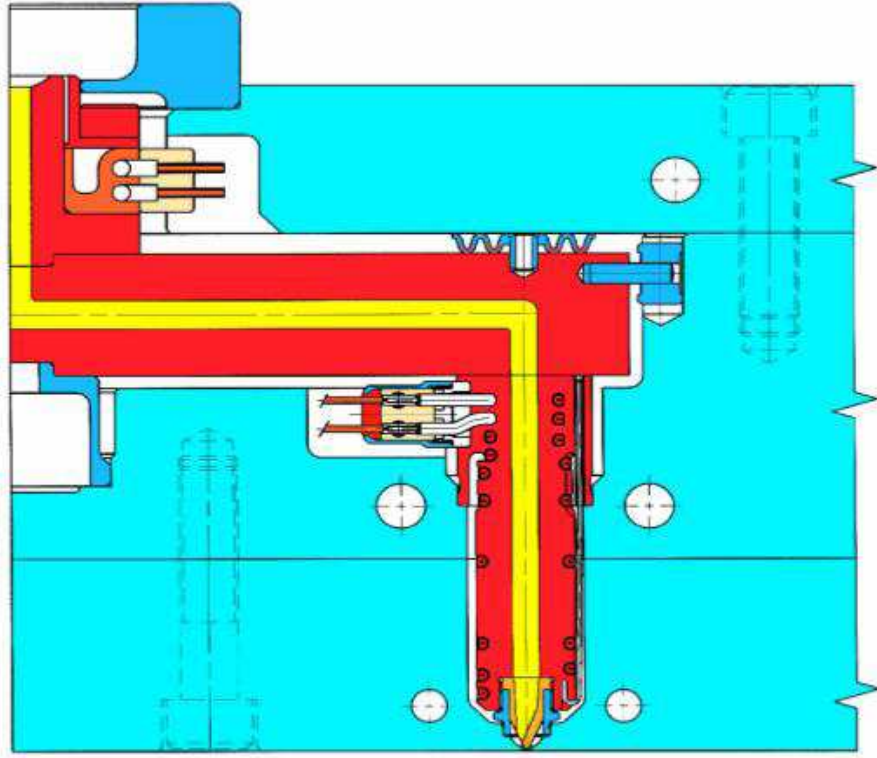
Standart yolluklar doğrudan kalıp plakaları üzerine açılırlar. Bu yüzden sıcaklıkları kalıp sıcaklığı ile aynıdır. Yolluk içindeki malzeme enjeksiyondan sonra katılaşır ve her çevrimden sonra parça ile birlikte kalıptan çıkartılmalıdır. Termoplastik malzemelerin yollukları kırma makinelerinde kırılarak tekrar hammadde olarak kullanılırlar.



Şekil IV.14 Kalıba Gömülmemiş Meme

IV.1.5.6 Sıcak Yolluk Sistemleri

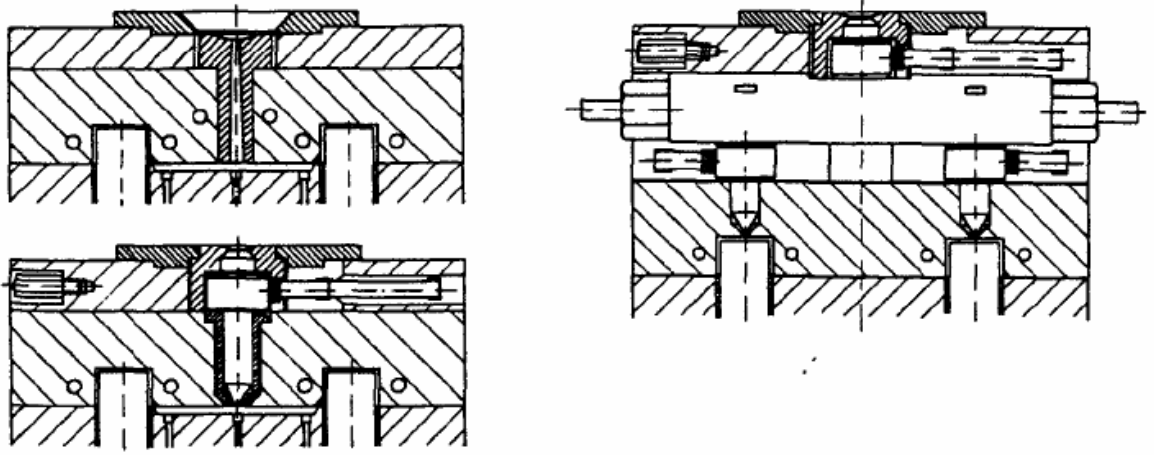
Bir termoplastik kalıbının sıcak yolluk sistemi ayrı ve ısıtılan bir manifold olarak karakterize edilir. 180°C'den fazla olan sıcaklığı ile termoplastik malzemenin ergime sıcaklığı aralığındadır ve bu yüzden ortalama kalıp sıcaklığından 20 ile 120 °C daha sıcaktır. Manifold içindeki yolluklar ergimiş malzemeyi makine plastik ünitesi lülesinden kavite girişlerine kadar sıcaklık kaybı olmadan taşırlar.



Şekil IV.15 Sıcak yolluk

Basit olarak sıcak yolluklar makine plastik ünitesi lülesinin kavitelere kadar olan devamı olarak göz önüne alınabilirler. Standart yollukların aksine termoplastik malzeme sıcak yolluk içinde sıvı olarak kalır. Bu yüzden yolluğun kalıptan çıkarılmasına gerek yoktur ve bir sonraki çevrim için kullanılmaya hazırdır. Sıcak yolluk sistemlerindeki temel problem sıcak manifoldun kendisine göre daha soğuk olan kalıptan termal olarak yalıtılmasıdır.[8]

Sıcak yolluk sistemleri konvansiyonel yolluk sistemlerinden, sisteme hazır olarak monte edilmiş sistemlere geçişteki en önemli ve geniş aşamayı temsil etmektedir (Şekil IV.16). Bu otuz yıllık teknolojik gelişmeye sadece kalıp tasarımcıları, kalıp yapımcıları ve standartları yapanlar değil aynı zamanda malzeme üreticilerinin uygulama departmanları da katkıda bulunmuşlardır. Bu durum çok sayıda yayında ve teknik broşürde dökümanite edilmiştir.



Şekil IV.16. Konvansiyonel Yolluk Sisteminden Sıcak Yolluk Sistemine Geçiş

Otomobil konsolları, tamponlar, bilgisayar gövdeleri gibi büyük parçalar birden fazla ergimiş malzeme girişi olmadan pratikte üretilemezler. Bu tür büyük parçaların üretilmesinde 800 mm. uzunluğuna ulaşan lüleler ve 1800 mm uzunluğuna varan yolluklar kullanılmaktadır.

Belirli bir sıcak yolluk sisteminin seçimi kalıplanacak malzemeye bağlıdır. Günümüzde takviye edilmiş plastik malzemeler dahil hemen hemen tüm plastik malzemeler sıcak yolluk sistemleri kullanılarak kalıplanabilmektedir. Uygulanabilirliği belirleyen sınırlamalar, plastiklerin termal duyarlılığı ve malzemenin alevlenme direncidir. Sıcak yolluklar iki bileşenli kalıplar gibi modern enjeksiyon kalıplama teknolojilerinde de kullanılmaktadır.

Sıcak yolluk sistemleri konvansiyonel yolluk sistemlerine göre ekonomik ve teknolojik olarak birçok avantaja sahiptirler. Sıcak yolluk sistemlerinin ekonomik avantajları şunlardır:

- Yolluklar için kullanılan malzeme miktarında ve malzemenin tekrar kullanılması için gereken kırma maliyetlerinden tasarruf sağlarlar.
- Daha kısa çevrim zamanları sağlar, yollukların kalıptan çıkarılması için ilave sistemlere gerek kalmaz, soğuma zamanı geç soğuyan yolluklar tarafından belirlenmez, lülelerin tıkanma sorunu yoktur.
- Gerekli makine boyutları küçülür, yolluk sistemi reaksiyon kuvvetleri meydana

getirmez, bir çevrimde kalıplanan malzeme miktarı yolluk miktarı kadar azalır veya daha büyük parçalar ya da daha çok kaviteli kalıplar kullanılabilir, üç plakalı kalıplar için daha kısa açılma strokları sağlar. Kalıp yapımı kalıp standartları içinde gerçekleştirilir.

Teknolojik avantajlar ise şunlardır;

- Yolluk sistemini çıkarmak için herhangi bir düzeneğe gerek olmaması sistemin otomatize edilmesini kolaylaştırır.
- Yolluğun ısıtılması daha uzun akışyollarının gerçekleşmesine izin verir. Ayrıca girişlerinde optimum noktalardan yapılmasını sağlar.
- Yollukları, kesiti daha az basınç kaybına sebep olacak şekilde artırılabilir.
- Daha uzun tutma basıncı zamanları mümkün olur.
- Yolluk sisteminin dengelenmesi mekanik olarak veya sıcaklık kontrollü olarak yapılabilir.
- Özel lüleler kullanılarak birleşme hatlarının oluşumu önlenir.

Bu avantajların yanında sıcak yolluk sistemleri aşağıdaki dezavantajlara da sahiptirler.

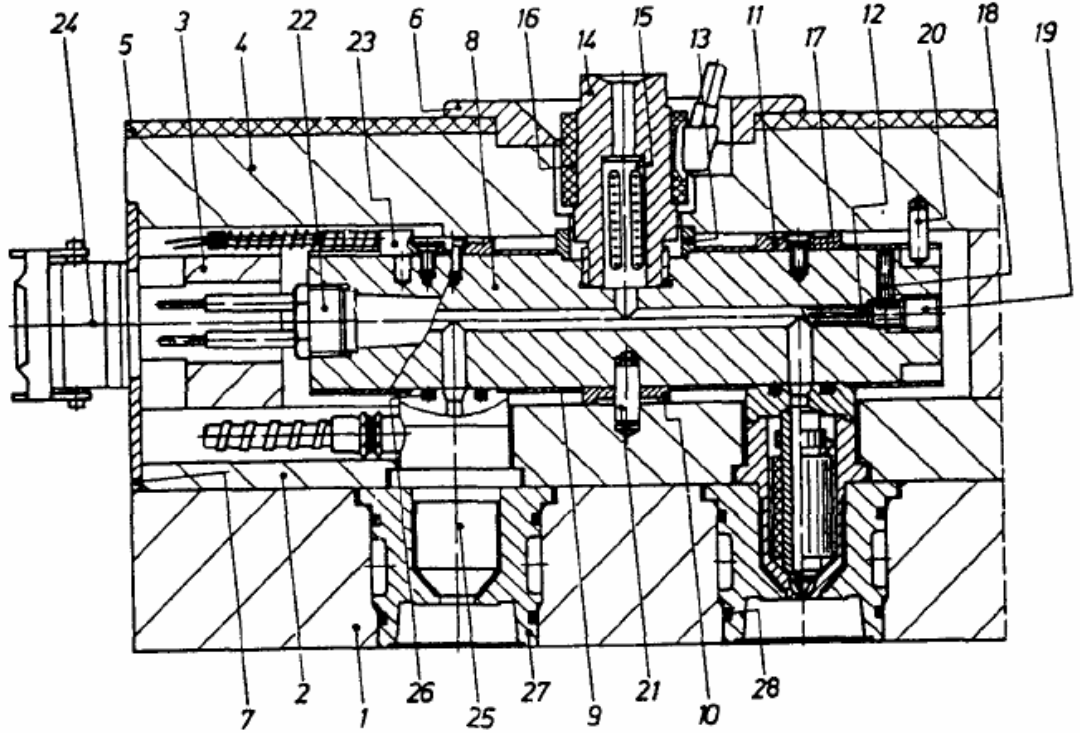
Ekonomik olarak;

- Kalıp ve yolluk sistemi gerekli sıcaklığa ulaşana kadar daha fazla bozuk malzeme çıkar.
 - Kalıp tasarımı için harcanan zaman ve efor daha fazladır.
 - Isıtıcılar, sıcaklık sensörleri ve kontrol üniteleri gibi yardımcı ekipmanların varlığı ve montajı kalıp maliyetlerini artırır.
 - Isıtıcı elemanlarda sızdırmazlık veya arıza olasılığının daha yüksek olması
 - Sistem daha kompleks olduğu için daha eğitimli eleman bulma veya elemanları eğitme zorluğu
- Teknolojik olarak;
- Uzun akışyolları ve yüksek kayma oranından dolayı duyarlı malzemelerde ısı bozulma olasılığının artması
 - Heterojen sıcaklık dağılımları, ergimiş malzeme içinde, kalıbın dolmasının uniform bir şekilde olmasını engelleyen sıcaklık farkları meydana getirir.
 - Kavite girişlerinde basınç kontrolü yapılamaz.

IV.1.5.6.1 Sıcak Yolluk Sisteminin Tasarımı ve Sistemi Oluşturan Elemanlar

Sıcak yolluklu kalıplar teknolojik açıdan çok iddialı sistemlerdir. Asıl fonksiyonu olan malzemeyi herhangi bir zarara yol açmadan kavite girişine taşımak için oldukça karmaşık bir yapıya sahiptirler. Bu tür bir tasarım aşağıdaki şekilde gösterilmektedir. (Şekil IV.17)

Bir sıcak yolluk sistemi enjeksiyon ünitesi ile bağlantılı olan bir yolluk burcu, malzemeyi kalıp içinde dağıtan bir manifold ve malzemeyi istenilen yerlerden kaviteye sokan lülelerden meydana gelir. Sistem uygun bir şekilde ısıtılmalıdır. Sıcaklık kontrolü sağlamak için termoçiftleri içermelidir. Isıtıcıların ve termoçiftlerin bağlantı uçları dışarı çıkarılmalıdır. Isı kaybını engellemek için yalıtım yapılmalıdır. Bu sayılanlar sistemde mutlaka bulunması gereken elemanlardır.[7]



Şekil IV.17 Sıcak Yolluk Sisteminin Tasarımı ve Elemanları

Şekildeki elemanlar numara sırası ile şöyledir:

1. Kavite taşıyıcı plakası
2. Aralık plakası
3. Destek bloğu
4. Bağlantı plakası
5. Yalıtım tabakası
6. Merkezleme halkası
7. Muhafaza
8. Sıcak manifold
9. Isı reflektörü
10. Aralık parçası
11. Aralık parçası
12. Tıkaç
13. Merkezleme halkası
14. Lüle uzantısı
15. Filtre
16. Isıtıcı
17. Düz şapkalı civata
18. Set screw
19. Dişli pim
20. Tutucu pim
21. Tutucu pim
22. Yüksek güçlü ısıtıcı
23. Termoçift
24. Bağlantı kutusu
25. Isıtılan lüle
26. Metal O-ring
27. Kavite
28. Viton O-ring

IV.1.6. Kavite (Yolluk) Girişlerinin Tasarımı

IV.1.6.1. Kavite (Yolluk) Girişlerinin Tasarımı

Kavite girişleri (giriş) kaviteyi (yada parçayı) yolluğa bağlar. Genellikle tüm sistemin en ince bölümüdür. Boyutu ve yeri çeşitli gereksinimler göz önüne alınarak belirlenir. Girişin yerini, şeklini ve boyutunu belirleyen faktörler aşağıda belirtilmiştir. Genel olarak giriş küçük, kalıplanması basit ve parçadan kolayca ayrılabilir şekilde olmalıdır. Parçaya, onu distorsiyona uğratmayacak ve görünüşünü bozan izler bırakmayacak şekilde bağlanmalıdır. Girişin parça üzerindeki yeri bu yüzden özel bir önem kazanmaktadır.

Kavite girişini etkileyen unsurlar	
Parça ile ilgili unsurlar	Geometri Cidar kalınlığı Parçanın yüklenme yönü Boyutsal, kozmetik ve mekanik kalite istekleri Akış boyu/Cidar kalınlığı oranı
Kalıplanacak malzeme ile ilgili unsurlar	Viskozite Sıcaklık Akış Karakteristiği Katki Maddeleri Çekme
Diğer unsurlar	Distorsiyon Birleşme hatları Kalıptan çıkarılma kolaylığı Parçadan ayrılma Maliyetler

Tablo IV.2. Kavite Girişini Etkileyen Faktörler

Giriş çeşitli konfigürasyonlardan herhangi birine sahip olabilir. Nokta giriş veya kenar giriş şeklinde olabilir. İleride daha detaylı olarak anlatılacak olan yolluk girişi ile aynı olan direk giriş şeklinde özel bir formda olabilir. Bu durumda giriş sistemin en dar noktası olmaz ve parçadan ayrılması için ilave bir kesme işlemi gereklidir.

Bütün diğer giriş türleri sisteme birtakım kısıtlamalar getirirler ve sistem kolay kalıplama ve ayrılma yönünden gerçekleşmesi daha zor bir hal alır. Malzeme, yolluklar

yada girişler gibi dar kanallarda akarken, akışa karşı ciddi bir dirençle karşılaşır. Enjeksiyon basıncının bir kısmı bu direnci yenmek için kullanılır ve ergimiş malzemenin sıcaklığı fark edilebilecek bir şekilde artar. Bu çok istenen bir durumdur çünkü;

- Kaviteye giren ergimiş malzeme daha akışkandır ve kaviteyi daha iyi doldurur,
- Giriş civarlarındaki malzeme ısındığı için girişteki donma gecikir.

Optimum giriş boyutları malzemeyi ısıl olarak hasara uğratmayacak ve çok yüksek basınç kayıplarına neden olmayacak şekilde olmalıdır. Giriş boyutları hesaplama ile veya deneme baskısı sırasında deneme yoluyla saptanır. Bu esnada yolluklar da dengelenebilir. Bunun anlamı her girişin ergimiş malzemenin kavitelere aynı zamanda girmesini sağlayacak şekilde yapılmasıdır. Bu şartın önemi aşağıdaki şekillerde gösterilen hatalı üretilmiş parçalarda kolaylıkla görülebilir. Pratikte özellikle çok kaviteli kalıplarda girişler önce gereğinden küçük yapılır. Daha sonra denemeler esnasında elde edilen verilerle girişler bütün kavitelere üniform olarak dolana kadar genişletilir. Bu işlem oldukça fazla uzmanlık ve mekanik üretim yeteneği gerektirmektedir. Bu zaman alıcı işlem günümüzde yerini yolluk sisteminin boyutlarının hesaplama ile bulunması yöntemine terk etmiştir. Bu durumda bütün girişler aynı boyutta olmaktadır.

Aşağıda (Şekil IV.18) girişlerin uygun yerlerini ve boyutlarını göstermektedir. Giriş dairesel, yan dairesel veya dikdörtgensel şekilde olabilir. En uygun olanı dikdörtgensel olanıdır. Kalıptan en kolay ayrılabilen ise yarı dairesel olanıdır.

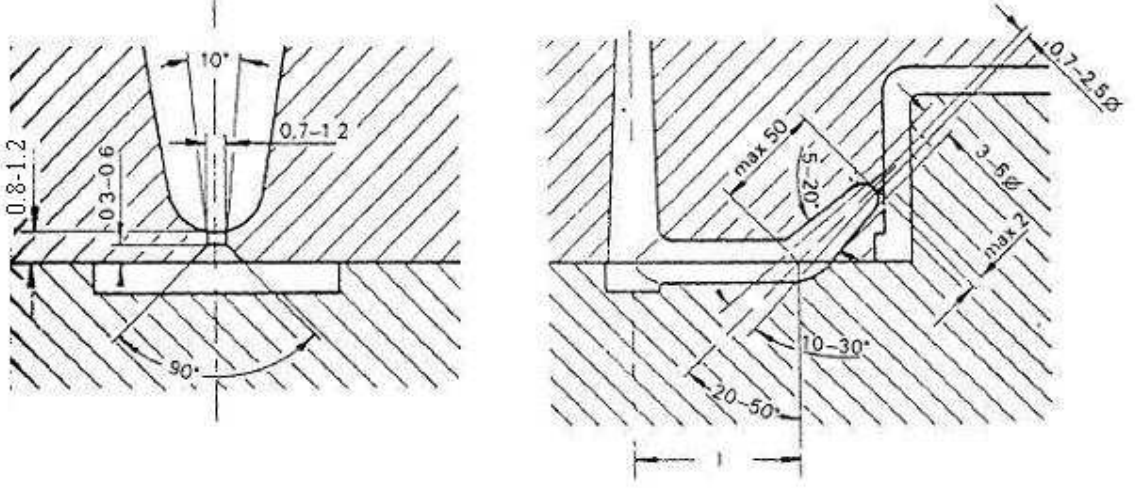
<p>Yolluk Parça</p> <p>Giriş</p> <p>Kesitler</p> <p>Dairesel Dikdörtgenel</p>	<p>Merkezi giriş</p> <p>Dairesel kesitin küçük yüzey-hacim oranı ısı ve sürtünme kayıplarını azaltır, Her iki kalıp yarısınada işlenmeyi gerektirir ki bu da pahalı bir işlemdir. Dikdörtgenel kesitte bu maliyetler yüzünden sınırlayıcıdır. Merkezi pozisyon yolluğun parçadan ayrılmasını zorlaştırır ve ilave işlem gerektirebilir. Giriş jetting olayına neden olabilir.</p>
<p>Yolluk Parça</p> <p>Giriş</p> <p>Kesitler</p> <p>Yarı dairesel Dikdörtgenel</p>	<p>Merkezden kaçık giriş</p> <p>Girişin merkezden kaçık pozisyonu işlenmesini kolaylaştırır. Kalıptan çıkması ve parçadan ayrılması kolaydır. Kavite duvarı ile aynı hat üzerindeki giriş jetting olayını engeller.</p>

Şekil IV.18 Giriş Kesitleri ve Yolluk Üzerindeki Pozisyonları

Girişin yolluğa en iyi şekilde bağlanması da yine aynı şekilde gerçekleşmektedir. Bu bağlantı tek başına kalıbın dolması süresince kavite içindeki, en iyi akış karakteristiğini sağlamaz. Bazı plastiklerde donmuş olan yüzey tabakası yerinden koparak kavite içine taşınır ve parçada istenmeyen izlere neden olur. Ergimiş plastik kavite içine jet halinde de girmemelidir ancak giriş orifisinden başlayarak kaviteyi üniform şekilde doldurmalıdır. Jet halinde kaviteye giren malzeme, arkasından gelen malzeme tarafından tekrar ergitilemediği için, parçanın görünümünü bozan izlere neden olur. Kritik olmayan hallerde geçiş bölgesinde yapılacak olan bir geçiş yarıçapı bu etkiyi azaltacaktır.

Nokta ve tünel girişler için ise önerilen boyutlar aşağıdaki şekilden (Şekil IV.19.) bulunabilir. Daha önceden de bahsedildiği gibi girişin boyutları kalıplanacak malzeme ve parçanın kesit kalınlığı tarafından belirlenir. Daha büyük viskoziteli ve daha kalın kesitli parçalarda daha büyük giriş kullanılır. En kalın kesit giriş boyutunu belirlediği için girişin buraya konulması tek mantıklı çözümdür. Eğer giriş en kalın

kesitten yapılmazsa parçada boşluklar ve çökme izleri meydana gelir. Bunun nedeni giriş bölgesinin gereğinden önce dolmasından dolayı tutma basıncının etkime süresinin çok kısa olmasıdır.



Şekil IV.19. Nokta (solda) ve Tünel (sağda) Girişler İçin Önerilen Boyutlar

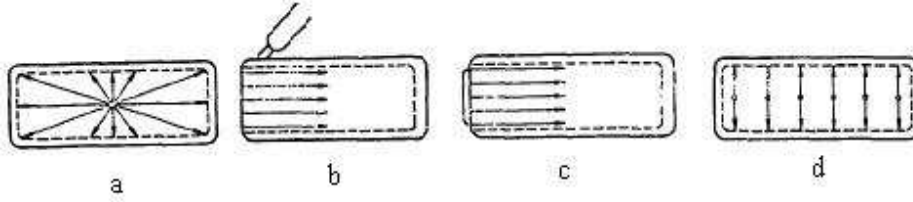
Parçanın kalitesi de girişin parça üzerindeki yeri tarafından belirlenir. Bu konu bir sonraki bölümde ele alınacaktır.

IV.1.6.1.1 Yolluk Girişin Parça Üzerindeki Yeri

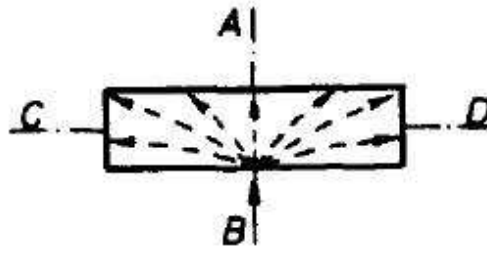
Girişin pozisyonu kavite içindeki malzeme akışının doğrultusunu tespit eder. Akış doğrultusundaki fiziksel özellikler ve çekme çoğu durumda akışa dik doğrultuda olanlardan farklıdır. Bu durum moleküllerin oryantasyonundan kaynaklanmaktadır. Bu oryantasyonun derecesi özellikle ince cidarlı parçalarda daha fazladır. Çekme ve kırılma dayanımları için en iyi değerler akış yönünde elde edilirken, akışa dik doğrultuda tokluğu azalır ve gerilmelerden dolayı meydana gelen çatlak oluşumu eğilimi artar. Aşağıdaki şekiller farklı giriş yerlerinin akış yolunu ve parçanın dayanımını nasıl etkilediğini göstermektedir. (Şekil IV.20.- IV.21.- IV.22.)

Kalıp yapılmadan önce parça üzerindeki yüklemelerin ve asal gerilmelerin saptanması gerekir. Bu durum elyaf takviyeli malzemeler için daha da önemlidir çünkü elyaflar parçanın maruz kaldığı maksimum çekme gerilmesi ile aynı doğrultuya sahip

olmalıdır. Takviye olarak kullanılan elyaflar ancak bu doğrultuda gerektiği gibi yük taşıyabilirler. Takviye edilmemiş yüksek viskoziteli malzemelerde çekme, oryantasyon yönü ile aynı yönde olur (Şekil IV.24.) Eğer elyaf takviyeli malzemelerde akışa dik doğrultuda bir oryantasyon varsa parçada distorsiyonlar oluşur. Ancak bu durum olayın sadece bir yanıdır.

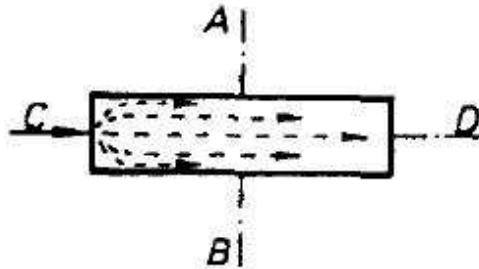


Şekil IV.20. Ergimiş Malzemenin Değişik Pozisyonlardaki Girişlerde İzlediği Akış Yolu



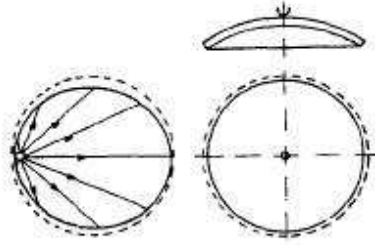
Şekil IV.21. Uzun Kenarda Konumlandırılmış Giriş

Şekil 4.21.'te görüldüğü üzere moleküler oryantasyon akış yönüne diktir C-D kesitindeki mekanik dayanım A-B kesitinden fazladır.



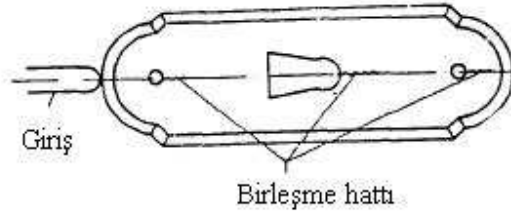
Şekil IV.22. Kısa Kenarda Konumlandırılmış Giriş

Şekil IV.22.'da moleküler oryantasyon akış yönüne diktir. A-B kesitindeki mekanik dayanım C-D kesitindekinden fazladır.



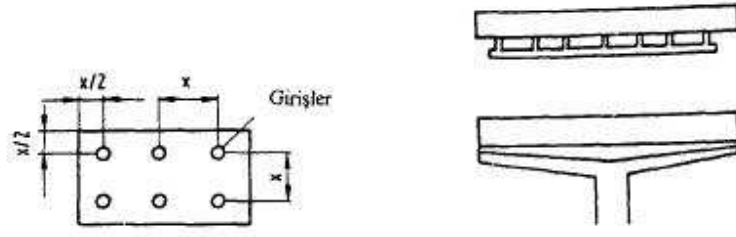
Şekil IV.23. Giriş Pozisyonunun Parça Kalitesi Üzerinde Etkisi

Öte yandan ergimiş malzemenin farklı taraflardan akarak birleştiği yerlerde kaynak hatları oluşur. (Şekil IV.24.) Bunlar her zaman görünüş bozukluklarına yol açarlar ve likid kristal yapıdaki malzemelerde veya elyafla takviye edilmiş malzemelerde mekanik olarak çok zayıf bölgelerdir. Kaynak hatlarına daha yakın girişlerde malzeme daha sıcak olacağından daha iyi bir birleşme meydana gelir. Bu durum özellikle dolmanın devam ettiği veya tutma basıncı altında birleşme bölgesinden malzeme akışının devam ettiği durumlar için geçerlidir. Bu durumda mekanik özellikler daha iyi olacaktır.



Şekil IV.24. Deliklerin ve kanalların ardında oluşan birleşme hatları

Büyük yüzey alanına sahip veya yanal federleri olan parçalarda üniform soğuma ve aynı anda ergimiş malzemenin homojenliğini arttırmak için parçanın bir kenarından diğerine birden fazla giriş yerleştirilebilir. Eğer birleşme hatları ve girişler arasındaki mesafe kısa ise birleşme daha iyi olacak ve parça bir bütün olarak daha uygun özelliklere sahip olacaktır.



Şekil IV.25. Çoklu nokta, kenar girişler ve eşit akış boylan prensibi

Yukarıdaki şekil (Şekil IV.25.) bu duruma ait örnekleri göstermektedir. Kolay ve muhtemelen otomatik olarak parçadan ayrılabilen çoklu nokta giriş genellikle tercih edilir. Öte yandan kenar giriş bu tür parçalar için daha iyi özellikler sağlar.

IV.1.6.2 Yolluk Giriş Çeşitleri

IV.1.6.2.1 Direk (Meme) Giriş

Direk giriş en basit ve en eski giriş çeşididir. Dairesel bir kesite sahiptir, kesiti gittikçe artar ve en büyük kesitine ulaştığı yerde parça ile birleşir. Direk giriş parçanın her zaman en kalın kesitinde olmalıdır. Uygun boyutlarda yapıldığında parçanın katılaşması süresince tutma basıncı etkin olur ve hacimsel çekmenin kompanze edilmesi için kalıp içine katılaşma süresince ilave malzeme transfer edilebilir. Bu durumda parçada boşluklar ve çökmeler meydana gelmez.

Direk girişin çapı parça üzerindeki yerine bağlıdır. Giriş içindeki malzemenin en son katılaşabilmesi için kesit kalınlığı parçanın en kalın kesitinden biraz daha fazla olmalıdır. Kesit kalınlığı;

$$dF > s_{max} + 1.5 \text{ (mm)} \quad (IV.5)$$

ifadesi ile saptanabilir. Bu değer daha büyük olmamalıdır, çünkü bu durumda katılaşması uzun sürer ve soğuma zamanını gereksiz biçimde uzatır. Yolluk girişinin kalıptan sorunsuz olarak çıkması için bir çıkış açısına sahip olması gerekmektedir. Bu açı $\alpha > 1-2^\circ$ dir.

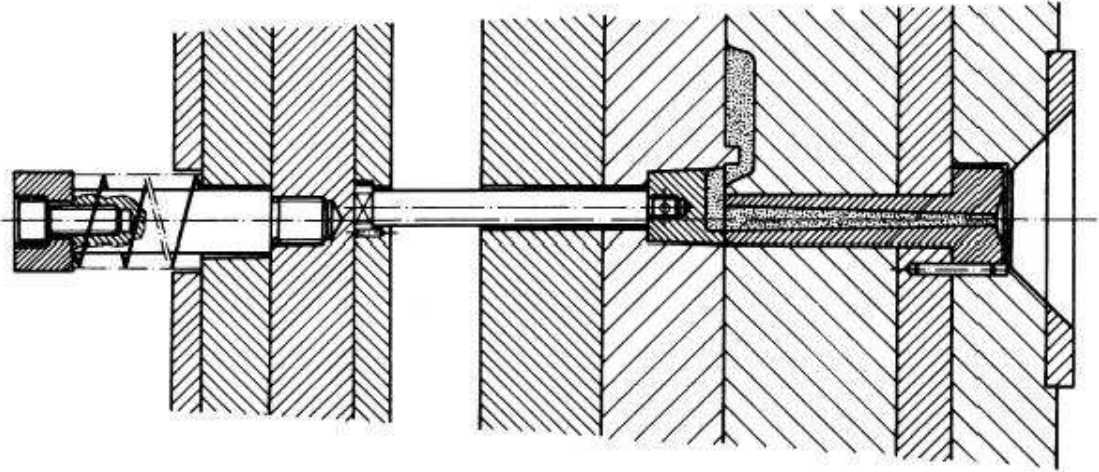
Makinenin enjeksiyon lülesi tarafına doğru olan orifis çapı makinenin enjeksiyon lülesinin orifis çapından büyük olmalıdır.

$$d_s > d_N + 1 \text{ mm} \quad (\text{IV.6})$$

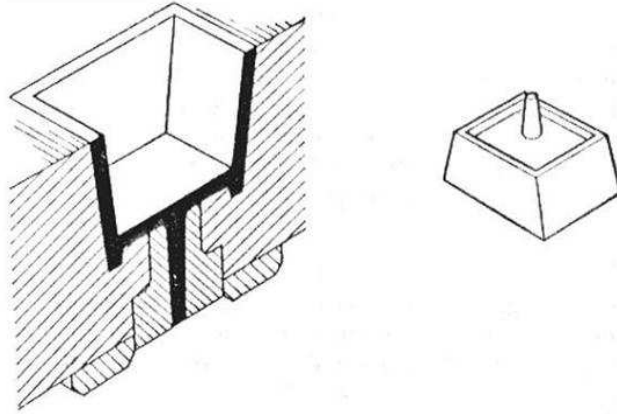
Bu şart sağlanmazsa yolluk girişinin ucunda yolluk burcundan çıkmasını engelleyen bir girinti oluşur. Yolluk girişinin kalıptan çıkabilmesi büyük oranda içinde olduğu konik kanalın yüzey kalitesine bağlıdır. Parçanın kalıptan çıkma doğrultusuna dik yönde meydana getirilebilecek olan izler malzemenin yolluk burcuna yapışmasına neden olarak yolluk girişinin yolluk burcundan ayrılmasını önler. Kural olarak yolluk burcunun içi çok iyi parlatılmalıdır.

Daha önce yolluk girişi kısmında da bahsedilmiş olan yolluk girişinin dip kısmındaki r_2 geçiş yarıçapı keskin köşeden kurtulmayı sağlar ve malzemenin enjeksiyon süresince daha rahat akmasını sağlar.

Direk girişin dezavantajı parçadan ayrılmak için kesilmek zorunda olmasıdır. Bu işlem çok dikkatli yapılsa bile parçada nokta şeklinde görünür bir iz kalmaktadır. Bu istenen bir durum değildir. Bu yüzden bu tür izlerin bulunduğu parçalarda giriş, parça diğer parçalarla birleştikten sonra görülmeyecek şekilde parça üzerinde konumlandırılmalıdır. Bu işlem genellikle pratikte mümkün olmadığından giriş parçanın içinde kalacak şekilde parçanın iç kısmına veya görünmeyecek bir yerine endirek olarak bağlanır (Şekil IV.26.). Bu tür bir endirek girişin bir avantajı da malzemenin jet halinde kalıp içine girmesini engellemesidir. Malzeme önce ek girişin karşı duvarına çarpar ve kalıbı buradan doldurmaya başlar. Yolluğun parçadan ayrılması için burada da kesilme işlemi gereklidir.

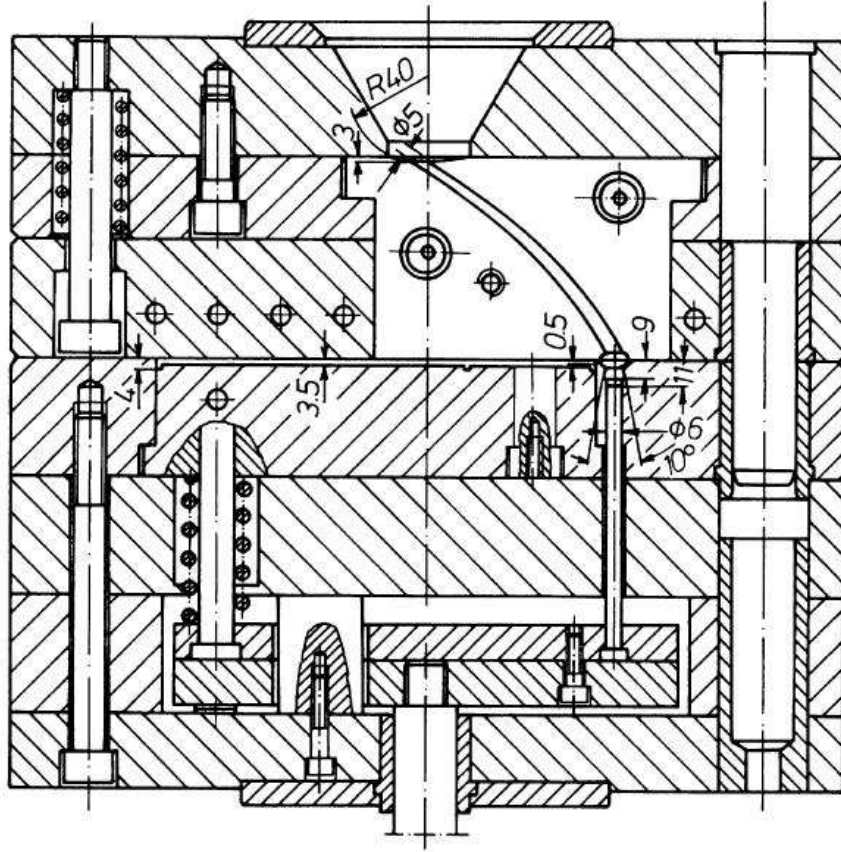


Şekil IV.26. Ek girişli direk giriş



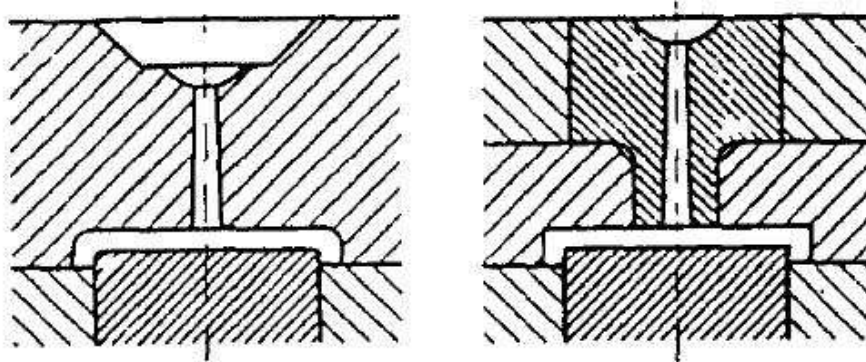
Şekil IV.27. Direk Giriş

Bu tür girişin değişik bir türü de aşağıdaki şekilde gösterilmektedir. (Şekil IV.28.) Bu parçaya yandan girişe izin veren bir eğri yolluk girişidir.



Şekil IV.28. Eğri yolluk girişi

Yolluk girişinin iki şekilde elde edilebileceği akılda tutulmalıdır. Eğer bir yolluk burcu kullanılacak ise parçada engellenmesi çok zor olan bir iz bırakacaktır. Eğer bu istenmiyorsa, bu dezavantajı ortadan kaldırmak için yolluk girişi doğrudan sabit kalıp plakasına açılır. (Şekil IV.29)



Şekil IV.29. Yolluk Burcu Kullanılan (Solda) ve Yolluk Girişi Kalıba İşlenen (Sağda) Yolluk Girişi

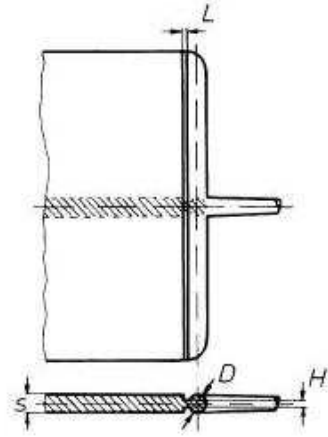
IV.1.6.2.2 Kenar veya Fan Giriş

Kenar giriş öncelikle geniş yüzeylere ve ince et kalınlıklarına sahip parçalarda kullanılır. Aşağıda sayılan avantajlara sahiptir.

- Bütün parça genişliği boyunca paralel oryantasyon (özellikle optik parçalar için önemli)
- Her durumda akış doğrultusunda ve yanal doğrultuda üniform çekme
- Parça yüzeyinde istenmeyen giriş izlerinin bulunmaması.

Yolluk girişini terk eden ergimiş malzeme önce kaviteyi dar bir kısım ile yolluk sistemine bağlayan ilave dağıtıcı kanala girer. (Şekil IV.30.) Bu dar kesitli bölge kalıbın dolması süresince bir boğaz görevi görür. Böylece malzeme kaviteye girmeden önce kanal malzeme ile dolar. Bu tür bir boğazın genişliği viskozite değiştiğinde modifiye edilebilmelidir.

Dağıtıcı kanal genellikle dairesel bir kesite sahiptir. Aşağıdaki şekildeki (Şekil IV.31.) bağlantılar boyutları belirler. Bu boyutlar kenar girişin bir varyantı olan ve daha sonra bahsedilecek olan halka girişin boyutları ile mukayese edilebilir.

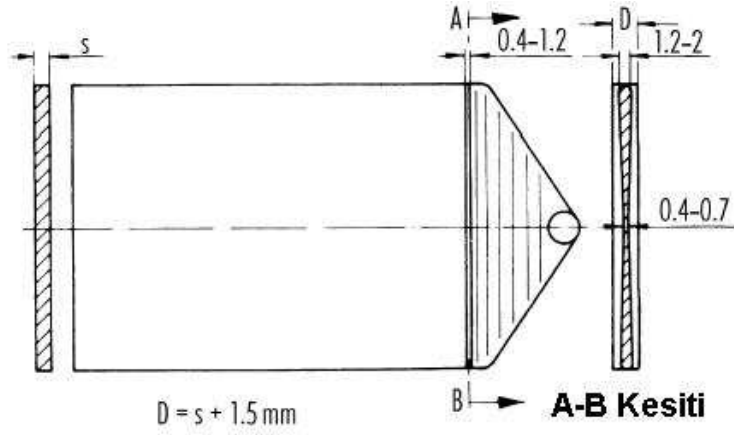


$$D = s \cdot \frac{4}{3} \cdot s + k$$

$k = 2 \text{ mm}$ kısa akış boylan ve kalın kesitler için
 $k = 4 \text{ mm}$ Uzun akış boylan ve ince kesitler için
 $L = 0.5 - 2.0 \text{ mm}$

Şekil IV.30. Dairesel dağıtım kanallı kenar giriş

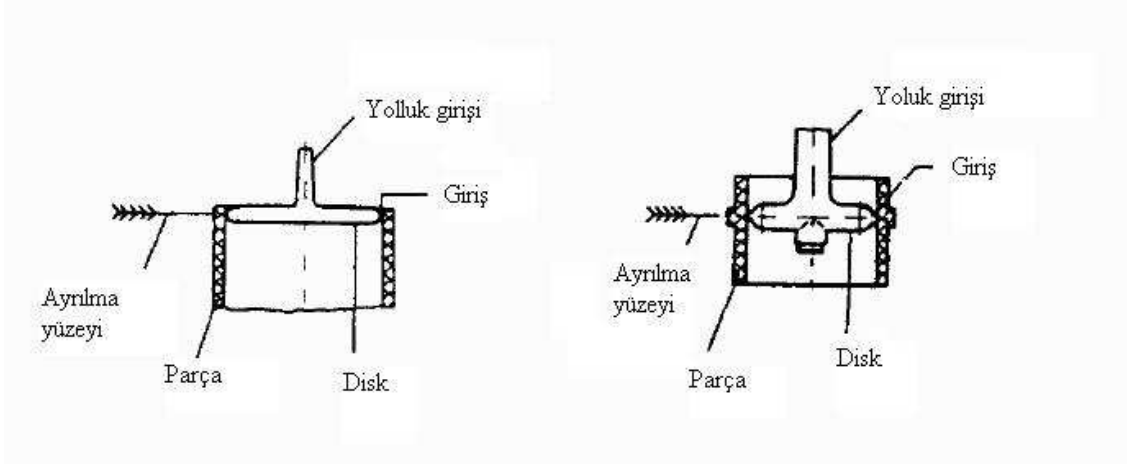
Dairesel kanalın yanı sıra bazen balık kuyruğu şeklinde bir kanal ile de karşılaşılabilir. (Şekil IV.31). Bu şekilde bir giriş daha fazla işçilik ve daha fazla malzeme sarfiyatı ile birlikte kavite içinde plastik malzemenin paralel olarak akması sonucu beraberinde mükemmel bir parça kalitesini de getirmektedir.



Şekil IV.31. Üniform akış hızı için ayarlanmış kenar giriş

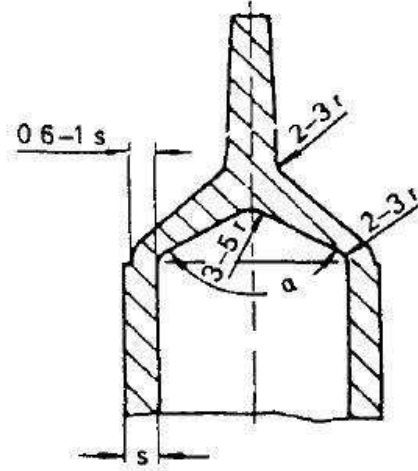
IV.1.6.2.3 Disk Giriş

Disk giriş silindirik parçaların tüm kesitlerinin üniform şekilde dolmasını sağlayan bir giriştir. Disk düzlemsel bir daire şeklinde (Şekil IV.32.) veya 45° lik tepe açısına sahip bir konik (şemsiye giriş) şeklindedir (Şekil IV.33.) ve ergimiş malzemeyi parçanın en büyük çapı üzerinden bütün parçaya yayar. Böylece parçadaki birleşme hatlarının oluşumu dezavantajı ortadan kalkar. Eğer parça girişi birkaç yerden yapılmışsa bu hatların oluşması engellenemeyebilir. Bunun yanı sıra disk giriş ile olası distorsiyonlardan da kaçınılmış olur.



Şekil IV.32. Disk girişler

Şemsiye giriş parçaya direk veya bir geçiş kısmı ile bağlanabilir. Hangi türün seçileceğine parçanın cidar kalınlığına bakılarak karar verilir. Diskin tasarımı yukarıdaki Şekil 4.33'de gösterildiği gibi diskın yerine göre değişir. Böylece disk giriş çıkıntıları veya girintileri olan silindirik parçaların maça olmadan kalıplanabilmesine izin verir.

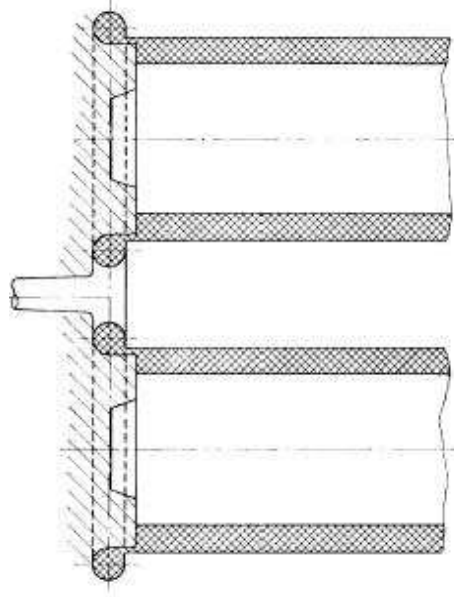


Şekil IV.33. 45° Açılı Disk Giriş

IV.1.6.2.4 Halka (Ring) Giriş

Halka giriş uzun oldukları için her iki tarafları da çekirdek tarafından desteklenen uzun silindirik parçaların kalıplanmasında kullanılır.

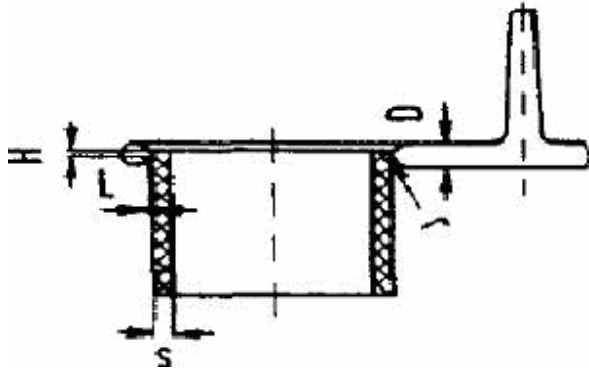
Ergimiş malzeme yolluk girişinden sonra parçaya ince bir kanal ile bağlanan ana kanala girer (Şekil IV.34.). İnce kanal dar bir kesite sahiptir ve kalıbın dolması süresince bir boğaz görevi görür. Böylece, boğazdan geçerek kaviteye ulaşan malzeme önce ana kanalı doldurur. Halka giriş içinde bir birleşme hattı olmasına rağmen bu birleşme hattının etkisi boğazın ince kesiti tarafından sınırlanarak kompanze edilir ve birleşme hattında çok zor fark edilir yada hiç fark edilmez.



Şekil IV.34. Halka giriş ve çekirdek destekleri

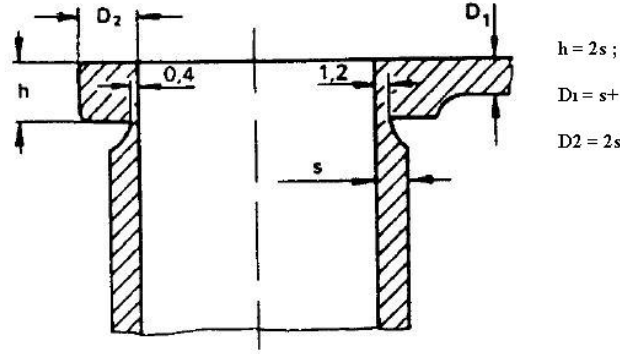
Bu girişin özel avantajı parçayı oluşturan çekirdeklerin her iki uçtan da desteklenmesine olanak sağlamasıdır. Bu durum göreceli olarak uzun (boy/çap oranı 5/1 den büyük olan) silindirik parçaların cidar kalınlığı sabit kalarak kalıplanabilmesini sağlar. Halka giriş silindirik parçaların kalıplandığı birden fazla kaviteli kalıplarda da kullanılır. Disk giriş de tasarım olarak halka girişe benzemesine rağmen ne kalıbın çok kaviteli olmasına ne de çekirdeklerin her iki uçtan desteklenmesine izin verir.

Halka girişin boyutları kalıplanan plastiğin türüne, parçanın ağırlığına, boyutlarına ve akış boyuna bağlıdır. Aşağıdaki şekil (Şekil IV.35) dairesel kesitler için genellikle literatürde rastlanan boyutları göstermektedir. Halka girişler aşağıdaki şekilde (Şekil IV.36) gösterildiği gibi farklı türde kesitlere de sahip olabilirler. Bu tür kesitlerin tasarım için gerekli veriler yine aynı şekilde gösterilmiştir.



$D = s + 1.5 \text{ mm}$ den $4/3 \cdot s + k$ ya
 $L = 0.5 - 1.5 \text{ mm}$.
 $H = 2/3 s$ den $1-2 \text{ mm}$. ye
 $r = 0.2 s$
 $k = 2$ kısa akış boyları ve kalın kesitler için
 $k = 4$ uzun akış boyları ve ince kesitler için

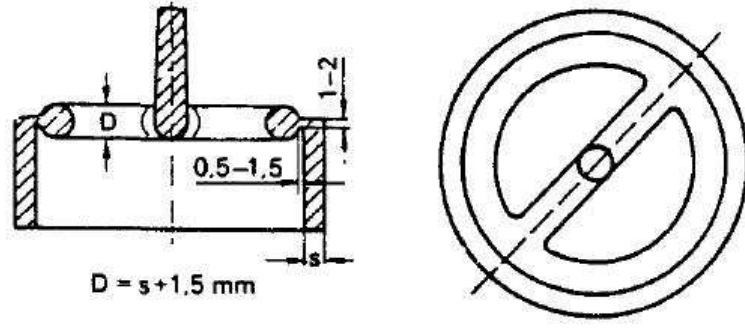
Şekil IV.35 Dairesel Kesitli Halka Giriş



$h = 2s$;
 $D_1 = s + 1.5 \text{ mm}$;
 $D_2 = 2s$

Şekil IV.36 Kare Kesitli Halka Giriş

Yukarıdaki şekillerde (Şekil 4.36) gösterilen halka girişler literatürde dış halka giriş olarak adlandırılır. Aşağıdaki şekilde (Şekil 4.37) gösterilen halka giriş ise iç halka giriş olarak adlandırılır. İki birleşme hattının oluşmasına neden olan bu tür halka girişin işlenmesi daha pahalıdır ve çekirdeklerin her iki uçtan da desteklenmesi daha kompleks bir hal alır.



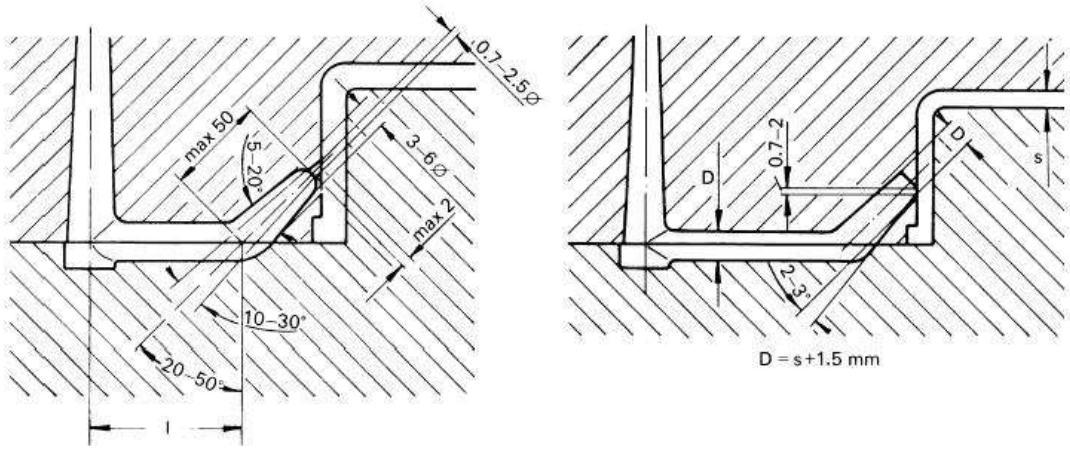
Şekil IV.37 İç Halka Giriş

IV.1.6.2.5 Tünel giriş

Tünel giriş öncelikle yandan giriş yapılabilecek küçük parçaların üretimi için çok kaviteli kalıplarda kullanılır. Tek ayırma yüzeyi olan kalıplar için yolluğu parçadan otomatik olarak ayırabilen tek giriş şekli tünel giriştir.

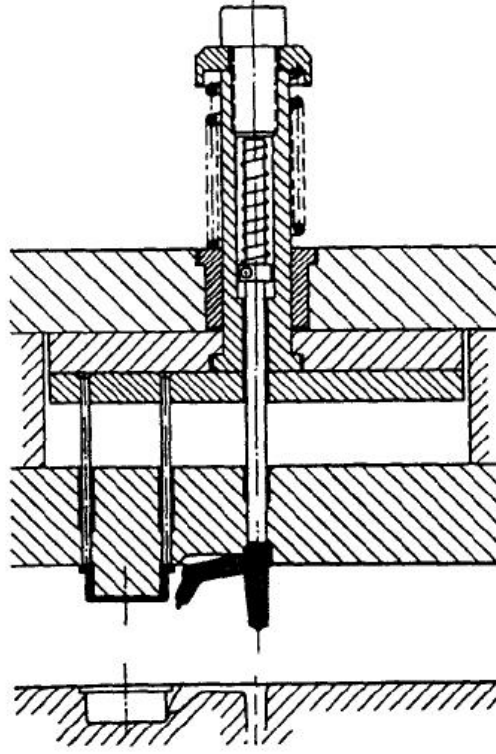
Parça ve yolluk ayırma yüzeyi üzerinde aynı düzlemedirler. Yolluk kaviteye yakın olan bir noktaya kadar açılı olarak devam eder. Açılı kısım konik şekilde daralarak kavite girişindeki dar kanala bağlanır. Kavite duvarına açılmış olan tünele benzeyen kanal kavite ve tünel arasında keskin bir kenar oluşturan dar bir açı meydana getirir. Bu keskin kenar parçayı yolluk sisteminden ayırır.

Tünel için iki tasarım seçeneği vardır (Şekil IV.38). Tünel ya bir noktasal giriş ile parçaya bağlanır yada keskin köşeli kanalın bir köşesi kaviteye patlatılarak oluşan delikten bağlantı sağlanır. İlk halde parçaya geçiş dairesel, ikinci de ise eliptiktir. İkinci bahsedilen tür daha yavaş soğuduğu için tutma basıncı için daha uzun bir zaman sağlar. İşlenmesi de bir pantograf çakısı ile bir seferde yapılabildiği için pahalı değildir.



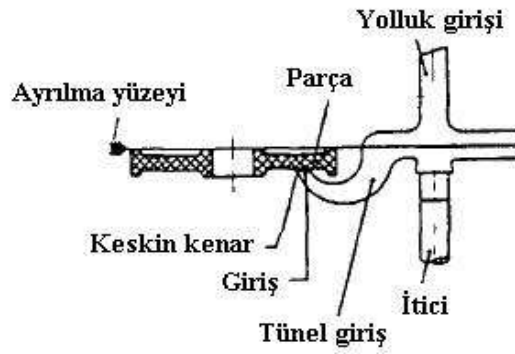
Şekil IV.38. Tünel Giriş

Parçanın kalıptan çıkarılması için parça ve yolluk sistemi hareketli kalıp yansında kalmalıdır. Bu parça ve yollukta bir girinti yapılarak gerçekleştirilebilir. Eğer bir girinti yapmak mümkün değil de kase şeklinde parçalarda olduğu gibi kalıp sıcaklık farkından yararlanılarak parça hareketli kalıp yansında bırakılabilir. Eğer kesici kenar sabit kalıp yansında ise parça yolluk sisteminden kalıp açılır açılmaz ayrılır. Ardından parça ve yolluk kalıptan çıkartılır.

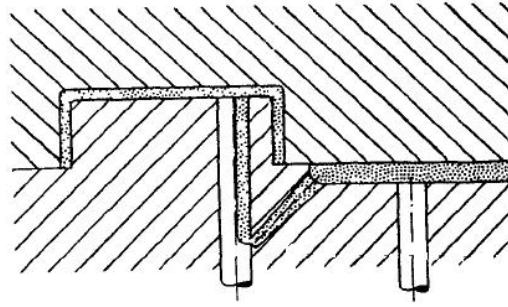


Şekil IV.39. Otomatik Yolluk İtici Tünel Giriş

Bu sistem sünek malzemeler için sorunsuz olarak çalışır. Kırılgan malzemeler için ise kalıbın açılması süresince oluşan engellenmesi mümkün olmayan eğilmeden dolayı kırılma riski vardır. Bu yüzden yolluk sisteminin kalın yapılarak kalıptan çıkarılma süresince sıcak, dolayısı ile daha esnek kalmasının sağlanması tavsiye edilir.



Şekil IV.40 Eğri Tünel Giriş

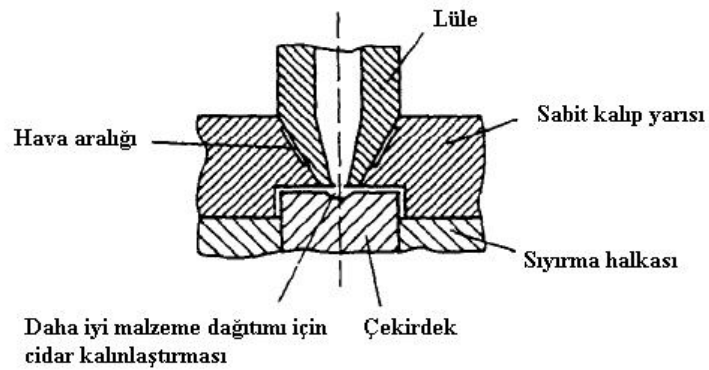


Şekil IV.41. Tünel Giriş ile İçten Giriş

IV.1.6.2.6 Yolluksuz Kalıplar

Yolluksuz kalıplarda makine lülesi parçaya kadar ilerler. Malzeme bir nokta girişten kavite içine enjekte edilir. Aşağıdaki şekil (Şekil IV.42) yolluksuz bir kalıpta makine lülesinin durumunu göstermektedir. Lülenin yüzeyi kavite yüzeylerinden birini oluşturur. Bu durum doğal olarak mat görünüş ve dalgalı yüzey gibi giriş izlerine neden olur. Bu yüzden lüle yüzeyi mümkün olduğu kadar küçük tutulmalıdır. Çapın 6-12 mm.yi geçmemesi tavsiye edilir. Lüle enjeksiyon ve tutma basıncı süresince soğuk kalıpla temas ettiği için bu işlem sadece kısa çevrim sürelerinde üretilecek kalın cidarlı parçalarda kullanılır. İşlem sadece ısı iletimi ile ısıtılan lülenin donmasını engellemek için dakikada üç çevrimden az olmamalıdır.

Bu prosedürün uygulanabilirliği sınırlıdır.



Şekil IV.42 Yolluksuz Giriş

Bu prensip malzemenin üç plakalı bir kalıpta yolluklar tarafından dağıtıldığı zamanlarda başarıyla uygulanabilir. Çünkü lüle yolluğa kadar girişi elimine edilmiştir. [8]

BÖLÜM V

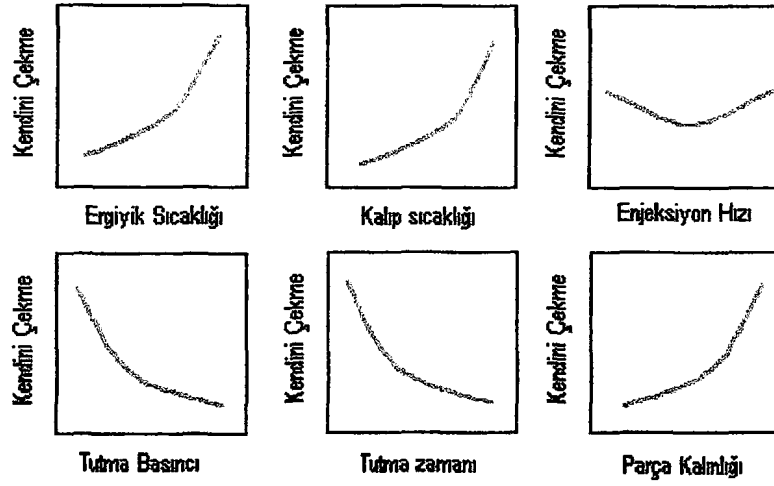
V.1. PLASTİK ENJEKSİYONDA PARÇA HATALARI

V.1.1 Kendini Çekme

Kendini çekme enjeksiyon işlemi esnasında meydana gelen doğal bir olaydır. Enjeksiyon işlemi esnasında, kendini çekme miktarındaki değişim, hem genelde hem de parça kesiti boyunca iç gerilme meydana getirmektedir.

Plastik parçanın kendini çekme miktarı, işlem sıcaklığı ve çevre sıcaklığı ölçüldüğünde toplam hacmin %20 kadarı olabilmektedir. Kristal ve yarı kristal malzemelerde termal kendini çekmeler yapısal olarak meydana gelmektedir. Amorf malzemeler büzölmeye daha az eğilim göstermektedirler. Kristal malzemeler, uygun dönüşme sıcaklığında soğutuldukları zaman moleküller kendi yapılarına uygun düzene girmekte ve kristalliklerini meydana getirmektedir. Amorf malzemelerin mikro yapıları ise faz değişimleriyle değişmemektedirler. Bu fark kristal ve yarı kristal malzemelerin spesifik hacimleri (Δv) ile katı ve ergiyik fazı arasında sahip oldukları farktan daha büyüktür.

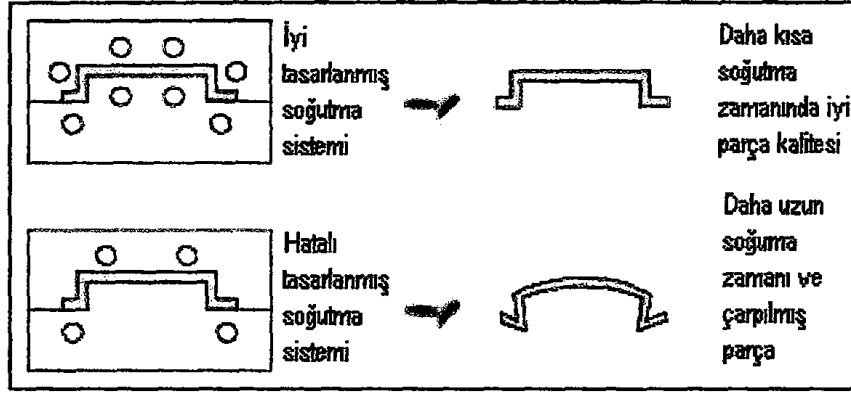
Enjeksiyon işleminden sonra parçada meydana gelen kendini çekme olayının nedenlerinin, düşük enjeksiyon basıncı, kısa tutma veya soğutma basıncı, yüksek ergiyik sıcaklığı, yüksek kalıp sıcaklığı veya düşük tutma basıncı olarak sıralanması mümkündür. Kendini çekme ile ilgili olan enjeksiyon parametreleri şu şekilde açıklanabilmektedir. Ergiyik sıcaklığı, kalıp sıcaklığı ve parça kalınlığı arttıkça kendini çekme miktarı artmakta, tutma basıncı ve tutma zamanı azaldıkça kendini çekme miktarı azalmakta, enjeksiyon hızı azaldıkça veya arttıkça da artma eğilimi göstermektedir (Şekil V.1.)



Şekil V.1. Proses ve Dizayn Parametrelerinin Kendini Çekmeye Olan Etkileri

V.1.2 Çarpılma

Çarpılma, parçada diferansiyel kendini çekmelerin sonucunda meydana gelmektedir. Çevre sıcaklığından, işlem sıcaklığına giren polimer eriyiğin özgül ağırlığındaki değişim çarpılma olayına sebep olmaktadır. Burada parçanın geometrik yapısı, kullanılan malzemenin cinsi, enjeksiyon basıncı gibi işlem parametreleri etkin rol oynamaktadır. Parçadaki kendini çekmenin bir fonksiyonu olarak düşünüldüğünde söz konusu bu olay parçanın baştan başa uniform bir kendini çekmeye sahip olduğu durumlarda, çarpılma veya deformasyon meydana getirmeyecektir. Parçanın homojen olarak soğutulmaması çarpılmayı ortaya çıkaran önemli parametrelerden birisidir (Şekil V.2.)

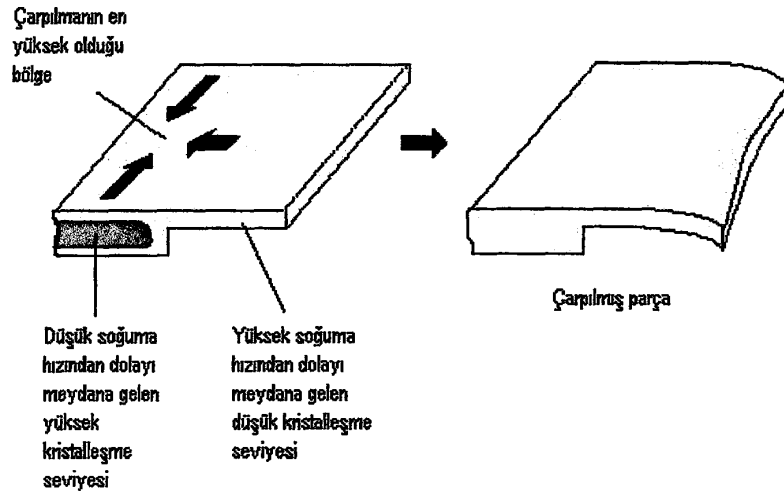


Şekil V.2. Parçada uniform olmayan soğutmadan dolayı meydana gelen çarpılma

Çarpılma olayının kendini çekmenin bir fonksiyonu olduğunu bilinerek, aşağıdaki parametrelere bağlı olarak meydana geldiğini belirtmek mümkündür.

1. Molekül veya fiber oluşumunun akış yönüne paralel veya dik oluşu,
2. Parça kalınlığı veya parça üzerinde uniform olmayan soğutma yapılması,
3. Parça kalınlığının değişiminden dolayı değişik soğutma hızları,
4. Parça geometrisindeki asimetriklik veya eğrisellik,
5. Parça üzerinde sıcaklık değişimi,
6. Enjeksiyon basıncının geçit kısmına uzak olan bölgelerde düşük, geçit yakınlarında daha yüksek olması, aynı durum tutma basıncı içinde geçerli olmaktadır.

Fiber doldurulmuş termoplastikler, yeniden güçlendirilmiş fiberler, küçük ısısal çekilmelerinden dolayı büzülmenin oluşumunu engellemektedir. Bu yüzden fiber doldurulmuş malzemelerde kendini çekme akış yönü boyunca daha az olmaktadır. Doldurulmamış malzemelerde ise yüksek seviyede moleküler oluşum izlenmekte kendini çekme anisotropik olmaktadır. Parça üzerinde diferansiyel ve anisotropik olan bu durumda iç gerilmeler yüzünden parçanın çarpıldığı gözlenmektedir.

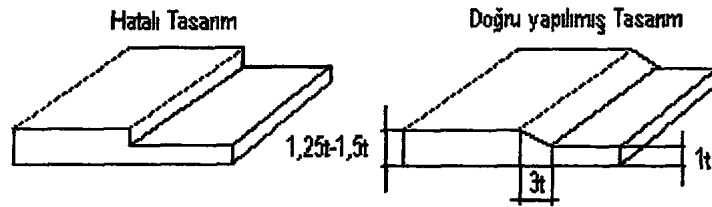


Şekil V.3. Kendini Çekme

Şekil V.3' de görüldüğü gibi kalın kesitli bölge ince ve geniş kesitli olan bölgeye göre daha yavaş soğuduğundan dolayı kristalleşme seviyesi yüksek olmakta, kendini çekme geniş olan kesitte daha yüksek olduğundan dolayı parçada çarpılma meydana gelmektedir.

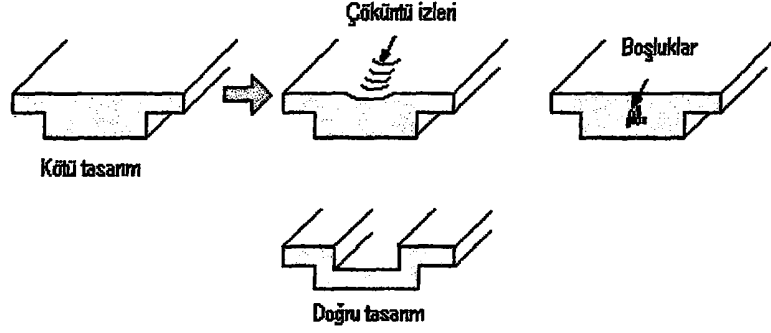
Kendini Çekme cidar kalınlığının artmış olduğu miktar kadar artmaktadır. Çarpılmanın önlenmesi veya kontrol edilebilmesi için tasarım esnasında bu hususların dikkate alınması gerekmektedir.

Parçadaki ani kesit değişimlerinden mümkün olduğu kadar kaçınılması, kesit kalınlıkları arasındaki farkın büyük olmaması ve kesitler arası geçiş mesafesinin kalınlığının ince kesit bölgesi kalınlığının üç katı olması gerekmektedir (Şekil V.4.)



Şekil V.4 Kesitler Arası Geçiş

Kalın kesitli bölgelerde oluşabilecek iç boşluklar ve çöküntüleri önlemek için dizaynın uygun yapılması gerekmektedir. Genelde yapılmış olan pek çok uygulamaya göre uniform cidar kalınlığındaki duvarlara kaburgaların yapılması, kalın cidarlara göre daha çok tercih edilmektedir (Şekil V.5.)



Şekil V.5. Boşluk ve Çöküntü

Tasarımın, çok kaviteli sistemlerde, kaviteelerin hepsini dengeli bir şekilde dolduracak ve ergiyik ön hızını sabit tutacak şekilde yapılması gerekmektedir.

Yüksek tutma basıncı kendini çekmeyi, potansiyel artık gerilim miktarını ve kalıp kapama kuvvetini azaltmaktadır. Tutma basıncı hacimsel kendini çekmeleri engellemek için eklenen malzemeleri kompanze edebilecek şekilde uygulanmalıdır.

Soğutma sisteminin tasarımı parçayı baştan başa dengeli bir şekilde soğutacak şekilde yapılmalıdır.

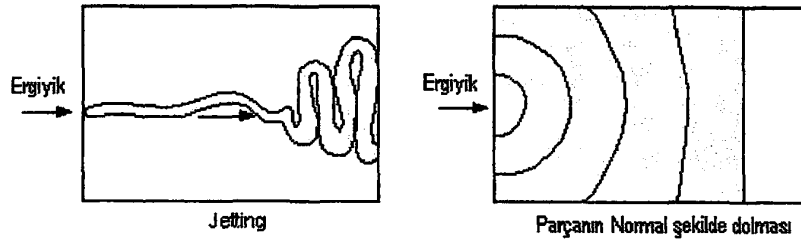
Ergiyik sıcaklığının artmasıyla oluşan moleküler ve fiber yapıyla, kalıp-cidar sıcaklığı, doldurma zamanı ve tutma basıncının azalmasıyla artık gerilme miktarı azalmakta, parçada çarpılmalar önlenmektedir.

V.1.3 Jetting

Jetting polimer ergiyiğin şekil almaksızın kalıp içerisindeki sınırlayıcı bölgeye doğru yüksek hızla itilmesinden dolayı meydana gelen bir olaydır (Şekil V.6.) Söz konusu olayın, enjeksiyon hızının ayarlanması, ergiyik hızının düşürülmesi, geçitin genişletilmesi veya uygun geçit tipinin seçilmesi, geçit yerinin değiştirilmesi, akışın kalıp duvarına yönlendirilmesi suretiyle engellenmesi mümkündür.

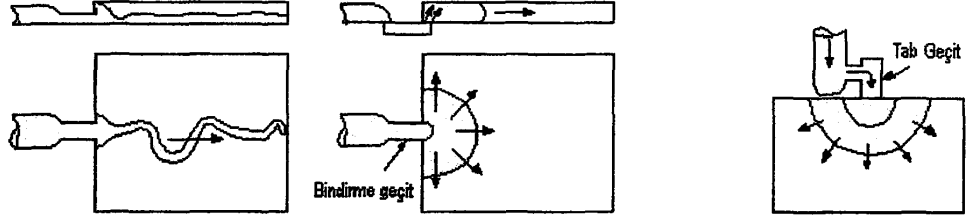
Eriyik-kavite arasındaki teması kolaylaştırmak için gereken uygun geçit ölçülerinin, yeri ve tipinin dizayn el kitabına veya malzeme tedarikçilerinin tavsiyelerine göre seçilmesi uygun olmaktadır. Kalıp içerisinde eriyik hızının yüksek olmasından kaçınılması gerekmektedir.

Eriyik viskozitesinin etkileri akış üzerinde karmaşık olabilmektedir. Malzeme geçit içerisinde akarken, yüksek bir hıza, kayma ve uzama gerilmesine sahiptir. Eriyiğin ilk önce kalıp içerisine girmesiyle gerilim yavaş bir şekilde azalmakta daha sonra, doğal olarak genişleyen bir akış hüzmesi haline gelmesiyle akış volumetrik olarak genişlemektedir. Uygun geçit tipi ve ölçülerinin seçimi ile (swelling) açılım etkileri kullanılarak, eriyik ve kalıp duvarları arasındaki temas kolaylaştırılmakta, akış böylece laminar olmakta ve kontrol altında tutulması sağlanmaktadır. Eriyiğin kalıp duvarına direkt olarak gelmesi olan söz konusu bu olayın engellenmesi için açılım etkilerinin oldukça iyi kullanılması gerekmektedir.



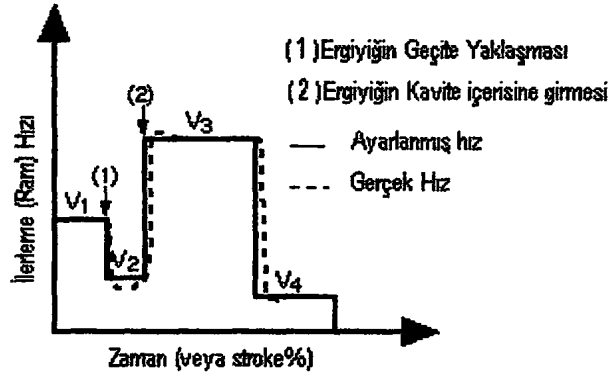
Şekil V.6. Jetting olayında akış

Kalıp tasarımında yapılması gerekenler ise, geçit veya yolluk ölçüsünün genişletilmesi veya geçit uzunluğunun düşürülmesi, bindirme tipi gibi eriyiğin direkt olarak kalıp duvarına temasını engelleyen geçit tipinin seçilmesi, akışın ayrımını sağlayabilecek tab veya fan tipi gibi geçit tiplerinin kullanılması olarak belirtmek mümkündür (Şekil V.7). Uygun geçit tiplerinin kullanılmasıyla eriyik kayma gerilmesi ve kayma gerinim hızı, geçitten kaviteye doğru olan iletimlerde azalmaktadır.



Şekil V.7. Geçit Tipi-Jetting

Kalıplamada ise enjeksiyon ilerleme hızının ayarlanmasıyla, jettingin önlenmesi mümkündür (Şekil V.8). Parça yüzeyinde oluşabilecek jetting olayı silindir (barrel) sıcaklığının artırılması veya azaltılması ve ergiyük sıcaklığının artırılması ile engellenebilmektedir. Ergiyük özelliklerinin değiştirilmesi veya yayılma etkisinin kullanılması ile önlenilen bu olayın kullanılan malzeme ile de ilgisi bulunmaktadır. Pek çok polimer için yayılma etkisi sıcaklığın azalmasıyla artmaktadır. Bazı malzemelerde, mesela PVC, sıcaklığın artmasıyla yayılma etkisi artış göstermektedir.



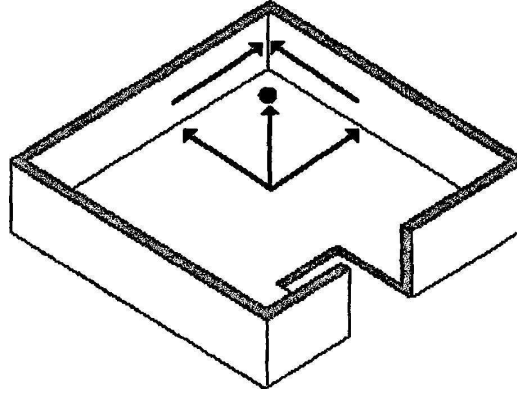
Şekil V.8. İlerleme Hızı

V.1.4 Hava Boşlukları

Hava boşlukları enjeksiyon işleminde sık görülen bir hatadır. Ergiyüğün kalıp içerisinde ilerlerken kalıp içi havalandırmadan veya maçalardan tahliye edilememesi sonucu meydana gelmektedir. İşlem sonrasında parçada görülen boşluk ve kabarcıklar,

parça dolumu tamamlanmadan vuruşun tamamlanması (short-shot) veya yüzeydeki yanma izleri ve bozukluklar havanın tahliye edilememesi sonucunda meydana gelmektedir.

Hava kabarcık yerleri genelde ergiyiğın ilk ulaştığı yerlerde görülmektedir (Şekil V.9.) Havalandırma gereksinimi veya yetersiz havalandırmanın bu kritik bölgede olması sonucu hava kabarcıklarının ve bunun etkilerinin görülməsi kalıp içinde kaçınılmaz olmakta ve parçada hatalara sebep olmaktadır. Hava kabarcıklarının kavite içerisinde uygun havalandırma yerlerinin tespiti ve havalandırmanın genişletilmesi ile önlenmesi mümkündür. Havalandırma kanalları ergiyiğın ilk ulaştığı bölgeye yerleştirilmesine ve havalandırma kanalı ölçülerinin kalıp içerisindeki havayı enjeksiyon esnasında kolaylıkla tahliye edebilecek şekilde yeterli genişlikte olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir.



Şekil V.9 Hava kabarcığının oluşumu

Kristal polimerler için havalandırma kanalı ölçüsünün 0,0025 mm, amorf polimerler için 0,038 mm olması tavsiye edilmektedir. Parça içerisinde geniş kalınlık oranlarından kaçınarak hava kabarcıklarının önlenmesi de mümkün olabilmektedir.

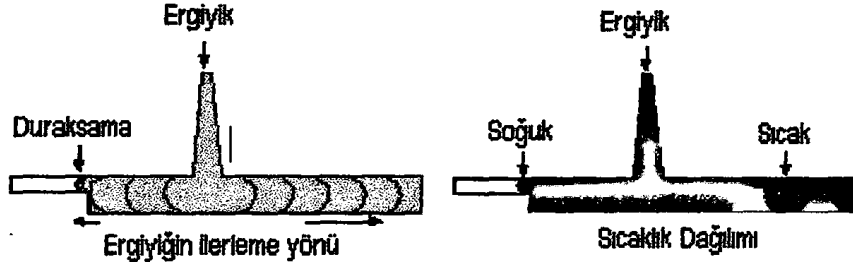
Havalandırma kanalları genelde ayırım yüzeylerinde, hareketli parçalar (maçalar vb.) ile kalıp duvarı arasında itici pimlerinde, veya kalıp kayıcılarında açılmalıdır.

Enjeksiyon işleminde ise enjeksiyon hızı azaltılarak jetting olayı engelleneceğinden dolayı hava emişi meydana gelemeyecektir. Enjeksiyon hızının yavaşlatılması durumunda ise hava kavite içerisinde tahliye olabilmek için gerekli olan zamanı bulabilecektir.

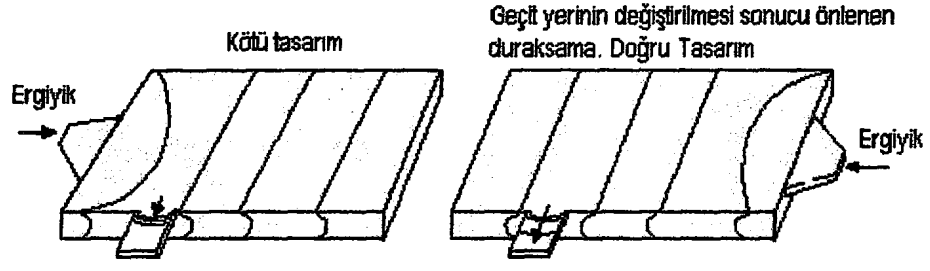
V.1.5 Duraksama

Duraksama ve duraksama izleri ince kesitli veya ani kesit değişiminin olduğu bölgelerde ergiyiğin akışının durgunlaşmasından dolayı meydana gelmektedir. Parça kalınlığının değiştirilmesi veya geçit yerinin doğru tespit edilmesi ile önlenmesi mümkün olmaktadır. Ergiyik kalıp içerisine enjekte edildiğinde doğal olarak geniş kesitleri doldurma eğilimindedir, akış bu yönde devam etmektedir. İnce kesitlere gelindiğinde kesit değişiminden dolayı akışta duraksama meydana gelmesi kaçınılmazdır (Şekil V.10). Duraksama süresinin uzun olması durumunda, duraksama yapıldığı noktada soğumadan dolayı küçükte olsa katılaşmalar oluşmakta ve akış sınırlanmaktadır. Katılaşmış polimerin parça yüzeyine doğru itilmesi sonucu olarak yüzeyde duraksama izleri görülmesi kaçınılmaz olmaktadır.

Parça kalınlığının ani değişiminden kaçınılarak ve geçitin ilk önce kolay doldurulabilen alanlara yerleştirilmesiyle duraksamayı önlemek mümkündür (Şekil V.11). Ergiyik sıcaklığının artırılması veya tutma basıncının azaltılması da bir önlem olarak düşünölebilmektedir.



Şekil V.10. Duraksama

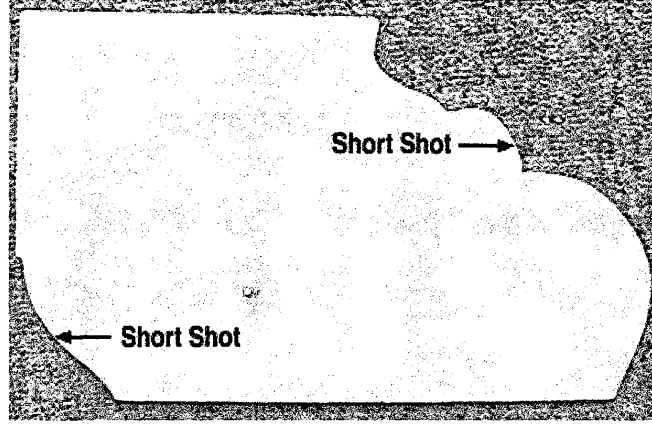


Şekil V.11. Geçit yerinin değiştirilmesi ile duraksamanın önlenmesi

V.1.6 Kısa Vuruş (ShortShot)

Kısa vuruş, kavite içerisine yetersiz malzeme enjekte edilmesinden dolayı parçanın tamamlanamaması olarak ifade edilmektedir. Kalıp içerisine hava girişleri ve enjeksiyon basıncının yeterli olmayışı sebebiyle eriyik içerisinde ilkel katılaşmalar oluşabilmektedir. Daha çok ince kesitlerde polimer eriyiğin kaviteyi kalıbı tam olarak dolduramaması sonucu oluşmaktadır (Şekil V.12.)

Polimer eriyiğin akmaya karşı olan direnci veya yeterli malzemenin kavite içerisinde rahat ilerleyememesi kısa vuruş hatasını ortaya çıkarabilmektedir. Akışın ilerlemesi için alanın yetersiz olması, yolluk ve geçitlerin uygun tasarlanmaması, düşük eriyik veya kalıp cidar sıcaklığı, havalandırma kanallarının yetersiz olması sonucunda oluşan hava kabarcıkları, yetersiz enjeksiyon basıncı, enjeksiyon hızı, duraksamadan dolayı meydana gelen katılaşmalar da kısa vuruşa neden olabilmektedir. Cidar kalınlığı, geçit ve yolluk ölçüleri, işlem sıcaklığı için malzeme tedarikçilerinin tavsiyeleri ve tasarım kitaplarının verdiği değerlerin kullanılmasında doğru tasarım yapılması açısından fayda bulunmaktadır.



Şekil V.12. Kısa Vuruş (ShortShot)

Parça tasarımında havalandırmalar uygun yerlere özellikle de, dolumun en son gerçekleştiği alanlara yerleştirilmelidir. Her zaman için kalın bölgeler ince bölgelerden daha önce dolmaktadır. Bu yüzden duraksamalardan kaçınılmaya özen gösterilmesi gerekmektedir. Kalıp tasarımında geçit ölçüleri ve sayısı ve yolluk sistemlerinin boyutu, havalandırma kanallarının sayısı ve ölçülerinin artırılması gerekmektedir. Kalıp içine malzeme ileten sistemler olan yolluk sisteminin parçayı doldurma esnasında dengeyi sağlamasına dikkat edilmelidir.

Enjeksiyon işleminde ise enjeksiyon basıncı artırılmalı, enjeksiyon makinasının kapasite sınırlarının aşılmasına dikkat edilmelidir. Normal olarak işlem esnasındaki enjeksiyon basıncının, maksimum enjeksiyon basıncının %70- %85'i limitinde olmasına makinanın hidrolik sistemine zarar vermemesine dikkat edilmelidir.

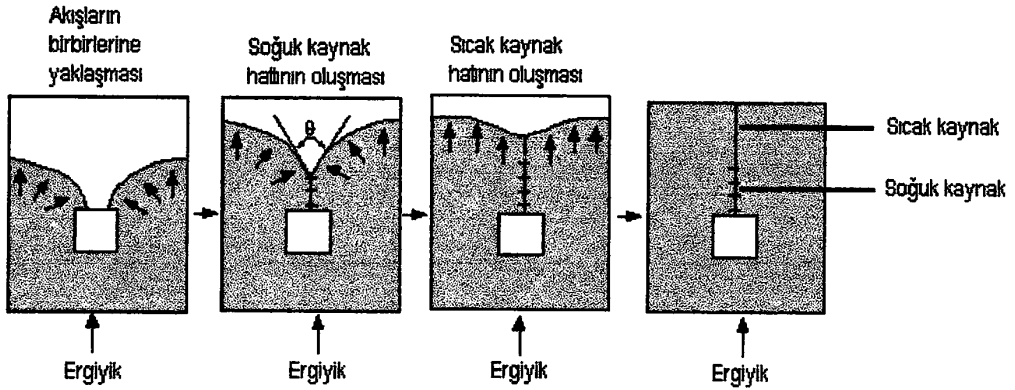
Enjeksiyon hızı, viskoz ısınma yaratabilmek için artırılmalı ergiyik viskozitesi azaltılmalıdır.

Enjeksiyon hacmi ve kalıp cidarı sıcaklığı artırılmalıdır. Enjeksiyon ham malzemesinin doldurulduğu huni şeklindeki haznenin içerisinde yeteri kadar malzemenin olmasına özen gösterilmeli, her herhangi bir şekilde tıkanma meydana gelmemesine dikkat edilmelidir.

V.1.7 Birleşme İzleri, Soğuk Kaynak (Weld Lines) ve Sıcak Kaynak (Meld Lines) Hatları

Kaynak hatları iki farklı akışın birbiri ile karşılaşması sonucu oluşan bir birleşme hattıdır. Kalıp içinde sıcak ve soğuk kaynak çizgilerinin oluşma yerlerini, genellikle delikler, maçalar, ok geçitli kavite sistemleri, değişebilir cidar kalınlığı, duraksamanın meydana geldiği noktalar olarak ifade etmek mümkündür. Soğuk ve sıcak kaynak çizgilerinin düşük gerilmelerin oluşacağı, parçada görünüş olarak pek ortada olmayan yerlere gelebilecek şekilde, uygun geçit tipi ölçülerinin tespit edilmesiyle pozisyonlanması parça kalitesi için tasarım aşamasında gerekmektedir. Soğuk ve sıcak kaynak hatlarının dayanıklılığının, buldukları bölgedeki sıcaklığın ve basıncının yükseltilmesiyle artırılabilirliği mümkündür.

Soğuk ve sıcak kaynak hatlarını oluşturan farklı yönlerden gelen akışların karşılaşma açıları arasında fark bulunmaktadır. Sıcak kaynak hatlarını oluşturan açı θ 135° den küçüktür, soğuk kaynak hattında ise θ 135° den büyüktür. Karşılaşma açısı 120° - 150° 'ye yaklaşıncaya kaynak yüzey, görünmemektedir (Şekil V.13.)



Şekil V.13. Sıcak ve Soğuk kaynak hatlarının oluşumu

Sıcak kaynak hatları parçanın dayanıklılığı ve görünüşünü olumsuz yönde etkilediğinden dolayı istenmeyen bir durumdur. Sıcak kaynak hatları kavitenin dolması tamamlanmadan önce oluşursa, kaynak hattının daha az görünür halde olabilmesi için ek tutma basıncının uygulanması gerekmektedir. Karmaşık geometriye sahip olan parçalarda

sıcak-soğuk kaynak hatlarının oluşabilecek muhtemel yerleri akış simülasyonu ile tahmin edilerek buna göre tedbirlerin alınması mümkün olabilmektedir.

Sıcak ve soğuk kaynak hatları oluşumunda dikkat edilmesi gereken hususlar şu şekilde sıralanabilir.

- Sıcak ve soğuk kaynak hatlarının düşük gerilme içeren ve görünüşü pek etkilemeyen yerlerde oluşturulmasına ve geçit yerlerinin doğru seçilmesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Gerektiği takdirde geçit ve yolluk ölçüleri büyütülmesinde sakınca bulunmamaktadır.
- Sıcak ve soğuk kaynak hatları yüksek sıcaklık ve yüksek tutma basıncı altında oluşmaktadır.
- Sıcak ve soğuk kaynak hatlarının oluşma bölgesinde buradaki dayanımı düşürmemesi açısından hava emişlerinin olmaması için havalandırmanın yerleştirilmesi gerekmektedir.
- Kalıplama işlemi esnasında eriyik sıcaklığı, enjeksiyon hızı ve enjeksiyon basıncını arttırmak gerekmektedir.

V.1.8 Çukurluklar Ve Boşluklar

Malzemenin yeterli bir şekilde kurutulmaması sonucu özellikle et kalınlığı fazla parçaların içerisinde boşluklar ve yüzeyde çukurluklar meydana gelmektedir. Malzemenin uçucu bir madde içermesi veya malzeme sıcaklığının fazla olmasından dolayı özelliğini yitirmesi (degrade) söz konusu olduğunda parça içerisinde boşlukların meydana gelmesi kaçınılmaz olmaktadır. Kalın kesitli parçalarda, kalıplama boşluğu içerisinde havanın yeterli tahliye edilememesi sonucu da boşluk oluşmaktadır. Enjeksiyon hızının düşürülmesi, geçit yerlerinin doğru seçilmesi gibi önlemlerle sonuç almak mümkün olmaktadır. Kalıp içerisine malzeme akışında silindire ters basınç uygulanması da bir çözüm olarak düşünülebilir.

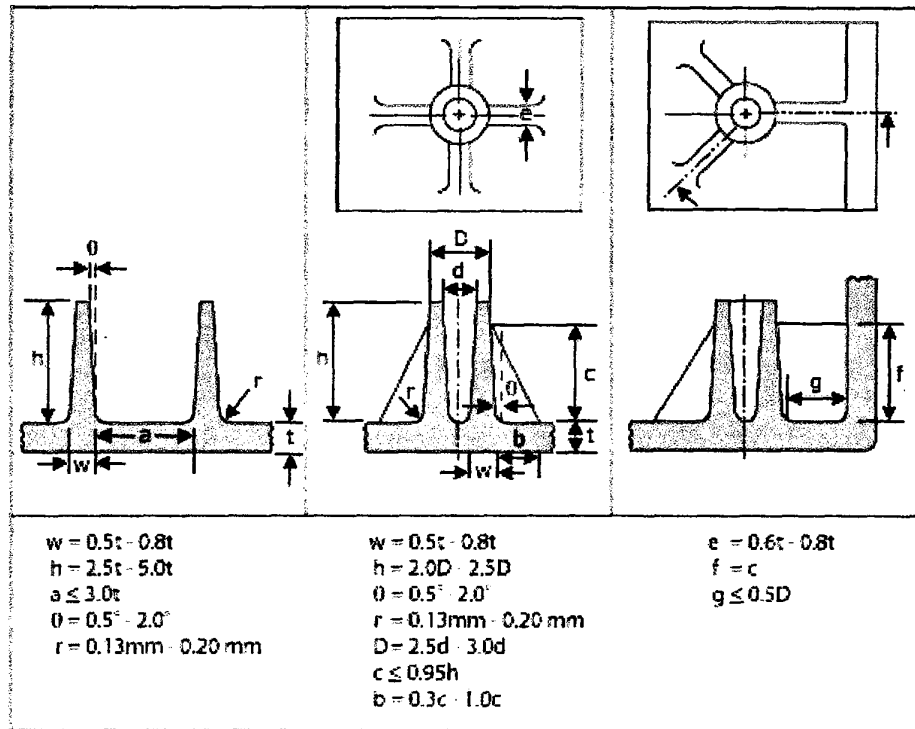
Bir de parça içerisindeki boşluklarla, yüzeydeki çöküntüleri yaratan sebepler birbirlerine oldukça yakındır. Plastik malzeme ergiyik halinde iken katı haline oranla daha fazla hacim kaplamaktadır. Katı hale geçerken soğuma esnasında hacimsel küçülmeye uğrar ve kendini çekmeler meydana gelir, kalın kesitlerde bu durum ince

kesitlere oranla daha fazla olmaktadır. Parça üzerinde ani kesit kalınlığı değişiklikleri var ise farklı kendini çekmeler yüzeyde kendisini çöküntü olarak belli etmektedir.

Enjeksiyonda tutma basıncının ve uygulama süresinin artırılması, kalıp soğutmasının et kalınlıkları da göz önüne alınarak yapılması, en düşük ergiyik sıcaklığında, yeterli malzeme ile kalıbın hızla doldurulması çöküntüleri azaltacak etkili faktörler içerisinde yer almaktadır.

Et kalınlığı mümkün olduğunca uniform olmalı, cidarlara destek elemanları yapılmalı, geçitlerin ve yollukların boyutlarının donma zamanını geciktirmek için çok küçük olmasından, ince kesitlerin kalın kesitlerden önce donmasından kaçınılmasına özen gösterilmelidir (Şekil V.14.)

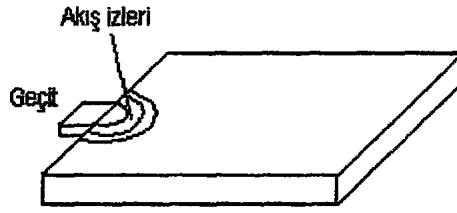
Enjeksiyonda ise enjeksiyon basıncının ve tutma zamanının artırılması, enjeksiyon hızının düşürülmesi, ergiyik ve kalıp sıcaklığının azaltılması, soğuma zamanının artırılması, malzeme sızıntıları için geri dönüşü engelleyen valfin kontrol edilmesi gerekmektedir.



Şekil V.14. Destek elemanları ve tavsiye edilen ölçüler

V.1.9 Akış İzleri

Ergiyik kalıbın içerisine enjekte edildiğinden, malzeme doğal olarak kalın ve geniş kesitleri önce doldurma eğilimindedir. Bu kesitlerin dolmasının ardından ince kesitlere dolmaya başlamakta, akışı etkileyen bir engel ile karşılaşınca türbülans olayı yaşanmakta, akış bölünmekte, türbülans izi donduğu yüzeyde akış izi olarak kendisini göstermektedir.



Şekil V.15. Akış İzleri

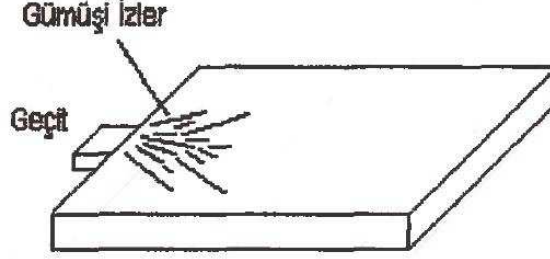
Akış izleri genellikle yolluk giriş kısmında görülmektedir (Şekil V.15.) Kalıba giren ergiyiğin karşısında bulunan kalıp cidarına çarpması sonucunda, geçit kısmında dalgalı bir görünüm oluşmaktadır.

Uygun geçit kullanılarak bu sorunun görüntüsel açıdan çözümlenebilmesi mümkün olabilmektedir (Yandan geçit veya tünel geçit). Akış izi problemi, düşük ergiyik ve kalıp sıcaklığı, düşük enjeksiyon hızı, düşük enjeksiyon basıncı, küçük yolluk veya geçit sistemi gibi sebeplerden de ortaya çıkabilmektedir. Enjeksiyon basıncının ve tutma basıncının, silindir ve nozul sıcaklığının ve kalıp sıcaklığının artırılması ile işlem esnasında bu hatanın önlenmesi söz konusudur.

V.1.10 Yüzeyde Gümüşi İzler

Geçit kısmında sıkça görülen, bazen de tüm parçayı kapsayabilen gümüşi izleri andıran ve serpinti denilen görüntü bozukluğu çok fazla rastlanılan bir enjeksiyon hatasıdır. Plastik ergiyiğin içerdiği uçucu maddeler, enjeksiyon aşamasında parça yüzeyinde yoğunlaşarak bu görüntüyü oluşturmaktadır (Şekil V.16.) Malzeme tarafından absorbe edilip kurutma yoluyla uzaklaştırılmamış nem ve malzemenin ihtiva ettiği

solvent, fazla miktarda kullanılmış kalıp ayırıcı madde ve polimerin ısıl degradesyonu sonucu ortaya çıkan gazlar başlıca sebep olarak gösterilebilir.



Şekil V.16. Parça Üzerinde Gümüşi İzler

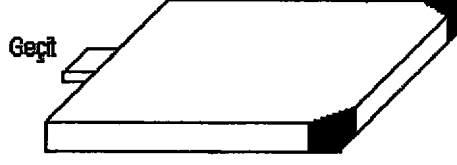
Malzeme akışı esnasında sürtünme kaynaklı ısı oluşması da gaz ayrışmasının ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir. Ayrıca geçit kısmındaki aşırı sürtünmeden oluşan kinetik enerjinin ısıya dönüşmesi de gazlaşmayı ortaya çıkarabilmektedir. Birden fazla enjeksiyon işleminde kullanılan malzemeler de ise, bu malzemenin daha önceki kullanımından kalmış uçucu bir solventin etkisi de sebep olarak gösterilebilmektedir.

Besleme hunisinde artık malzemelerin bulunmamasına, huninin temiz olmasına, granül halindeki ham malzemenin enjeksiyon işleminden önce malzeme tedarikçilerinin tavsiyelerine göre uygun olan sıcaklıkta kurutulmasına dikkat edilmelidir. Tasarım aşamasında yolluk giriş ağzı, yolluk ve geçit ölçülerinin, malzemenin sürtünme sebebiyle fazla ısınmasını engelleyecek şekilde genişletilmiş olması gerekmektedir. kalıp içerisinde gaz çıkışlarının sağlanabilmesi için yeterli havalandırma kanallarının yapılması gerekmektedir. Kristalin polimerler için 0,025 mm, amorf polimerler için 0,038 mm çapında havalandırma kanalı ölçüsü yeterli olabilmektedir.

V.1.11 Yanık İzleri

Enjeksiyon sırasında kavite içerisinde ilerleyen ergiyik tarafından sıkıştırılan hava dışarı tahliye edilemezse, kavite içerisinde bulunduğu yerde çok yüksek bir sıcaklığa ulaşarak plastikte reaksiyona girmektedir. Bu reaksiyonda, plastiğin yanması sonucunda karbondioksit ve suya ayrışmasına yetecek seviyede hava yoksa, hidrojen direkt reaksiyona girerek yüzeyde siyah bir kalıntı bırakır (Şekil V.17.) Yüzeyde yanık izi

şeklinde bir görüntü oluşturmaktadır. Havanın havalandırma kanallarından, birleşme yüzeyinden veya kalıp plakaları arasından tahliye edilmesi gerekmektedir.



Şekil V.17. Yanık İzleri

Silindir memesinde havanın sıkışması da, parçanın yüzeyinde yanık izlerinin oluşmasına neden olabilmektedir. Memeden malzeme akışının olmaması için yapılan ve malzeme alımından sonra enjeksiyon vidasının biraz geriye alınması işlemi olan geri emiş gereğinden fazla yapılırsa memedeki malzeme oksitlenmekte ve parça yüzeyinde yanık izlerine neden olmaktadır.

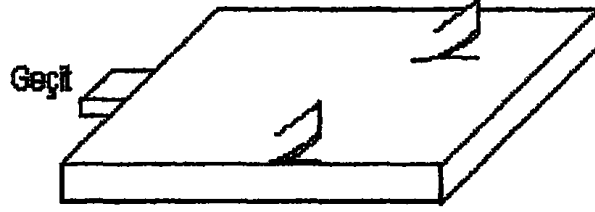
Yanık izlerini oluşturan sebepleri, kalıpta tahliye edilemeyen hava, yüksek ergiyik sıcaklığı, yolluk sistemi ölçülerinin küçük olarak tasarlanması yüzünden aşırı sürtünme ile fazla ısınmadan dolayı ergiyik ısısının artması sonucu malzemenin degrade olması ve enjeksiyon vidası hızının fazla olmasından dolayı yine sürtünmeden dolayı artan ergiyik ısısı olarak sıralamak mümkündür.

Kalıp içerisinden havanın rahatlıkla tahliye edilebilmesi için yeterli sayıda ve uygun ölçüde havalandırma kanallarının yapılması (kristalin polimerler için 0,025 mm, amorf polimerler için 0,038 mm), yolluk sistemi ölçülerinin genişletilmesi, enjeksiyon basıncının, enjeksiyon hızının, enjeksiyon vidası dönme hızının, düşürülmesi, silindir sıcaklığının azaltılması, bant ısıtıcıların ve termokupul sistemlerinin kontrol edilmesi çözüm alternatifleri olarak düşünülebilir.

V.1.12 Soyulma

Parça yüzeyinde tabaka tabaka soyulma olarak tanımlanan bu hatanın başlıca sebebi iç gerilmelerin fazla olmasıdır (Şekil V.18.) Kavite içerisinde düşük ergiyik sıcaklığı, malzemenin aşırı nemli olması, geçit ve yolluğun keskin köşelere sahip olması, birbiriyle uyumlu olmayan malzemelerin karıştırılarak beraber kullanılması bu hatayı

oluşturan etkenler olarak gösterilmesi mümkündür. Fazla miktarda kullanılan kalıp ayırıcı yağları (silikon gibi) daha sonradan yüzey soyulmalarına neden olabilmektedir.



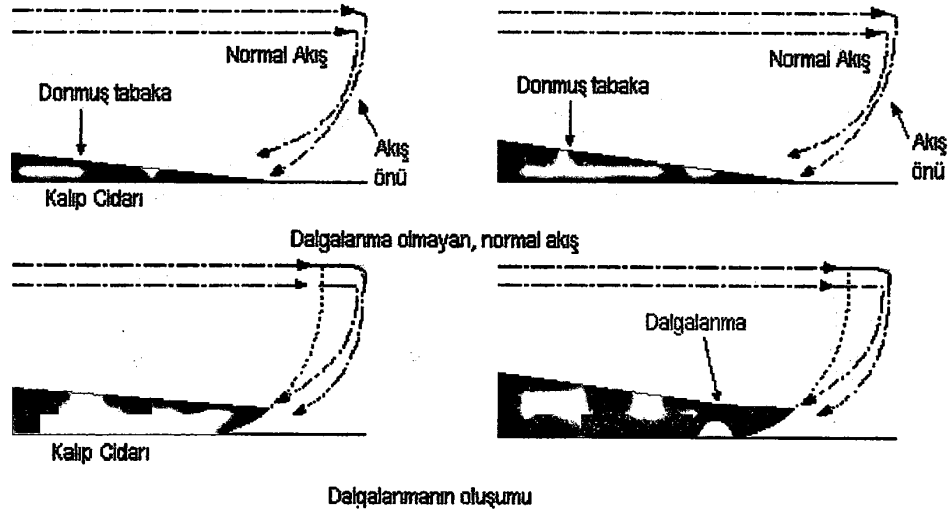
Şekil V.18. Yüzeyde Soyulma

Enjeksiyon aşamasında malzemenin farklı malzemelerle karışmaması, geçit ve yollukların tasarımının yapılırken keskin köşeli olmaması, malzemenin kullanımından önce kurutulması, neminin alınması, ergiyik sıcaklığı çok düşük olması yüzeyde tabakalaşmaya sebep olabileceğinden dolayı silindir sıcaklığının ve kalıp sıcaklığının artırılması bu hatanın önlenmesi için alınması gereken tedbirler olarak düşünülmesi söz konusudur.

V.1.13 Dalgalanma

Dalgalanma parçanın kenarlarında, yada akışın bittiği yerde görülen bir enjeksiyon hatasıdır. Kalıp içerisinde ilerleyen ergiyiğin kalıp cidarı ile temas eden kısımlarında oluşan donmuş tabakanın üzerinden arkadan gelen ergiyiğin geçmesi sonucunda oluşmakta ve bu kısmın da katılaşmasıyla parça üzerinde dalgalanma hatası olarak görülmektedir (Şekil V.19.)

Parça kalınlığının artırılması, tasarımı yapılan parçaya uygun yolluk sisteminin yapılması hatanın ortaya çıkmasını önleyici faktörler arasında sayılabilmektedir. Kalıp havalandırma sisteminin, enjeksiyon esnasında hava tahliye edilmesini kolayca sağlayabilecek şekilde yapılması gerekmektedir. Havalandırma sistemi tasarlanırken havalandırma kanallarının gereğinden fazla büyük olmaması gerekmektedir. Bu beraberinde başka hataları getirebilmektedir. Tavsiye edilen havalandırma kanalı ölçüleri kristalin polimerler için 0,025 mm, amorf polimerler için 0,038 mm'dir. Kalıp sıcaklığı artırılmalıdır.

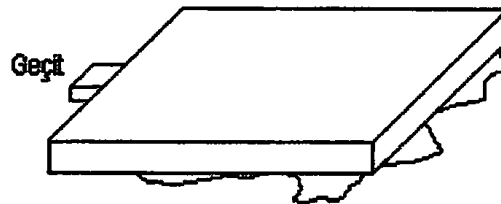


Şekil V.19. Dalgalanma Oluşumu

Enjeksiyon hızının artırılması, daha fazla viskoz ısınma yaratacağından, ergiyiğin viskozitesi azalacağı için hata önleyici bir önlem olarak görülebilmektedir. Enjeksiyon hızının enjeksiyon makinasının kapasitesini aşmayacak şekilde, maksimum enjeksiyon basıncının %70-85 limitinde uygulanması, makinanın hidrolik aksamına zarar vermeyecek şekilde artırılması gerekmektedir. Ergiyik sıcaklığının malzemenin degrade olmayacak şekilde artırılması da bu hata için bir çözüm şeklidir.

V.1.14 Çapaklanma

Genellikle kalıp ayırım yüzeylerinde, tampon pimlerinin çevrelerinde veya parçanın herhangi bir yerinde çapak olarak ifade edilen bir malzeme hatasıdır. Çapak oluşması kalıp veya makinadan kaynaklanabildiği gibi plastik parçanın ve kalıbın iyi tasarlanmamasından veya malzeme seçiminin yanlış olmasından yada işlem şartlarının iyi ayarlanmamasından meydana gelebilmesi mümkündür (Şekil V.20.)



Şekil V.20. Çapaklanma

Kullanılan enjeksiyon makinasının kalıp kapama kuvvetinin, kalıbın ölçüsünün büyük olmasından dolayı yetersiz kalması sonucu malzeme kalıp ayırım yüzeyinden taşma yapmakta ve çapak oluşturmaktadır. Kalıp plakalarının merkezlemesinin olmaması da belli bölgelerde çapak oluşmasına yol açabilmektedir.

Enjeksiyon vidasının hızlı veya gereğinden uzun dönmesi sonucunda sürtünmeden dolayı meydana gelen ısınma ile malzeme viskozitesi azalacağından dolayı kalıp ayırım yüzeylerinde malzeme sızması görülebilmektedir.

Parça tasarlanırken yapılması gereken federler, bozlar, delikler, girinti ve çıkıntılar basınç düşmesine yol açmaktadırlar. Basınç düşmesini engellemek için uygulanan yüksek basınç sonucunda kalıp ayırım yüzeylerinde çapaklanma görülmektedir. Parça cidar kalınlığının değişken olması durumunda ince kesitlerinin donmadan doldurulması için uygulanan fazla enjeksiyon hızından dolayı birleşme yüzeyi zayıf olan bölgelerde çapaklanma meydana gelebilmektedir. Soğutma tasarımının buna göre düzenlenmesi gerekmektedir.

Plastik malzeme seçimi veya malzeme değişikliği de çapaklanmaya yol açabilmektedir.

Kalıba uygun akışkanlığı olan bir malzemenin seçiminde fayda bulunmaktadır.

Çapak oluşmaması için enjeksiyon şartlarının dengeli olarak ayarlanması gerekmektedir.

Malzemenin sıcaklığının yüksek olması viskozitesini azaltacağından kalıp içerisinde gereğinden fazla basınç oluşmakta ve bu basıncın makinenin kapama gücünü yenmesi sonucu ise çapaklanma başlamaktadır.

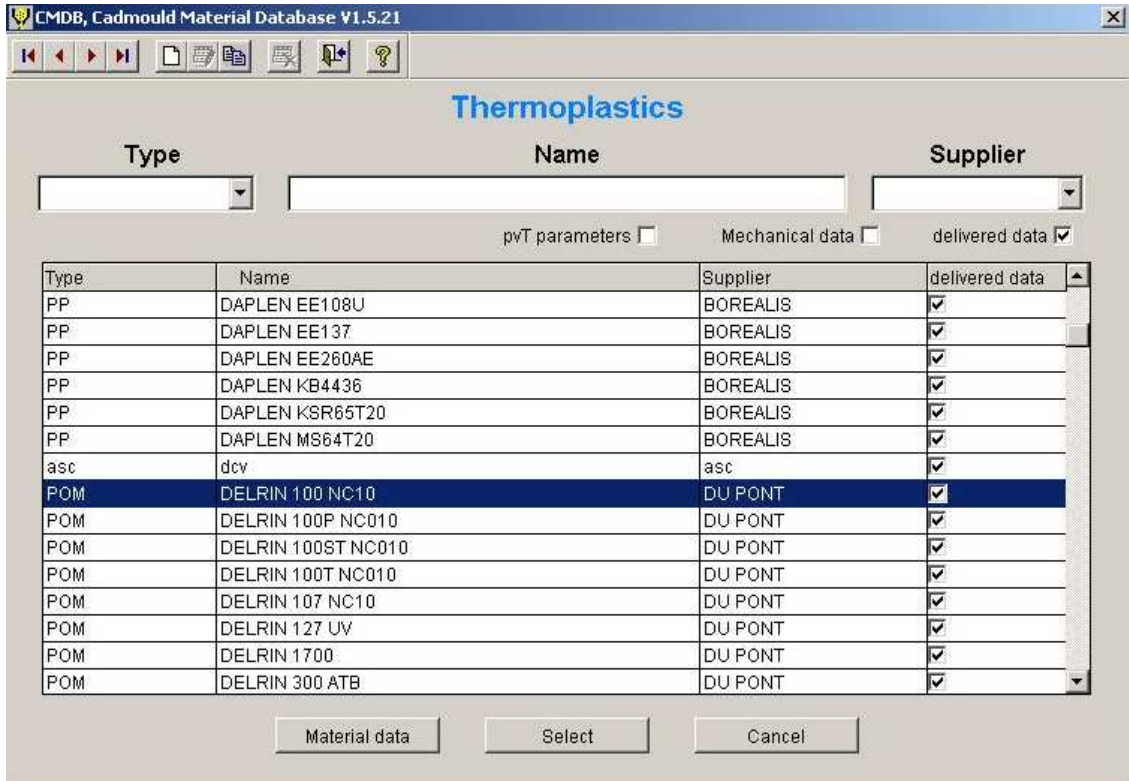
Silindir ve nozul sıcaklığının ergiyiğin viskozitesini düşürmemesi için azaltılması, enjeksiyon ve tutma basıncının kalıp kapama kuvvetini yenecek kadar büyük olmayacak şekilde uygulanması, enjeksiyon hızının arttırılması veya enjeksiyon hızının yavaşlatılması, uygun hava tahliye sistemlerinin yapılması kalıp plakalarının merkezlenmesinin sağlanması, kalıp birleşme yüzeylerinin temiz olması, kalıba uygun kapasitede kapama kuvvetine sahip enjeksiyon makinesinin seçilmesi gibi tedbirler çapaklanmanın önlenmesi için uygulanabilmektedir.

BÖLÜM VI

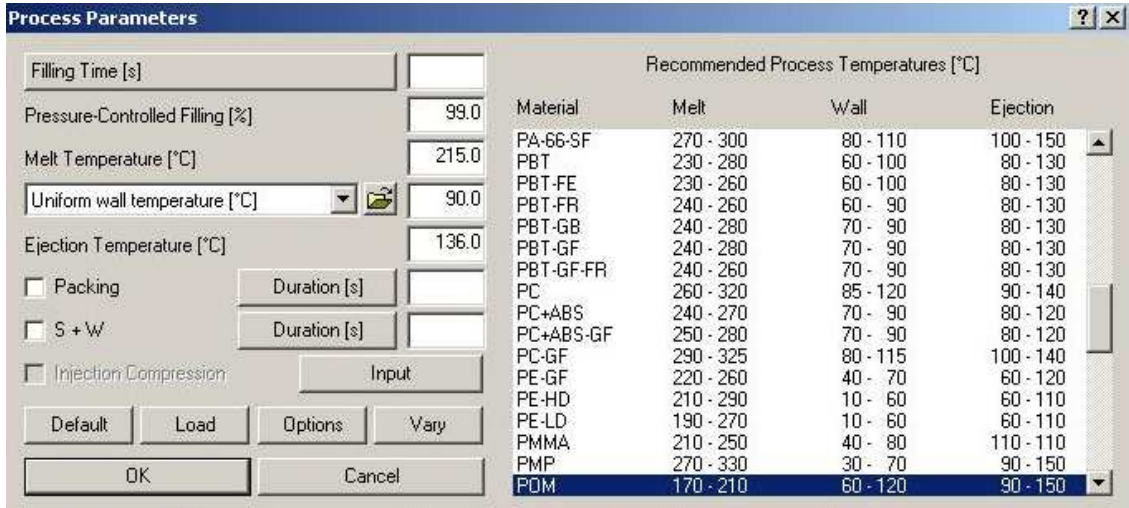
VI.1. SOĞUK YOLLUK CİNS VE PARAMETRELERİNİN PARÇA ÜZERİNE ETKİLERİNİN CAE PAKET PROGRAMI İLE ANALİZİ

İnceleyeceğimiz yolluk tipleri 4 gözlü bir kalıba, kalıp gözleri arasındaki mesafeler aynı kalacak şekilde uygulanacaktır. Kullandığımız Analiz programının çalışma yapısından dolayı Parça ve Yolluk Sistemi tek bir parça olarak tanımlanmış ve analizler bu şekilde yapılmıştır. Kalıp Dolum Analiz programlarında genel olarak analizi yapılacak parça dışardan import edilir ve yolluk sistemi program içerisinde modellenir. Ancak analizlerde asıl amaç Ürünün dolumu olduğu için Yolluk detaylarına pek fazla girilmemektedir. Fakat bizim amacımızın yollukların dolum üzerindeki etkilerini de görmek olduğundan ve Ürün ile Yolluk sisteminin bir biri ile bağlantılı bir kalıp boşluğu oluşturmasından dolayı Ürün ile Yolluk sistemin bu şekilde tek bir parça halinde modellemek de sonuç vermektedir. Analiz sonuçlarının doğru fikirler verebilmesi açısından Yollukların modellenmesinde ve Analizlerin yapılması esnasında bütün yolluk tipleri için aynı şartlar uygulanmıştır. Meme (Sprue) ve Dağıtıcı Kanallar (Runners) aynı ölçülerde tutulmaya çalışılmış, yalnızca Yolluk Giriş (Gate) tipleri ve bunlara bağlı ölçülerde değişiklikler yapılmıştır.

Analiz Programına Modeller STL formatında alınmıştır. STL modeller Cad Programı içerisinde bütün yolluk tipleri için aynı hassasiyette kaydedilmiştir. Analizde Malzeme Dupont Firmasının ürettiği POM Derlin 100 NC 10 olarak tanımlanmıştır. Eriyik sıcaklığı 215 °C ve Kalıp sıcaklığı da 90 °C kabul edilmiştir.

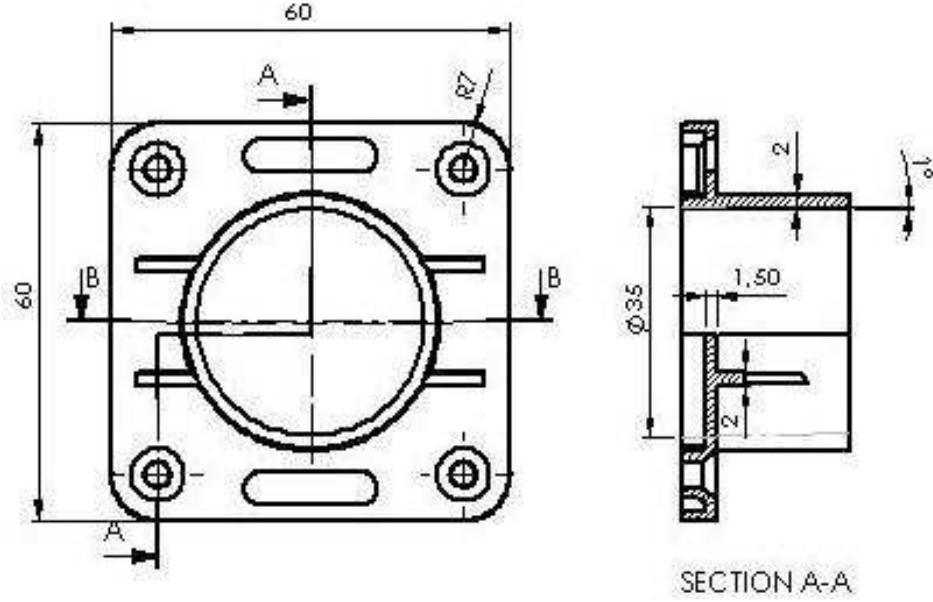


Şekil VI.1. Analiz Programında Kullanılacak Malzemenin Tayini

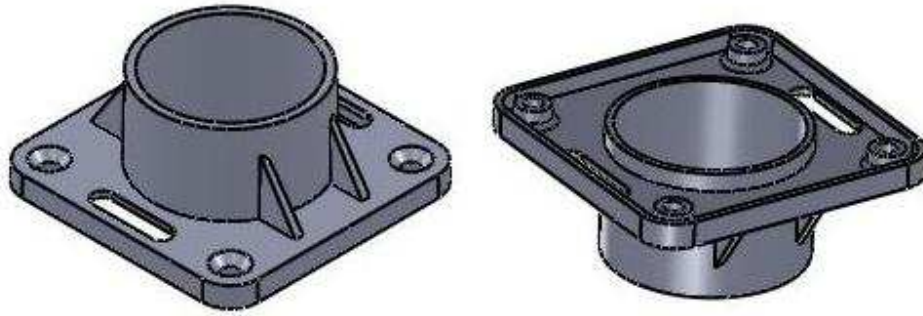


Şekil VI.2. Analiz Programında Proses Şartlarının Tamınlanması

VI.1.1 Dolum Analizleri Yapılan Parçanın Teknik Özellikleri



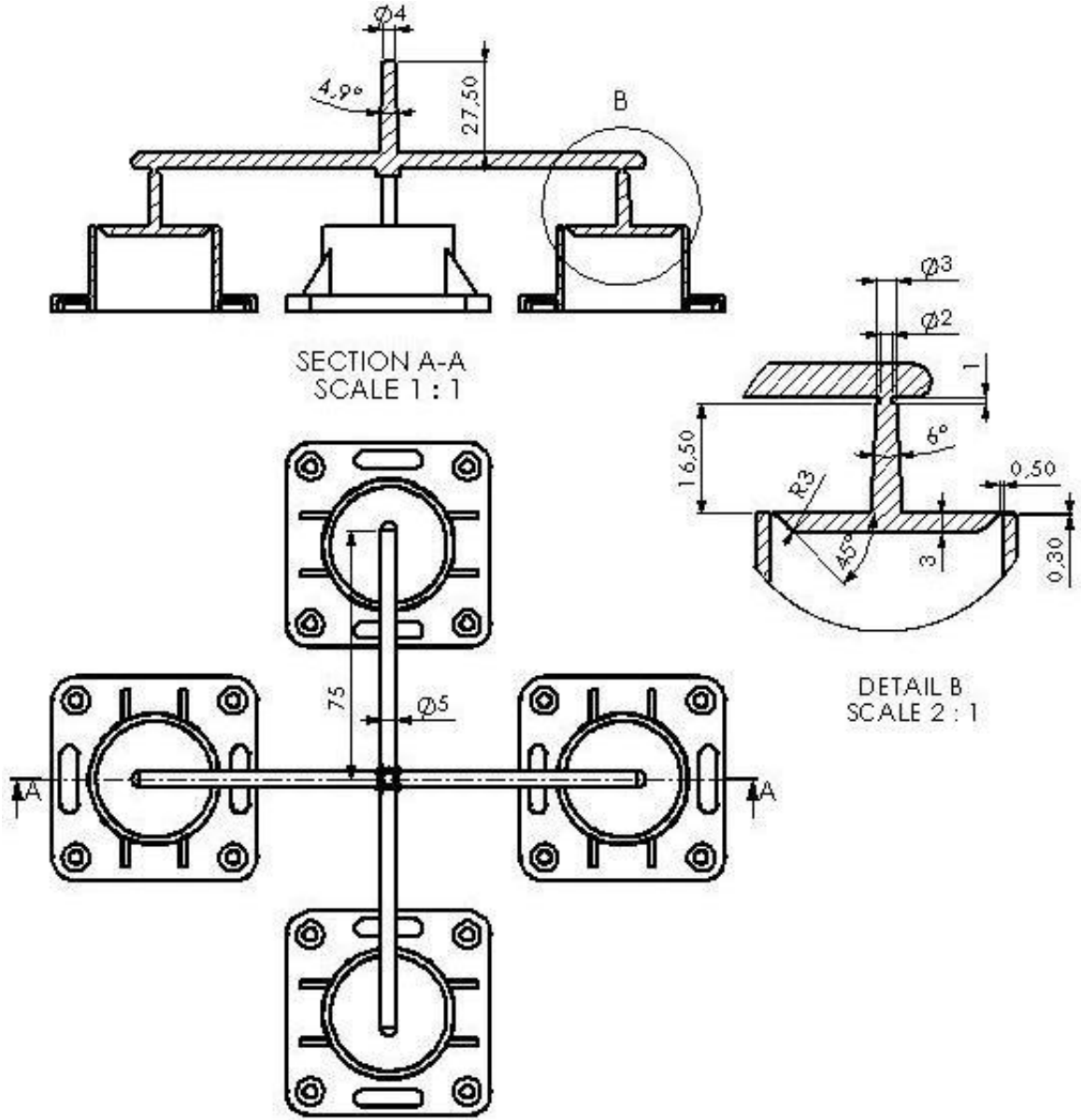
Şekil VI.3. Parçanın Ölçüleri



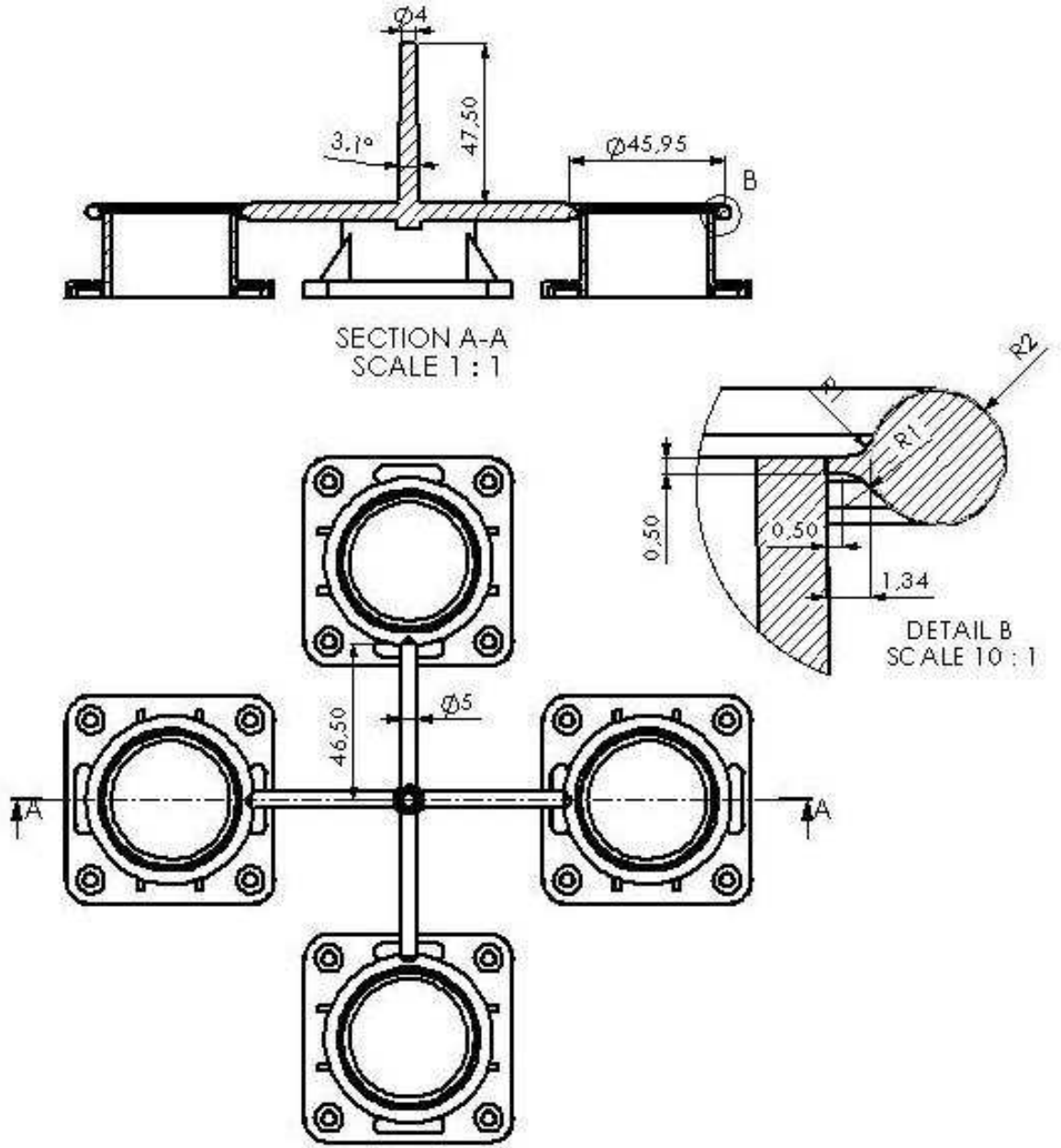
Şekil VI.4. Parçanın 3 Boyutlu Görünüşü

Kalıplanacak parçanın kullanım yeri Masa ayağıdır. Kullanın yeri ve amacı itibariyle Parçanın Mekanik özelliklerinin iyi olması gerekmektedir. Estetik özellikleri Mekanik özellikleri kadar önem taşımamaktadır. Yüksek eğme rijitliğine, sertliğe ve darbe dayanımına sahip olmasından ötürü Hammadde olarak Polioksimetilen (POM) tercih edilmiştir.

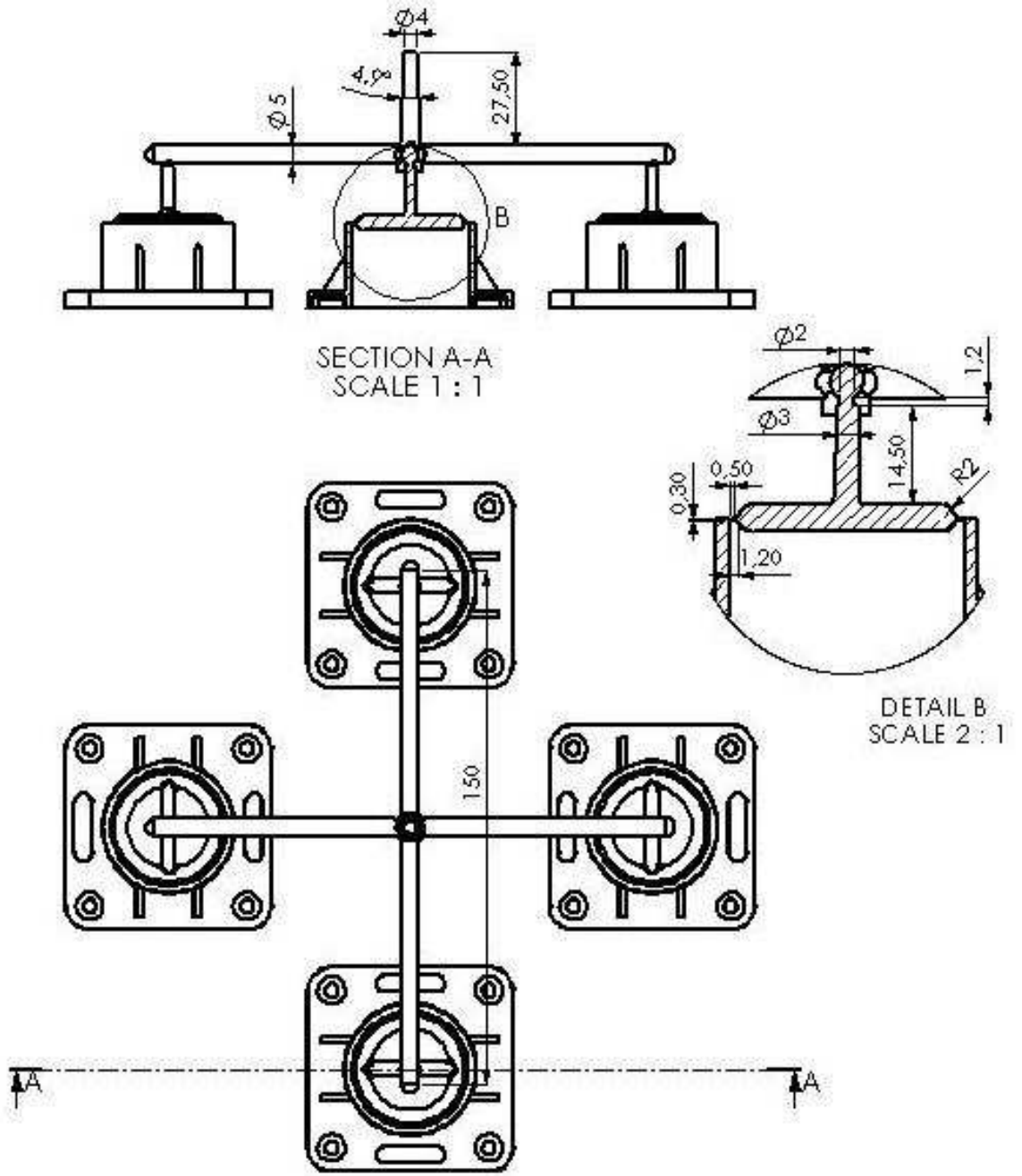
VI.1.2. Dolum Analizleri Yapılan Yollukların Teknik Resimleri



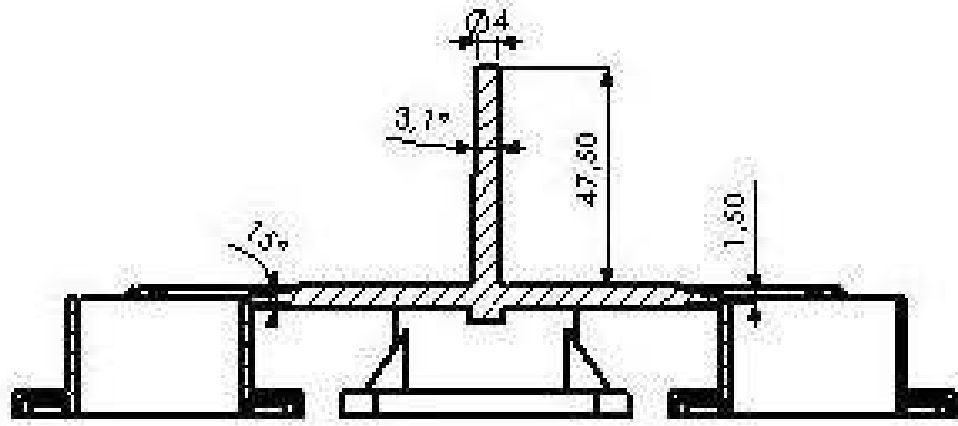
Şekil VI.5. Diyafram Yolluk Tipi Ölçüleri



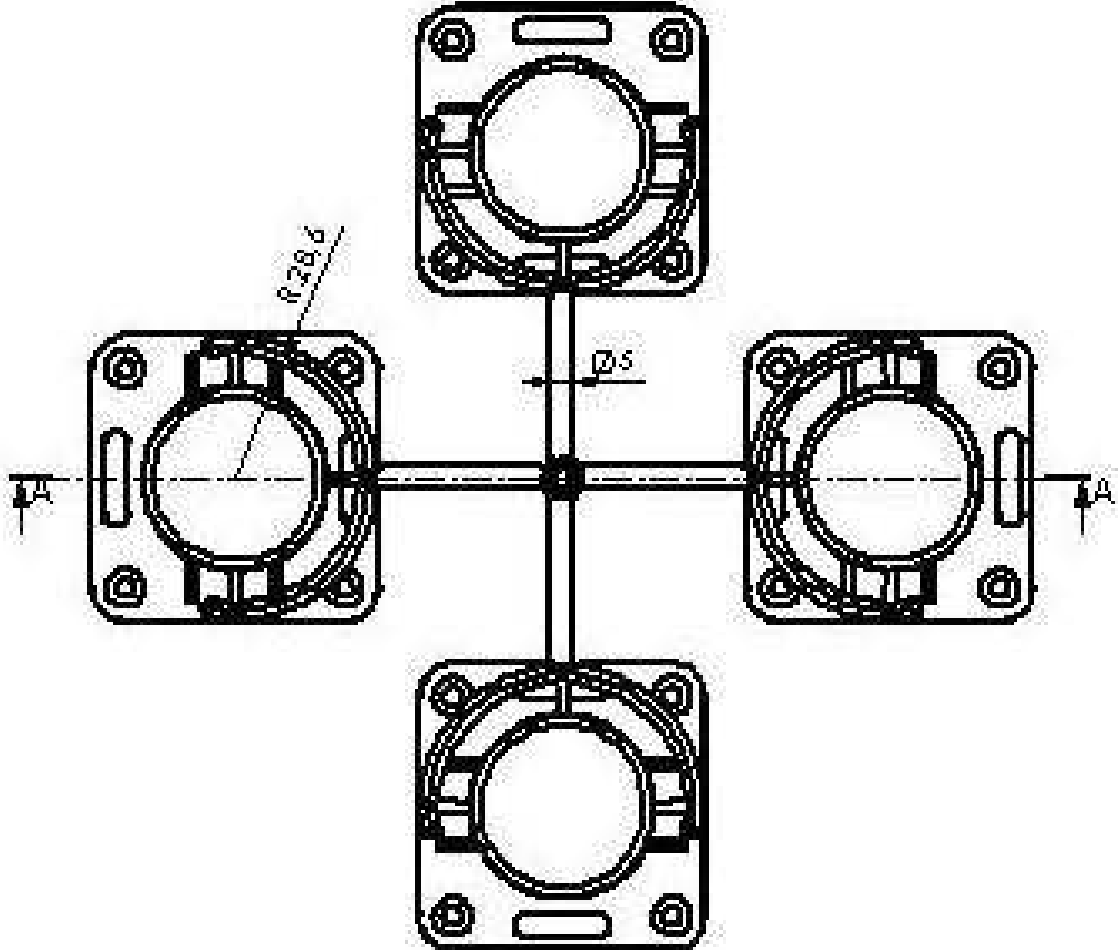
Şekil VI.6. Dış Halka Yolluk Tipi Ölçüleri



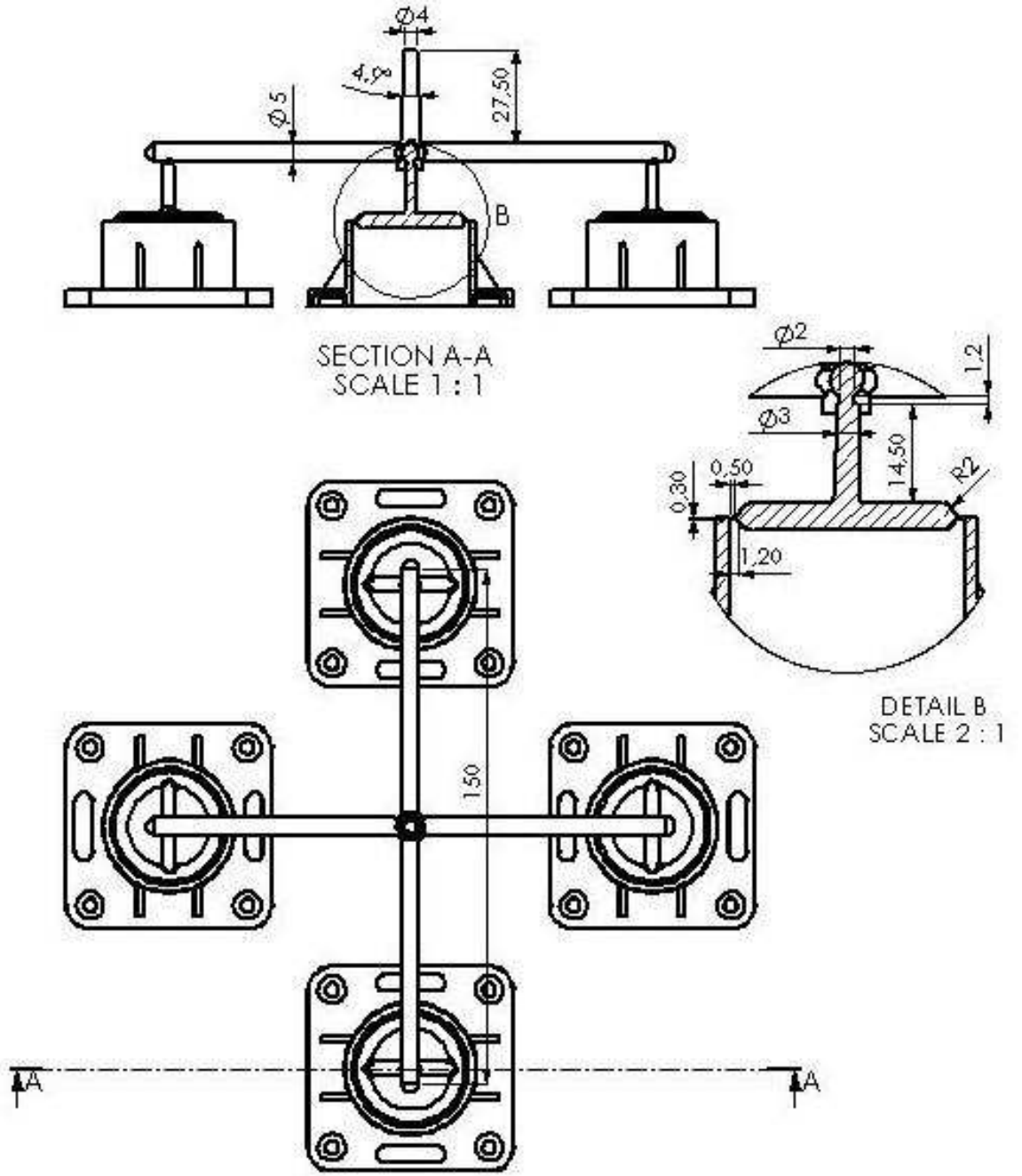
Şekil VI.7. İç Halka Yolluk Tipi Ölçüleri



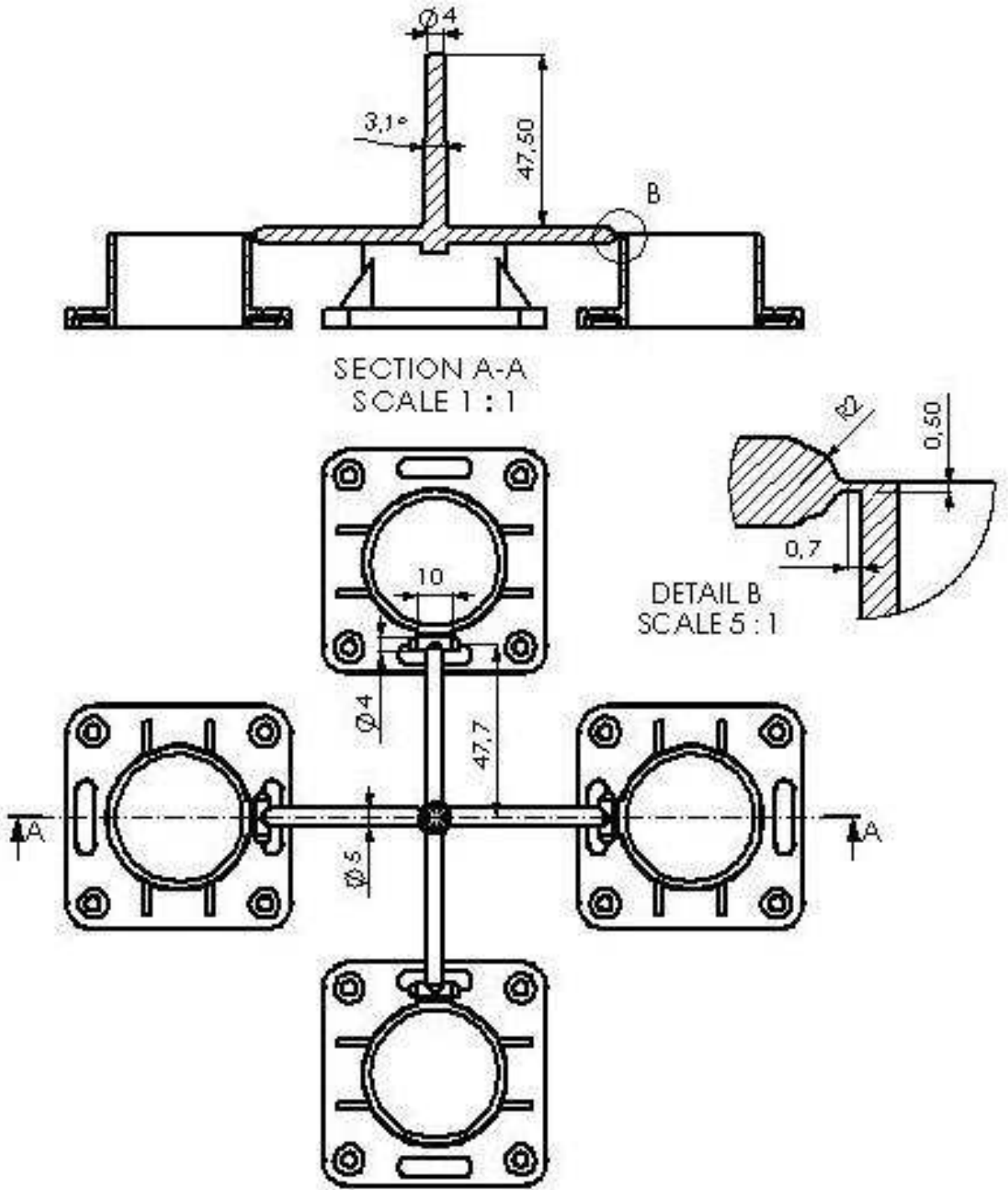
SECTION A-A
SCALE 1 : 1



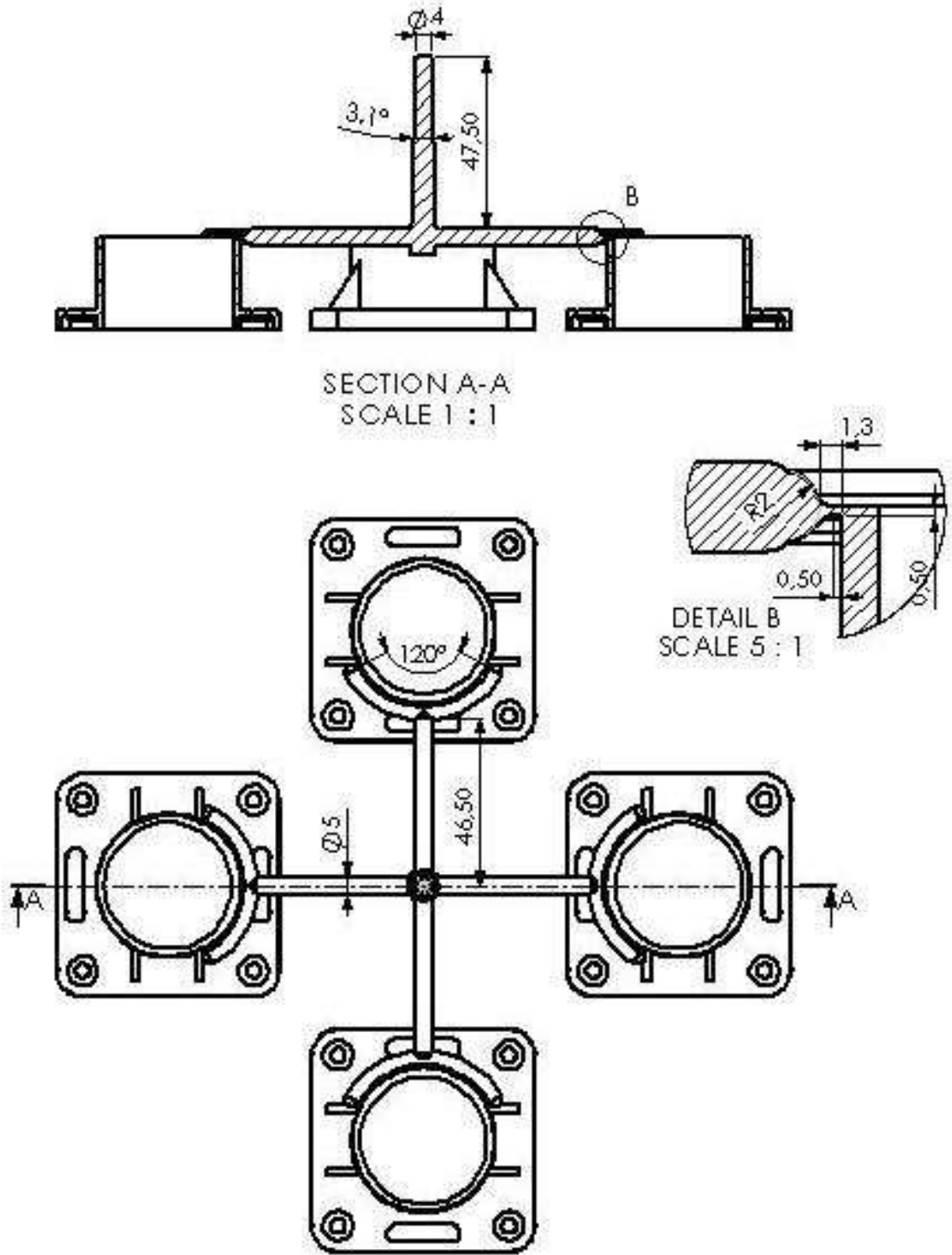
Şekil VI.8. Dış İğne (Nokta) Yolluk Tipi Ölçüleri



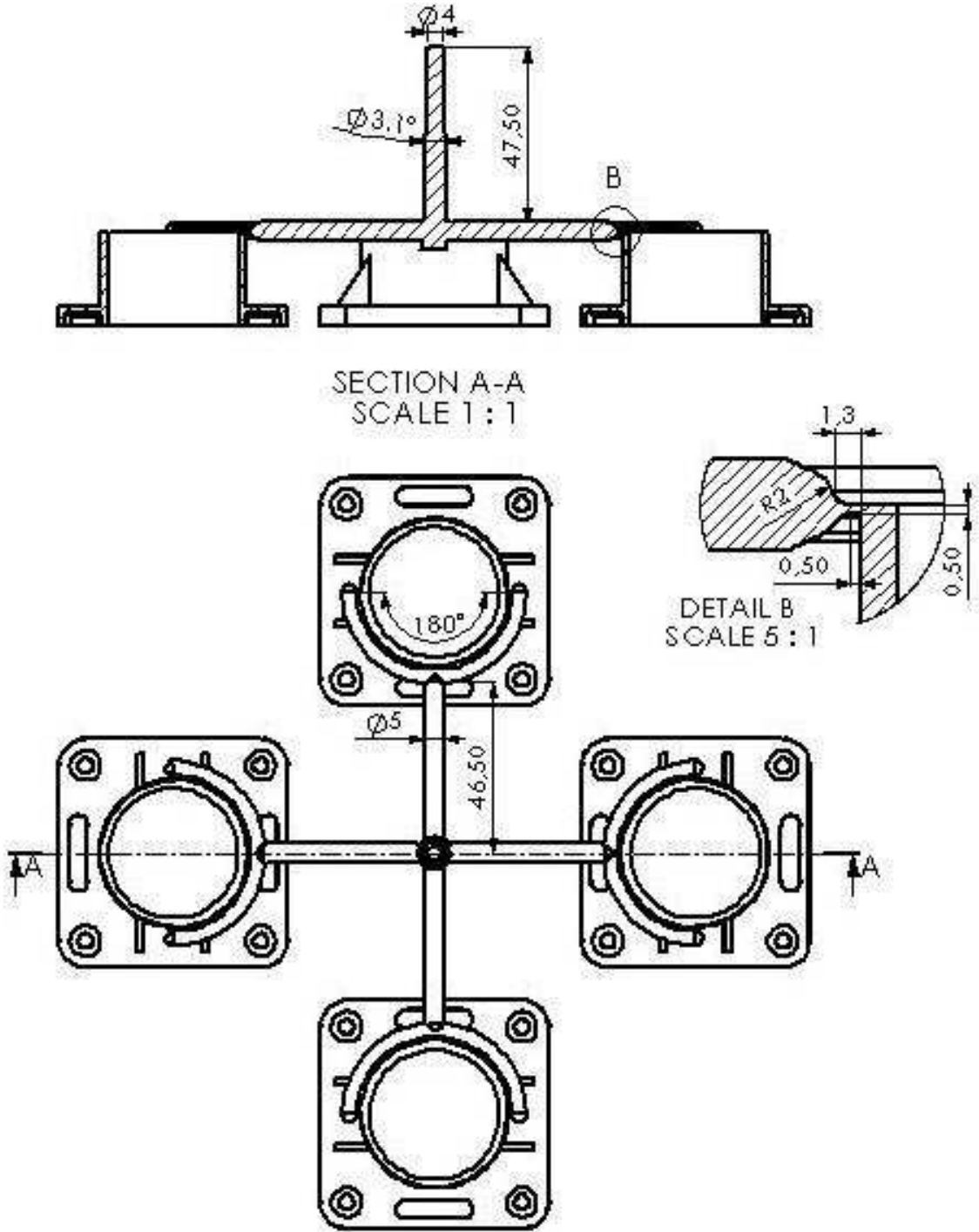
Şekil VI.9. Dış İğne (Nokta) Yolluk Tipi Ölçüleri



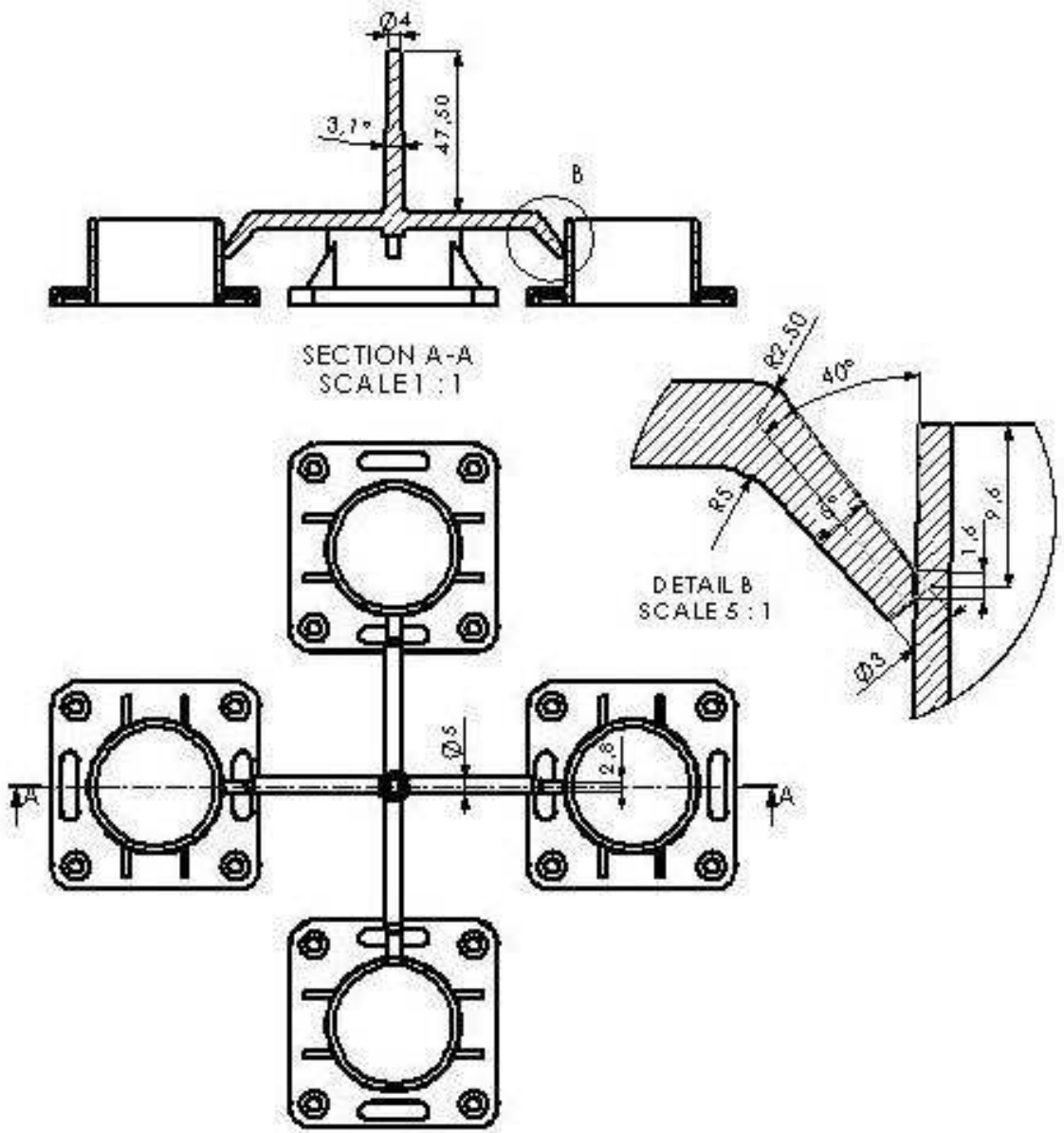
Şekil VI.10. 10mm Kenar Yolluk Tipi Ölçüleri



Şekil VI.11. 120° Kenar Yolluk Tipi Ölçüleri



Şekil VI.12. 180° Kenar Yolluk Tipi Ölçüleri



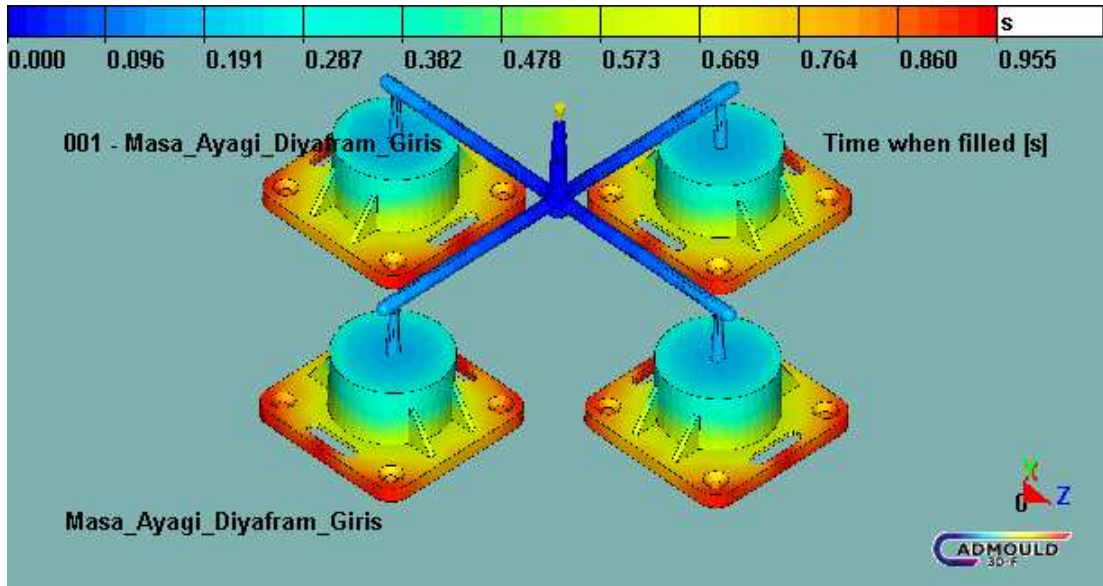
Şekil VI.13. Tünel Yolluk Tipi Ölçüleri

VI.1.3. Yolluk Tiplerinin Dolum Zamanına Göre Karşılaştırılması

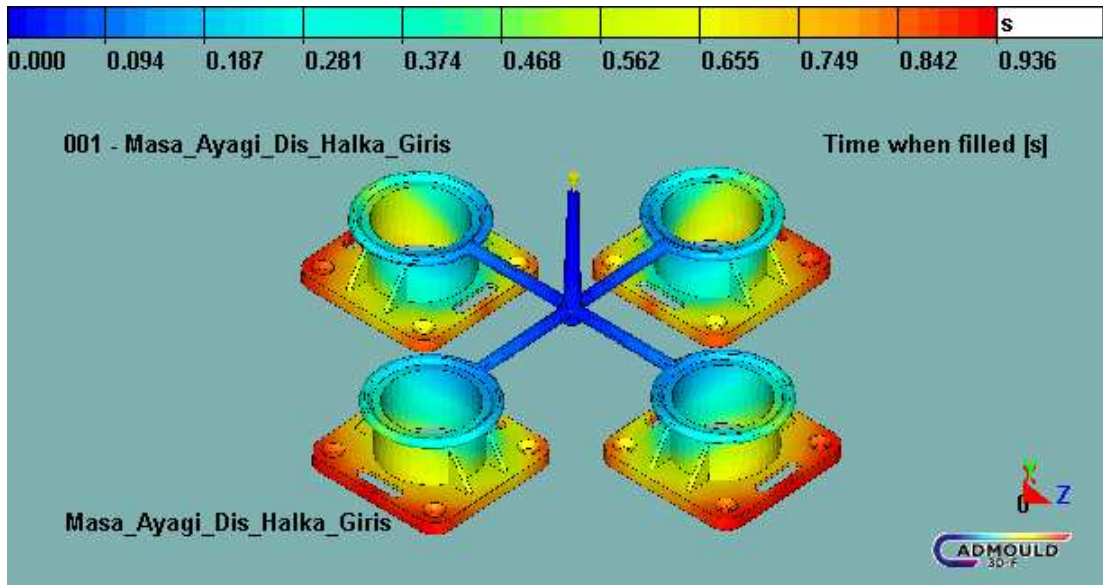
Enjeksiyon Makinelerinde Vidanın Piston gibi hareket ediş hızı, Kalıbın dolma hızını belirlemektedir. İnce kısımları olan parça imalatında yüksek enjeksiyon hızı kullanımı plastik donmadan önce Kalıbı doldurmak için gerekmektedir. Fakat kalın kısımları olan parçalarda daha iyi elde edebilmek için düşük enjeksiyon hızları kullanmak gerekmektedir. Genelde enjeksiyon hızı 1 saniye civarındadır. Birçok baskı hatası değişik enjeksiyon hızları kullanılarak üstesinden gelinir.

Enjeksiyon hızı, Çevrim süresini ve dolayısı ile baskı maliyetlerini de etkilemektedir. Günümüz rekabet koşullarında baskı maliyetlerini düşürmek işletmeler için çok büyük bir önem arz etmektedir. İyi bir yolluk seçimi ile kalıbın kısa sürede ve kaliteli bir dolum gerçekleştirmesi sağlanabilir.

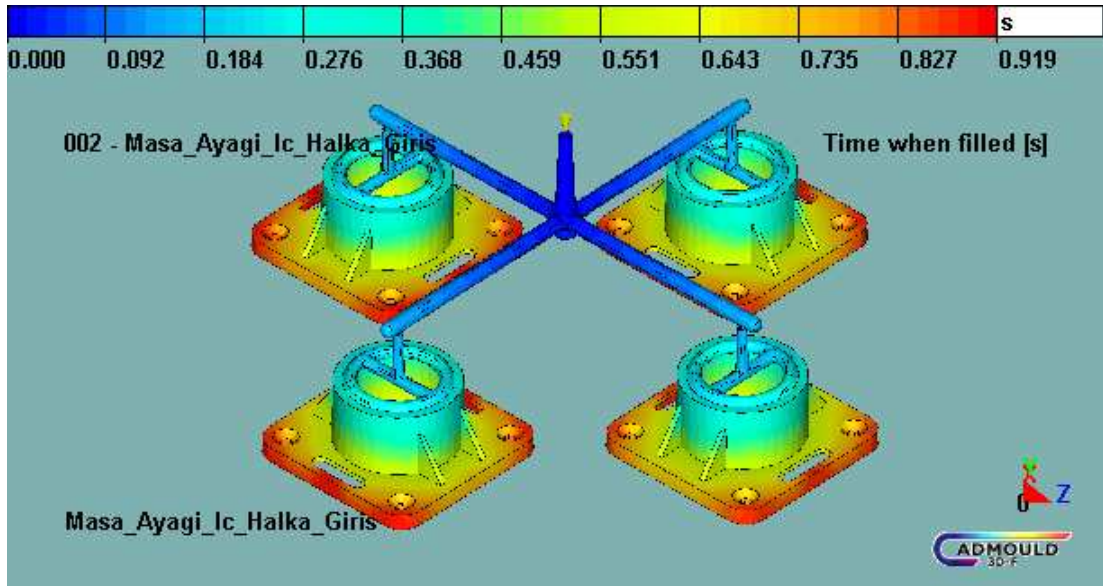
Gerçekleştirdiğimiz Analiz sonuçlarına göre Yolluklar arasında en iyi dolum zamanını yakalayan yolluk tipi aşağıda tablo halinde de (Tablo VI.1.) verildiği üzere 0.882 saniye ile Tünel Yolluk olmuştur. Ayrıca ürünün bölgesel olarak dolum zamanının hangi noktasında dolduğunu grafiklerde renk dağılımlarına göre görebiliriz.



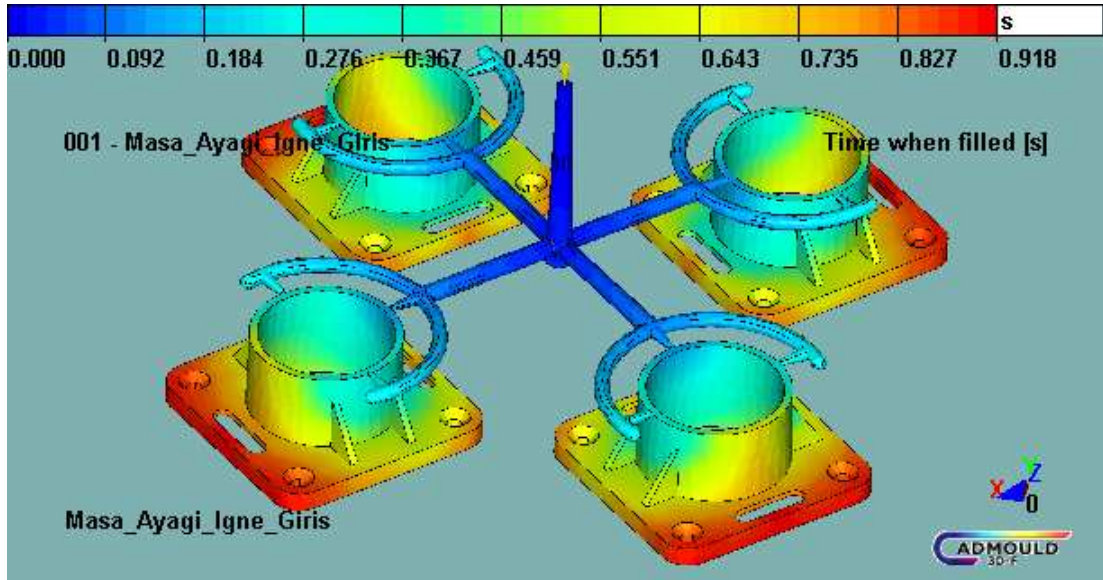
Şekil VI.14. Diyafram Giriş Dolum Zamanı



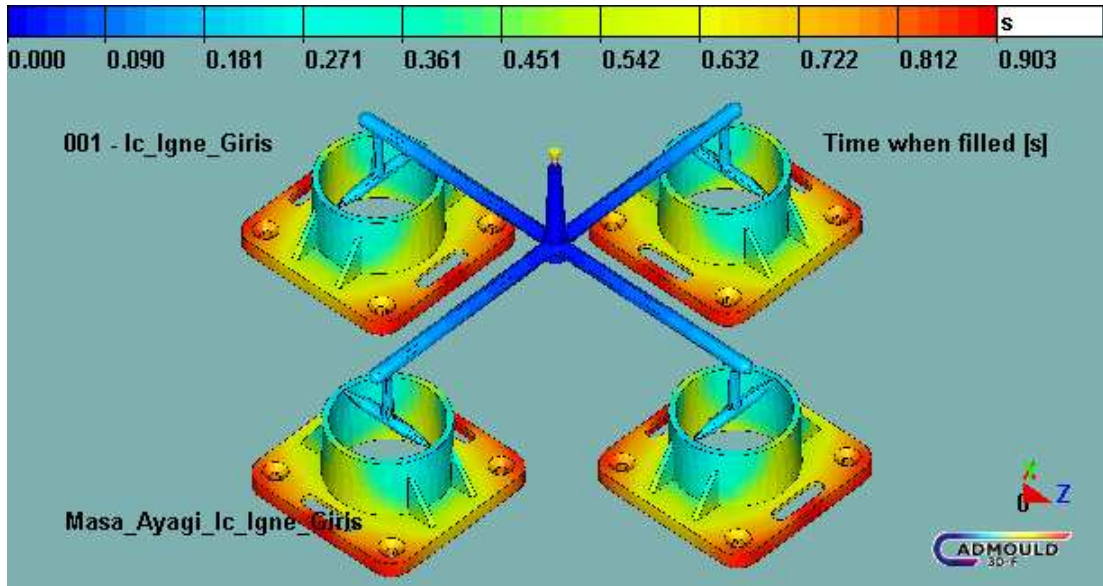
Şekil VI.15. Dış Halka Giriş Dolum Zamanı



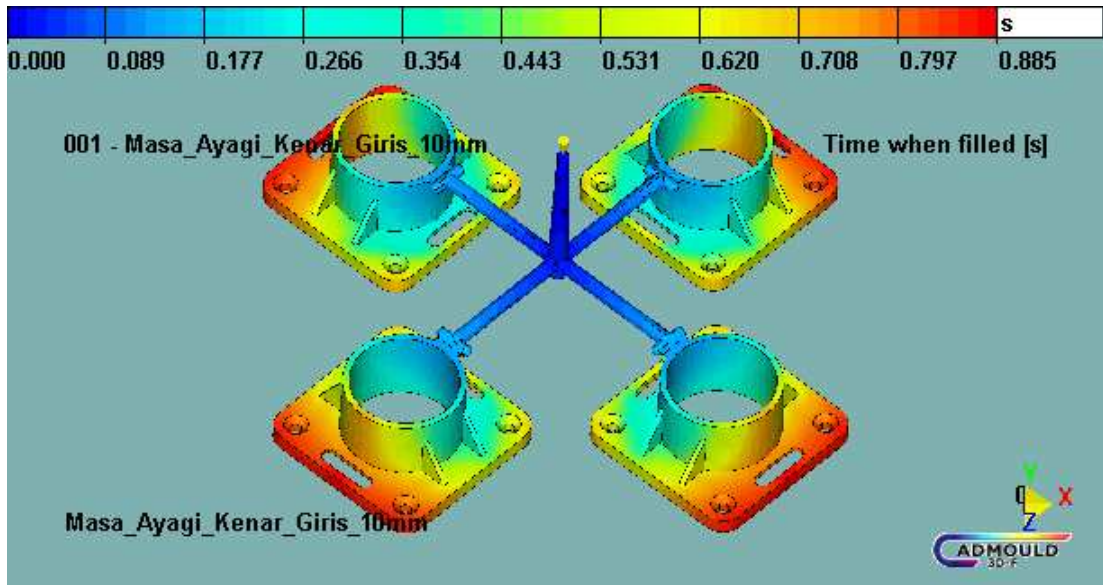
Şekil VI.16. İç Halka Giriş Dolum Zamanı



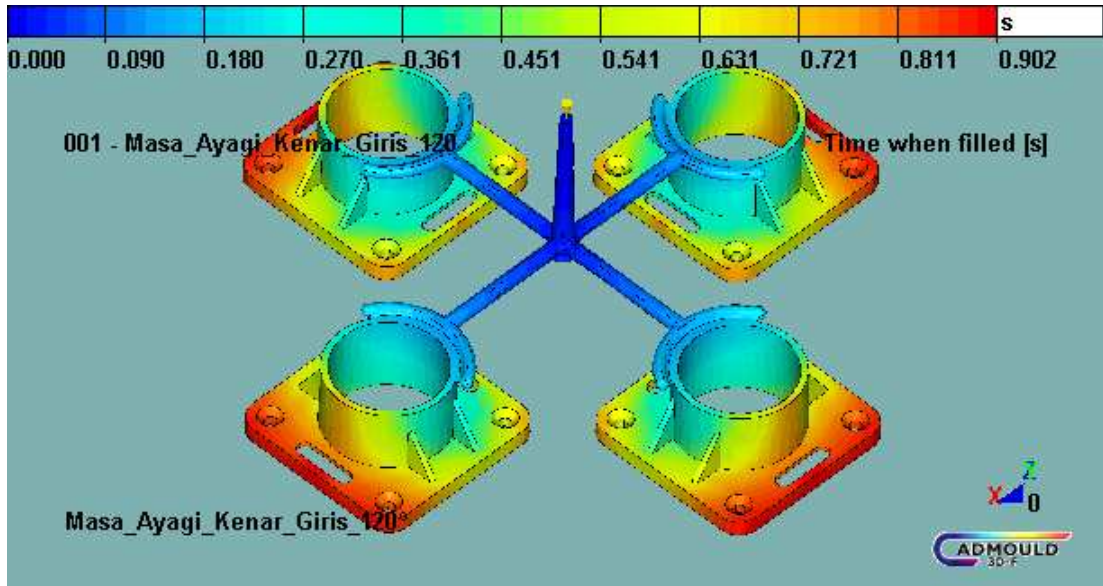
Şekil VI.17. İğne Giriş Dolum Zamanı



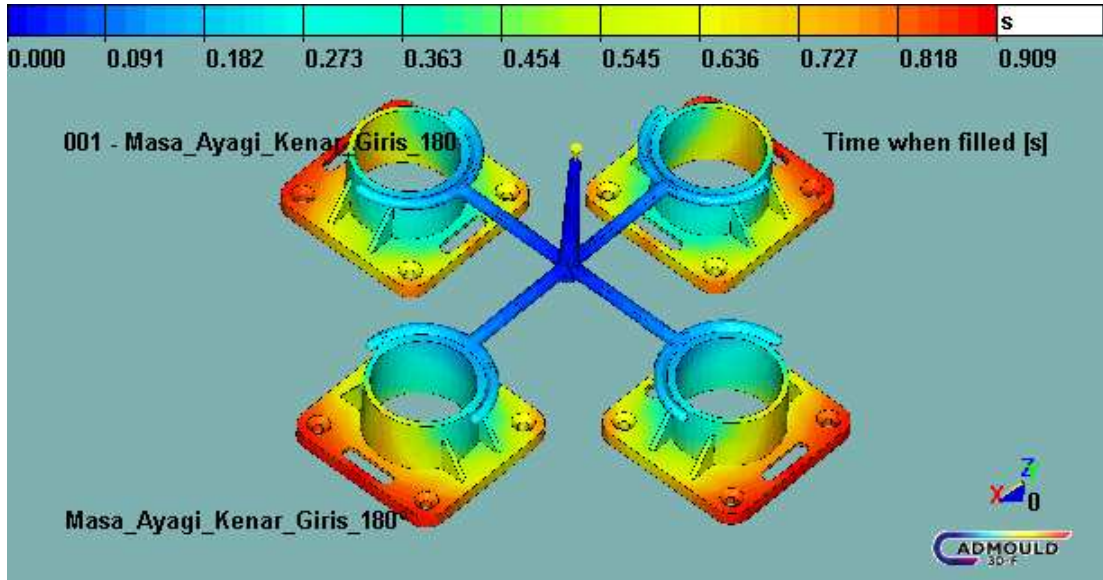
Şekil VI.18. İç İğne Giriş Dolum Zamanı



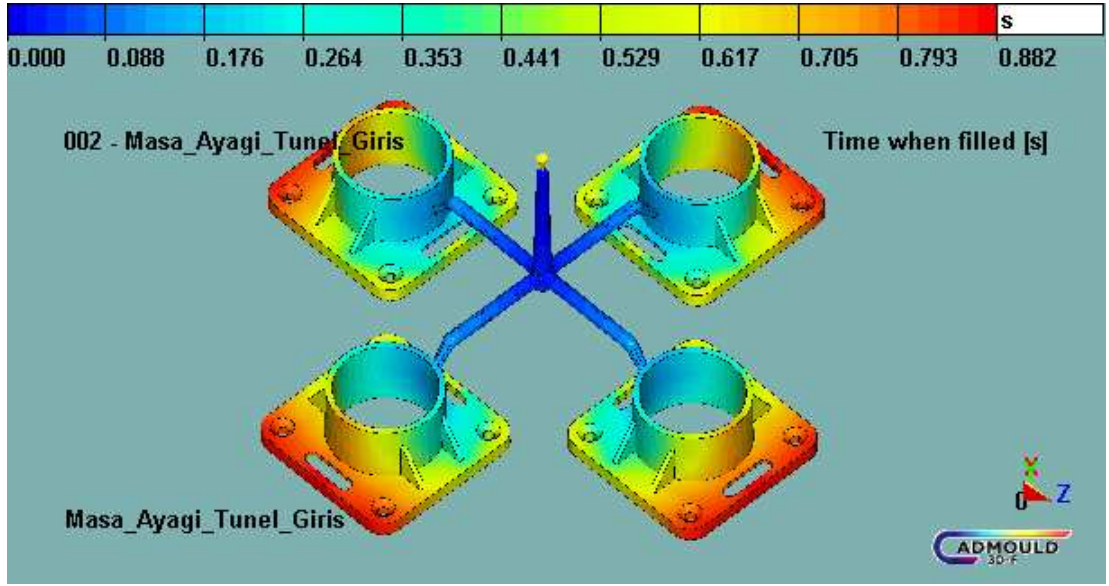
Şekil VI.19. 10mm'lik Kenar Giriş Dolum Zamanı



Şekil VI.20. 120° Kenar Giriş Dolum Zamanı



Şekil VI.21. 180° Kenar Giriş Dolum Zamanı



Şekil VI.22. Tünel Giriş Dolum Zamanı

Yolluk Tipi	Dolum Süresi (Saniye)
Tünel Giriş	0.882
10mm Kenar Giriş	0.884
120° Kenar Giriş	0.902
İç İğne Giriş	0.903
180° Kenar Giriş	0.909
İğne Giriş	0.918
İç Halka Giriş	0.919
Dış Halka Giriş	0.936
Diyafram Giriş	0.955

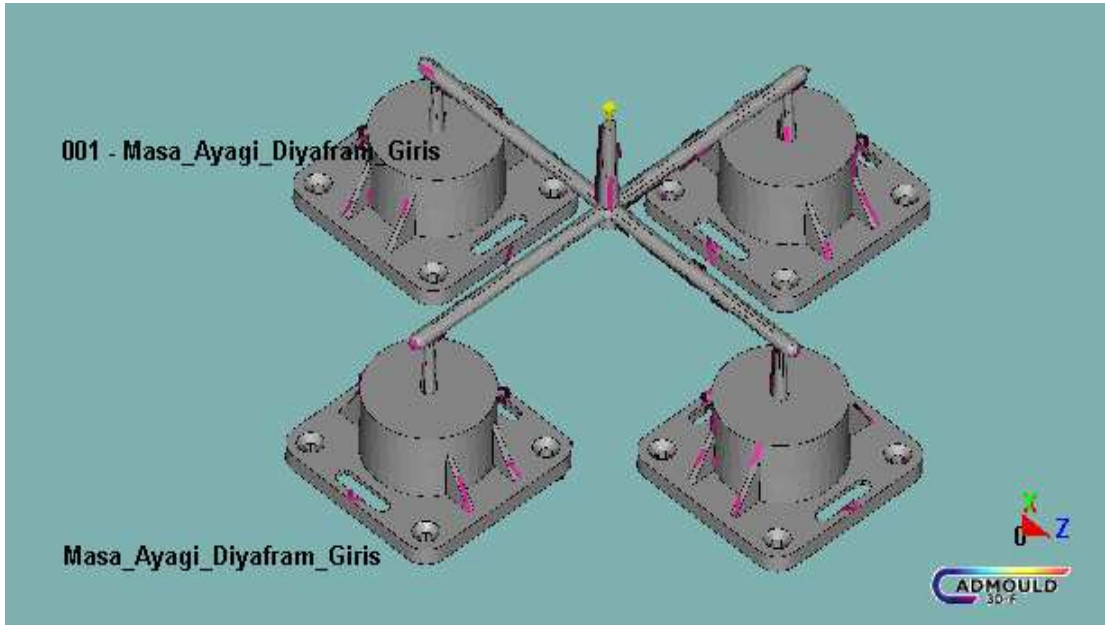
Tablo VI.1. Yolluk Tipine Göre Kalıp Dolum Süreleri

VI.1.4. Yolluk Tiplerinin Soğuk Kaynak Oluşumuna Göre Karşılaştırılması

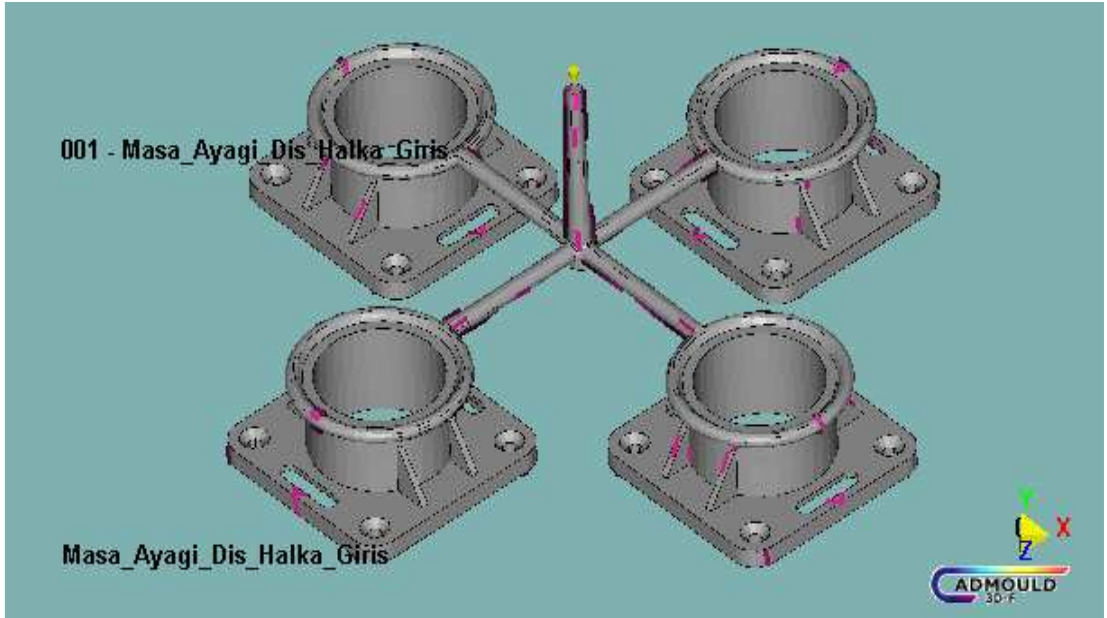
Plastikteki Kaynak izi genelde optik ve mekanik zayıflığın göstergesidir. İz veya renk değişimi şeklinde görülür. İzler özellikle koyu veya düz yüzeyli çok parlatılmış saydam parçalarda belirgindir. Renk değişimi metal etkisi yapan pigmentle boyalı parçalarda görülür.

Kaynak iki veya daha fazla yönden gelen plastiğin ön kısımlarının birleşmesiyle oluşur. Erimiş plastik malzemenin yuvarlak şekildeki akış uçları karşılaştıkları vakit bu yuvarlaklık düzleşir ve birbirine yapışır. Bu işlem yüksek viskoziteli akan plastiğin ön kısmının çekilmesini gerektirir. Eğer sıcaklık ve basınç yeterince yüksek değilse akan plastiğin ön kısmının köşeleri tamamen birleşmez ve bu da çizgi izinin oluşmasına neden olur. Eğer enjeksiyonda kullanılan hammaddenin içinde katkı maddesi varsa (örneğin renk pigmenti) bu katkı maddelerinin kaynak izine yakın yönelmesi ihtimal dahilindedir. Bu aynı zamanda kaynak izine yakın yerde renk değişimine sebep olur. Kaynak izlerinde dikkate değer gelişme yalnızca yüksek kalıp sıcaklığıyla sağlanır. Fakat kalıp sıcaklığını arttırmak baskı süresini artırır. Her 1 °C için baskı süresi yaklaşık %2 artar.

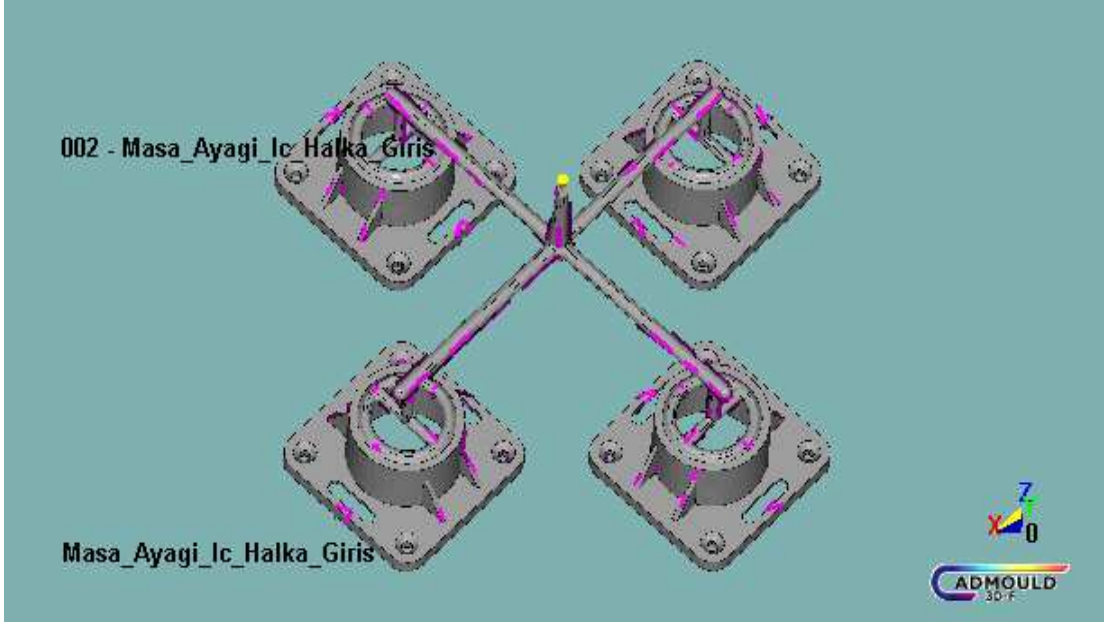
Analiz sonuçlarını Kaynak izi oluşumu açısından incelediğimizde, en başarılı Yolluk tipleri Diyafram, Dış ve İç Halka yolluk tipleri olmuştur. Bunun da sebebi bu Yolluk tiplerinin kalıp boşluğuna açılan kesit alanlarının yüksek olmasından dolayı Enjeksiyon basıncını Kalıp boşluğuna rahat iletmelerinden ötürü plastiğin yüksek basınçla daha fazla kaynaşmasını sağlamalarıdır. Parçamızda Kaynak izleri ağırlıklı olarak federlerde ve tabandaki boşlukların dış kenarlarında oluşmaktadır.



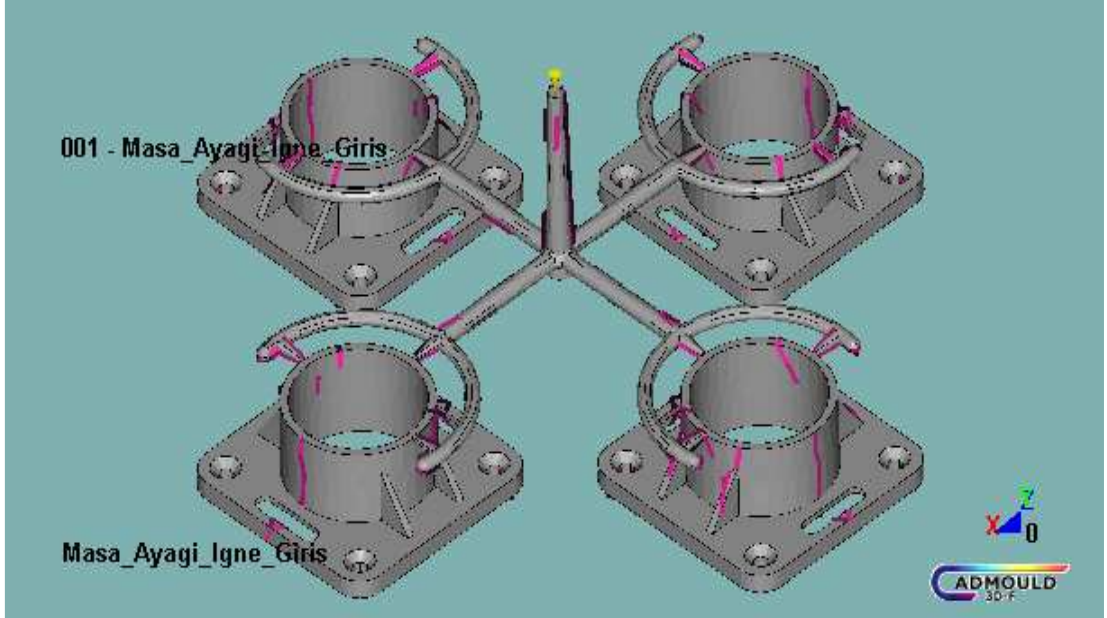
Şekil VI.23. Diyafram Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu



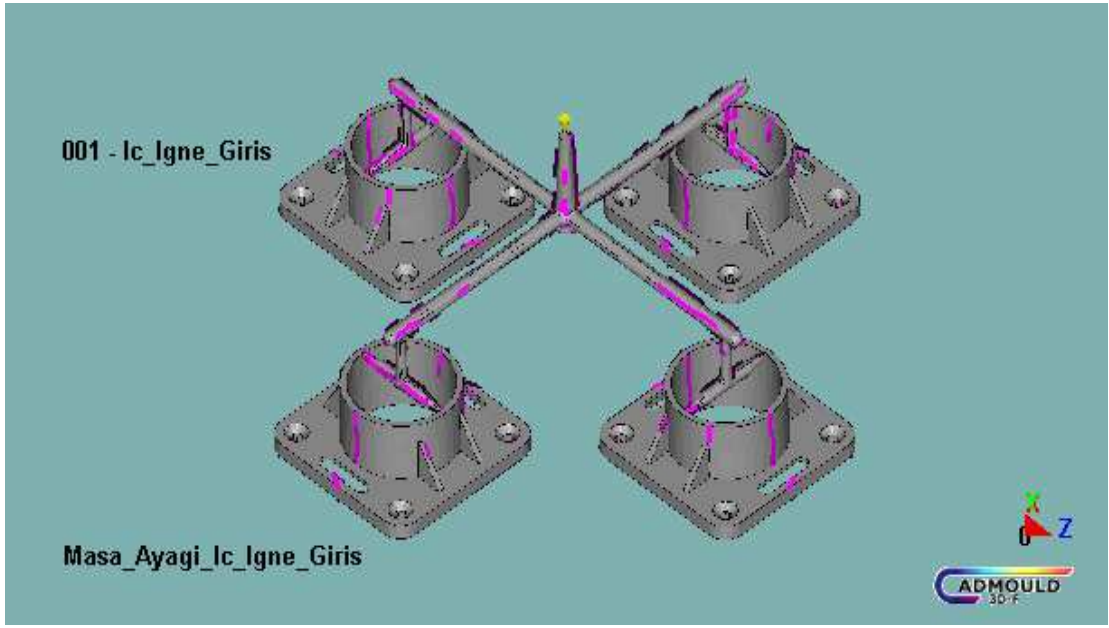
Şekil VI.24. Dış Halka Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu



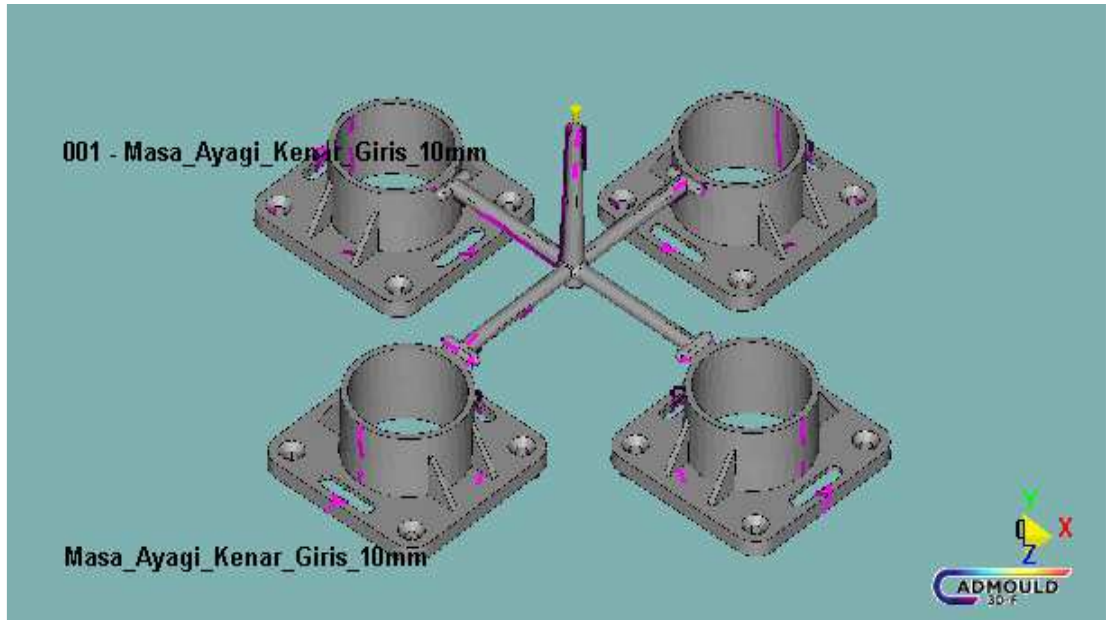
Şekil VI.25. İç Halka Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu



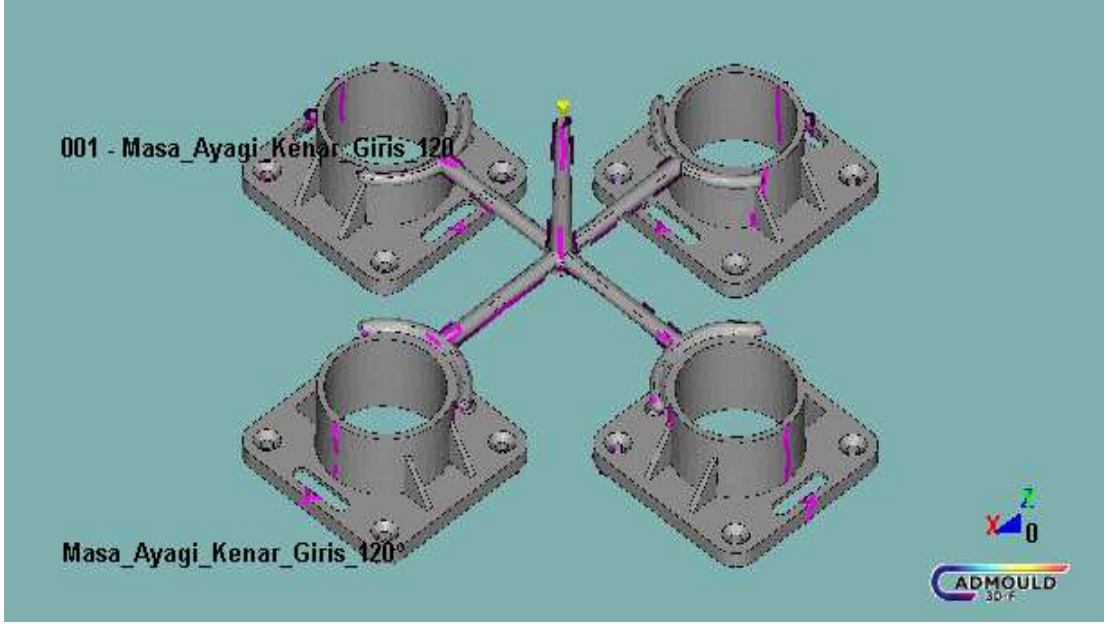
Şekil VI.26. İğne Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu



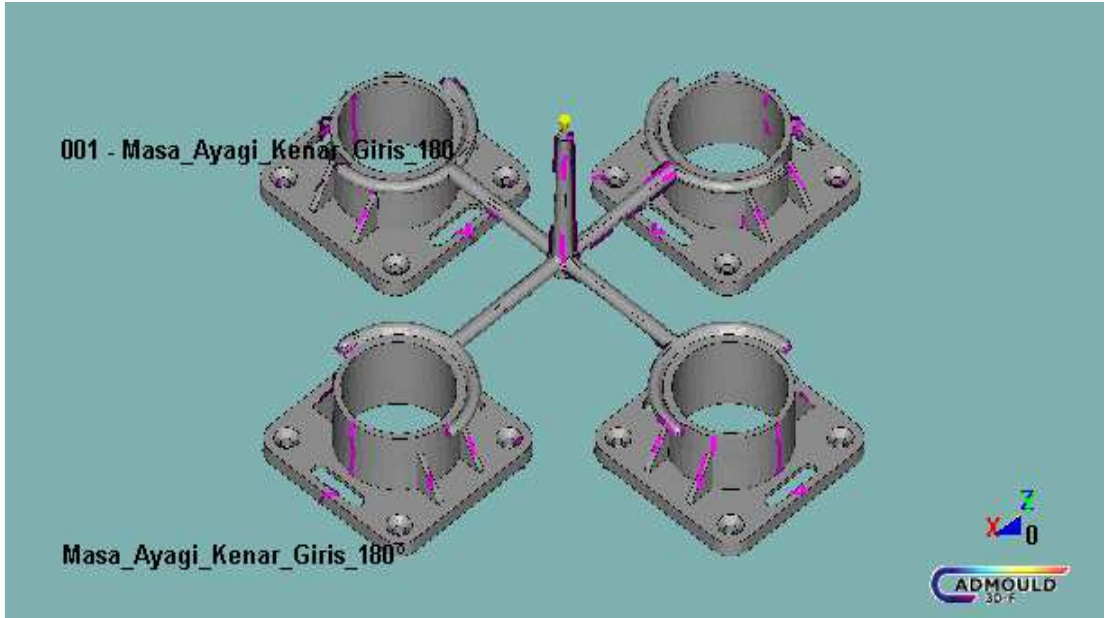
Şekil VI.27. İç İğne Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu



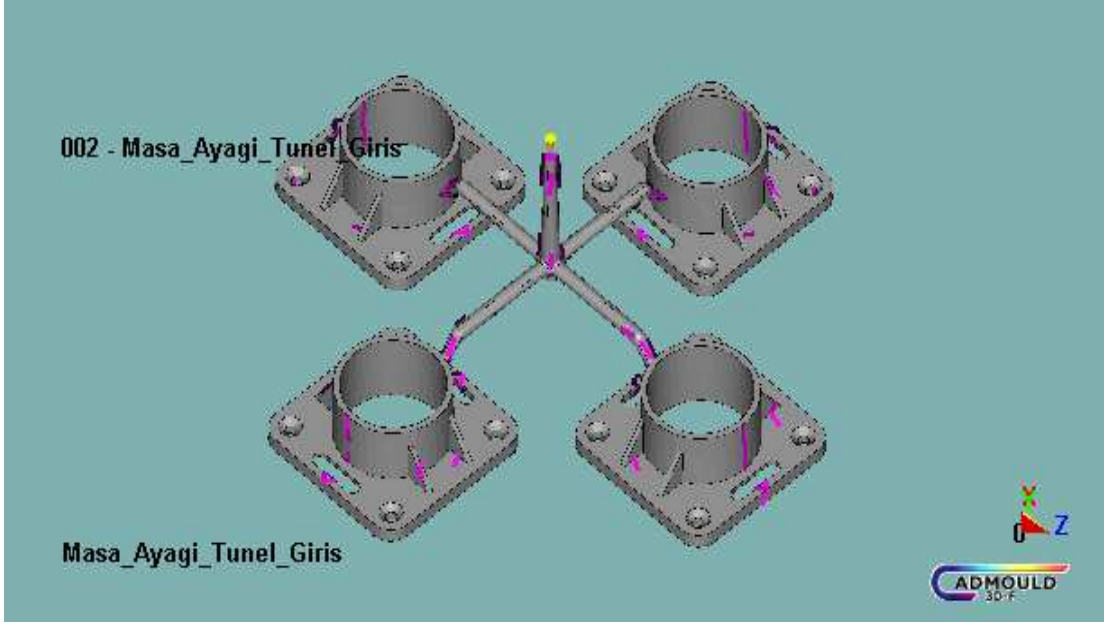
Şekil VI.28. 10mm'lik Kenar Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu



Şekil VI.29. 120° Kenar Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu



Şekil VI.30. 180° Kenar Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu



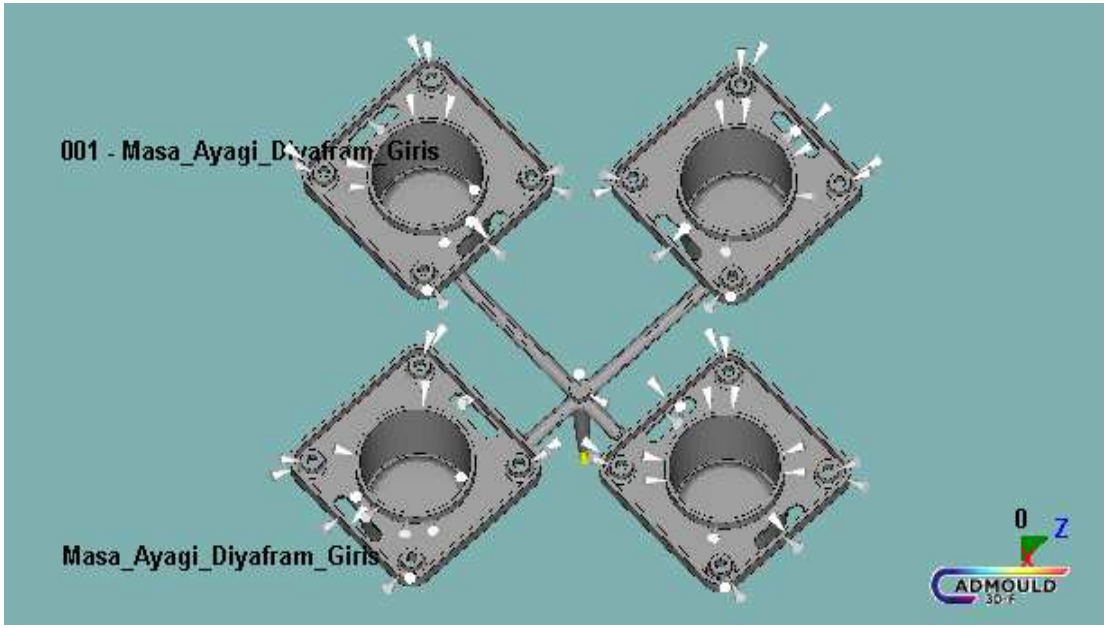
Şekil VI.31. Tünel Giriş Soğuk Kaynak Oluşumu

VI.1.5. Yolluk Tiplerinin Gaz (Hava) Oluşumuna Göre Karşılaştırılması

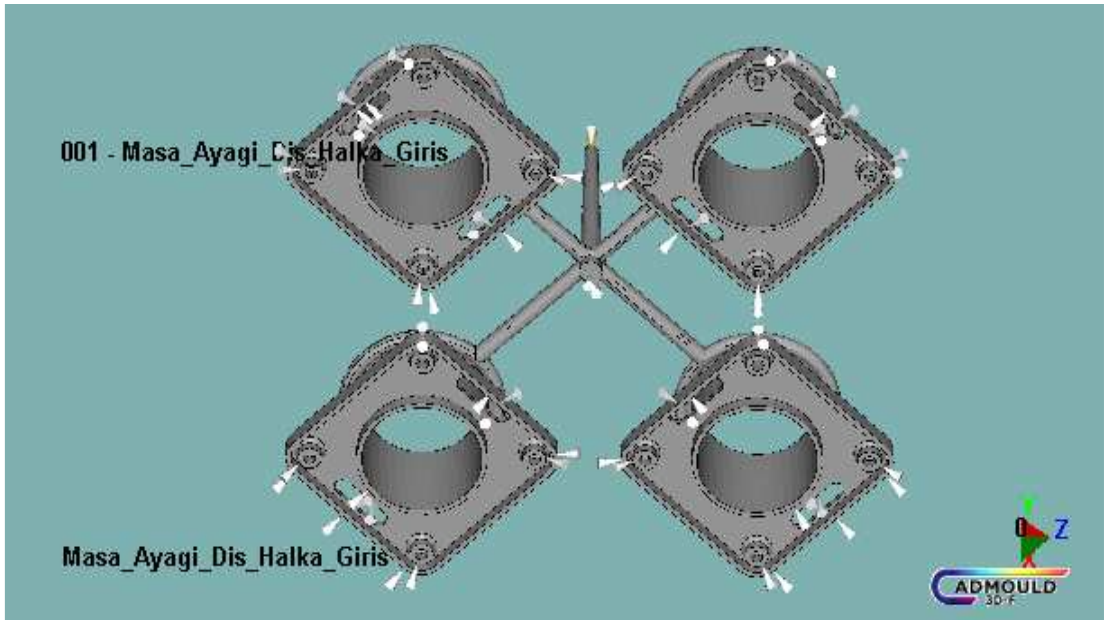
Kalıbın dolması esnasında hava kaçamayabilir, yüzeye doğru çekilir ve akma yönünde uzar. Özellikle yazılara, kaburgalara, tümseklere ve gerilimin olduğu kısımlara yakın yerlerde, erimiş plastik malzeme hava kabarcığının üzerinden geçer ve havayı tutar, yani hapseder. Sonuçta hava izi oluşmuş olur. Birçok durumda hava izi mat, gümüşü veya beyaz iz olarak gözüktür. Ocaktan kalıba dik giden yolluğa yani ana yolluğa yakın, kapıdan (gate, erimiş plastiğin tam baskıya girdiği kısım, yolluk geçidi) başlayan tabakalar halinde iz oluşur.

Burada yolluğun etkisi plastik dağılımını belirlemede büyük önem arz etmektedir. Yolluk plastiğin kalıp boşluğu içerisinde ilerleme şeklini belirleyerek, havanın tahliyesine müsaade edilebilir veya hava tahliye bölgelerine plastiğin daha erken ulaşmasını sağlayarak havanın kalıp boşluğu içinde sıkışmasına da sebep olabilir. Yolluk girişi seçerken dikkat etmemiz gereken bir noktada bu husustur. Özellikle estetik özellikleri olan parçalarda buna çok dikkat etmek gerekir.

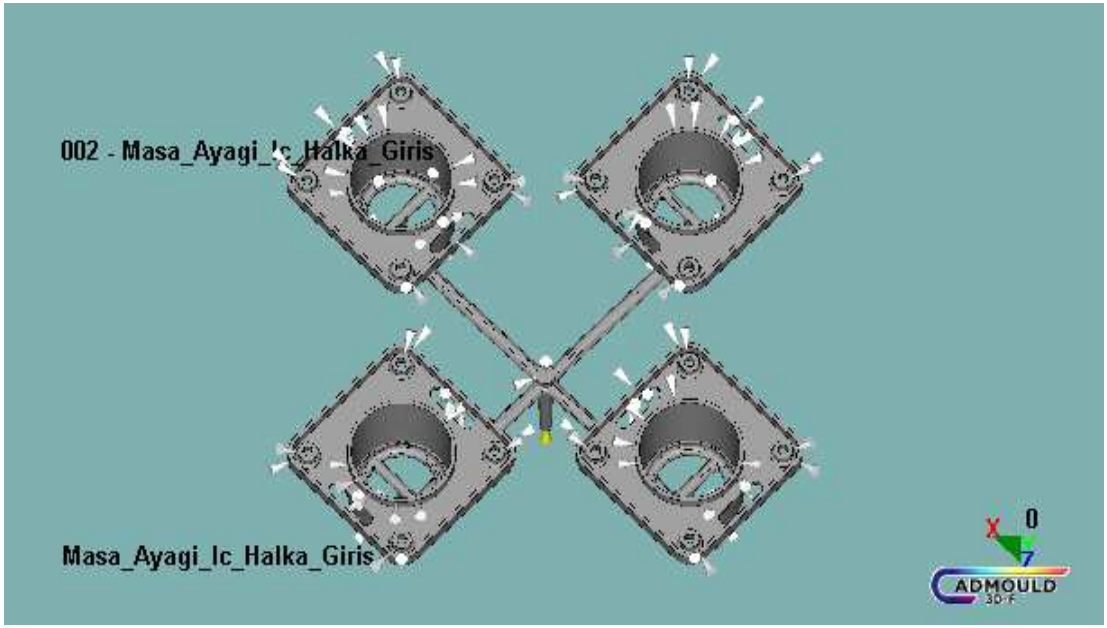
Gaz oluşumu bakımından Analiz sonuçlarını incelerken dikkat etmemiz gereken Gaz oluşum yoğunluğu değil, gazın hangi bölgelerde oluştuğudur. Kalıp ayırım hattı, itici pimlerinin yerleştirileceği noktalar, vb. kısımlarda gaz oluşumu çok büyük problem değildir. Eğer ki parça tasarımı yeni yapılmış ise kalıp imalatına geçilmeden evvel bu sonuçlara göre parça üzerindeki federlerin, bossların, vb. elemanların yerleşim noktalarında değişiklikler yapılarak gaz oluşumunun önüne geçilebilir. Gaz oluşumunu Analiz programı verdiği beyaz renkli konik işaretçiler ile göstermektedir. Bu konik işaretçilerin parça üzerindeki konumları ve yoğunluklarına göre değerlendirdiğimizde 120° Kenar Giriş ve Tünel Giriş Yolluk sistemlerinin sonuçları diğer tiplere kıyasla daha olumludur.



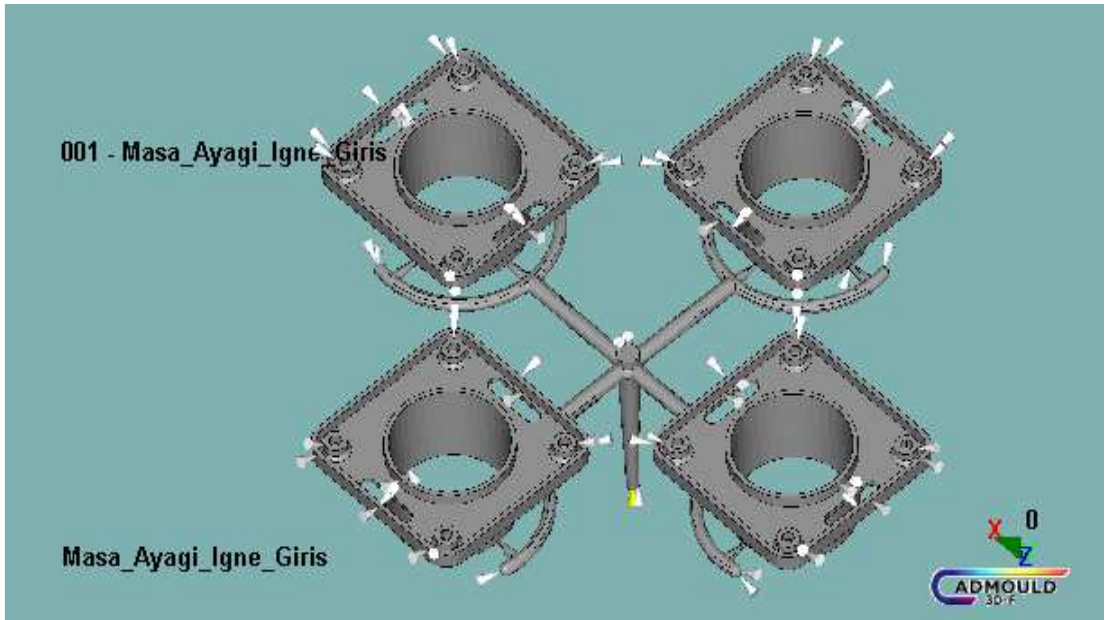
Şekil VI.32. Diyafram Giriş Gaz Oluşumu



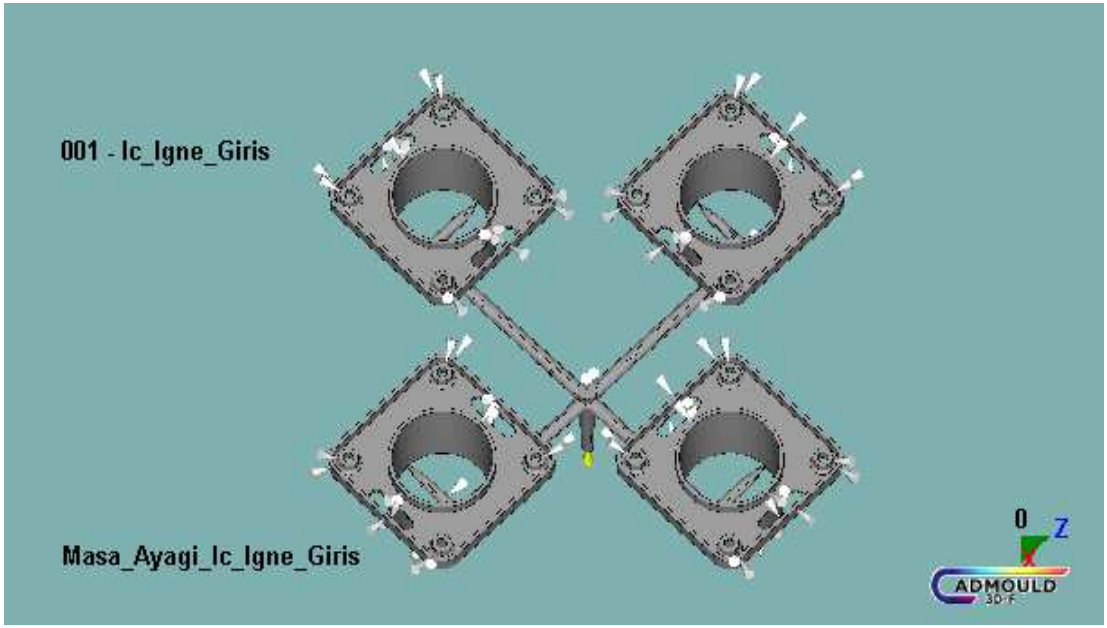
Şekil VI.33. Dış Halka Giriş Gaz Oluşumu



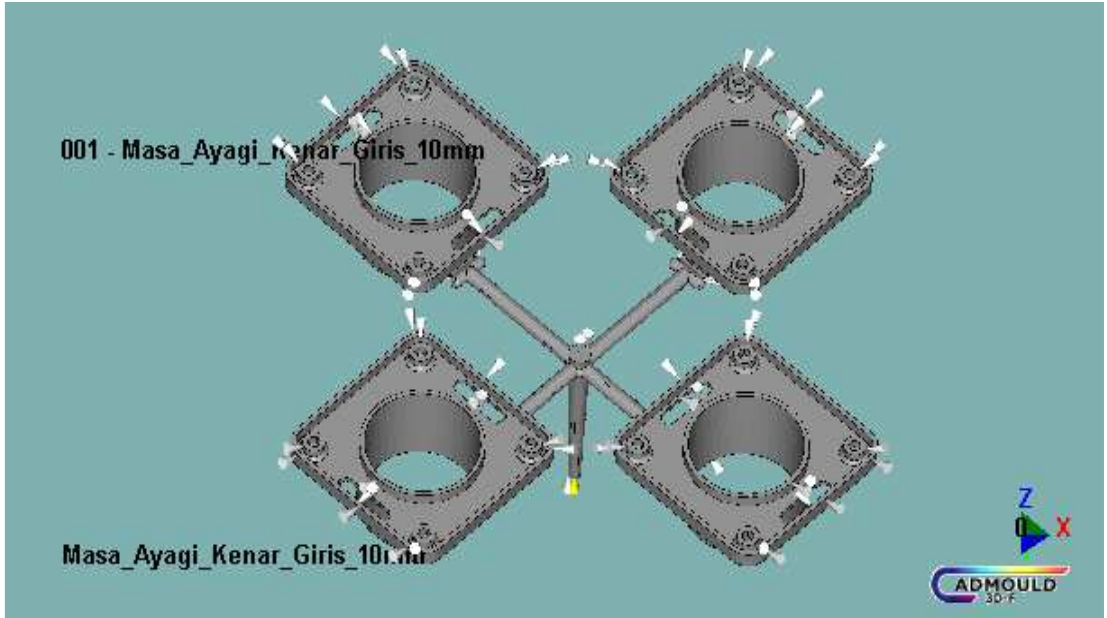
Şekil VI.34. İç Halka Giriş Gaz Oluşumu



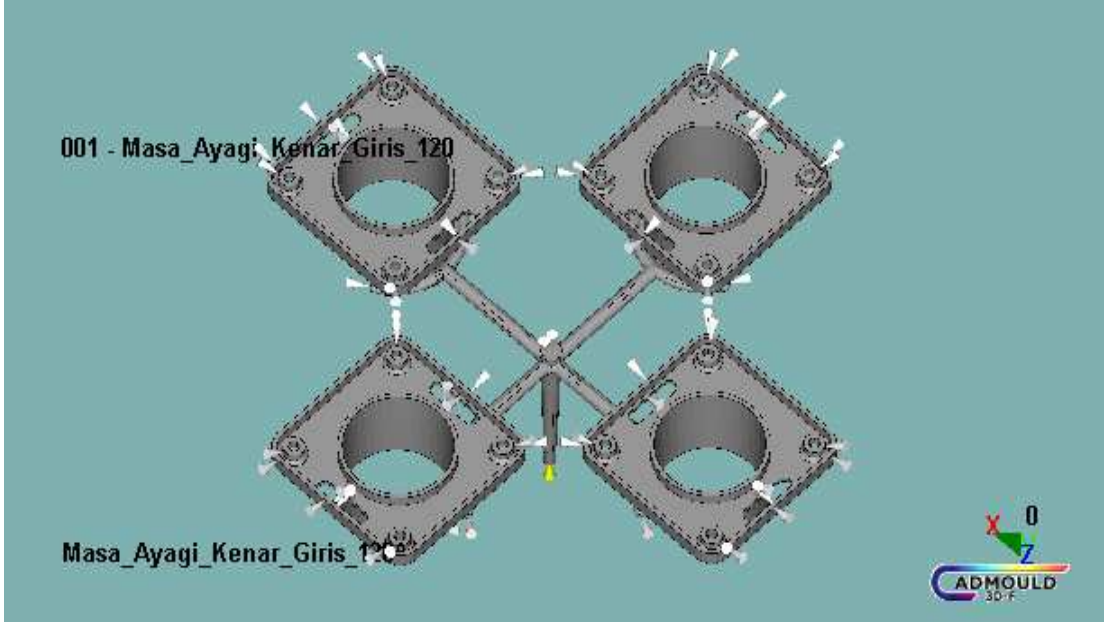
Şekil VI.35. İğne Giriş Gaz Oluşumu



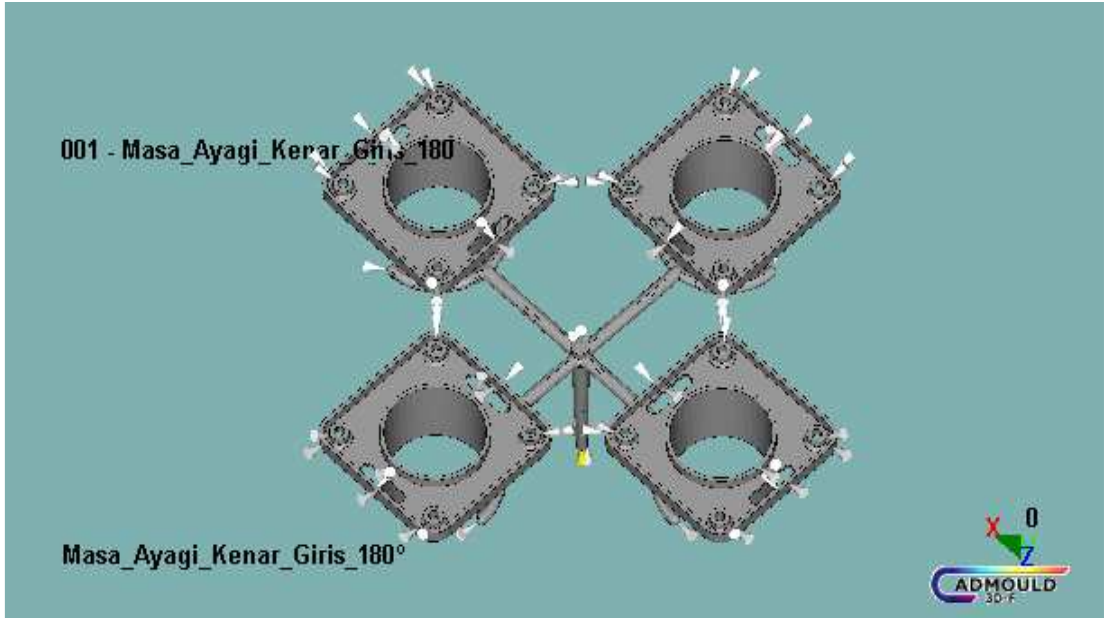
Şekil VI.36. İç İğne Giriş Gaz Oluşumu



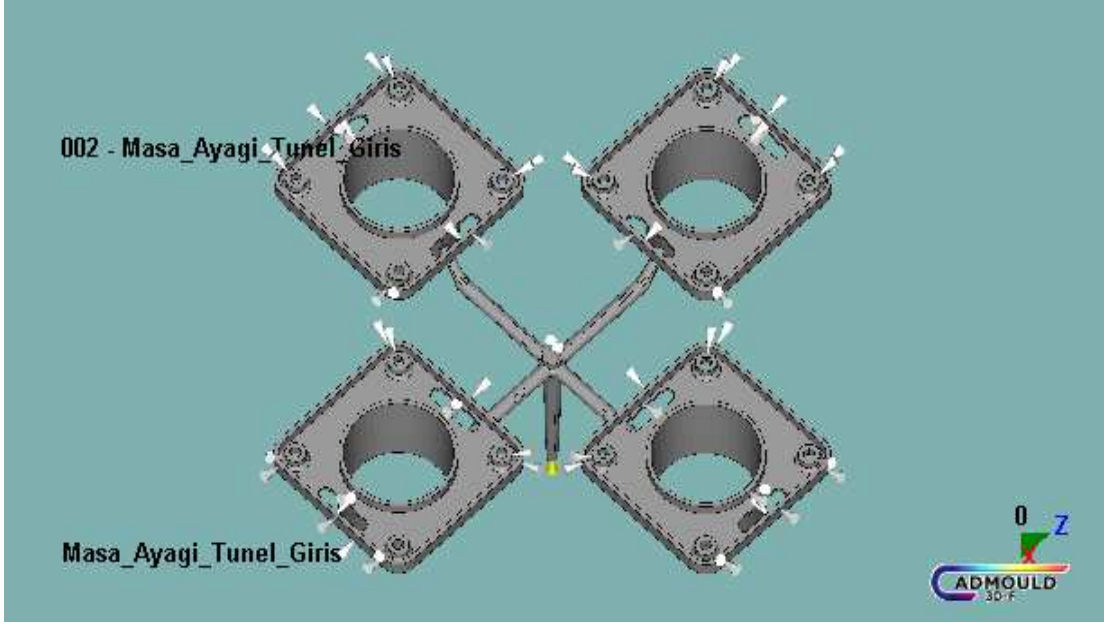
Şekil VI.37. 10mm'lik Kenar Giriş Gaz Oluşumu



Şekil VI.38. 120° Kenar Giriş Gaz Oluşumu



Şekil VI.39. 180° Kenar Giriş Gaz Oluşumu



Şekil VI.40. Tünel Giriş Gaz Oluşumu

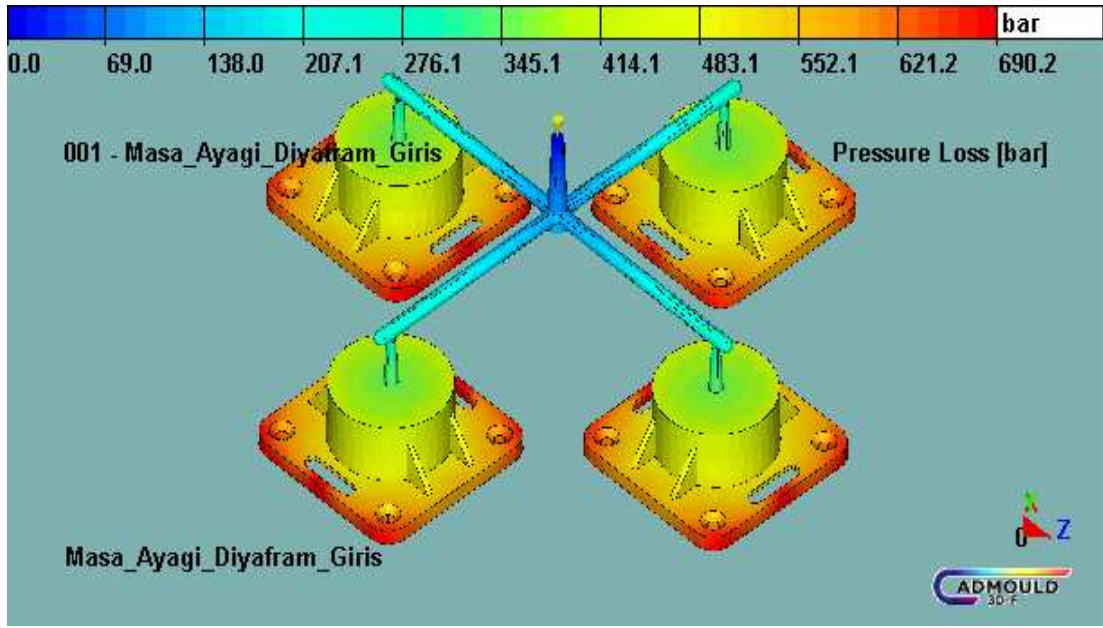
VI.1.6. Yolluk Tiplerinin Enjeksiyon Basınçlarına Göre Karşılaştırılması

Bilindiği gibi basınç birim alana uygulanan normal kuvvet olarak tanımlanır. Basınç, ürünün et kalınlığına bağlı değil, boyutuna ve zamana bağlıdır. Doldurma işleminin başlangıcında basınç kalıbın her yerinde sıfırdır. Belirli bir noktaya erimiş plastiğin ulaşmasıyla basınçta artış meydana gelir.

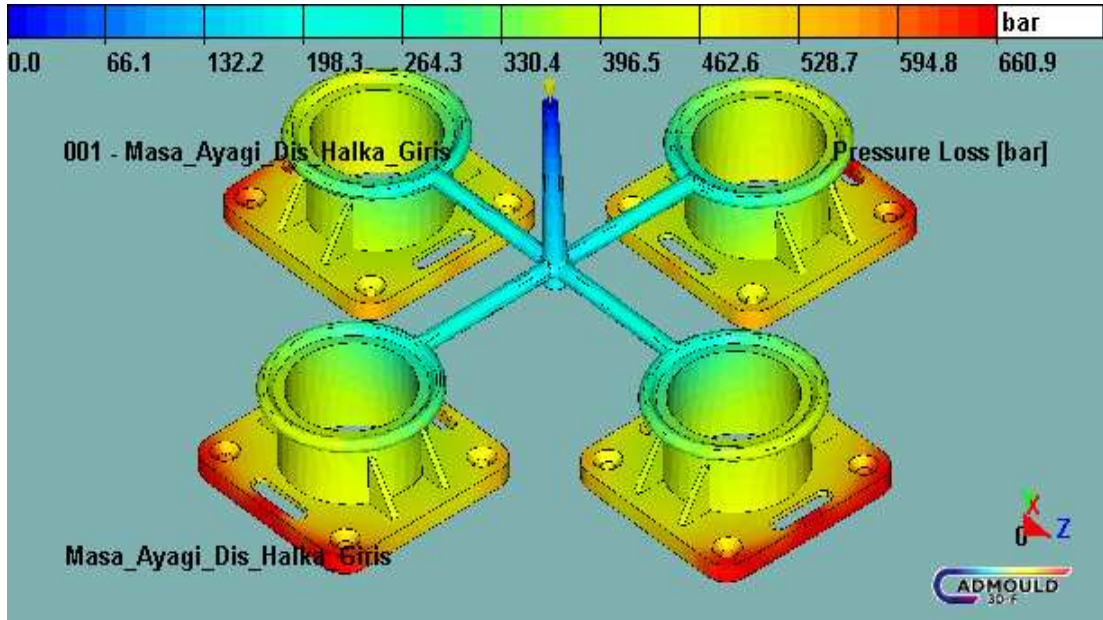
Doldurma esnasında değişmeyen basınç gradyanları tercih edilir. Değişen basınç gradyanları ürün üzerinde parlaklık ve aşırı çekmeler gibi problemlere sebep olurlar.

Plastik enjeksiyon işleminde enjeksiyon esnasında oluşacak basınç kayıpları kaçınılmazdır. Ancak bu kayıpların minimum değerlerde tutulması, Enjeksiyon Makinesi, Kalıp ve Ürün açısından büyük önem arz etmektedir. Söz konusu basınç kayıpları plastiğin ürün boşluğuna girerken yolluk şeklinden ve Kalıp boşluğunda ilerlerken karşılaştığı dirençlerdir. Ayrıca Plastiğin Kalıp içinde dengesiz bir şekilde donması da plastiğin akışını güçleştireceğinden basınç kayıplarına sebep olabilmektedir. Oluşacak basınç kayıpları ürünün eksik dolmasına veya dolsa dahi gerekli ütüleme basıncını sağlayamamasından kaynaklı çökmelere sebep olabilir.

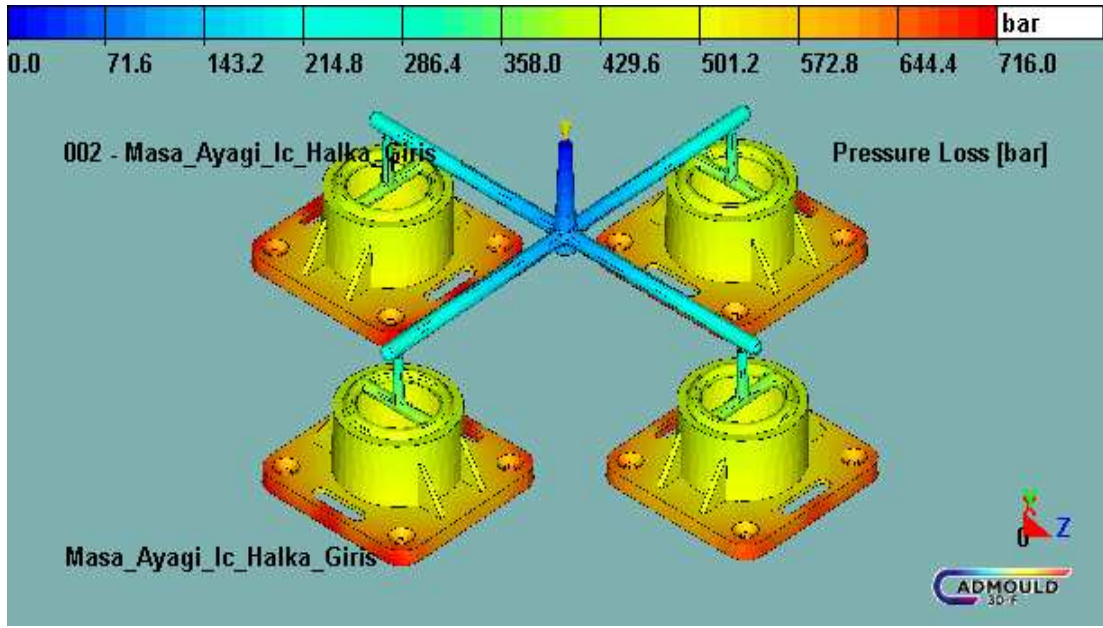
Analiz sonuçlarına göre Bar cinsinden basınç kayıp değerleri Tablo VI.2. sıralı olarak verilmiştir. Analiz sonucu en düşük basınç kaybı “Dış Halka” Tipi Yollukta ortaya çıkmıştır. Bu yollukla benzer forma sahip “180° Kenar Giriş” ve “120° Kenar Giriş” yolluk tipleri de düşük basınç kayıp değerleriyle Analiz Program sonuçlarının tutarlılığını göstermiştir.



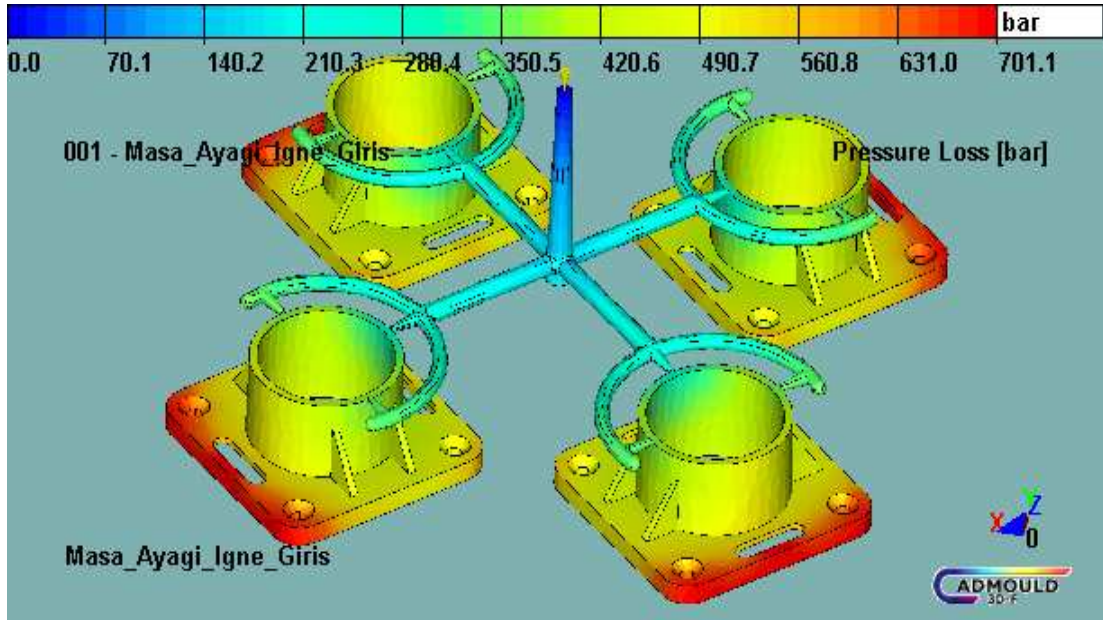
Şekil VI.41. Diyafram Giriş Basınç Kaybı



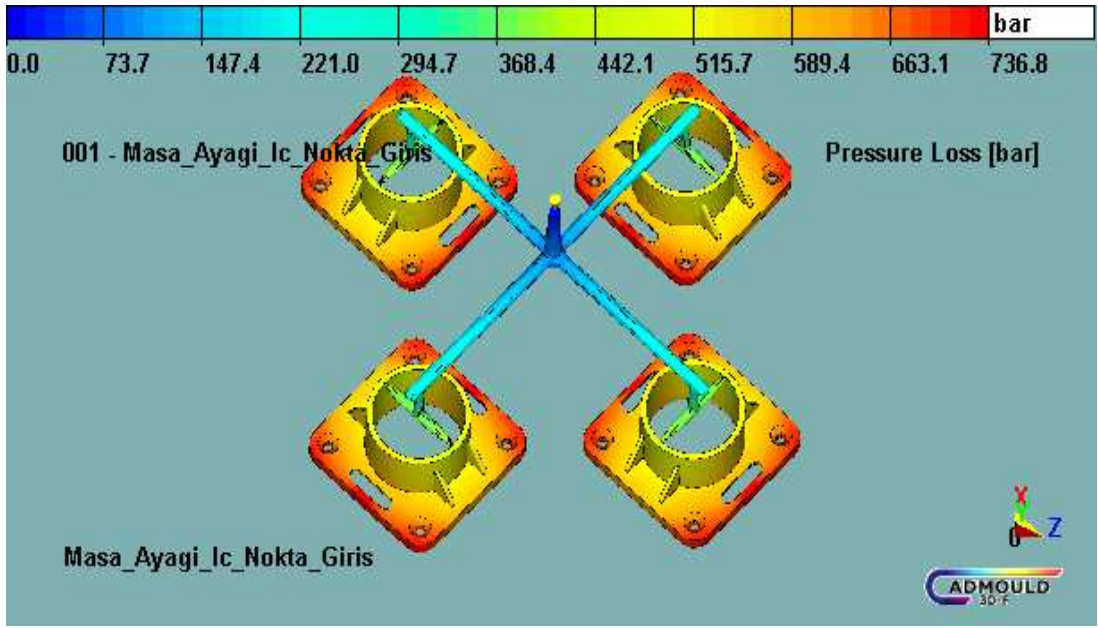
Şekil VI.42. Dış Halka Giriş Basınç Kaybı



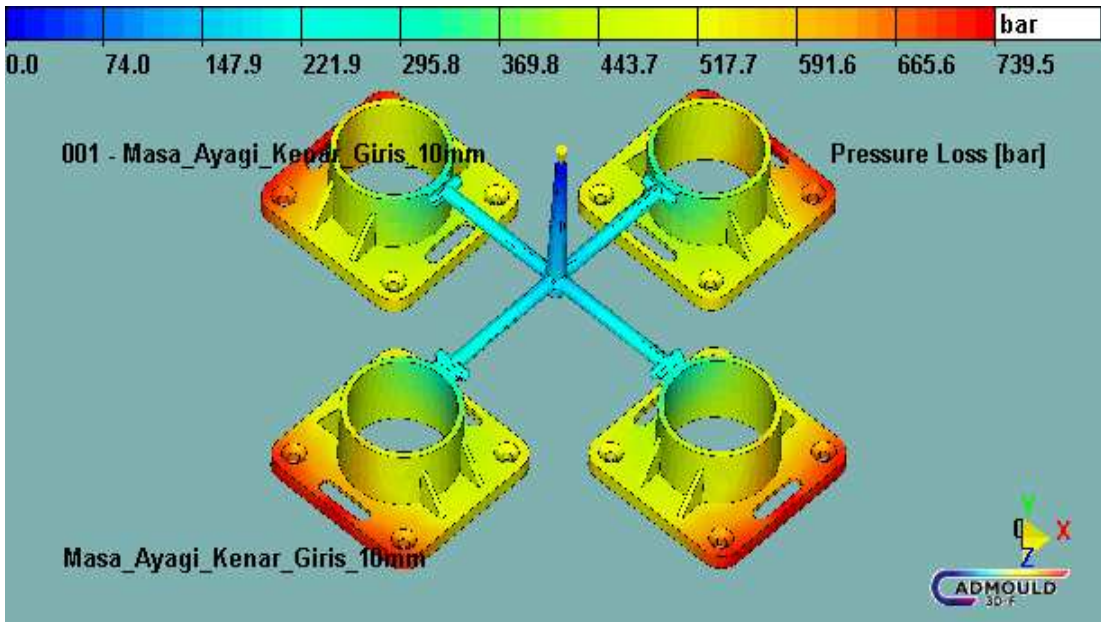
Şekil VI.43. İç Halka Giriş Basınç Kaybı



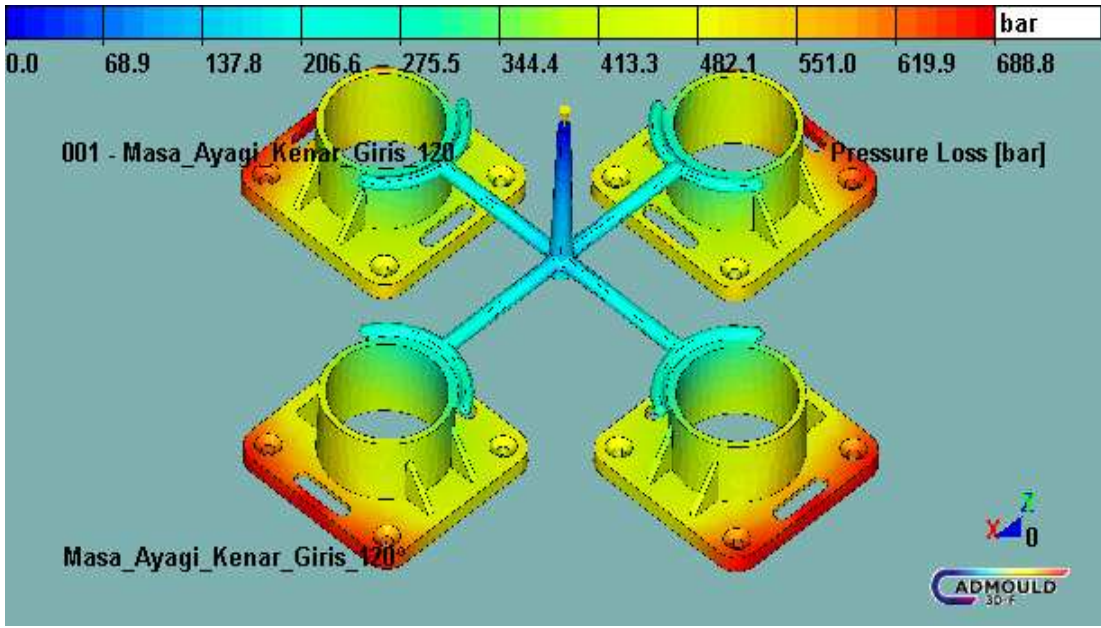
Şekil VI.44. İğne Giriş Basınç Kaybı



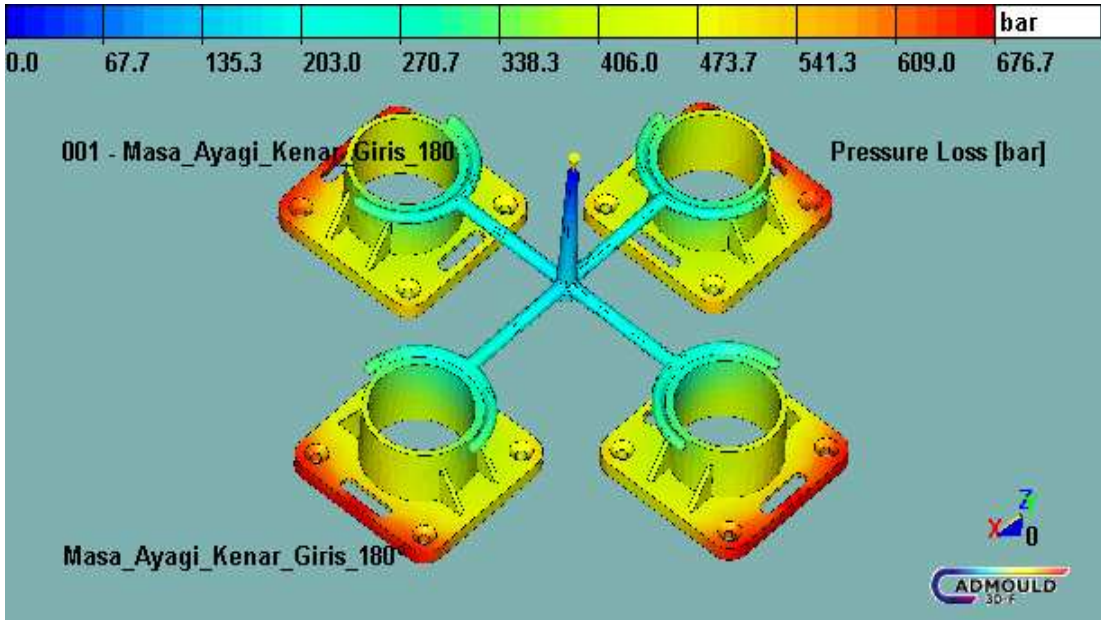
Şekil VI.45. İç İğne Giriş Basınç Kaybı



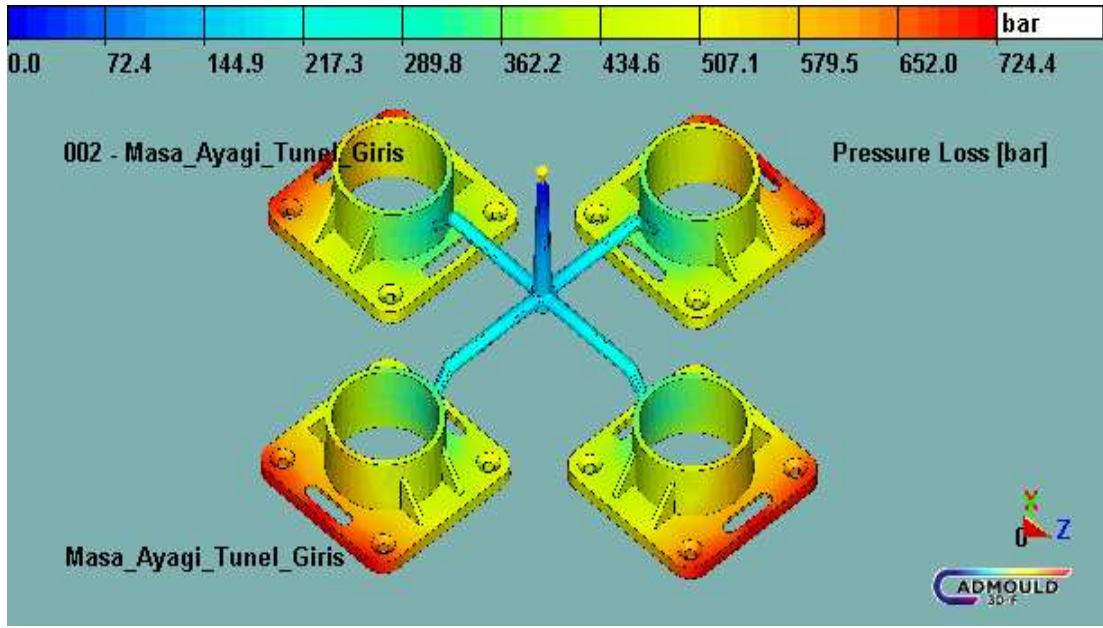
Şekil VI.46. 10mm'lik Kenar Giriş Basınç Kaybı



Şekil VI.47. 120° Kenar Giriş Basınç Kaybı



Şekil VI.48. 180° Kenar Giriş Basınç Kaybı



Şekil VI.49. Tünel Giriş Basınç Kaybı

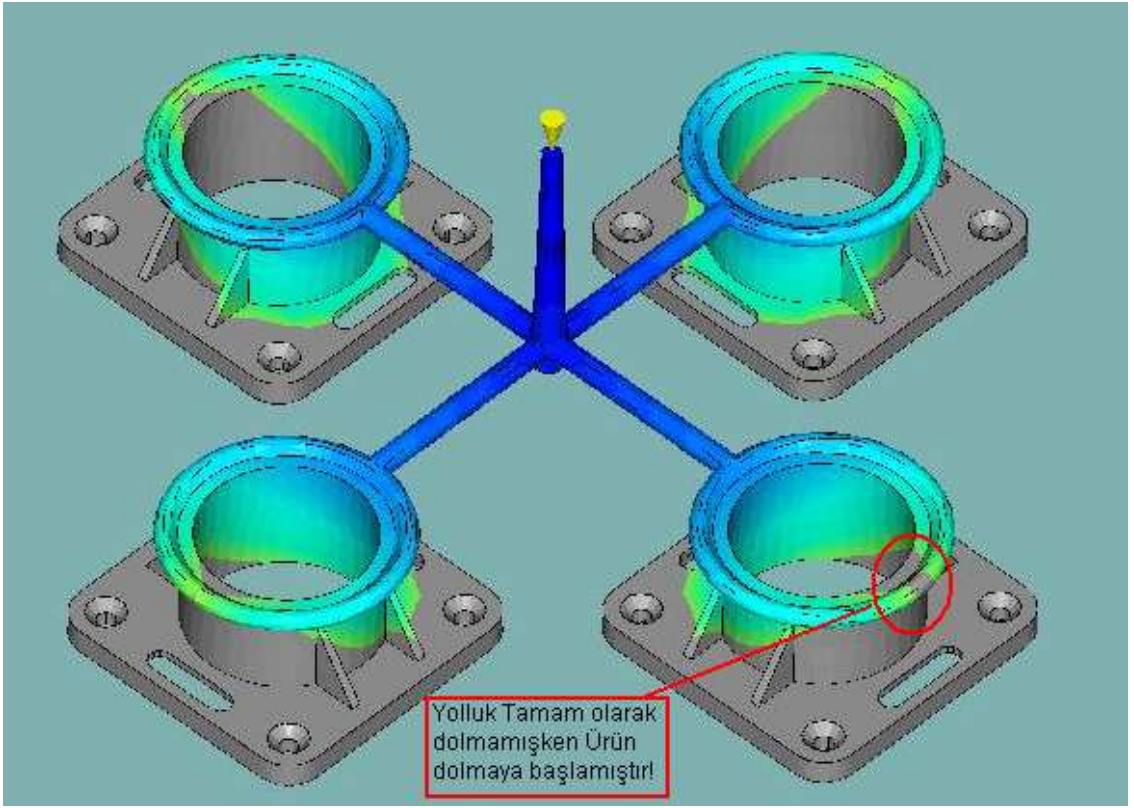
Yolluk Tipi	Enjeksiyon Basıncı (Bar)
Dış Halka Giriş	660,9
180° Kenar Giriş	676,7
120° Kenar Giriş	688,8
Diyafraam Giriş	690,2
İğne Giriş	701,1
İç Halka Giriş	716,0
Tünel Giriş	724,4
İç İğne Giriş	736,8
10mm Kenar Giriş	739,5

Tablo VI.2. Yolluk Tipine Göre Enjeksiyon Basınç Kayıpları

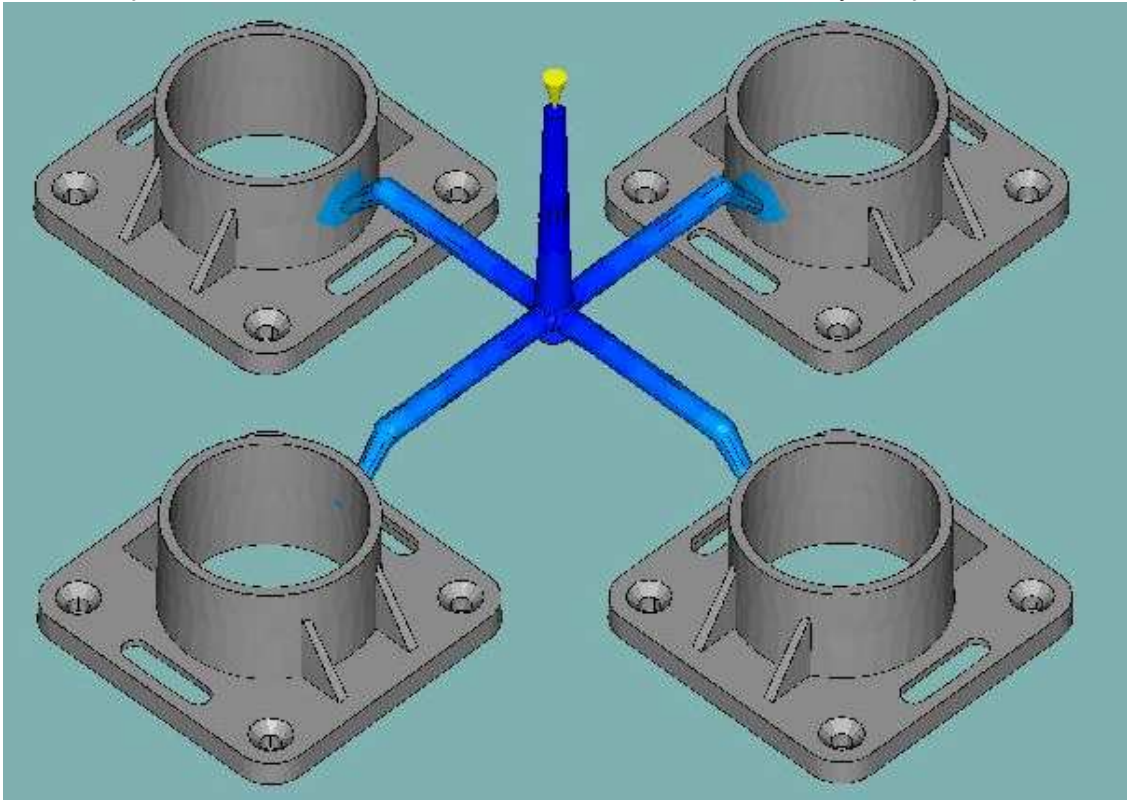
Yolluk Tipi	Dolum Oranı (%)
Tünel Giriş	16
10mm Kenar Giriş	16
İç İğne Giriş	25
180° Kenar Giriş	27
120° Kenar Giriş	21
İğne Giriş	30
İç Halka Giriş	33
Diyafram Giriş	34
Dış Halka Giriş	53

Tablo VI.3. Yolluk Dolumum Toplam Dolumdaki Oranı (% Olarak)

Yukarıda (Tablo VI.3.) yazılan oranlar yolluk sisteminin tamamen dolmasının bütün kalıp dolum süresindeki oranıdır. Fakat bazı yolluk tiplerinde bu oranın çok fazla olduğu görülmektedir. Bunun sebebi Yolluk sistemi tamamen dolmadan Kalıbın ürün boşluğunun da dolmaya başlamasıdır. Dış Halka yolluk tipi için bu oranın bu kadar yüksek olmasının da nedeni budur.



Şekil VI.50. Yolluk Tamamen Dolmadan Ürünün Dolmaya Başlaması



Şekil VI.51. Doğru bir Dolum Sağlayan Yolluk Tipi Örneği

BÖLÜM VII.

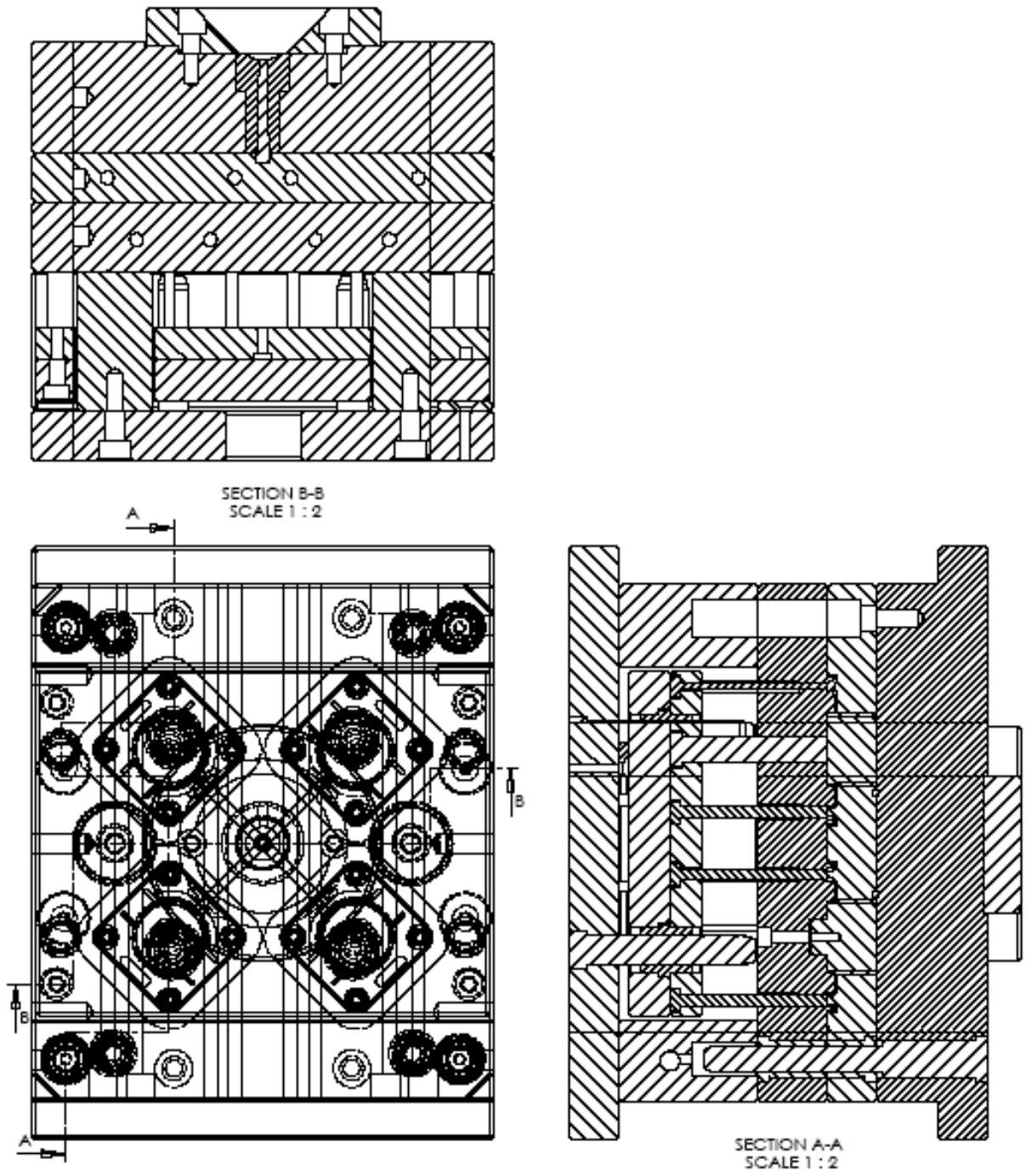
VII.1. ANALİZ SONUÇLARINA GÖRE EN UYGUN YOLLUK TİPLERİNDEN BİRİNİN KALIBA UYGULANMASI VE PARÇA İMALATI

II.1.1 Kalıp Tasarımı ve İmalatı

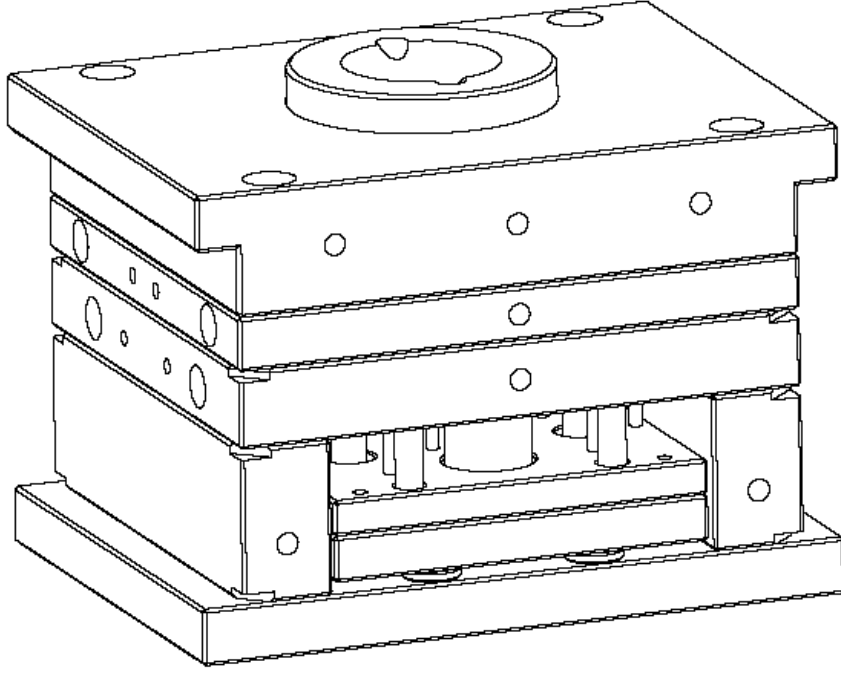
Analiz sonuçlarının ne kadar gerçekçi olduğunu görebilmek amacıyla Analizlerde en iyi sonucu veren yolluk tipilerinden birine göre kalıp imalatı yapılmasına karar verilmiştir. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan 4 kriterin (Dolum Zamanı, Soğuk Kaynak Oluşumu, Gaz Oluşumu ve Basınç Kayıpları) sonuçlarına bakıldığında “120° Kenar Giriş” yolluk tipinin Kalıp imalatındaki amacımıza uygun özelliklerde olduğu görülmüştür. Analizde kullanılan modele tamamen sadık kalınarak Kalıp tasarımı ve imalatı yapılmıştır.

Kalıp Tasarımı SolidWorks CAD Programında yapılmıştır. Tasarımı, Kalıp seri üretimde çalışacak bir kalıp standartlarında yapılmıştır. Ancak Kalıp Üç Plakalı bir Kalıp olduğundan Enjeksiyon tarafına bir yolluk sıyırıcı plaka koyulması gerekmesine rağmen imalat maliyetini arttıracığı ve bu plakanın eksik olmasının herhangi bir çalışma bozukluğuna sebebiyet vermemesinden ötürü bu plaka eklenmemiştir.

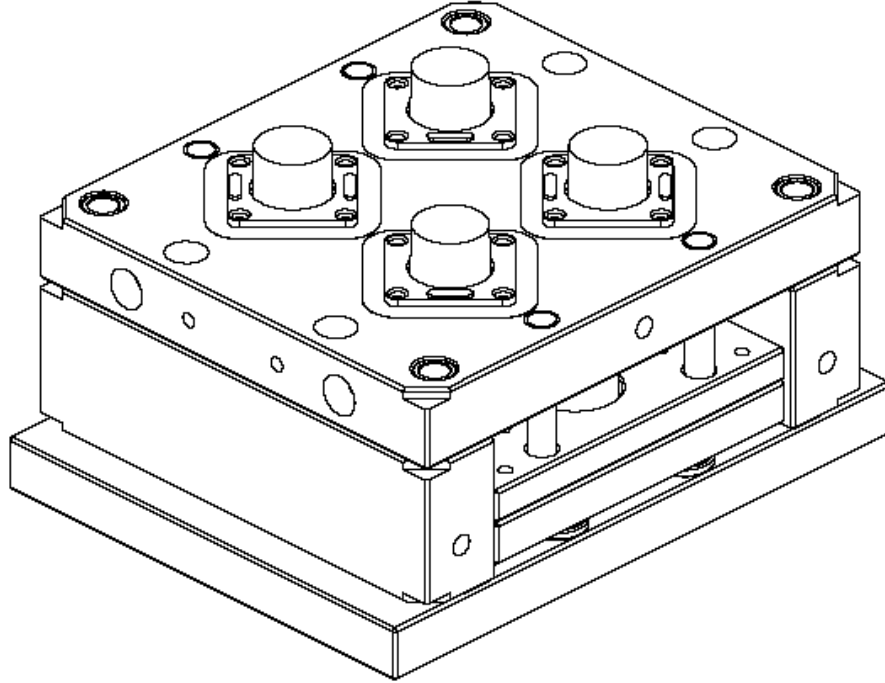
Kalıbın, Analiz sonuçlarının doğrulamak amacıyla üretiliyor olmasından ötürü maliyeti düşürmek maksadıyla Çelikler 1.1050 İmalat Çeliği olarak tercih edilmiştir. Kalıp Modele uygun olarak işlenmiş, alıştırma yüzeyleri Kalıpta çapak oluşturmayacak şekilde alıştırılmış ve Urun yüzeyi Polisaj edilmiştir.



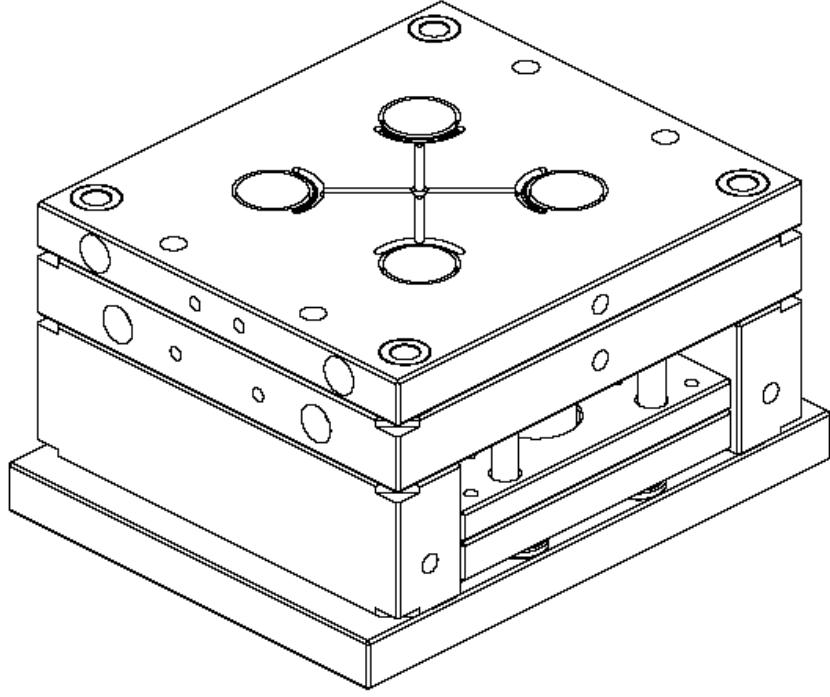
Şekil VII.1. Kalıp Kesitleri



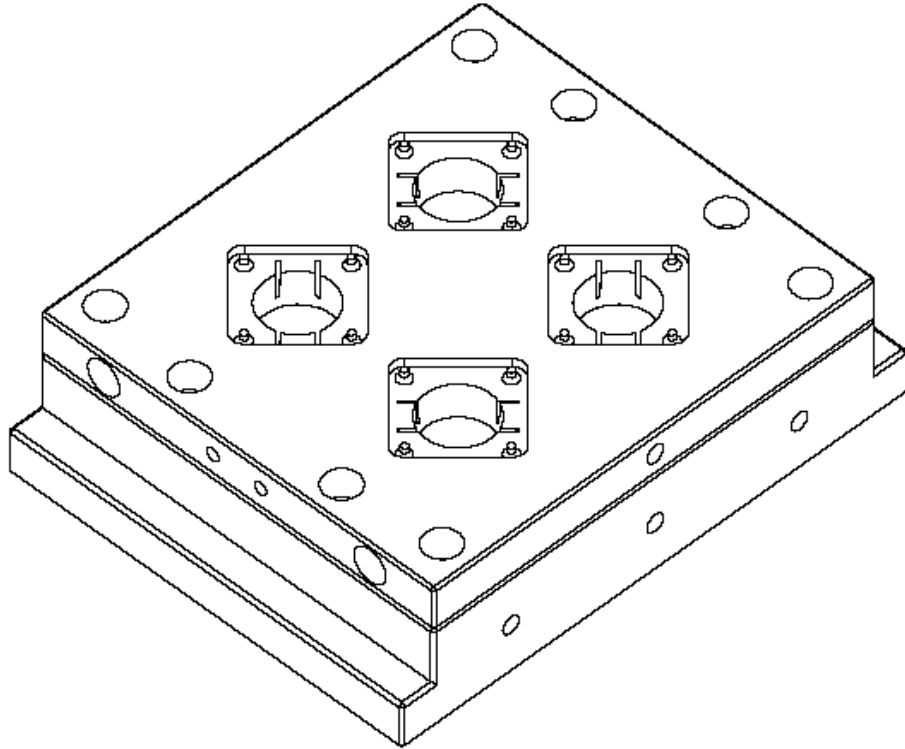
Şekil VII.2. Kalıp Montaj Perspektif Görünüşü



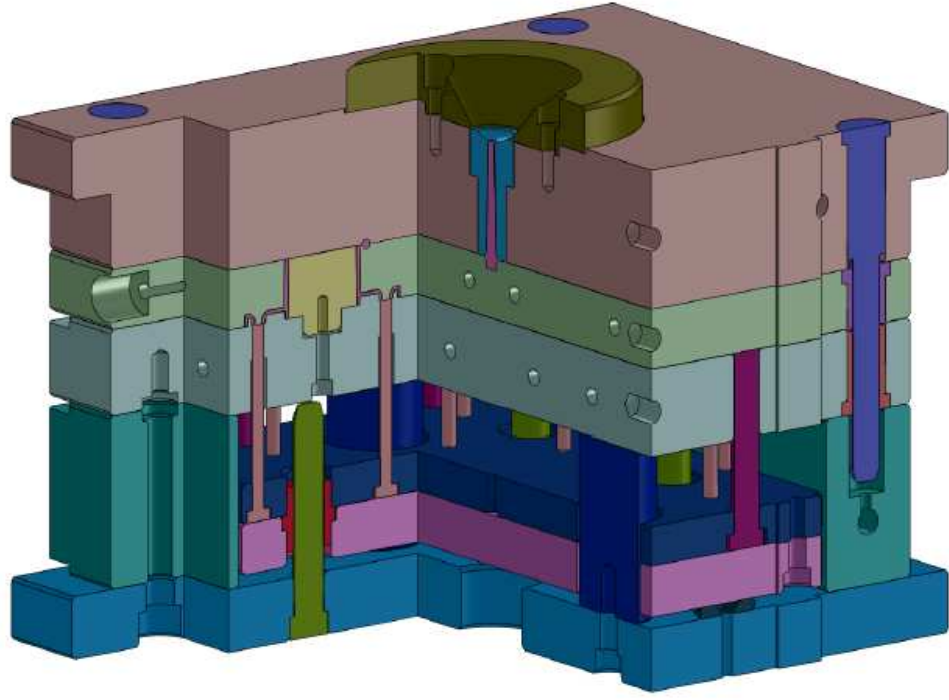
Şekil VII.3. Kalıp İtici Tarafı Perspektif Görünüşü



Şekil VII.4. Dişi Çelik Üzerindeyken Kalıp İtici Tarafı Perspektif Görünüşü



Şekil VII.5. Kalıp Enjeksiyon Tarafı Perspektif Görünüşü



Şekil VII.6. Kalıbın Katı Model Kesit Görünüşü



Şekil VII.7. Üst Bağlantı Plakası Üzerindeki Yolluk Dağıtıcı Kanalları



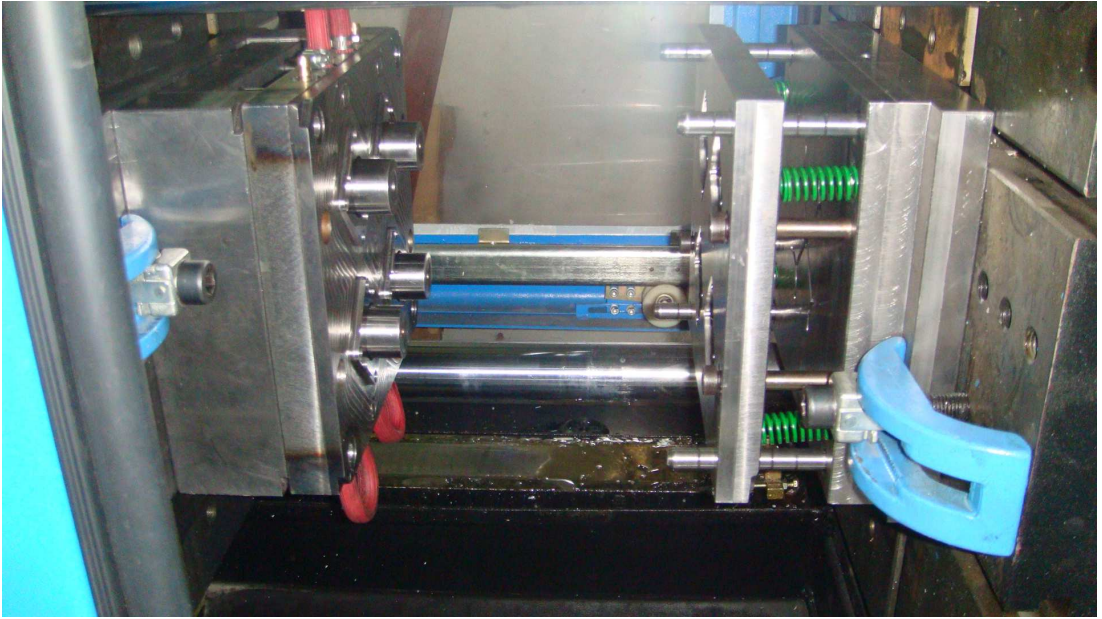
Şekil VII.8. Dişi Çelik Üzerindeki Ürün Figürü



Şekil VII.9. Dişi Çelik Üzerindeki Yolluk Dağıtıcı Kanalları



Şekil VII.10. Erkek Çelik (İtici Tarafı)



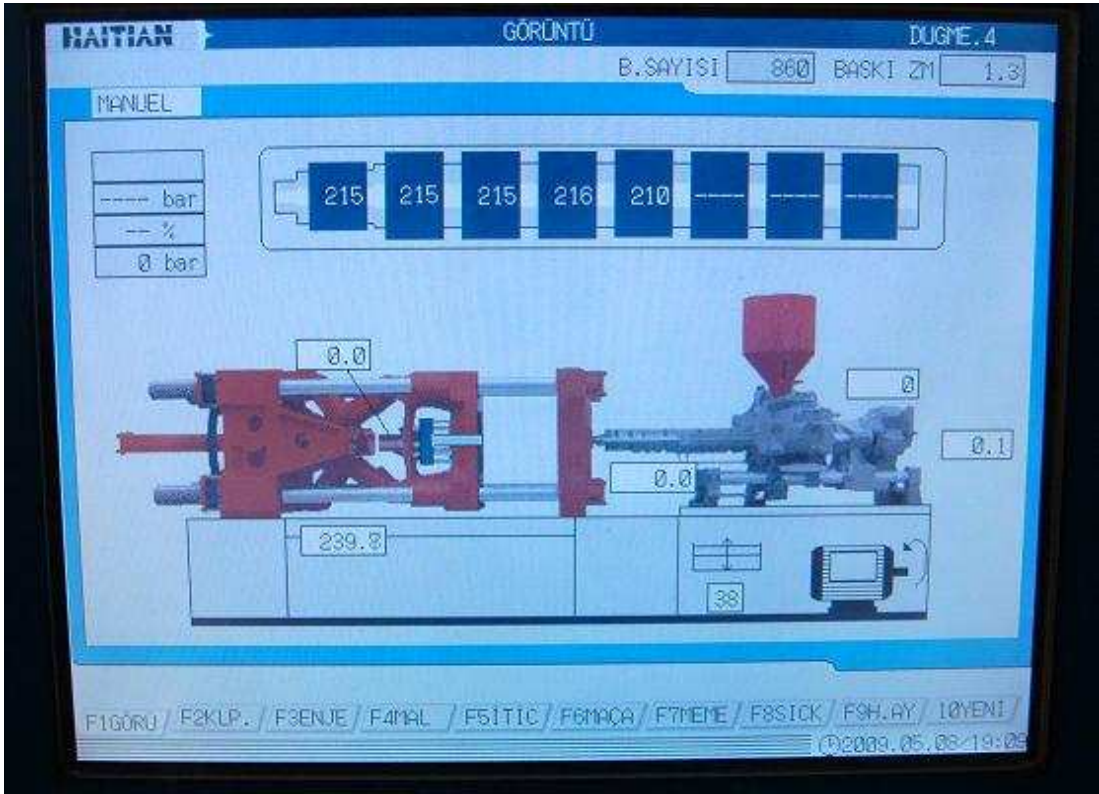
Şekil VII.11. Kalıbın Enjeksiyon Makinesi Üzerindeyken

II.1.2 Kalıp Denemesi

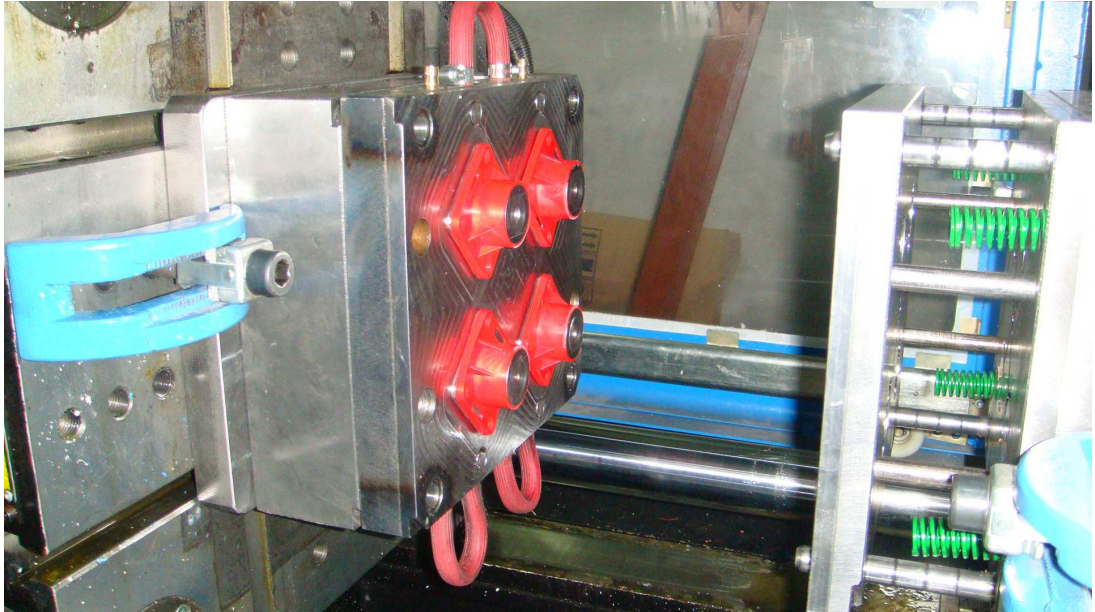
Kalıp Denemesi yapılırken Analiz Programındaki şartlar sağlanmaya özen gösterilmiştir. Hammadde olarak Dupont POM Derlin 100 NC10 kodlu malzeme kullanılmıştır. Malzeme kullanılmadan evvel 80°C'de 3 saat süre ile fırınlanmıştır. Plastiğin Kalıba enjekte sıcaklığı 215°C ve enjeksiyon basıncı 700 Bar (Enjeksiyon Makinesinde 70 MPa olarak görülmektedir) olarak ayarlanmıştır. POM'un zor yürüyen bit hammadde olmasından ötürü kalıbın sıcak olması çok büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle Kalıp Enjeksiyon Makinesine bağlanmadan önce 85°C - 90°C' ye ısıtılmıştır.

Kalıp denemesinde Enjeksiyon şartları sağlandıktan sonra, belirli sürelerde enjeksiyonlar yapılmıştır. Ancak kalıbın tam olarak dolmadan plastiğin katılaştığı görülmüştür. Burada fark ettiğimiz plastiğin kalıp içinde yürümediğidir. Denemesini yaptığımız yolluk tipi için görünen enjeksiyon basınç kaybı yaklaşık 700 bar olduğu için bizim enjeksiyon basıncımızın 700 bar üzerinde olması gerekmektedir. Bu nedenle sırasıyla 750, 800 ve 850 bar yükseltile enjeksiyon basınçları ile denemeler yapılmıştır. 850 bar basınç değeri ile yapılan denemelerde olumlu sonuç alınmıştır. Bu basınç değerinde ilk enjeksiyon süresi 0.1 saniye alınarak başlanmış ve aşağıdaki resimlerde de görüleceği gibi 1.3 saniyede de ürün sağlıklı olarak doldurulmuştur.

Enjeksiyon süresinde oluşan yaklaşık 0.4 saniyelik kaybın plastiğin eriyik sıcaklığının, Kalıp sıcaklığının düşük ve enjeksiyon basıncının yeterli olmamasından da kaynaklı olabileceği düşünülebileceği gibi, Analiz programının sapma değeri olabileceği de düşünülebilir. Uygun ısı dengeleme tertibatı olmadığı için Kalıp sıcaklığını çok fazla değiştirme imkanımız olmamıştır. Eriyik sıcaklığını 220 °C ye çıkardığımızda da bu sürenin çok fazla değişmediği görülmüştür.



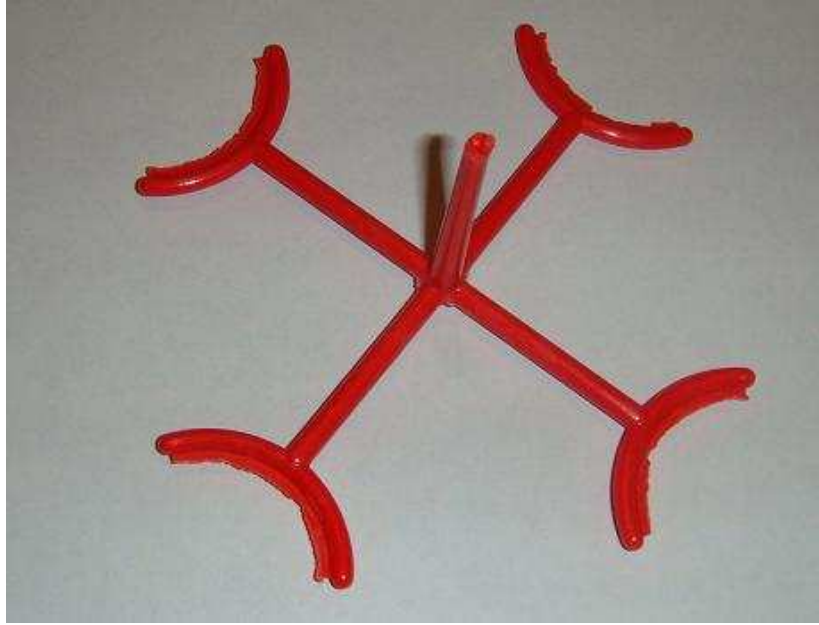
Şekil VII.12. Enjeksiyon Makinası Kovan Sıcaklık Değerleri



Şekil VII.13. Baskı Sonrası Ürün Kalıp Üzerindeyken



Şekil VII.14. Kalıbın 0.1 Saniyedeki Dolumu



Şekil VII.15. Kalıbın 0.15 Saniyedeki Dolumu



Şekil VII.16. Kalıbın 0.2 Saniyedeki Dolumu



Şekil VII.17. Kalıbın 0.3 Saniyedeki Dolumu



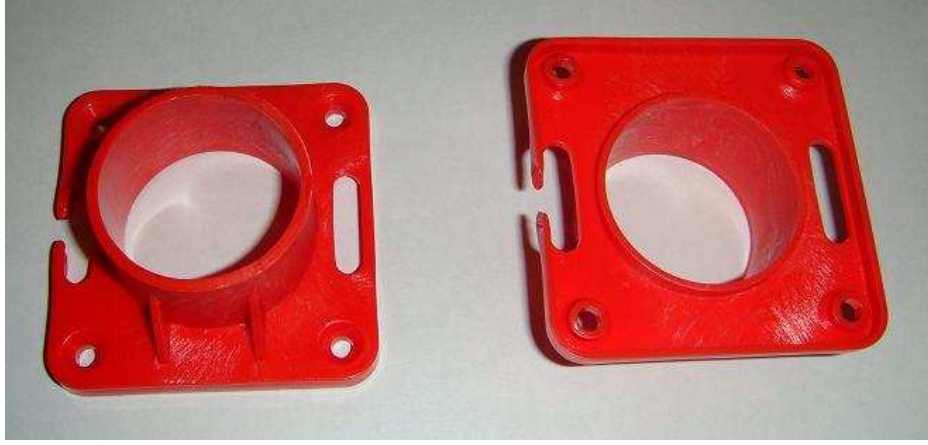
Şekil VII.18. Kalıbın 0.6 Saniyedeki Dolumu



Şekil VII.19. Kalıbın 0.8 Saniyedeki Dolumu



Şekil VII.20. Kalıbın 0.9 Saniyedeki Dolumu



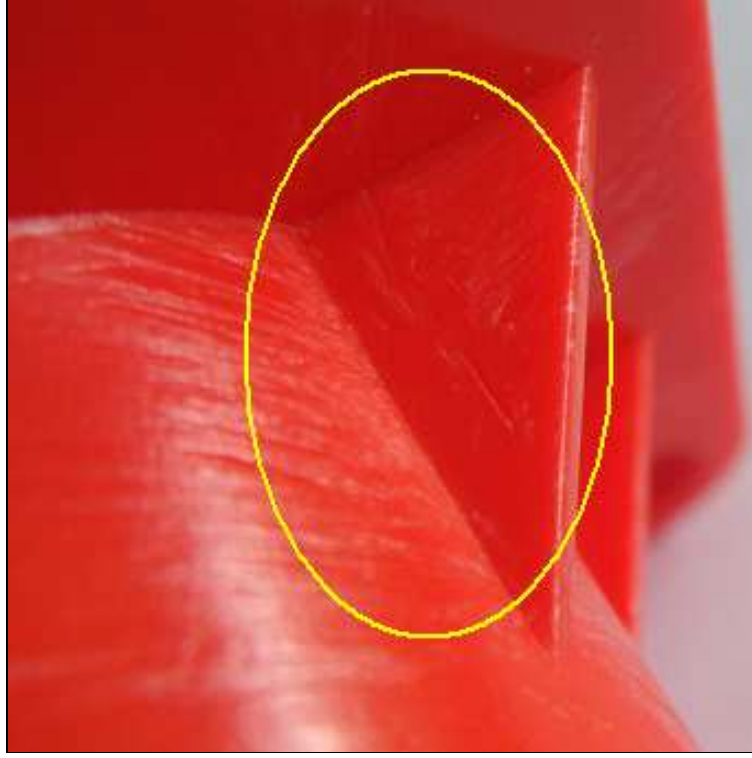
Şekil VII.21. Kalıbın 1.1 Saniyedeki Dolumu



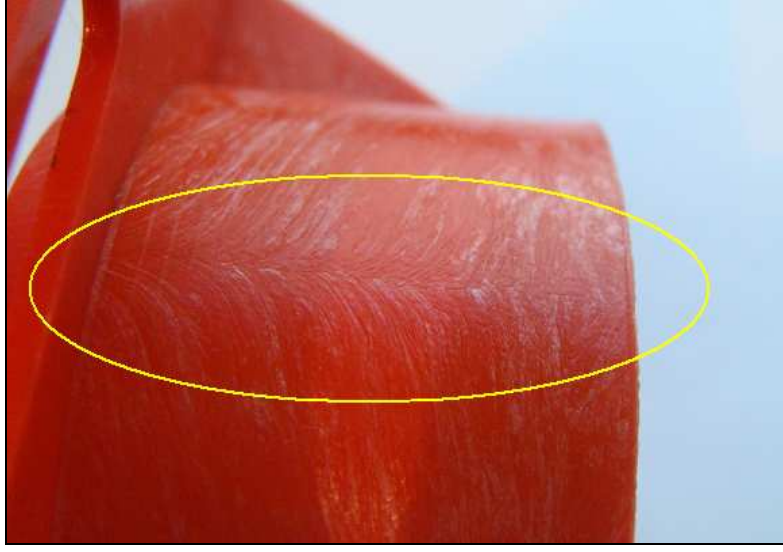
Şekil VII.22. Kalıbın 1.3 Saniyedeki Dolumu

II.1.3 Üründe Görülen Hatalar

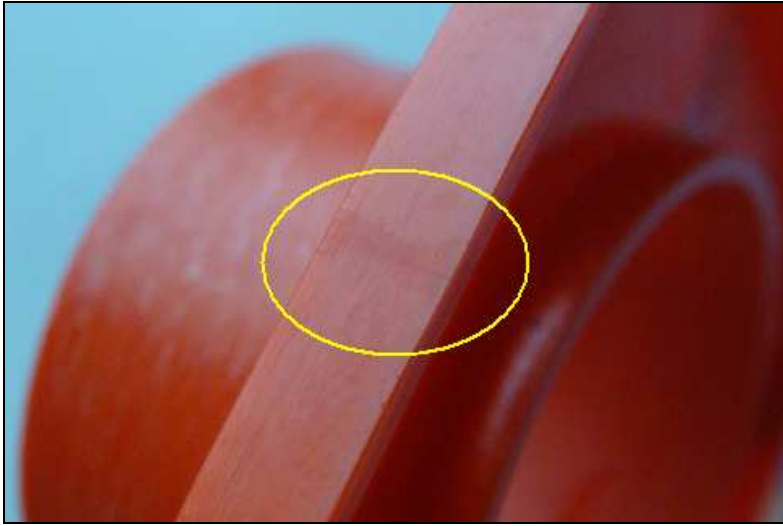
Kalıbın Analiz şartlarında denemesi yapıldıktan sonra parçalar kontrol edildiğinde analiz sonuçlarında görülen hataların numuneler üzerinde de olduğu görülmüştür. Parçalar üzerinde ortaya çıkan bu hatalar aşağıda gösterilmiştir. Parçalar üzerinde oluşan pürüzlü yüzey Hammadde'nin özelliği itibariyle çok fazla gaz açığa çıkarmasından kaynaklanmıştır. Oluşan gazın tahliyesini sağlayacak gaz kanalları oluşturulmadığından açığa çıkan gaz Malzeme akış yönünü gösterir şekilde parça yüzeyi üzerine dağılmıştır.



Şekil VII.23. Federde Gazdan Ötürü Kaynaşmama



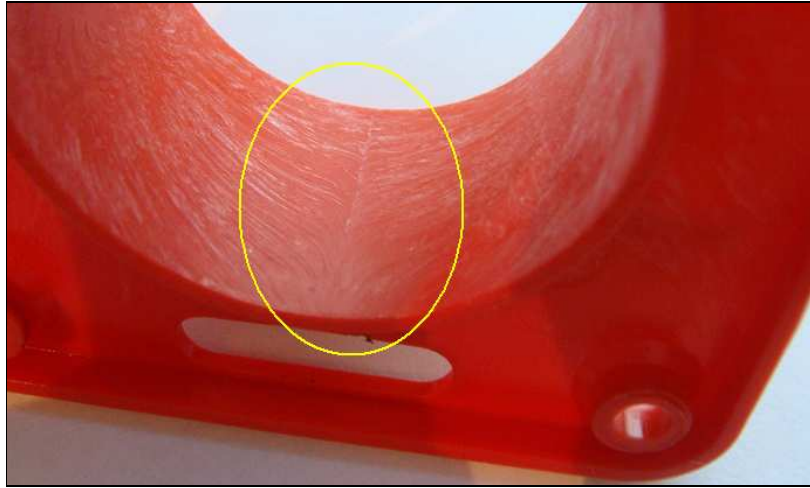
Şekil VII.24. Yolluk Girişinin Karşısında Oluşan Soğuk Kaynak



Şekil VII.25. Kenarlarda Oluşan Soğuk Kaynak İzleri



Şekil VII.26. Soğuk Kaynak İzi



Şekil VII.27. Ürünün İç Kısmında Oluşan Akış Birleşme İzi

BÖLÜM V.

SONUÇ ve DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada; hayatımızda pek çok alanda kullanılan ve giderekte kullanım alanları yaygınlaşan Plastiğin mamule dönüştürülmesi proseslerinden biri olan Enjeksiyonlu Kalıplama Yönteminde kullanılan Soğuk Yollukların farklı tiplerinin plastiğin Kalıba dolumuna ve ürüne olan etkilerini inceledik. Amacımız sadece bu etkileri belirlemek olduğundan Uygulamada kullandığımız yolluk tipini sadece değerlendirmeye aldığımız Analiz sonuçlarını dikkate alarak seçtik. Bunun dışında Yolluğun işleme maliyeti, yolluktan kaynaklı hammadde sarfiyatı, vb. herhangi bir yolluk seçim kriterini dikkate almadığımızı belirtmemiz gerekir.

Kalıp imalatı ve ürün üretimi ilk defa yapılacak parçalarda kullanılacak yolluk tipi belirlenirken, Parçanın şekline uygun olan farklı yolluk tiplerinin basit formlarını kullanarak parçanın dolum analizlerinin yapılması ve en uygun yolluk tipinin de farklı parametreleri ile bu analizlerin devam ettirilmesiyle, Plastiğin kalıba dolumunu sağlayan yolluklardan kaynaklı kayıpların olumlu bir şekilde önüne geçilmiş olunacaktır. Bizim analizini yaptığımız parça gibi basit yapıda ve düşük ölçülerdeki bir parçada belki bu kayıplar o kadar büyük önem arz etmeyebilir, ancak çok daha kompleks parçalarda bu tarz bir çalışma yapılması büyük faydalar sağlayacaktır.

Kalıp imalatçıları tarafından kullanılan Paket Analiz Programları farklı yolluk tipi modelleri oluşturamadıklarından, bu şekilde bir çalışma yaparak uygun yolluk sistemini oluşturulmasını sağlayacak özelliklere sahip değildirler. Ancak bu tarz Analiz programlarının kullanıcılarına bu imkanı sağlamaları faydalı olacaktır.

Bu çalışmada;

Analiz programlarında standart olarak yapılan parça dolum analizinden farklı olarak parçanın yolluk ile birlikte dolumu incelenmiş ve oluşan değişimlere bakılarak yollukların parçanın dolumu üzerine olan etkileri incelenmiştir.

Enjeksiyon safhasında yolluk hacminin Kalıbın dolumu üzerine olan etkisinin ne derece yüksek olduğunu, söz konusu hacmin uygun değerlerde tutulmadığı vakit sebep olacağı zaman kaybını görmüş olduk. Zaman kaybı dışında malzeme ve iş gücü kayıpları da ayrı bir değerlendirme konusudur.

Bu çalışma neticesinde değerlendirme yapacak olursak;

1. CAE Analizleri sonuçlarında bütün yolluk tipleri ile dolunun sağlandığı görülmüştür. Fakat, dolum süreleri farklılık göstermiştir.
2. Enjeksiyonda gereken enjeksiyon basınç değerleri farklılık göstermiştir. Bu da her bir yolluk tipinde Enjeksiyon makinasının farklı yüklenmeler ve zorlanmalara maruz kalacağı ve dolayısı ile makine ömrüne de olumlu veya olumsuz farklı etkiler yapacağını göstermiştir.
3. Bu çalışma ile doğru Yolluk sistemi seçilebilir ve ölçü optimizasyonu yapılarak malzeme sarfiyatının önüne geçilebilir.
4. Yolluk hacimleri farklı olduğundan bu farklılık dolum sürelerinde, en son yolluk donacağı için yolluk hacmi farklılıkları soğuma süresini ve dolayısı ile çevrim süresinde de farklı değerlere sebep olacağı görülmüştür.
5. Her bir yolluk tipinde malzeme akışı farklı olduğundan parçaların dolumu ve malzemenin kaynaşması da farklı olacağından; oluşacak soğuk kaynak hatları, gaz ve hava kabarcıkları nedeniyle de malzemenin mekanik ve estetik özellikleri farklılık gösterecektir.
6. Bilgisayar Destekli Mühendislik (CAE) Programlarında dikkate alınmayan Yolluk Girişlerinin etkileri hakkında tez çalışmamızda izlediğimiz yöntemle fikir sahibi olunabileceği görülmüştür. Ancak Kalıp Dolum Simülasyon programlarında Kalıp Dolum Analizlerine ve Yolluk Giriş yeri tayinine ilave olarak farklı yolluk tiplerinin de incelenmesi ve bunların etkilerinin de belirlenebilmesi yararlı olacaktır.
7. Kalıp dolumu sonrasında yapılan Ütuleme (Packing) işleminin parça kalitesi üzerine olan etkileri düşünüldüğünde bu analiz sonuçları

değerlendirilirken yolluk sisteminin ütüleme basıncına olan etkileride değerlendirilebilir.

8. Bu çalışma ile uygun Yolluk Sistemi seçilerek Kalıbın otomatik veya yarı otomatik çalışacağı belirlenerek insan müdahalesi olmadan kalıbın daha seri çalışması sağlanabilir.
9. Uygun Yolluk sistemi seçilerek Yolluğun parçadan otomatik ayrılması sağlanarak ilave işlemlerin önüne geçilebilir, böylece bu işlemlerden kaynaklı maliyetler düşürülebilir.
10. Uygun Yolluk sistemi seçimi ile Kalıp gözleri arasındaki mesafeler azaltılarak Kalıp boyutları düşürülebilir; dolayısı ile İşleme süreleri, Kalıp malzemesi sarfiyatı ve maliyetler indirilebilir.
11. Hassas parçalarda farklı yolluk dağıtım şekillerinin (Seri veya Paralel yolluk dağıtımı) parçalar üzerindeki etkileri incelenerek, parçaların Kalıp içinde uygun şekilde dizilimi ve göz sayısı belirlenebilir.
12. Uygun Yolluk sistemi tayini ile Kalıp çalışma şekli ve kalıp ayırma hatları belirlenerek gereksiz olarak zor kalıp tipleri ile kalıplamanın önüne geçilebilir

KAYNAKLAR

- [1]. Hill, D., 1996, Further Studies Of The Injection Moulding Process, Applied Mathematics Modelling, Vol.20.
- [2]. Lee,S.C., Yang, D. Y., Ko, J., Youn, J. R., 1997, Effect of Compressibility on Flow Field and Fiber Orientation During the Filling Stage of Injection Molding, Journal Of Materials Processing Technology, No:70, Pp 83-92.
- [3]. Chiang, H. H., Hieber, C. A., Wang, K.K., 1991, A Unified Simulation Of The Filling And Postfilling Stages In Injection Molding. Part I: Formulation, Polymer Engineering And Science, Vol. 31, No2, 116-124.
- [4]. Erzurumlu, Tuncay, 2001, Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı ve Örnek Bir Parça Üzerinde Optimal Yolluk-Kavite Giriş Yerinin Belirlenmesi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze
- [5]. Turaçlı, H., (1999), Enjeksiyon Hataları ve Çözümleri, Pagev Yayınları, İstanbul
- [6]. Turaçlı, H., (2000), Enjeksiyon Kalıpları İmalatı, Pagev Yayınları, İstanbul
- [7]. Alkaya, A.R., (1998), Plastik Enjeksiyon Kalıplarının Tasarımı ve Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [8]. Menges G., Mohren P. (2001), How to Make Injection Mold, Hanser Publisher, Munich
- [9]. Koyun, Çiğdem ,(2005), Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı ve Analizi , Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [10]. Sözer, Serap, (2001), Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Akış Karakteristiklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [11]. Şeker, Cevat, (1999), Termoplastiklerin Şekillendirilmesinde Kullanılan Enjeksiyon Kalıplarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12]. Beaumont, John, P., (2004),Runner and Gating Design Handbook, Hanser Publisher
- [13]. Rees, Herbert, (1999), Mold Engineering, Hanser Publisher

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Yeri ve Tarihi: Ardahan – 1982

Eğitim : 1988-1989 Ardahan Çağlayık İ.Ö.O
1989-1990 Yüzüncü Yıl İ.Ö.O
1990-1996 Alaattin Keykubat İ.Ö.O
1996-1999 İsmet Aktar E.M.L.
2000-2004 Marmara Üniversitesi Enerji Öğretmenliği
2006-2009 Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Kariyer : 2004-2005 PM Otomotiv
2005-2007 MTN Kalıp
2007-2009 TELAS LASTİK A.Ş.

