

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGİSAYAR DESTEKLİ PLASTİK ENJEKSİYON KALIP TASARIMI

Erdem TOPÇU

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Yrd. Doç Dr. Nursen ÖNTÜRK

TEKİRDAĞ – 2010
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı

Erdem TOPÇU

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Nurşen ÖNTÜRK

Plastik enjeksiyon, plastik parçaların üretiminde kullanılan en yaygın ve en gelişmiş yöntemdir. Üretimi planlanan plastik ürünler için öncelikle plastik enjeksiyon kalıpları hazırlanmaktadır, bu kalıplarda plastik madde şekillendirilerek ürün elde edilmektedir. Yapılan bu yüksek lisans tezi plastik enjeksiyon kalıplarının tasarım adımlarını ve plastik bir ürün kalıbının bilgisayar ortamında tasarım bilgilerini içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Plastik, enjeksiyon, kalıp, tasarım

2010, 63 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

Computer Aided Plastic Injection Mold Design

Erdem TOPÇU

Namık Kemal University

Graduate School Of Naturel And Applied Sciences Institute

Main Science Division Of Mechanical Engineering

Supervisor: Assist. Prof.Dr. Nurşen ÖNTÜRK

The plastic injection is most common and developed technique which is used in the field of manufacturing plastic items. Firstly, plastic injection molds are made ready for the plastic items that are planned to produce then the product is done by designing plastic raw material in these molds. This thesis consists of the design steps of plastic injection molds and informations of a plastic product mold design on the computer.

Key words: Plastic, injection, mold, design, computer aided

2010, 63 pages

All rights reserved

ÖNSÖZ

20. YY. başlarında ilk olarak sentezlenen plastik malzeme dönemin koşullarında pek ihtiyaç olmadığı için uzun bir gelişim sürecinin ardından insanoğlunun kullanımına sunulabilmiştir. O dönemlerden günümüze önemli gelişmelerden geçerek aşamalar kaydeden plastikler, sanayi devriminde hak ettikleri yeri almışlardır.

Plastiklerden yapılan eşyalar günlük yaşantımızda en sık kullandığımız eşyalardır. Televizyonlar, buzdolapları, çamaşır makineleri, bilgisayarlar gibi cihazların yanı sıra fiber optik iletişim kabloları ve klasik güç dağıtım kabloları elektrik ve elektronik sektöründe plastiklerin kullanıldıkları ürünler olarak karşımıza çıkmaktadır. Form verme kolaylığı, elektrik yalıtım özelliği ve alev almayacak şekilde modifiye edilebilmeleri plastikleri bu sektör için vazgeçilmez kılmıştır.

Plastiklerin hammadde olarak alınıp kullanıma hazır ürün haline gelene kadar birçok farklı süreçten geçmeleri gerekmektedir. Yapılan çalışmada bu süreçlerin neler olduğu etraflıca anlatılmıştır.

Bu çalışma süresince her konuda bana olan yardımlarından ve ilgilerinden dolayı başta değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Nurşen ÖNTÜRK' e, Ar. Gör. Olcay EKŞİ ve Ar. Gör. Sencer Süreyya KARABEYOĞLU' na, bana olan desteklerinden dolayı aileme, edindiğim teorik bilgileri pratikte uygulamamda bana yardımcı olan ve tecrübelerinden faydalandığım Çorlu Plastik A.Ş. çalışanlarından, kalıp tasarım uzmanı Taner AYDIN 'a, imkânlarından faydalandığım Çorlu Plastik A.Ş. ve tüm çalışanlarına teşekkürü borç bilirim.

Erdem TOPÇU

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1 Polimerleşme sonucu elde edilen plastiklerin farklı formları	3
Şekil 1.2 Elastomerlerlik polimerin yük altında yapısal değişimi	4
Şekil 1.3 Plastik enjeksiyon makinesi	7
Şekil 1.4 Plastik enjeksiyon makinesinin kısımları	7
Şekil 1.5 Mekanik mengene ünitesi	8
Şekil 1.6 Hidrolik mengene ünitesi	9
Şekil 1.7 Hidro-mekanik mengene ünitesi	9
Şekil 1.8 Plastik enjeksiyon kalıbı	10
Şekil 1.9 Plastikleştirme ve enjeksiyon ünitesi	11
Şekil 1.10 Enjeksiyon çevriminde kalıbın kapanma safhası	11
Şekil 1.11 Enjeksiyon çevriminde plastik enjeksiyon safhası	12
Şekil 1.12 Enjeksiyon çevriminde soğuma safhası	13
Şekil 1.13 Enjeksiyon çevriminde parçanın kalıptan çıkarılması safhası	13
Şekil 1.14 Standart yolluk sistemi	14
Şekil 1.15 Sıcak yolluk sistemi.....	15
Şekil 1.16 Halka şeklinde yolluk.....	19
Şekil 1.17 Kalıplanan parça ve kalıp açılma çizgisi	21
Şekil 1.18 İki açılma çizgisi bulunan kalıp	22
Şekil 1.19 Üç açılma çizgisi bulunan kalıp	23
Şekil 1.20 Kayma hareketli dişi kalıp.....	24
Şekil 1.21 Kayma hareketli dişi kalıp; Parmak kama hareketli.....	24
Şekil 1.22 Kam etkili kalıbın kapalı ve açık konumu	25
Şekil 1.23 Salınım hareketli itici pimli kalıp.....	26
Şekil 1.24 Dağıtıcı kanal kesitleri ve özellikleri.....	27

Şekil 1.25 Çoklu kalıplama boşluğu bulunan kalıplarda dağıtıcı kanal tipleri.....	28
Şekil 1.26 Isıtıcı dağıtıcı kanallı kalıp	28
Şekil 1.27 Doğrudan kenar giriş kanalı	30
Şekil 1.28 Kenar giriş kanalı	30
Şekil 1.29 Giriş kanalı boyutları.....	31
Şekil 1.30 Kenar ve merkezden giriş kanalları.....	32
Şekil 1.31 Değişik tipteki konik giriş kanalları	33
Şekil 1.32 Disk giriş kanalı	33
Şekil 1.33 Bilezik tipi giriş kanalı	34
Şekil 1.34 Çengel tipi giriş kanalı	35
Şekil 1.35 Özel hava tahliye pimli kalıp.....	36
Şekil 1.36 Giriş kanalı yerleşim konumuna göre açılan hava tahliye kanalları	36
Şekil 1.37 Derinliği fazla olan kalıplama işleminde kullanılan bakır borulu soğutma sistemi.	39
Şekil 1.38 Dişi kalıpta ısı transfer kanalları	40
Şekil 1.39 Erkek kalıpta ısı transfer kanalları.....	40
Şekil 2.1 Bilgisayar ortamında hazırlanmış enjeksiyon kalıbı	46
Şekil 2.2 Solidworks çizim ekranı.....	52
Şekil 2.3 Hazırlanan Taslak.....	52
Şekil 2.4 Taslağın katı hali	53
Şekil 2.5 Kesme işleminden geçirilmiş katı model	53
Şekil 2.6 Daire Taslağı	54
Şekil 2.7 Daire taslağın extrude komutu ile katı hale getirilmesi.....	54
Şekil 2.8 Hole wizard komutu ile delik delme	55
Şekil 2.9 Feder oluşturma.....	55
Şekil 2.10 Aynalama (Mirror) komutu ile nesne kopyalama	56

Şekil 2.11 Split line komutu ile kalıp ayırım çizgisinin belirlenmesi.....	56
Şekil 2.12 Draft komutu ile parçaya eğim açısı verilmesi.....	57
Şekil 2.13 Pah kırma.....	57
Şekil 2.14 Radiete surface komutu ile kalıp ayırım yüzeyinin oluşturulması	58
Şekil 2.15 Knit komutu ile yüzey birleştirme.....	59
Şekil 2.16 Parça üzerinde oluşturulan kalıp plakası taslağı.....	59
Şekil 2.17 Kalıp üst yarımı	60
Şekil 2.18 Kalıp alt yarımı.....	60
Şekil 2.19 Plastik enjeksiyon kalıbının katı modeli	61

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1 Bazı plastiklerin monomerleri ve ana gruptaki halleri	16
Çizelge 1.2 Yolluk tasarımını etkileyen faktörler	17
Çizelge 1.3 Yollukların en kesit boyutları için referans çizgileri.....	23
Çizelge 2.1 Bazı plastiklerin monomerleri ve ana gruptaki halleri	41

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Plastik Malzemeler	2
1.2. Plastiklerin Biçimlendirilmesi	6
1.3. Plastik Enjeksiyon İşlemi	6
1.4. Plastik Enjeksiyon Makinesinin Tanıtılması	7
1.5. Plastik Enjeksiyon Çevrimi	11
1.6. Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı Süreci	13
1.7. Yolluk Sistemleri.....	14
1.7.1. Yollukların Karakterizasyonu	16
1.7.2. Yolluk Tasarımı	18
1.8. Kalıp Açılma Çizgisi	20
1.9. Açılı Pimler Ve Kam Blokları	22
1.10. Dağıtıcı Kanallar	26
1.11. Giriş Kanalları	29
1.11.1. Doğrudan Giriş Kanalları	29
1.11.2. Sınıflandırılmış Giriş Kanalları	31
1.12. Hava Tahliye Kanalları	35
1.13. Isıtma Ve Soğutma Sistemi Tasarımı.....	37
2. KAYNAK ÖZETLERİ	41
3. MATERYAL VE YÖNTEM	46
3.1. Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı	46
3.2. Bilgisayar Destekli Tasarım Uygulamaları	47
3.3. Solidworks Programına Bakış	48
3.4. Kalıp Malzemesi.....	49
3.5. Ürün Tasarımı Ve Yeni Ürün Tasarım Aşamaları	49
3.6. Ürün Modelinin Bilgisayar Ortamında Hazırlanması	51
3.6.1. Taslak oluşturma	52

3.6.2. Hazırlanan taslağın katı hale getirilmesi	53
3.6.3. Katı modelin kesilerek şekillendirilmesi.....	53
3.6.4. Daire taslağı oluşturma	54
3.6.5. Daire taslağının katı hale getirilmesi.....	54
3.6.6. Delik delme	55
3.6.7. Feder oluşturma.....	55
3.6.8. Aynalama (Mirror)	56
3.6.9. Kalıp ayırım çizgisi oluşturma	56
3.6.10. Kalıp ayırım açısının verilmesi.....	57
3.6.11. Pah kırma	57
3.6.12. Ölçeklendirme (Scaling)	58
3.6.13. Yüzey yayma	58
3.7. Kalıp Tasarımı	58
3.7.1. Knit surface komutu ile yüzey birleştirme	58
3.7.2. Kalıp plakaları taslak çizimi.....	59
3.7.3. Kalıp plakalarının uzatılarak kalıp kütüğü elde edilmesi.....	59
3.8. Kalıp Seti Tasarımı.....	60
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	63
5. SONUÇ	65
6. KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ.....	68

1. GİRİŞ

Rekabetin her geçen gün arttığı günümüz ekonomik koşullarında gerek parça başına maliyet düşüklüğü gerekse işlenebilirlik kolaylıkları açısından plastik malzeme kullanımı yaygınlaşmaktadır. Daha önceleri metallerin işlenmesiyle elde edilen otomotiv sanayisinden gündelik yaşamda kullanılan basit ürünlere kadar birçok ürün plastikten yapılmaktadır.

Çeşitleri yüzü aşan sayıda plastik malzeme her yıl binlerce ton üretilip tüketilmektedir. Plastik mamullerin üretimi, metallere göre nispeten daha az enerji gereksinimi, seri üretime uygunluğu, geri dönüşüm kolaylığı gibi avantajlarla öne çıkmaktadır.

Kolay ve tekrar şekillendirilebilme özelliklerinin yanında, düşük elektrik ve ısı iletkenlikleri, bazı katkı maddeleri ile fiziksel ve mekaniksel özelliklerinde de metalik malzemelere çok yakın değerlerin elde edilmesi bir diğer tercih nedeni olmuştur. Son derece karmaşık yüzey geometrisine sahip metalik parçaların yerini, plastik parçaların almaya başlaması ile birlikte, ürünlerin imalat masrafları oldukça aşağıya çekilmiştir. Ayrıca, plastiklerin ergime sıcaklıkları düşük, işlenmeleri ve üretilmeleri kolay olduğundan, endüstride yaygın olarak çeşitli metalik parçaların yerini almaya başlamıştır.

Plastik malzemelerin mamul eşya üretiminde yaygın bir şekilde tercih edilmesi ve otomotiv endüstrisinde önemli ölçüde kullanılması, parça yan sanayinin büyük bir hızla büyümesine ve plastik malzemelere duyulan ilginin artmasına yol açmıştır.

Günümüzde, kullanılan ev eşyalarından ileri teknoloji ürünü bilimsel ve tıbbi araçlara kadar çok değişik alanlarda hayatımızın bir parçası olarak plastikler kullanılmaktadır. Özgül ağırlıkları $0,8 — 2,2 \text{ gr/cm}^3$ arasında olan plastikler, hafif olmalarının yanında yüksek mekanik mukavemete de sahip olduklarından tercih edilen malzeme sınıfı haline gelmiştir (Anonim 2009).

Plastikler; hafif, korozyona dayanıklı ve kolay şekil verilebilir olmaları sebebiyle otomotiv sektörü için de vazgeçilmez malzemeler olmuş ve egzoz emisyonlarının azaltılmasında önemli rol oynamışlardır. Ülkemizde son yıllarda hızla gelişen otomotiv üretimi bu konudaki talebi de arttırmıştır. Tarımsal ürünler açısından çok zengin olan ülkemizde sera örtüleri, fide örtüleri ve sulama boruları başlıca plastik uygulamalarıdır.

Türk plastik endüstrisi yıllık 4.3 milyon ton (2006) polimer işleme hacmiyle Almanya, İtalya, Fransa, İspanya ve İngiltere'nin ardından ülkeler sıralamasında şu anda Polonya'nın bir

sıra üzerinde 6.sırada bulunmaktadır. Sektör ihtiyacı olan hammaddenin %42 sini AB ülkelerinden ithal etmektedir. 2006 verileriyle yılda 13 milyar dolar değerinde üretim yapılmakta ve 5 milyar dolar katma değer yaratılmaktadır.

Sektörde aktif halde, çoğunluğu küçük ve orta ölçekli olmak üzere, yaklaşık 6.000 işletme bulunmakta ve 2006 yılı itibariyle 200.000 kişiye istihdam sağlanmaktadır. Yabancı sermaye ortaklığı olan 113 işletme bulunmakta, bu işletmelerin sermayelerinin yüzde 43'ü AB'den sağlanmaktadır. İşletmelerin yaklaşık üçte ikisi plastik işlemekte, yüzde 16'sı makine ve aksesuar üreticisi konumunda ve son olarak yüzde 12'si ise plastik üretimiyle uğraşmaktadır. Tüketim açısından ağır toplar ambalaj ve inşaat malzemeleri sektörleridir. Son yıllarda hızla gelişen ihracat ve değişen tüketim alışkanlıkları ambalaj sektörünün hızla gelişmesine yol açmıştır. Öte yandan plastik komponentlerin yaygın olarak kullanıldığı dayanıklı tüketim ve otomotiv sektörlerinin de hızla büyümesi sayesinde bu sektörlere yönelik sürekli yeni yatırımlar yapılmaktadır. Türkiye üretim kapasitesi ile Avrupa'da sentetik elyaf üretiminde ikinci, pencere profilinde de ise üçüncü sıradadır. Halen 44 kg olan kişi başına plastik tüketimi dünya ortalamasının üzerinde olmasına rağmen gelişmiş ülkelerdeki 100 kg rakamıyla karşılaştırıldığında önemli bir potansiyele ve büyümenin süreceğine işaret etmektedir (Türkiye Plastik Endüstrisi Raporu, 2007, www.tepro.com.tr, erişim tarihi:11.10.2010).

1.1. Plastik Malzemeler

Plastik enjeksiyon kalıbı tasarımına geçmeden önce tasarımcıların plastikler hakkında bilgi sahibi olmaları gerekmektedir. Tasarımı yapılan kalıpta kullanılacak plastik çeşidinin karakteristik özellikleri kalıbın yapısını belirlemesi açısından önemlidir.

Polimerleşme sonunda ele geçen ürünler doğal renkli (mum beyazı, saydam vs.) olmakla beraber özel olarak renklendirilmiş, kullanım kolaylığı ve amacı bakımından da tablet, toz, plastisol, film, levha, blok, profil ya da değişik biçimlendirilmiş halde piyasaya sürülürler (Şekil 1.1).



Şekil 1.1; Polimerleşme sonucu elde edilen plastiklerin farklı formları.

Çok çeşitli ve diğer birçok malzeme grubundan daha farklı özelliklere sahip plastiklerin ana özellikleri aşağıda özetlenmiştir; (Koyun 2005)

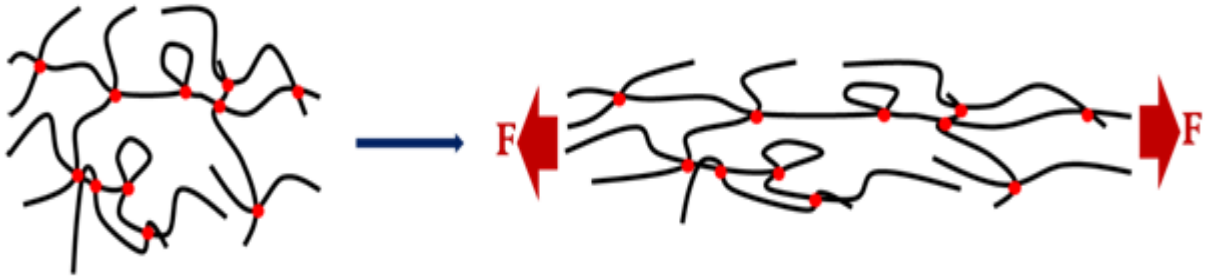
- Özgül ağırlıkları azdır.
- Çok çeşitli mekanik özelliklere sahiptirler.
- Kolay şekil verilebilir ve kolay işlenebilir.
- Katkı maddeleri ile özellikleri değiştirilebilir.
- Isı ve elektrik iletkenlikleri düşüktür.
- Saydamdırlar
- Korozyona ve kimyasal maddelere karşı dayanıklıdırlar.
- Yeniden işlenip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

Plastikleri farklı birçok kritere göre sınıflandırmak mümkündür. Genel olarak kabul gören sınıflandırma ise plastiklerin kimyasal yapı farklarından yararlanarak yapılan sınıflandırmadır. Plastikler kimyasal yapı olarak birbiriyle zincirsel bağlanma oluşturan çok sayıda molekülden oluşurlar. Bu moleküllerin kendi aralarında birleşirken oluşturdukları doğrusal ya da çapraz bağlanmalar plastiğin kimyasal yapısını belirler.

Plastikler farklı kimyasal yapılarından dolayı farklı fiziksel özelliklere sahip üç temel gruba ayrılırlar (Yaşar, 2001);

1. Elastomerler
2. Termosetler
3. Termoplastikler

Elastomerik bir polimeri oluşturan zincirlerin hiçbir düzenli yapısı yoktur, düzensiz ve rastgele dizilmiş moleküller tamamen amorf bir yapıya sahiptir. Bu sebeple, elastomeri oluşturan polimer zincirleri birbirlerinin üstünden, kendi içlerinden geçerek etrafta rastgele bükülmektedirler. Bu düzensiz yapıları onların sahip olduğu en düşük enerji seviyesidir. Bu moleküler spagetti gibi iki yana çekildiğinde, polimer zincirleri bükümlü ve karmaşık yapılarından sıyrılıp Şekil 2.2'de görüldüğü gibi doğrusal bir hal almaya başlarlar. Uygulanan dış kuvvet yüzünden her bir zincir çekme yönünde hizalanmaya ve düzenli bir sistem oluşmaya başlar. Moleküllerin bu hizalanmış konumları aslında polimer zincirinin üzerindeki kuvvetin bir etkisidir ve moleküller bu yüksek enerji seviyesinde kalmayı tercih etmezler. Bu sebeple, elastomere uygulanan çekme yükü kaldırıldığı anda, polimer zincirleri ilk hallerinde buldukları rastgele bükümlü, karmaşık ve düzensiz yapıya dönerek üzerlerindeki enerjiyi bırakırlar (Şekil 1.2).(www.polimernedir.com/kutuphane/termoplastik-polimerler, erişim tarihi;15.10.2010)



Şekil 1.2; Elastomerlerik polimerin yük altında yapısal değişimi.

Elastomerlerin ve kauçukların geri dönüşümü, termoplastik polimerlerdeki gibi gerçek anlamda bir geri dönüşüm değildir. Sentezlenen elastomer eritilip tekrar tekrar kullanılmak yerinde, küçük granüllere ayrılıp, farklı şekillerde yeniden kalıplanır ya da yüksek sıcaklıklarda içerdiği malzemelere ayrılarak yeniden farklı uygulamalarda kullanılır. Otomobil lastikleri buna en güzel örnektir. Atık lastikler bariyer olarak kullanılabilir; granül hale getirilerek yeni ürünler (oyun parkı, halı saha ve bahçe yer kaplamaları gibi) elde edilebilir; sırt kısımlarındaki kordlar ayrılarak taban malzemesi olarak kullanılabilir. Atık lastiklerden ortalama %73 granül, %19 çelik ve tel ve %8 oranında tekstil malzemesi elde edilir. Ayrıca, piroliz işlemi kullanılarak yağ, karbon siyahı ve gaz da elde edilebilir. (www.polimernedir.com/kutuphane/termoplastik-polimerler, erişim tarihi:15.10.2010)

Termoset polimerler sahip oldukları yoğun çapraz bağlardan dolayı ısıtılıp şekil aldıktan sonra tekrar ısıtılıp şekillendirilemezler. Yumuşama sıcaklıkları bozunma sıcaklıklarından yüksek olduğundan tekrar ısıtılmaları durumunda kimyasal bozunmaya uğrayarak kullanılamaz hale gelirler.

Günümüz piyasalarındaki önemli termoset reçinelerden, fenolik reçineler, ürenin ve melaminin formaldehidle yaptığı yoğunlaşma reaksiyonu sonucu oluşan termosetler en başta gelir. Öteki termoset reçineler ise epoksiler, doymamış polyesterler, üretan köpükler ve yüzey kaplamada kullanılan alkidlerdir. Termosetler genellikle sert (*rijit*) malzemelerdir çünkü kovalent bağların kurduğu çapraz-bağlar polimer zincirinin hareketini büyük ölçüde kısıtlar. Termosetin çapraz-bağ derecesi arttıkça molekül hareketleri daha fazla kısıtlandığı için sertlik ve yüksek darbe direnci gibi özellikleri ön plana çıkar. Buna ek olarak, kuvvetli kovalent çapraz bağlar sayesinde sahip oldukları boyutsal kararlılık, yeni polimer sisteminin ısı dengeye sahip olmasını, erimemesini, yüksek ısılara dayanıklı olmasını ve hiçbir solventle çözünmemesini getirir. Eğer termoset polimerin üzerine solvent dökülürse, polimeri oluşturan molekül ağ bu solventi emer ve malzeme şişmeye başlar (*swelling*). (www.polimernedir.com/kutuphane/termoplastik-polimerler, erişim tarihi:15.10.2010)

Termoplastikler ısı ve basınç altında yumuşayıp akabilen, bu durumda şekillendirilebilen ve soğutulduğunda sertleşerek şeklini muhafaza edebilen malzemelerdir. Bu işlemler sırasında kimyasal yapısında herhangi bir değişim göstermeyen termoplastikler fiziksel olarak değişime uğrarlar. Bu özellikleriyle tekrar tekrar kullanılabilirler.

Termoplastiklerin kimyasal yapısı birbirine çapraz bağlarla bağlı olmayan uzun tel şeklindeki moleküllerden meydana gelmiştir. Camlaşma sıcaklığının üstünde yumuşarlar daha yüksek sıcaklıklarda ise bozulmadan sıvılaşır. Camlaşma sıcaklığının alt sınırlarında ekstrüzyon, haddeleme, basma; üst sınırlarda ise kaynak; sıvılaşma sıcaklığının üstünde enjeksiyon gibi işlemlerle şekillendirilebilirler. Düşük yoğunluk, iyi elektriksel özellikler, kolay şekillendirilme, nispeten düşük aşınma, kolay şekillendirilme ve renklendirilme olumlu özelliklerindedir. Bunun yanında düşük elastisite modülü (yük altında düşük elastisite, plastik bölgeye kolay geçiş), düşük sıcaklık dayanımı, yüksek ısı genleşme katsayısı dezavantaj oluşturan özellikleridir. Fakat üretim kolaylığı açısından, farklı malzemelerle takviyeli kullanım (dayanım özelliklerinde iyileşme) yaygındır.

1.2. Plastiklerin Biçimlendirilmesi

Plastikler çeşitli yöntemlerle biçimlendirilerek kullanıma sunulurlar. Plastiklerin ortaya çıkışından günümüze biçimlendirmede çok farklı metotlar geliştirilmiştir. Daha kısa sürede üretim yapan, daha az işçilik ve enerji gerektiren yöntemlerin kullanım alanı genişlerken yüksek maliyetli yöntemler terk edilmiştir.

Sanayide kullanım alanı bulan tüm plastikler ancak iyi bir şekillendirme sonunda değer kazanırlar. Plastikler türlerine ve kullanım amaçlarına göre değişik yöntemlerle biçimlendirilirler. Bu yöntemlerden başlıcaları şunlardır; (Yaşar 2001)

Kalıplama ile biçimlendirme yöntemleri;

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

Diğer biçimlendirme yöntemleri;

- Ekstrüzyon
- Şişirme ile film çekme
- Kalıpsız ekstrüzyon
- Basınçta ısı ile biçimlendirme
- Lif sarma
- Köpük plastik

Bu tezde, kalıplama ile biçimlendirme yöntemlerinden biri olan enjeksiyonla biçimlendirme yöntemi incelenecektir.

1.3. Plastik Enjeksiyon İşlemi

Plastikleri biçimlendirme yöntemleri içerisinde enjeksiyon kalıplama yöntemi yaygın olarak kullanılan yöntemler arasındadır. Enjeksiyon kalıplama çok genel bir tanım ile ham plastiğin ısı ve basınç altında eritilerek önceden hazırlanmış kalıp içerisine basılması ve soğuyan plastiğin kalıbın şeklini alarak biçimlendirilmesi olarak ifade edilebilir. Bu işlemleri gerçekleştirmek üzere farklı üniteler halinde bir araya getirilmiş makinelere plastik enjeksiyon makineleri denir (Şekil 2.1). Bu makinelerde termoplastikler eritilerek enjeksiyon lülesinden kapalı bir kalıba basınç uygulanarak enjekte edilirler. Kalıp içerisinde soğumaya başlayan

erimiş plastik bir süre daha basınç altında tutulmaya devam edilir. Donarak son şeklini alan plastik parça kalıptan çıkarılır.(Akkaş, 2005)

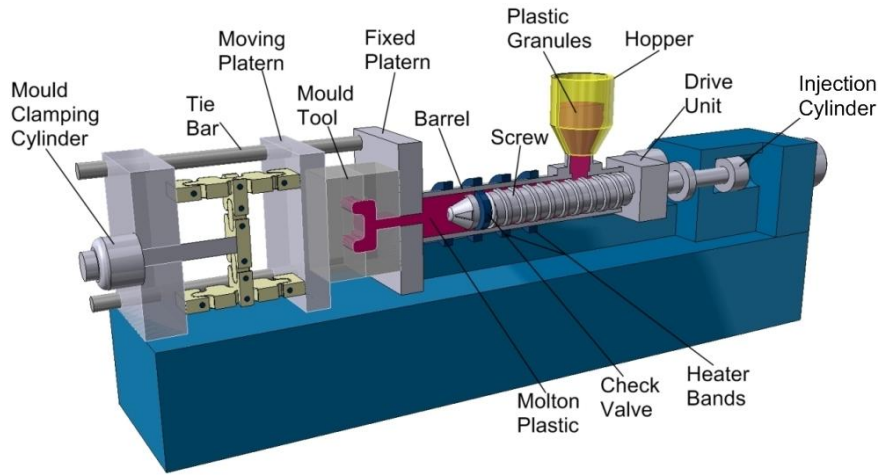
1.4. Plastik Enjeksiyon Makinesinin Tanıtılması

Plastik enjeksiyon makineleri granül ya da toz haldeki plastik hammaddesini ısı ve basınç altında ergiterek helisel bir vida yardımıyla kalıp çukuruna basan, kalıp içerisinde donarak şekil alan plastiği sağlıklı bir şekilde kalıptan çıkaran makineler olarak tanımlanır. Plastik ürünlerin imalatında en yaygın kullanılan makineler enjeksiyon makineleridir (Şekil 1.3). Bu makinelerde plastik ürüne son şekli verilir ve parça üzerinde ikinci bir işlem yapılmaz.



Şekil 1.3; Plastik enjeksiyon makinesi

Plastik enjeksiyon makineleri enjeksiyon ünitesinin yatay ve dikey konumda olması durumuna göre yatay ve dikey enjeksiyon makineleri olarak sınıflandırılmaktadır. Şekil 1.4' te yatay enjeksiyon kalıplama makinesinin kısımları görülmektedir.



Şekil 1.4 ;Plastik enjeksiyon makinesinin kısımları

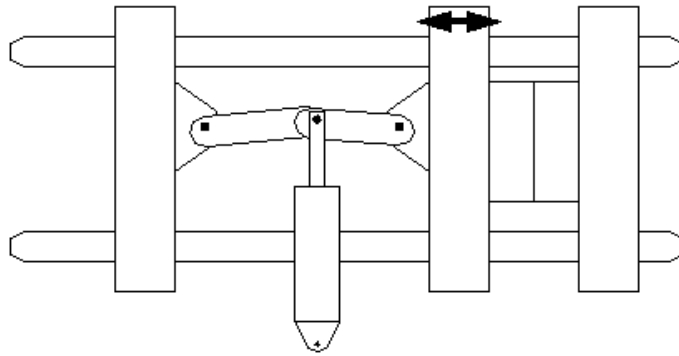
Plastik enjeksiyon makineleri temel olarak üç farklı kısımdan oluşmaktadır; (MEGEP, 2006)

- Mengene (Kapama) Ünitesi
- Kalıp Ünitesi
- Plastikleştirme Ve Enjeksiyon Ünitesi

Enjeksiyon makinelerinde kalıp kapama (sıkma) üniteleri en önemli ünitelerden biridir. Bu üniteler kalıbı sıkıca kapatmaları suretiyle kalıp yarımalarını birleştirir ve kalıp ayırım çizgisinden dışarı plastik malzeme sızmasını engeller. Asıl görevi olan kalıbı kapatmak dışında kalıbı taşımak, itici sistemleri taşımak ve çalışmasını sağlamak, soğutucu sistemin ihtiyacı olan sıvıların girişini ve tahliyesini yapmak gibi görevleri de üstlenmiştir.

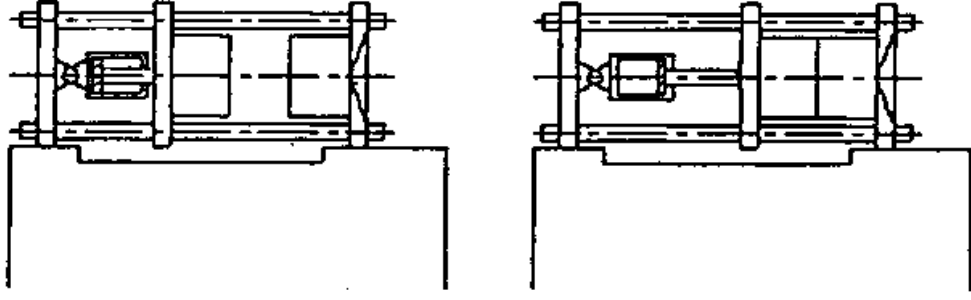
Mengene ünitesi genel olarak küçük enjeksiyon makinelerinde mekanik, orta ölçekli enjeksiyon makinelerinde hidrolik ve büyük ölçekli makinelerde hidro-mekanik tipte kullanılmaktadır.

Mekanik mengene ünitesi birbirine bağlı manivelalardan meydana gelmektedir. Düşük enerji gereksinimiyle kontrollü ve pratik kullanım imkânı sunar (Şekil 1.5).



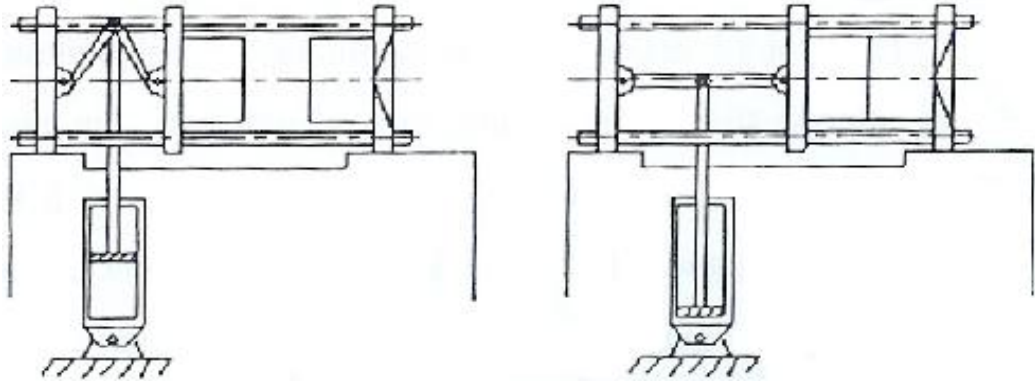
Şekil 1.5; Mekanik mengene ünitesi

Hidrolik mengene üniteleri 1500 tonluk makineler için uygundur (Şekil 1.6). Üç elemandan oluşmuştur. Bunlar silindir, piston, aktarma silindiridir. Piston esas silindir içerisine eksantrik olarak yerleştirilen ufak çaplı bir silindir tarafından harekete geçirilir. Bu itici pistonu sağılanan yağın hacmi ve basıncıyla hız ve güç kontrol edilir. Piston ileri geri hareket ederken, yağ rezervuardan silindire akar. Bu akış bir dolum vanasıyla sağılanır. Tam tonaj istendiğinde bu vana kapatılır ve kapatma sistemi pompası silindiri içerisindeki basınç düşer, yağ rezervuardan akar.



Şekil 1.6; Hidrolik mengene ünitesi

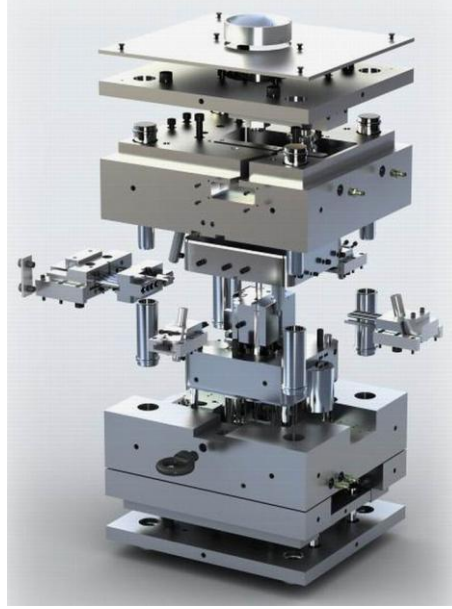
Hidromekanik mengene üniteleri 1000 ton ve daha yukarısı için kullanılır (Şekil 1.7). Sistem, kapatma sisteminin açması ve kapatması için genellikle ufak çaplı uzun stroku olan bir silindir içerir. Ayrıca sistemde kapatma gücüne takviye için kısa stroklu bir silindir daha vardır. Kapatma sistemi tam kapandığında kayan kilit plakaları, kompresyon kolonlarının arkasına gelir. Dört ana silindire basınç uygulanır. Bu silindirlerce sağlanan güç bağlama çubuklarının üzerinden kilit plakalarına ve sıkıştırma kolonlarına hareket eden plakalara aktararak kapatma basıncı oluşturulur. Kalıbı açmak için dört silindir, bağlama çubuklarını geri iterek kilit plakası ile sıkıştırma kolonları arasında bir açıklık meydana getirilir. Bundan sonra kilit plakası kayarak sıkıştırma kolonlarını serbest bırakır ve kalıbın bırakılması silindirin geri çekilmesiyle gerçekleşir.



Şekil 1.7; Hidro-mekanik mengene ünitesi

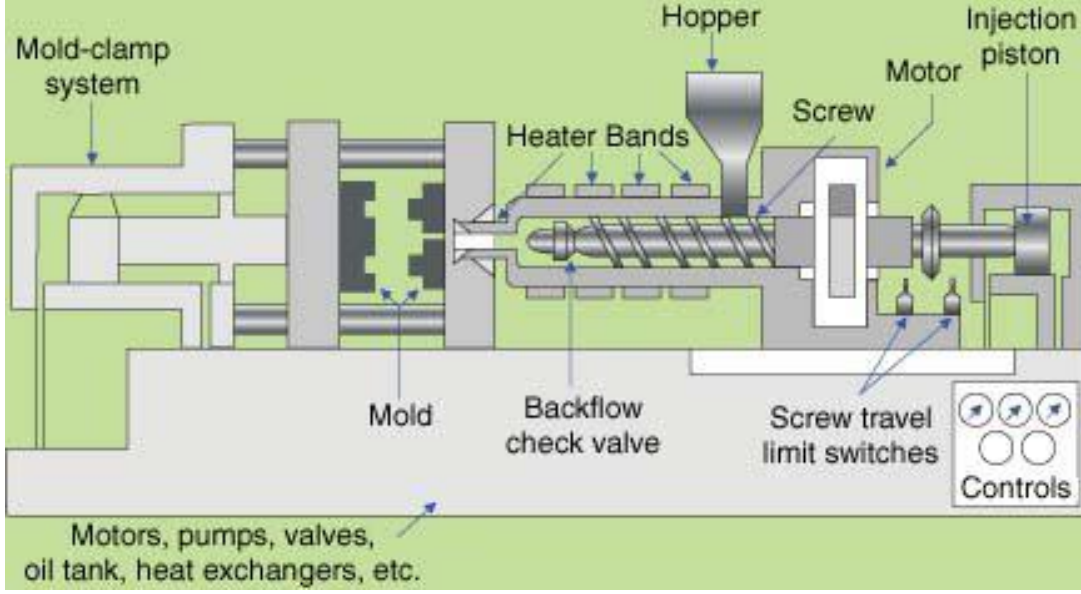
Kalıp ünitesi plastiğin şeklini aldığı ünedir (Şekil 1.8). Plastikleştirme ünitesinde ergitilerek kalıp boşluğuna basılan plastik malzeme katılaşana kadar belirli bir basınç altında kalıp içerisinde tutularak istenen şekli kusursuz olarak alması sağlanır. Şekil verilen parçanın geometrisine bağlı olarak çok çeşitleri olan kalıplar, plastik enjeksiyon alanında ayrı bir uzmanlık dalıdır. Kalıp yapımında kullanılan makineler, parçalar ve hassas üretim süreci

maliyeti artırmaktadır. İyi hesaplanmaya detaylar nedeniyle son anda çıkabilecek olumsuzluklar kalıpların atıl duruma gelmesine neden olabilmektedir. Tek seferde doğru kalıbın üretilebilmesi uzun yıllar çalışma ve deneyim gerektiren bir iştir.



Şekil 1.8; Plastik enjeksiyon kalıbı

Plastikleştirme ve enjeksiyon ünitesi mengene tarafından kapatılmış olan kalıp içerisine plastik malzemeyi ergiterek belli bir basınçla basabilecek aksamı içerir. Plastik hammaddesi makine içerisindeki yolculuğuna bu ünite bulunan besleme hunisinde başlar. Besleme hunisi makinenin ihtiyaç duyduğu hammaddeyi sağlarken hammaddenin belli bir rutubet değerine getirilmesini sağlar. Bu ünite ayrıca vida, namlu, namlu etrafını saran ısıtıcılar, vidayı döndüren motor, erimiş malzemeyi kalıba basan enjeksiyon silindiri kısımları bulunur (Şekil 1.9).



Şekil 1.9; Plastikleştirme ve enjeksiyon ünitesi

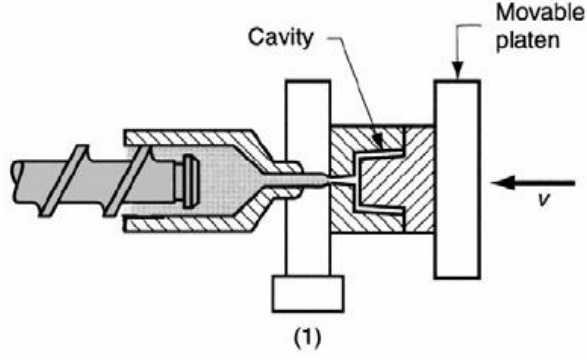
1.5. Plastik Enjeksiyon Çevrimi

Plastik enjeksiyon işlemini yedi adımda incelenmiştir;

- 1- Plastikleştirme
- 2- Kapama
- 3- Enjeksiyon
- 4- Ütüleme
- 5- Tutma
- 6- Soğutma
- 7- Kalıptan Çıkarma

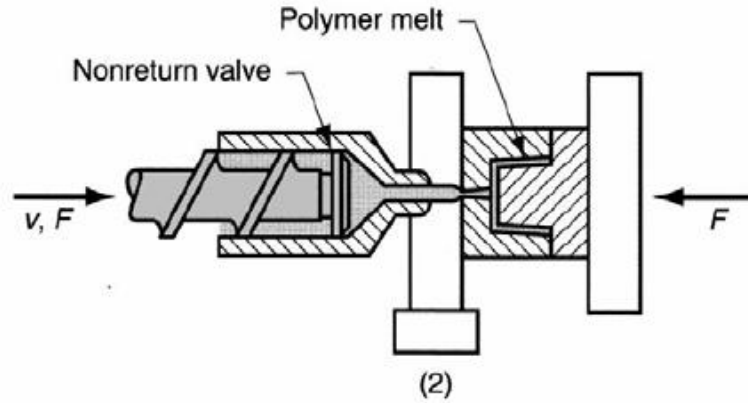
Plastikleştirme, hammaddenin eritilmesi, kalıba enjekte edilmeye hazır hale getirilmesidir. Vida döner; huniden ocağa granül hammadde alınır. Hammadde ısıtıcılar ve vida sürtünmesi ile eritilir. Eriyen plastik öndeki vida boşluğuna ulaşır. Vida boşluğunda biriken plastik vidayı geriye doğru iter. Vidanın geri gitmesine geri basınç karşı koyar.

Kapama, Kalıbın mengene ünitesi tarafında kapatılması adımıdır (Şekil 1.10).



Şekil 1.10; Enjeksiyon çevriminde kalıbın kapanma safhası

Vida hidrolik piston tarafından ileri itilir. Eriyik plastik kalıp boşluğuna dolar. Kalıp gözünü doldurmak için gerekli olan basınç ve kalıp göz içi basıncı artar. Plastik kalıp boşluğunu doldururken sıcaklık artışına karşı viskozite ve basınçta azalma gerçekleşir. Eriyik plastiğin kalıp boşluğunu tamamen doldurduğu anda enjeksiyon aşaması sona erer (Şekil 1.11).

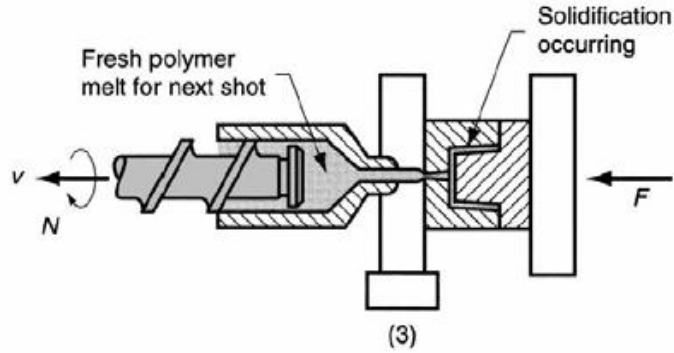


Şekil 1.11; Enjeksiyon çevriminde plastik enjeksiyon safhası

Ütuleme aşamasında, enjeksiyon sonrasında kalıba uygulanan plastik malzeme basıncı yükseltilecek şekilde plastiğin kalıbın tam şeklini alması sağlanır.

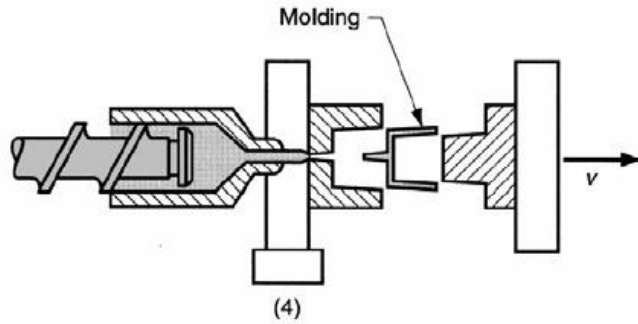
Kalıba basılan sıcak plastik malzeme soğuma esnasında plastiğin türüne göre bir miktar çekme yapabilmektedir. Bunun engellenmesi ve çekme miktarı kadar malzeme kalıba basılması amacıyla plastik parçanın bir süre basınç altında bekletildiği evre tutma evresidir. Yolluğun donmasına kadar tutma evresi devam eder.

Soğutma evresinde enjeksiyon ünitesi kalıptan ayrılır. Kalıp içerisinde soğumaya başlayan parça yumuşama sınırına kadar soğutma sistemi ile soğutulur (Şekil 1.12).



Şekil 1.12; Enjeksiyon çevriminde soğuma safhası

Yumuşama sıcaklığına kadar soğuyan parça kalıptan çıkarılmaya hazır hale gelmiştir. Kalıp yarımları açılarak parça itici sistemler vasıtasıyla kalıptan çıkarılır (Şekil 1.13).



Şekil 1.13; Enjeksiyon çevriminde parçanın kalıptan çıkarılması safhası

1.6. Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı Süreci

Kalıp tasarımı, üretimi düşünülen plastik mamulün varsa bir örneğinin ya da modelinin yoksa teknik resminin kalıp tasarımı yapan teknikle personele verilmesiyle başlayan bir süreçtir. Üretimi planlanan mamul hakkında ölçü bilgileri dışında tasarımcı kalıbın hangi kapasitede tezgaha bağlanacağı, ürünün malzemesinin ne olacağı, gibi bilgilere ihtiyaç duyacaktır. Bu bilgilerin netlik kazandırılarak tasarımcıya verilmesi sürecin sağlıklı işleme açısından önemlidir. Kalıp tasarımını yapan personel işe başlamadan önce şu soruların cevaplarını da net olarak alabilmelidir;

- Üretimi planlanan plastik parçadan kaç adet üretilmek isteniyor?
- Ürün nerede ne amaçla kullanılmak isteniyor?

- Ürün münferit olarak mı yoksa başka bir parça ile mi kullanılacak?
- Seçilen plastik malzemenin kalıplanabilme özellikleri nelerdir?
- Üründen beklenen yüzey kalitesi nedir?
- Ürün üzerinde logo, yazı, kabartma şekiller var mı?
- İmalatı yapılacak olan kalıp ne tür bir tezgahta kullanılacak?
- Basımı yapılan ürünler kalıptan otomatik mi yoksa elle mi alınmak isteniyor?
- Ne tür yolluk sistemi kullanılacak?

Tasarımı yapan teknik personel bu bilgiler ışığında kalıbın tasarımına başlar.

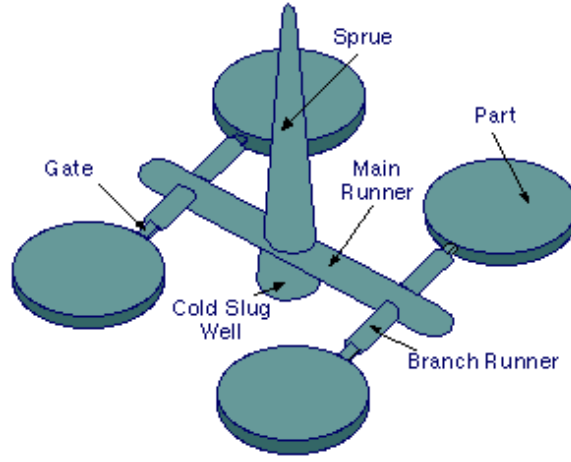
1.7. Yolluk Sistemleri

Yolluk sistemleri; ergimiş plastik malzemenin hazneden kalıp boşluğuna ulaşması sırasında takip ettiği sistemlerin bütünü olarak tanımlanabilir. Yolluk sistemlerinin şekli, ölçüleri ve kalıpla olan bağlantısı kalıp doldurulma sürecini ve dolayısıyla ortaya çıkan ürünün kalitesini büyük oranda etkilemektedir. Hızlı katılma ve kısa çevrimler gibi ekonomiyi göz önünde bulunduran tasarımlar birçok zaman özellikle teknik parçaların kalite istekleriyle çelişki gösterebilmektedir ve bu yüzden yolluk sistemlerinin tasarımı çok önemlidir.

Yolluklar girişten dağıtım kanalları arasındaki bağlantıyı sağlar. Yollukların görevi aynı anda ve eş basınçla bütün kaviteleri doldurmaktır. Yolluk sistemlerini sıcaklık şartlarına göre üç kısımda incelemek mümkündür;

- 1- Standart yolluk sistemi
- 2- Sıcak yolluk sistemi
- 3- Soğuk yolluk sistemi

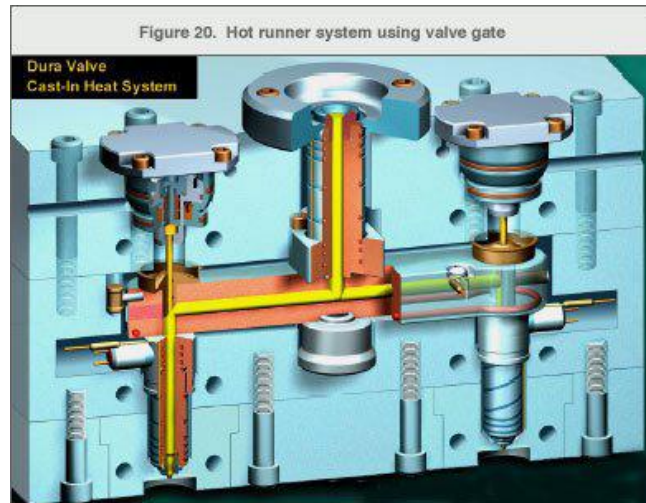
Standart yolluklar, kalıp plakalarına direkt olarak makine ile işlenerek açılırlar (Şekil 1.14). Ayrı olarak ısıtılış manifoldları içermediklerinden sıcaklıkları bütün kalıp sıcaklığına bağlıdır ve bunlara izotermal yolluklar adı verilir. Her bir püskürtmeden sonra malzeme yolluk içinde katılabilir ve her bir kapamadan sonra kalıpla birlikte çıkarılmak zorundadır. Reaktif malzemeler için geçerli olan bu durum, termoplastikler için de aynıdır. Termoplastiklerden yapılan yolluklar genellikle yeniden kırılıp tekrar kullanılabilirken termosetlerden yapılmış yolluklar hurdaya ayrılır.



Şekil 1.14; Standart yolluk sistemi

Bir termoplastik kalıbın sıcak yolluk sistemi ısıtılmış manifold ile karakterize edilir. Termoplastik eriyiklerin sıcaklık aralığı 180-300 °C ve kalıp sıcaklığı ise 20-120 °C arasındadır. Manifold, eriyik malzemeyi makine memesinden göz girişine kadar hiçbir ısı kaybı olmaksızın taşır. Standart bir yolluğa zıt olarak termoplastikler sıcak yollukta sıvı olarak kalır. Bu sayede yolluk sisteminin sökülmesine ihtiyaç kalmamakta ve bir sonraki çevrim için sistem hazır kalmaktadır (Şekil 1.15).

Termoplastikler için kalıplardaki sıcak yolluk sistemine benzer olarak, termosetler ve kauçuk gibi reaktif malzemeler için soğuk yolluk kullanılır. Termosetlerin kullanıldığı kalıplarda ölçülen 160-180 °C kalıp sıcaklığında, malzemenin yollukta reaksiyona girmemesi için yollukta 80-120 °C sıcaklığın sağlanması gerekir.



Şekil 1.15; Sıcak yolluk sistemi

1.7.1. Yollukların Karakterizasyonu

Bir yolluk sisteminin boyutlandırılması, kalıplanacak parçanın konfigürasyonu, kullanılan plastik malzeme, plastik enjeksiyon makinesi ve enjeksiyon kalıbı gibi esas faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bütün bu faktörler çizelge 1.1’de gösterilmiştir.

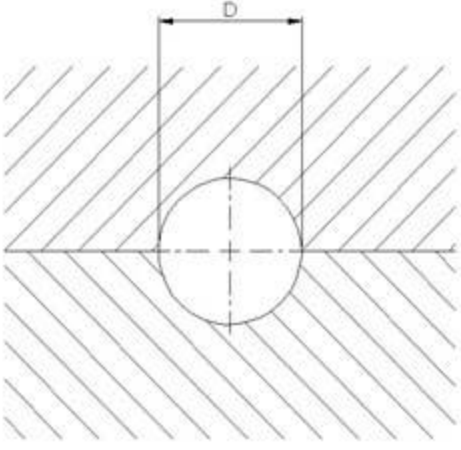
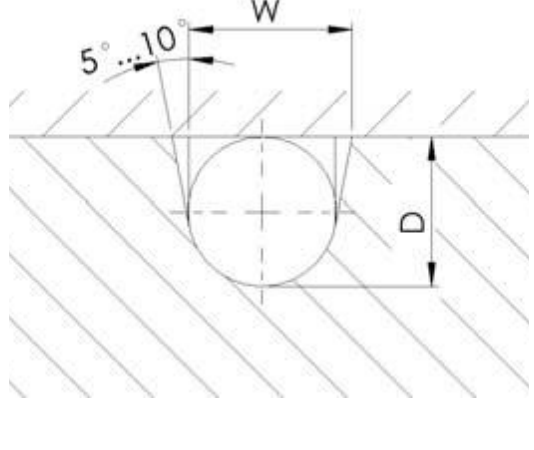
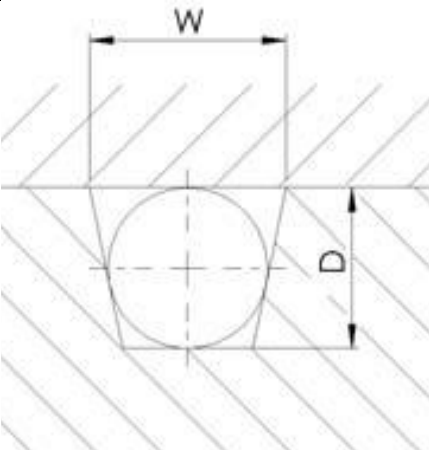
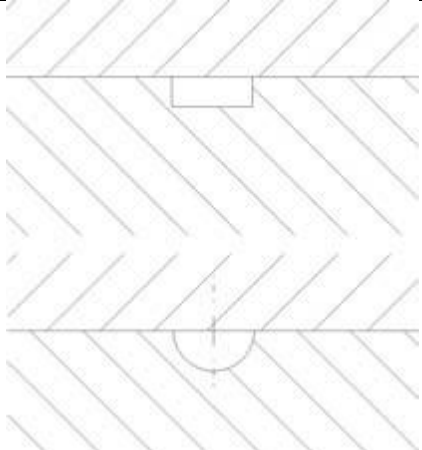
Yolluk Tasarımını Etkileyen Faktörler			
Kalıplanan Parça	Plastik Malzeme	Enjeksiyon Makinesi	Enjeksiyon Kalıbı
Geometri	Viskozite	Kısıtlama Türü	Otomatik
Hacim	Kimyasal	Enjeksiyon Basıncı	Elle Sökme
Duvar Kalınlığı	Kompozisyon	Enjeksiyon Oranı	Yolluk Sistemi
Kalite Beklentisi	Donma Zamanı		
Ölçüsel	Yumuşama Oranı		
Optik	Yumuşama Sıcaklığı		
Mekanik	Isıya Duyarlılık		
	Büzülme		

Çizelge 1.1; Yolluk tasarımını etkileyen faktörler

Çizelge 1.2’de üretimde en çok tercih edilen yolluk ara kesitleri ve bu kesitlerin meydana getirdiği avantaj ve dezavantajlara yer verilmiştir. Performans, imalat ekonomisi ve parça kalitesi açısından en çok tercih edilen parabol şeklindeki ara kesit olmuştur.

Yolluk tasarımında dikkat edilmesi gereken genel kuralları şöyle sıralayabiliriz;

- Plastik malzeme akışını zorlaştıran detaylardan kaçınılmalıdır.
- Yolluk yeri ve yapısı parça görünümünü etkilememelidir.
- Enjeksiyon basıncı, sıcaklık ve malzeme kayıplarının önlenmesi için yolluk uzunluğu mümkün olduğunca kısa olmalıdır.
- Kalıp boşluğunu en kısa sürede doldurmalıdır.
- Yolluk sisteminin yapısı enjeksiyon döngü zamanını etkilememelidir.
- Yolluk girişleri kalıp boşluğunun en kalın yerine konmalıdır.

	
<p>Avantaj: En düşük soğuma hızı, düşük ısı kayıpları Dezavantaj: Hassas üretim tekniği gereksinimi</p>	<p>Avantaj: Dairesel kesitli parçalar için en iyi uygulamaları verir. Dezavantaj: Çok ısı kaybı ve yüksek hurda oranı</p>
	
<p>Avantaj: Parabolik kesite alternatiftir Dezavantaj: Çok ısı kaybı ve yüksek hurda oranı</p>	<p>Bu tercih edilmeyen ve kaçınılması gereken bir kesittir.</p>

Çizelge 1.2; Yolluk profil çeşitlerinin avantaj ve dezavantajları

Plastik malzeme enjeksiyon ünitesinden çıktıktan sonra yüksek hızla, soğuk kalıp yolluklarına girer. Isı, plastik malzemeden kalıp çeperlerine geçerek uzaklaşır ve plastik malzemede çok çabuk soğuma ve katılaşma meydana gelir. Bu olay, yolluk merkezinde akan malzeme için bir ısı yalıtım katmanı meydana getirir. Sıcaklık ve plastik malzemenin sıvı hali parçanın donmasına kadar korunmalıdır. Kalıplanan parçanın katılaşma anına kadar hacim daralmalarını karşılamak amacıyla enjeksiyon basıncı sabit tutulur, yolluktaki plastik malzemenin erken katılaşması parçanın istenen kalitede çıkmamasına neden olur. Bu durum kalıp tasarımında yolluğun geometrisi açısından dikkate alınmalıdır.

1.7.2. Yolluk Tasarımı

Malzeme tasarrufu ve soğuma şartlarından ötürü, yolluklarda yüzey hacim oranı küçük tutulabilir. Yolluğun boyutları öncelikle parçanı boyutuna, kalıbın tasarımına ve imalatta kullanılacak plastik malzemenin türüne bağlıdır. Genel bir kural olarak, parçanın boyutunun ve çeper kalınlığıyla yolluk ara kesit alanı arasında doğru orantı olmalıdır. Geniş bir ara kesit, dar ara kesitlere göre daha küçük akış direnci yaratacağından kalıbı doldurma işlemini daha kısa sürede ve daha sağlıklı gerçekleştirir. Plastiklerin viskozitesi nispeten daha uzun yolluklarda daha düşük olabilir. Bunun yanında, bir parçayı mümkün olduğunca ekonomik üretmek için yolluk tasarımında da alınması gereken önlemler vardır. Yolluk ara kesiti kalıplanacak parça boyutuna göre çok geniş yapılmışsa hurda miktarında artış meydana gelir.

Yolluk tasarımını etkileyen faktörler şöyle sıralanabilir;

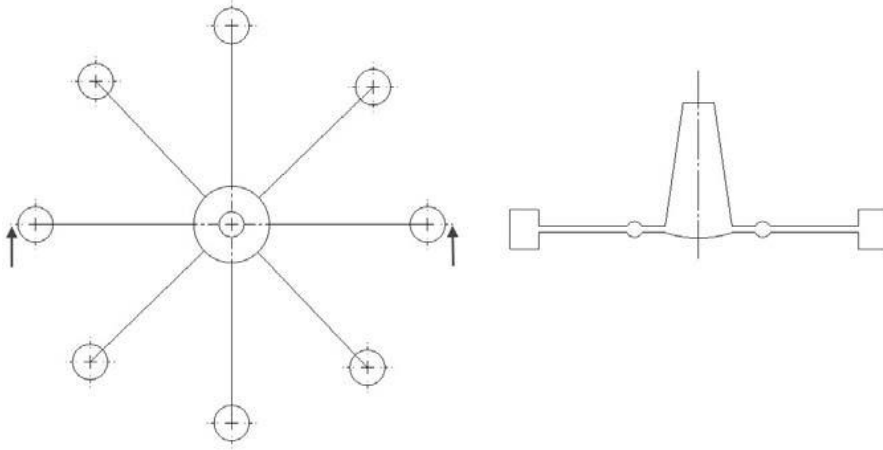
- Kalıplanacak parçanı hacmi
- Duvar kalınlığı
- Plastik malzemenin türü
- Akış yolunun uzunluğu
- Akma direnci
- Yüzey/hacim oranı
- Isı kayıpları
- Sürtünme kayıpları
- Soğuma süresi
- Hurda miktarı
- Üretim maliyeti
- Kalıp türü

Yollukların fonksiyonlarını ve yolluklardan beklenen özellikleri şöyle sıralayabiliriz;

- 1- Ergimiş plastik malzeme en kısa yoldan ve en kısa sürede kalıp boşluğuna ulaştırılmalıdır. Yolluk içerisinde ısı ve basınç kayıpları minimum olmalıdır.
- 2- Kalıp boşluğuna bütün girişlerde aynı basınç ve sıcaklık sağlanmalıdır.
- 3- Kalıp boşluğunun doldurulmasında geniş yolluk ara kesiti her ne kadar uygunsa da plastik malzemenin korunması açısından küçük kesitlerin kullanılması gerekir. Büyük kesit alanı soğuma süresini artıracaktır.
- 4- Yüzey/hacim oranı mümkün olduğunca küçük tutulmalıdır.

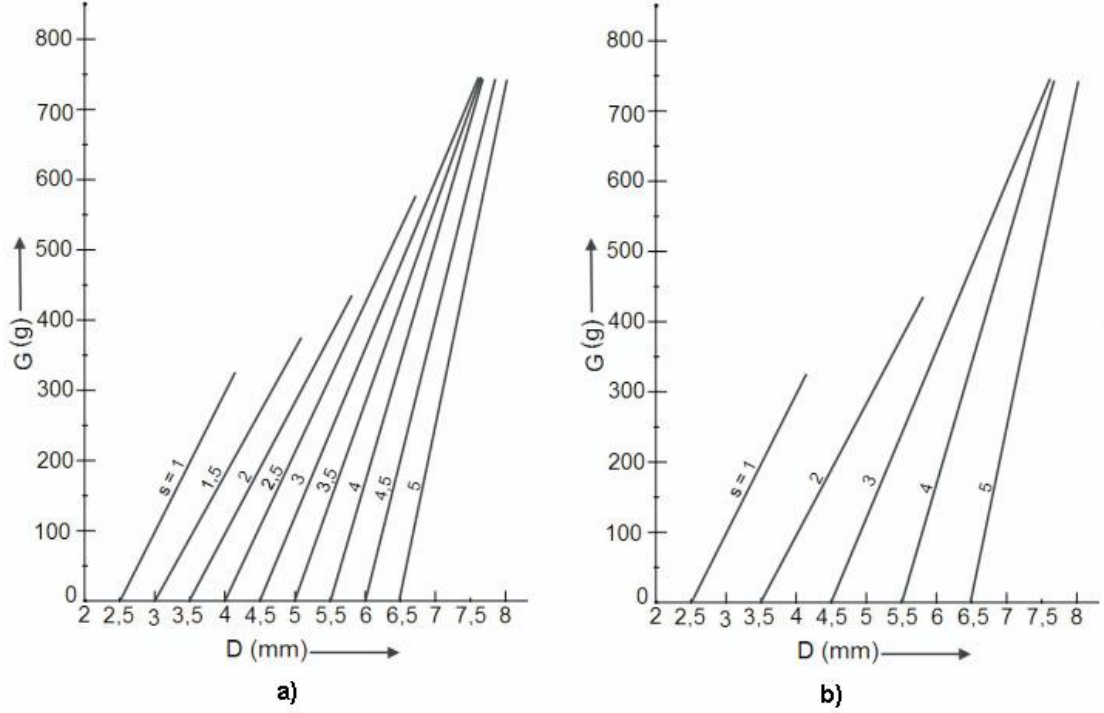
Bir yolluğun yüzey düzgünlüğü kalıplanacak plastik malzeme türüne bağlıdır. Genel uygulamada yolluk yüzeyleri parlatılmadan bırakılır. Bunun nedeni katılaştan dış katman kalıp çeperleriyle daha iyi bir bağlantı sağlar ve akışkan malzeme bu katmanı kolay uzaklaştırılmaz. Bununla birlikte kalıplama kullanılan PVC, Polikarbonat ve Poliasetal gibi bazı plastik türlerinde yollukların parlatılması ya da krom kaplanması zorunludur.

Çok gözlü kalıplarda, plastik malzemenin bütün gözleri düzgün olarak ve aynı anda doldurması özellikle önem taşımaktadır. Sadece eş kapama basıncıyla her birinin kapanması, plastiğin her yerde aynı sürede katılaşmasını sağlayacaktır. Gözlerin eş zamanlı olarak dolmasını sağlamak için gerekli işlem, eş uzunlukta akış yolları yapmak ve bu eş boyutları tüm kesit boyunca korumaktır. Eş değer akış yolları en yaygın olarak, yolluk kanalı merkezde olacak şekilde gözlerin bir daire şeklinde yerleştirmesiyle elde edilir. Bu sistemin özel bir şeklide, halka şeklinde yolluk kullanımındır (Şekil 1.16).



Şekil 1.16; Halka şeklinde yolluk

Yollukların ve girişlerin kesit boyutlarıyla ilgili olarak standart ölçüler verilememektedir. Basınç düşmesi, akış hızı, malzeme özellikleri, viskozite, sıcaklık ve diğer malzeme bileşenleri gibi birçok etmene bağlı olarak kesit boyutunun hesaplanması gerekir. Pratik olarak deneme yanılma metoduyla elde edilmiş bazı yolluk çapı değerleri çizelge 1.3'te gösterilmiştir.



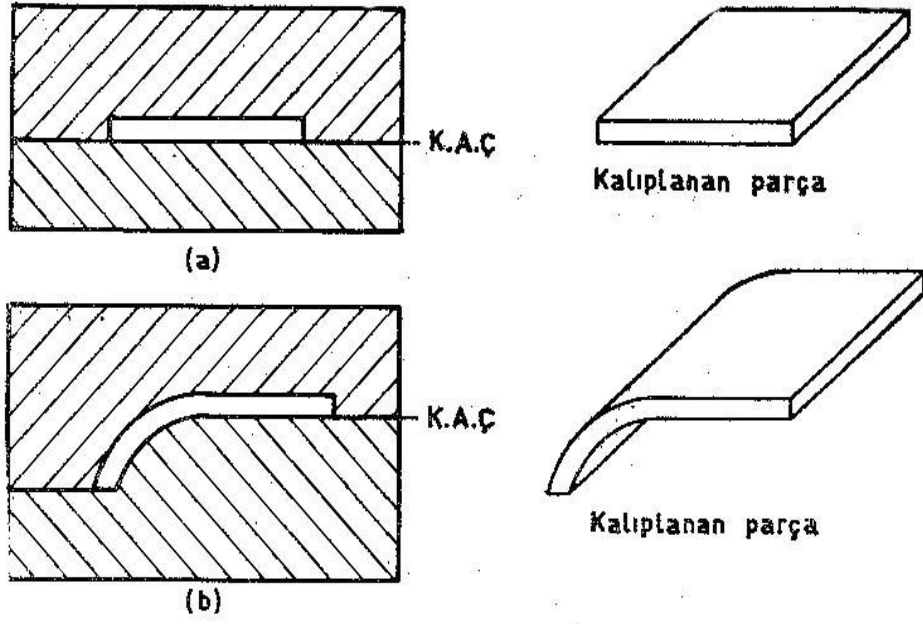
Çizelge 1.3; Yollukların en kesit boyutları için referans çizgileri

a)PS, ABS, SAN, CAB

b)PE, PP, PA, PC, POM

1.8. Kalıp Açılma Çizgisi

Kalıp yarımlarının açılıp kapandığı ve kalıplanan parçanın açılma düzlemi üzerinde meydana gelen çizgiye, kalıp açılma çizgisi denir (Şekil 1.17). Kalıplanacak parçanın biçim ve boyutlarına göre, kalıbın birden fazla açılma çizgisi bulunabilir. Açılma çizgisi sayısına göre de kalıplar birkaç parçaya ayrılır. Ayrıca kalıplanacak parçanın biçimi, üretim sayısı, parçaya verilecek eğim açısı, boyutsal toleranslar, enjeksiyon kalıplama metodu, parçanın estetik görünüşü, ön kalıplama işlemleri, parça içerisine konacak plastik taşıyıcılar, hava tahliye kanalı, parça kalınlığı, kalıplama boşluğu sayısı ve yerleşim planı ve giriş kanalı tipine göre kalıp açılma çizgisi sayısı belirlenir.

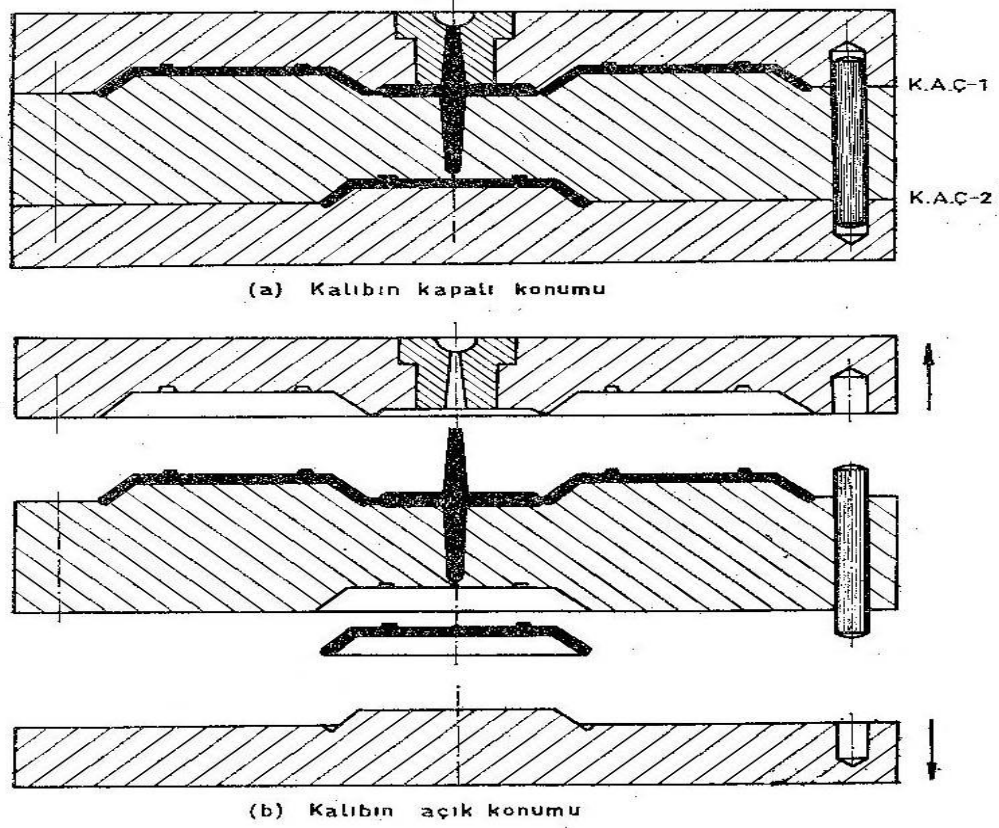


Şekil 1.17; Kalıplanan parça ve kalıp açılma çizgisi

Kalıplanan parçanın kalıp içerisinden çıkartılabilmesi için kalıplama boşluğu, kalıp açılma çizgisine doğru bir miktar konikleştirilir. Kalıplama derinliği az olan kalıplarda, kalıplama boşluğundan kalıp açılma çizgisine doğru $1^{\circ}/4$ — $1^{\circ}/2$ arasında, derinliği fazla olan kalıplarda bu miktar parçanın estetik görünüşünü bozmayacak şekilde 1° ye kadar verilebilir.

Tek açılma çizgili kalıplar alt ve üst kalıp yarımlarından oluşan ve tek açılma çizgisi bulunan kalıplardır. Bu tip kalıplara uygulanacak ısı kontrol kanalları, destek plakalarına veya dişi kalıpla zımba içerisine açılır. Destek plakalarına açılan kanallar kalıbın soğutulmasında, dişi kalıp ve zımbaya açılan kanallar ise, kalıbın ısıtılmasında kullanılır.

Üretim sayısını arttırmak amacıyla birden fazla kalıplama boşluğu bulunan kalıplarda iki açılma çizgisi tasarımı yapılabilir (Şekil 1.18). Bu tip kalıplarda dişi kalıp veya zımba, çift yönlü kalıplama işlemini görür. Kalıp dayanımını arttırmak için esas kalıp elemanları, destek plakalarıyla takviye edilir. Ayrıca, kalıplar içerisine ısıtıcı veya soğutucu kanallar da açılabilir.

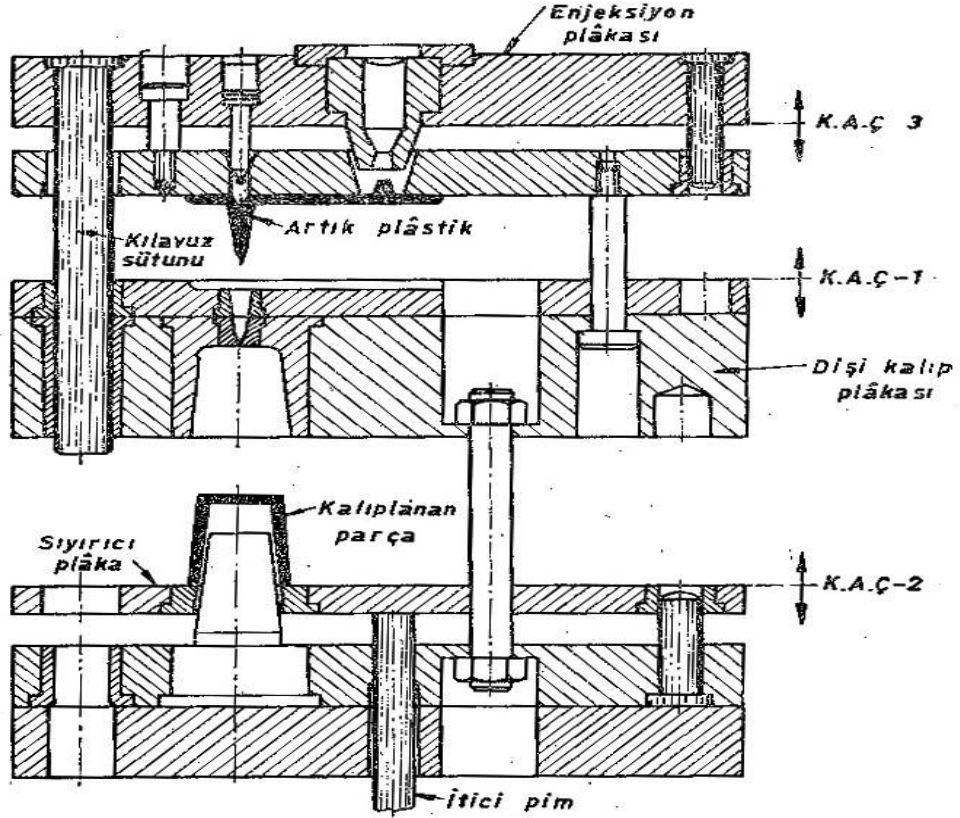


Şekil 1.18; İki açılma çizgisi bulunan kalıp

Bir merkez çevresinde çoklu kalıplama boşluğu bulunan kalıpların genellikle üç kalıp açılma çizgisi bulunur (Şekil 1.19). Ayrıca, değişik profilli parçaların kalıptan çıkartılabilmesi için de en az iki veya üç açılma çizgisinin bulunması gerekmektedir. Bu nedenle, çoklu veya değişik profilli parçaların üretilmesinde kullanılan kalıplarda üç açılma çizgisi bulunur. Aksi halde, parçanın kalıptan çıkartılması veya atık plastik parçanın alınması zorlaşır ve kalıplama işlemi tam olarak yapılamaz.

1.9. Açılı Pimler ve Kam Blokları

Kayma hareketli pek çok plastik hacim kalıpları vardır. Bu kalıpların açılma ve kapanma hareketleri, açılı pimler yardımıyla sağlanır. Genellikle kademeli parçaların kalıplanmasında veya maça pimini dışarı çekilmesinde, açılı konumda yerleştirilen kılavuz pimli veya kam blokları kullanılır.



Şekil 1.19; Üç açılma çizgisi bulunan kalıp

Kayma hareketli kalıp elemanları, kalıp eksenine dik olarak yana doğru veya çevreden merkeze doğru kapanır. Bu kayma hareketli kalıp elemanlarının açılma ve kapanma uzaklığı, kayma hareketini yapan pimlerin eğim açılarına bağlıdır. Ayrıca bu eğim açısı, kalıplanan parça biçimine ve üzerindeki kademeli çıkıntıların kalıplama konumuna bağlıdır (Şekil 1.20).

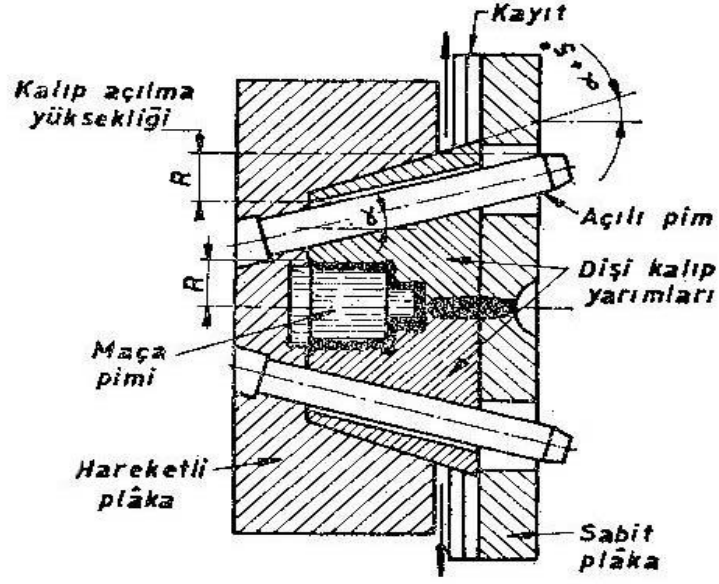
Kayma hareketli kalıp elemanları genellikle;

1 — Sabit kalıp yarımı üzerindeki kayma hareketli dişi kalıp veya zımba, hareketli kalıp yarımı üzerine yerleştirilen açılı pimler veya kam blokları yardımıyla hareket ettirilir.

2 — Hareketli kalıp yarımı üzerindeki kayma hareketli dişi kalıp veya zımba, sabit kalıp yarımı üzerine yerleştirilen açılı pimler veya kanal blokları yardımıyla hareket ettirilir.

3 — Kayma hareketli dişi kalıp, zımba veya maça pimi çekicileri, itici mekanizmalar yardımıyla hareket ettirilir.

4 — Yana açılan kayma hareketli kalıp elemanları, elle çalışan kramayer ve dişli sistemi yardımıyla hareket ettirilir.

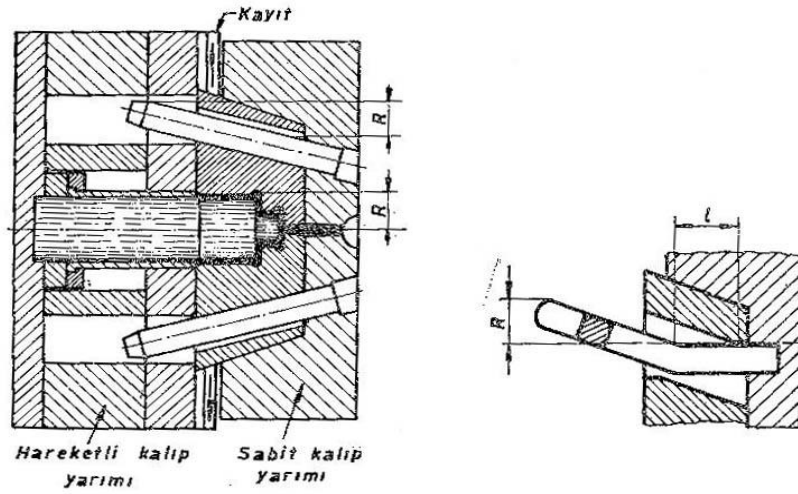


Şekil 1.20; Kayma hareketli dişi kalıp.

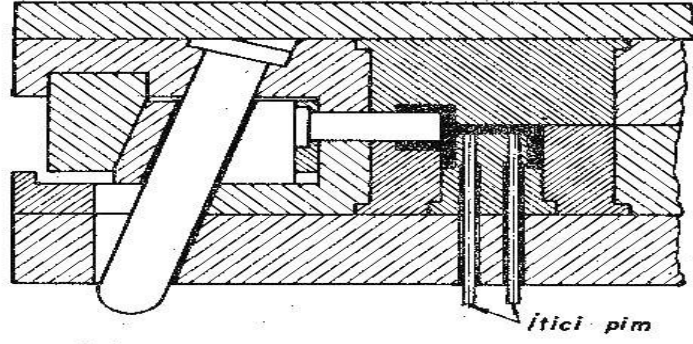
Kayma hareketli dişi kalıp ve dişi kalıp çerçevesi konik olarak işlenmiştir. Konik yüzeyli dişi kalıp çerçevesi, kalıp yarımlarının kapanmasını sağlar. Kalıp açıldığında açılı pimler dişi kalıp yarımlarını yana doğru açar (Şekil 1.21).

Şekil 1.22’de kademeli parçanın iki değişik kalıplama konumu gösterilmektedir. Bu tip kalıplarda, yana doğru hareket eden kalıp yarımlarının düşmesi veya kalıptan ayrılması açılı pimler yardımıyla önlenir.

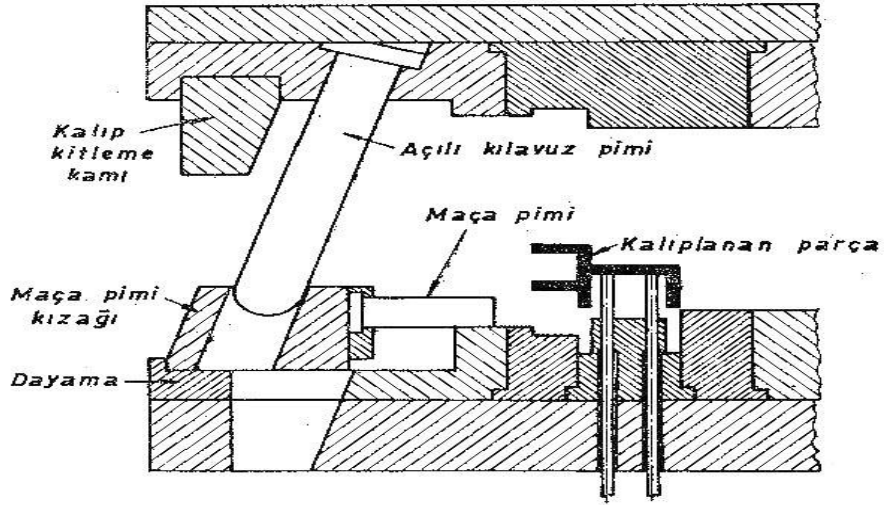
Kam etkili kalıplar genellikle enjeksiyon kalıplama metodunda uygulanır. Maça pimi çekicili ve ilave çıkıntılı kalıplarda kam etkili kalıp elemanları kullanılır.



Şekil 1.21; Kayma hareketli dişi kalıp; Parmak kama hareketli



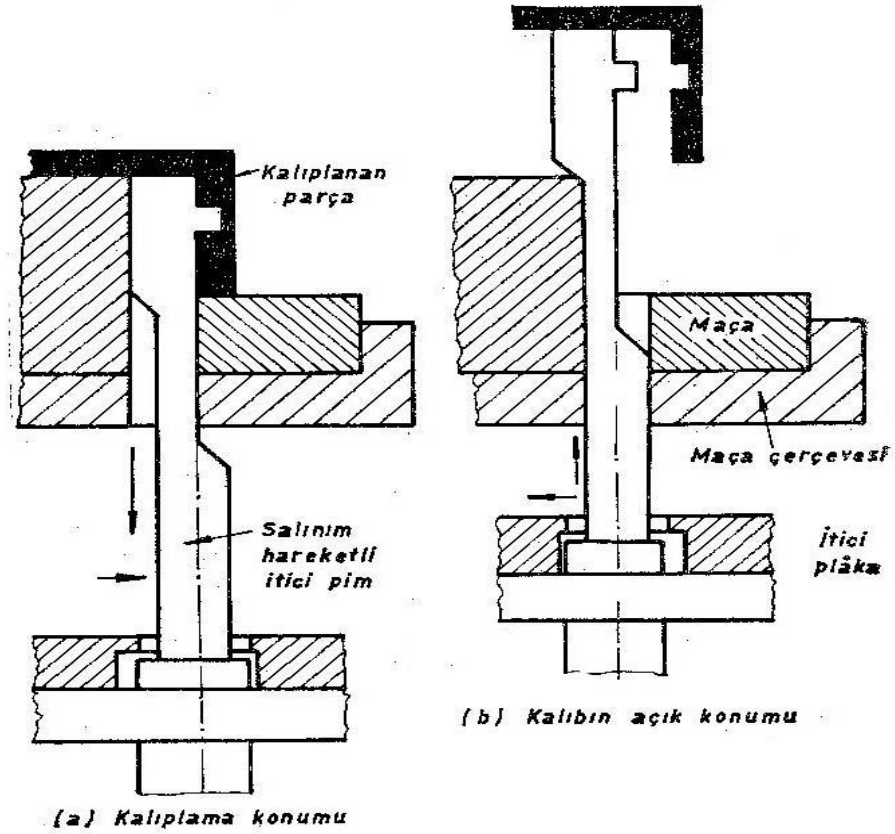
(a) Kalıbın kapalı konumu



(b) Kalıbın açık konumu

Şekil 1.22; Kam etkili kalıbın kapalı ve açık konumu

Bazı kam etkili kalıplarda kullanılan itici pimler, kalıplanan parçanın biçimlendirilmesinde ve kalıptan çıkartılmasında kullanılmaktadır. Üzerinde kanal veya benzeri çıkıntılar bulunan bu tip parçaların kalıplanmasında ve kalıptan çıkartılmasında kullanılan elemanlara, yana doğru salınım hareketli itici pimler denir (Şekil 1.23).



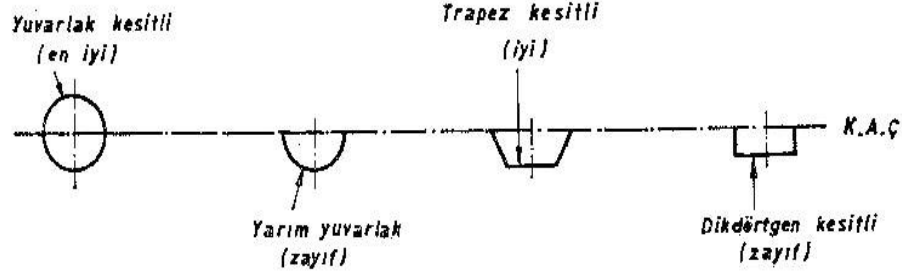
Şekil 1.23; Salınım hareketli itici pimli kalıp

1.10. Dağıtıcı Kanallar

Dağıtıcı kanallar, yolluk ve giriş kanalı arasındaki bağlantı kanalıdır. Dağıtıcı kanalların biçim ve boyutları, kalıp tasarımında düşünülmesi gereken en önemli kısımlarından biridir. Enjeksiyon basıncı kaybını en aza indirecek ve plastik maddenin akışına hız kazandıracak boyutlarda olmalıdır. Ancak, plastik malzemenin donmasına sebep olabilecek büyüklükte olmalıdır.

Bazı kalıplama işlemlerinde, dağıtıcı kanalların yeniden taşlanması ve kullanılması düşünülebilir. Dağıtıcı kanalların yeniden taşlanması ve kullanılması kalıp maliyetini, malzeme sarfiyatını ve zaman kaybını artırır. Ayrıca, kalıplanan parçanın fiziksel özelliklerini de etkiler. Bu nedenle, kalıp tasarımı yapılırken dağıtıcı kanalların biçim ve boyutları da beraber tasarlanır.

En çok kullanılan dağıtıcı kanalların kalıp açılma çizgisi üzerindeki kesit görünüşü yuvarlak, yarım-yuvarlak, trapez ve dikdörtgen biçimindedir (Şekil 1.24).



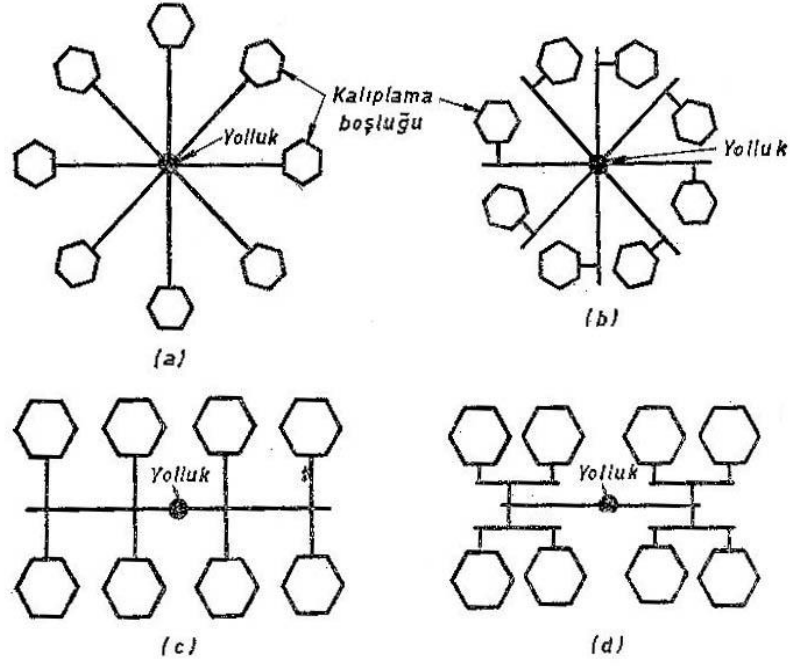
Şekil 1.24; Dağıtıcı kanal kesitleri ve özellikleri

Yuvarlak kesitli dağıtıcı kanallar, basınç ve sıcaklık kaybını önleyen en iyi yolluk ve giriş bağlantı kanalıdır. Trapez kesitli dağıtıcı kanallar genellikle kalıp yarımlarından birine açılır. Bu tip dağıtıcı kanallar en çok üç plakalı ve yuvarlak kesitli dağıtıcı kanalların açılması mümkün olmayan kalıplara açılır. Diğer yarım yuvarlak ve dikdörtgen dağıtıcı kanallar tercih edilmezler ve mümkünse kullanılmaz.

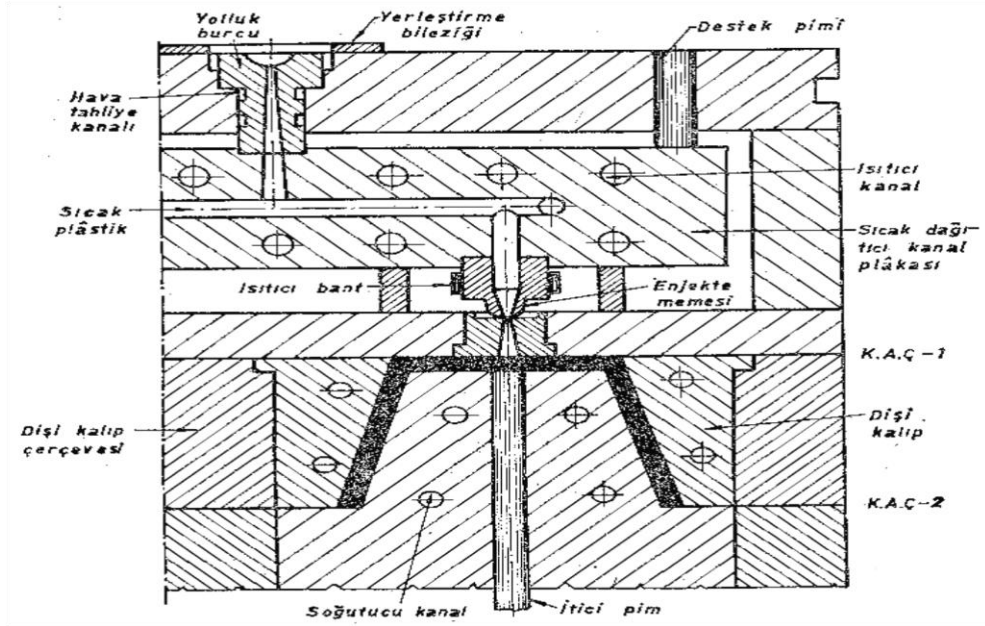
Tercih edilen dağıtıcı kanalların kalıp içerisindeki yerleşim konumu, kalıplama dengesine uygun olmalı veya kalıplama işlemi dengeleyici yönde olmalıdır. Dengeli yerleştirilmiş dağıtıcı kanallar, yolluktan düzgün hızda gelen plastik maddeyi, yolluktan eşit uzaklıktaki ve aynı ölçülerdeki kalıplama boşluklarına aynı hızda iletirler. Çoklu kalıplama boşluğu bulunan kalıplarda, bütün boşlukların aynı anda doldurulması veya plastik maddenin bütün boşluklara aynı oranda akması gerekmektedir (Şekil 1.25). Kalıplama boşluklarına akan plastik madde oranı farklı ise, bazı kalıplama boşlukları boş kalacak ve kalıplama işlemi tam olarak yapılamayacaktır.

Plastik madde akış uzaklığı eşitse, bazı kalıp yapımcıları dengelenmiş veya “H” tipi dağıtıcı kanal sistemini tercih eder. Ancak, bu her zaman mümkün olmayabilir ve plastik madde giriş kanalı yakınlarında donabilir.

Dağıtıcı kanal içerisinde plastik madde sıcaklığının düşmesini engellemesi ve akışkanlık özelliğini kaybetmemesi amacıyla ısıtıcı dağıtıcı kanallı kalıplar geliştirilmiştir (Şekil 1.26).



Şekil 1.25; Çoklu kalıplama boşluğu bulunan kalıplarda dağıtıcı kanal tipleri



Şekil 1.26; Isıtıcı dağıtıcı kanallı kalıp

Dağıtıcı kanal ölçüleri, kalıplanacak plastik maddenin cinsi ve parça boyutlarına bağlıdır. Yapışkanlığı az olan plastik maddenin kalıplanmasında, yolluk burcu ile kalıplama boşluğu arasındaki uzaklık 125 mm'nin altında ise, 3 — 6,5 mm çapında yuvarlak kesitli dağıtıcı kanallar kullanılır. Büyük hacimli parçaların kalıplanmasında bu değerler 8 — 9,5 mm çapa kadar arttırılabilir. Yapışkanlığı fazla olan plastik maddeler için kalıba açılacak dağıtıcı kanal ölçüleri de yuvarlak kesitli ve 10 mm çaplıdır. Ancak dağıtıcı kanal çapları, verilen ölçülerde

küçük açılıp denenerek verilen değerlere yaklaşık ölçülerde tamamlanır. Aksi halde, büyük çaplı dağıtıcı kanalın daha küçük çapa düşürülmesi mümkün olamaz.

1.11. Giriş Kanalları

Dağıtıcı kanal ile kalıplama boşluğunu birbirine bağlayan belli biçim ve boyutlardaki kanallara, giriş kanalı denir.

Giriş kanalları, yeterli miktardaki plastik maddenin kalıplama boşluğuna girmesini ve kalıbı doldurmasını sağlar. Ayrıca kalıplanan parçanın çekme payını bir miktar önler. Giriş kanallarının boyutları, tipi ve yerleşim planı kalıplanan parçaya etki ederek fiziksel özelliklerini değiştirir. Bu nedenle giriş kanalı boyutları, kalıplanacak plastik maddenin cinsine, kalıplama hacmine, dağıtıcı kanal boyutlarına ve enjeksiyon basıncına göre seçilir.

Giriş kanalları, Doğrudan Giriş Kanalı ve Sınıflandırılmış Giriş Kanalı olmak üzere ikiye ayrılır.

1.11.1. Doğrudan Giriş Kanalları

Genellikle kesit alanı büyük olan giriş kanallarıdır. Bu tip giriş kanalları termoplastiklerin kalıplanmasında ve aşağıdaki amaçlar için kullanılır.

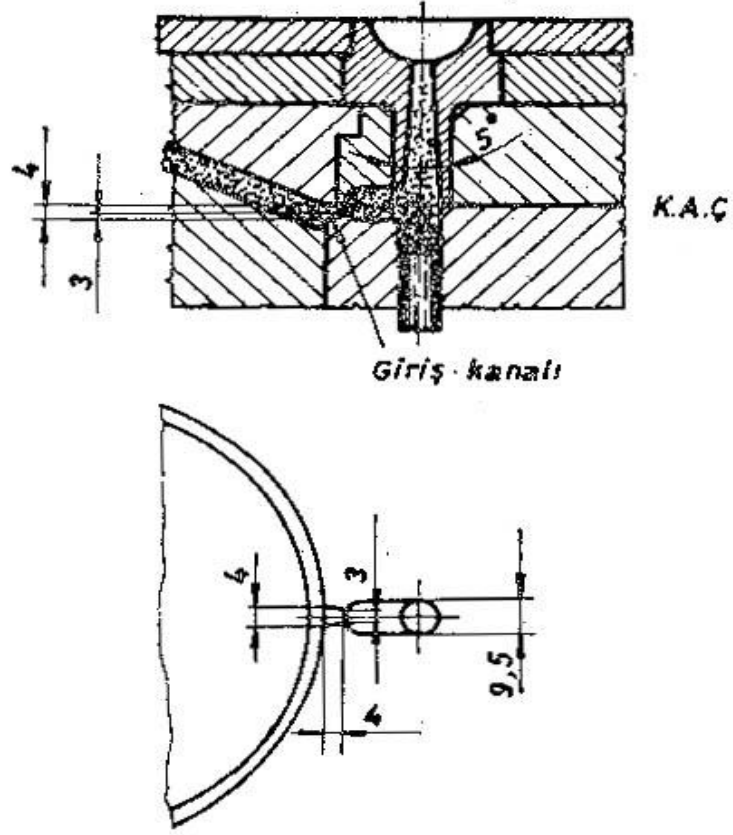
- 1 — Dağıtıcı kanalı bulunmayan iki plakalı kalıplarda uygulanan yolluk beslenmeli giriş kanalı,
- 2 — Akrilik ve benzeri yüksek viskoziteli plastiklerin giriş kanalı,
- 3 — Maksimum kalıplama basıncını iletmek amacıyla derinliği veya kalınlığı fazla ve simetrik olmayan kalıplama işlemlerindeki giriş kanallarıdır.

Doğrudan giriş kanalı genellikle radyo kabini, tepsi, dikdörtgen kutu, çanak ve benzeri parçaların üretiminde kullanılan kalıplara uygulanır. Çünkü bu tip kalıplarda doğrudan giriş kanalı kalıplama dengesini sağlar.

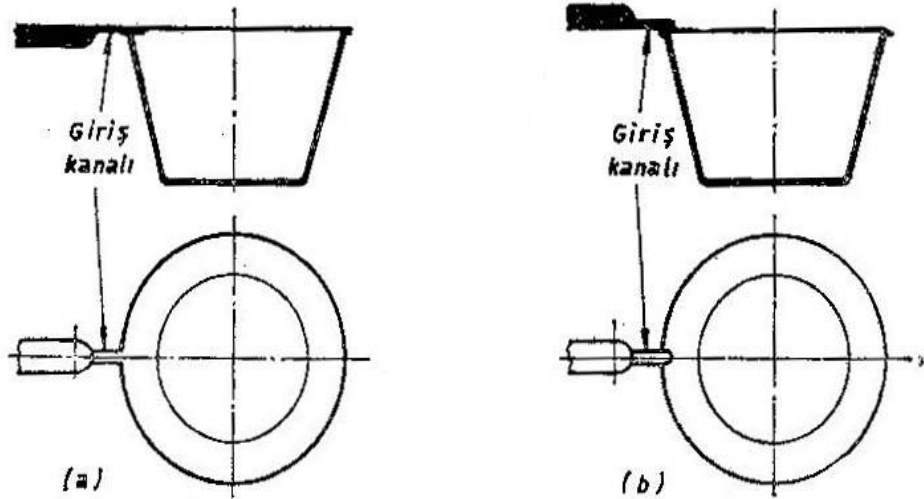
Çoklu kalıplama işlemlerinde kullanılan kalıpların her kalıplama boşluğuna giriş kanalı açılır. Bu giriş kanalları yarım yuvarlak, dikdörtgen veya kare kesitlidir ve en küçük kesit alanı $1,6 \times 1,6 \text{ mm}^2$ dir.

Şekil 1.27’de bir tabak kalıbı ve standart kenar giriş kanalı gösterilmektedir. Burada, kısa boylu ve yuvarlak kesitli dağıtıcı kanal da gösterilmiştir.

Doğrudan giriş kanalları genellikle, yandan kenar giriş veya üstten (bindirme) kenar giriş kanallarıdır. Bu giriş kanalları yarım yuvarlak, kare veya dikdörtgen ve bazen de trapez kesitli olarak açılır (Şekil 1.28).



Şekil 1.27; Doğrudan kenar giriş kanalı



Şekil 1.28; Kenar giriş kanalı

1.11.2. Sınıflandırılmış Giriş Kanalları

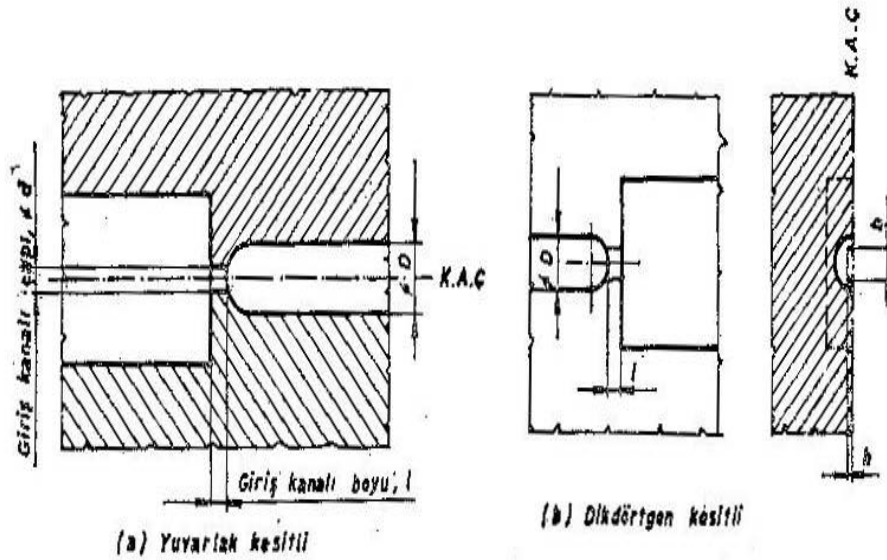
Bu tip giriş kanalları genellikle kenar veya merkezden beslenmelidir. En çok, serbest akışlı ve düşük viskoziteli plastik maddelerin kalıplanmasında kullanılır.

Sınıflandırılmış giriş kanallarının faydalarını aşağıdaki şekilde açıklayabiliriz.

- 1 — Kalıplama işleminden sonra giriş kanalındaki artık plastik maddenin çok çabuk donması gerekiyorsa,
- 2 — Erken donması gereken giriş kanalları,
- 3 — Giriş kanalı çok kısa kesilip kalıplanacak parçanın estetik görünüşü bozulmayacaksa, sınıflandırılmış giriş kanalları kullanılır.

Sınıflandırılmış giriş kanalları normal olarak 0,75 — 1,5 mm çaplı veya kesit alanı bu çaplara uygun dikdörtgen ve kare kesitli olarak yapılır. Boyu fazla olan giriş kanalı, kalıplama basıncının düşmesine sebep olur (Şekil 1.29).

Sınıflandırılmış giriş kanalında, dağıtıcı kanal çapının giriş kanalı çapına oranı (D/d) = 4,5 olmalıdır. Bu orana göre dağıtıcı kanal kesit alanının giriş kanalı kesit alanına oranı yaklaşık 20:1 olmalıdır.



Şekil 1.29;Giriş kanalı boyutları

Dikdörtgen kesitli giriş kanalları tercih edildiğinde yine aynı oran uygulanır ve giriş kanalının genişliği, derinliğini 2,5 katı kadar alınır.

Örneğin ; Dağıtıcı kanal çapı $D = 6$ mm ise, kanal çapları arasındaki orandan giriş kanalı çapı;

$$4,5.d = D, \quad d = (D/4,5), \quad d = 0,75 \text{ mm bulunur.}$$

Aynı uygulama dikdörtgen kesitli giriş kanalına göre yapıldığında, giriş kanalı boyutları aşağıdaki şekilde bulunur.

$$6 \text{ mm çaplı dağıtıcı kanalın kesit alanı} = 28,27 \text{ mm}^2$$

$$\text{Giriş kanalı kesit alanı} = h \cdot b, \text{ mm}^2$$

Giriş kanalı genişliği $b = 2,5h$ olduğundan;

$$\text{Giriş kanalı kesit alanı} = h (2,5h), \text{ mm}^2 \text{ dir.}$$

Giriş kanalı kesit alanının dağıtıcı kanal kesit alanına oranı $1 : 20$ olduğuna göre;

Dağıtıcı kanal alanına bağlı olarak giriş kanalı kesit alanı $= 28,27 : 20 = 1,41$ dir. Buna göre,

$$\text{Giriş kanalı derinliği } h = (1,41/2,5)^{1/2}$$

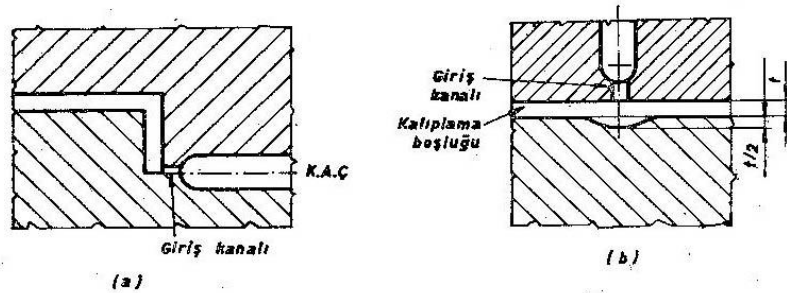
$$h = 0,75 \text{ mm}$$

Giriş kanalı genişliği $b = 2,5h$, $b = 1,875$ mm bulunur.

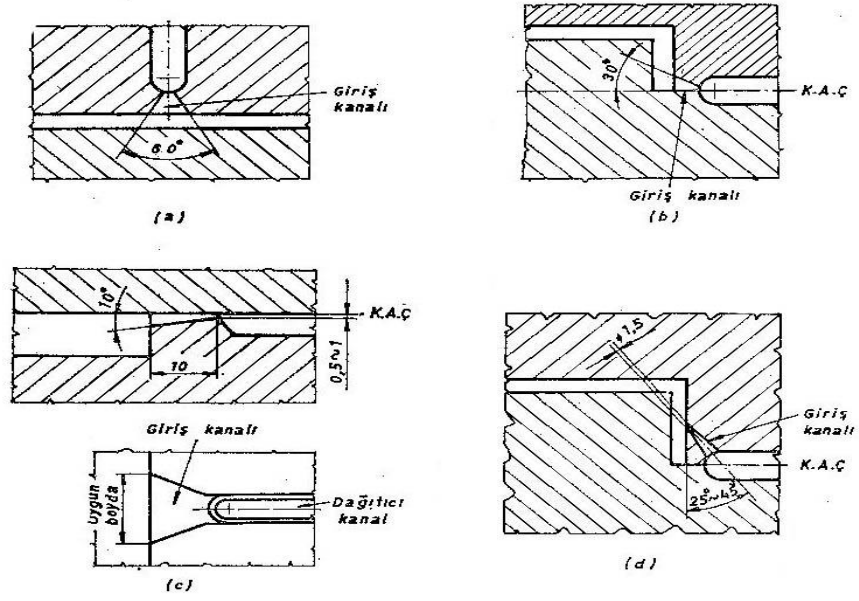
İki plakalı kalıplarda dağıtıcı kanal, kalıp yarımından birine yarım yuvarlak, dikdörtgen veya kare kesitli olarak açılır. Buna bağlı olarak giriş kanalı da yarım yuvarlak, dikdörtgen veya kare kesitli olarak kalıp yarımından birine açılır. Plastik maddenin kalıp içerisindeki fişkırtma etkisini azaltmak amacıyla kenardan veya merkezden giriş kanalı açılır. Bazen de plastik maddenin fişkırtma etkisini azaltmak için kalıp içerisine yön değiştirme plakaları yerleştirilir

Otomatik kalıplama işlemini ve giriş kanalının koparılmasını kolaylaştırmak amacıyla giriş kanalı, kalıplama boşluğuna doğru konikleştirilir. Bu tip giriş kanallarındaki artık plastik kırılırken veya kesilirken ser plastikten kalıplanan ince kesitli parçaların da kırılması veya çatlaması önlenmiş olur.

Kenar ve merkezden giriş kanal tipleri şekil 1.30' da gösterilmiştir. Bahsi geçen kanal tiplerinin haricinde kullanım alanı bulan diğer kanla tipleri şekil 1.31' de gösterilmiştir.

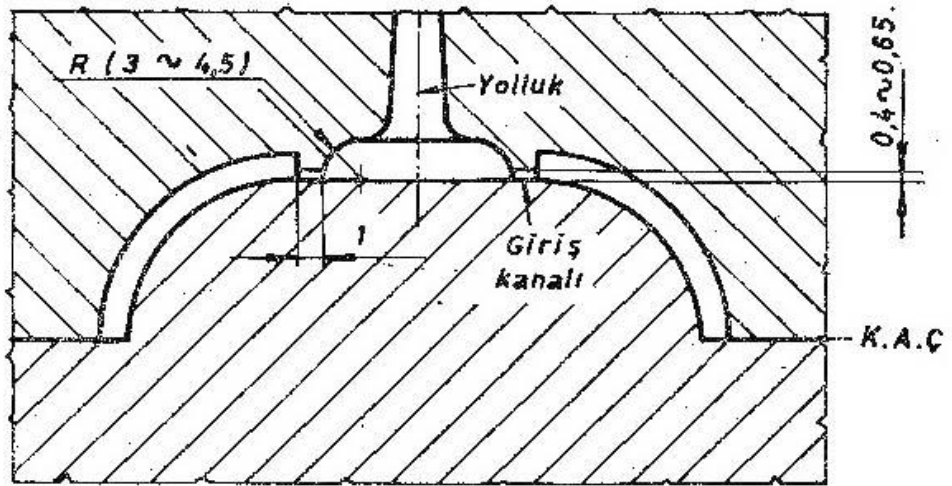


Şekil 1.30; Kenar ve merkezden giriş kanalları



Şekil 1.31; Değişik tipteki konik giriş kanalları

Kalıp merkezindeki yolluktan gelen plastik maddeyi çevredeki kalıplama boşluklarına dağıtan giriş kanalına, disk giriş kanalı denir. Bu tip giriş kanalları, doğrudan yolluktan aldığı plastik maddeyi kalıplama boşluğuna iletir. Derinliği 0,4—0,65 mm arasındaki dikdörtgen kesitli giriş kanalları kullanılır (Şekil 1.32).



Şekil 1.32; Disk giriş kanalı

Disk giriş kanalları genellikle aşağıdaki amaçlar için kullanılır.

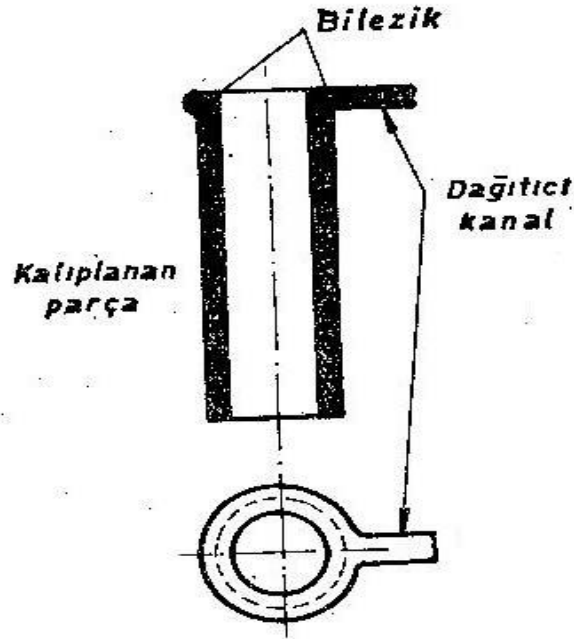
1 — Düz boru veya içi boş kap biçimindeki simetrik parçaların elle kalıplama işlemlerinde,

2 — Kalıp açılma çizgisinin görünmemesi gereken kalıplama işlemlerinde,

3 — kenar giriş kanalının uygulaması zor büyük hacimli parçaların kalıplanmasında, disk giriş kanalları kullanılır.

Derinliği fazla olan kalıplama işlemlerinde, maça pimi çevresini kolayca doldurmak amacıyla bilezik (ring) tipi giriş kanalı kullanılır. Bilezik tipi giriş kanalı, dağıtıcı kanaldan aldığı plastik maddeyi kalıplama boşluğuna maça pimi çevresinden iletir (Şekil 1.33).

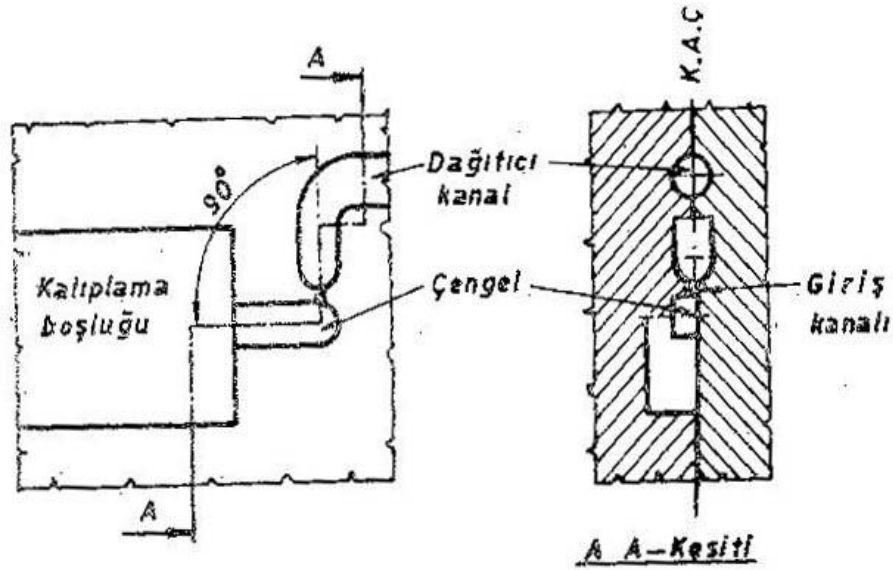
Parça dayanımını arttırmak amacıyla akrilik plastiklerin kalıplanmasında, çengel tipi giriş kanalı kullanılır. Bu tip giriş kanallı kalıplarda, dağıtıcı kanaldan gelen plastik madde sınırlandırılmış çengel giriş kanalına yöneltilir ve buradan da kalıplama boşluğuna iletilir.



Şekil 1.33; Bilezik tipi giriş kanalı

Çengel tipi giriş kanalı genellikle kare veya dikdörtgen kesitli yapılıdır. Bazen de yarım yuvarlak kesitli yapırlar. Giriş kanalı boyutları ise, kalıplanacak plastik maddenin cinsine ve

kalıplama hacmine bağlıdır. Ağırlığı 112 dram olan plastik parçanın kalıplanmasında derinliği 1 mm, genişliği 3,125 mm ve boyu 1,5 — 2 mm arasında olan dikdörtgen kesitli çengel tipi giriş kanalları kullanılır. Büyük hacimli parçaların kalıplanmasında bu giriş kanallarının boyutları 1,8x(1,5-4,8) mm dikdörtgen kesitli olarak yapılır. Çengel boyutları ise, 12 mm boyda ve 6,25 — 9,5 mm genişliğinde yapılır. Dağıtıcı kanal ise, 8 mm çapında yuvarlak kesitli olarak açılır (Şekil 1.34).



Şekil 1.34; Çengel tipi giriş kanalı

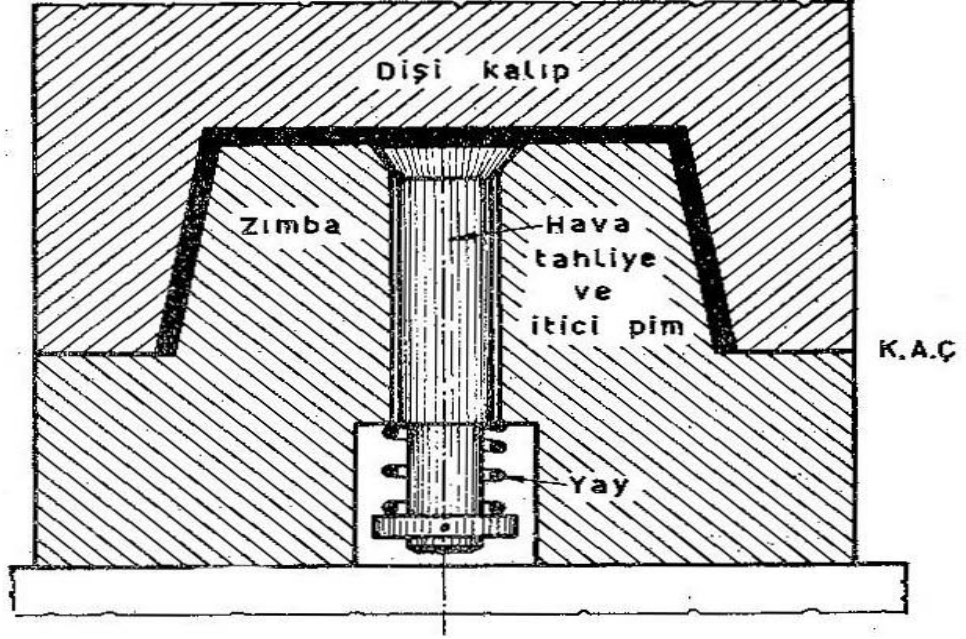
1.12. Hava Tahliye Kanalları

Akışkan haldeki ısıtılmış plastik madde kalıp içerisine enjekte edildiğinde, kalıplama boşluğundaki havayı dışarı atar. Hava tahliye kanalı açılmamış ve hassas olarak alıştırılmış bir kalıp istenilen sıkma kuvvetiyle kapatıldığında, kalıp içerisine enjekte edilen plastik madde hava basıncıyla karşılaşır. Kalıp içerisindeki sıkışan hava, plastik maddenin kalıplama boşluğunu doldurmasını engeller. Aynı zamanda plastik madde ile hava karışarak kalıplanan parça içerisinde hava boşlukları meydana getirir. Bu nedenle, hacim kalıpları içerisine uygun ölçülerde hava tahliye kanalları açılır ve kalıplama anında kalıp içerisindeki havanın dışarı çıkması sağlanır.

Hava tahliye kanallarının boyutları ve kalıp içerisindeki yerleşim planı, genellikle tecrübeye bağlı olarak bulunan değerlere göre alınır. Hava tahliye kanalları genellikle kalıp açılma çizgisi üzerine yerleştirilir. Yerleşim konumu ve boyutları, kalıplanacak plastik maddenin cinsi ve kalıplama boşluğunun hacmine bağlı olarak seçilir. Genellikle 0,025 mm

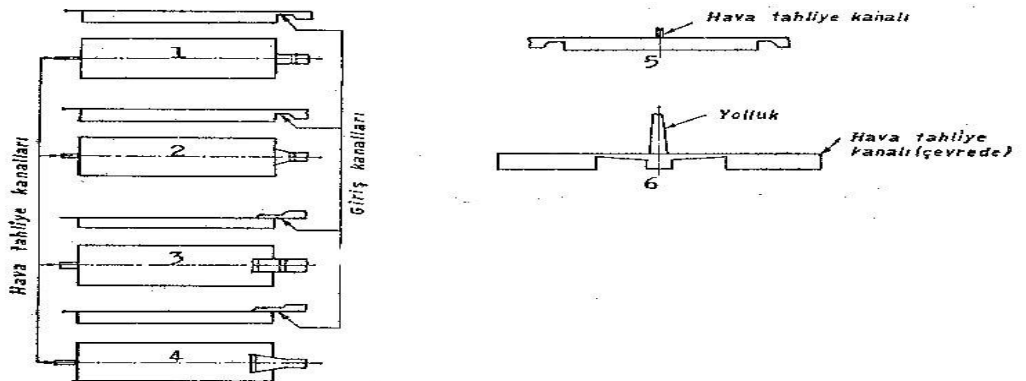
derinliğinde ve kalıplama hacmine bağlı olarak 25 mm genişliğine kadar kalıp yarımalarında birine açılır. Hava tahliye kanalı genişliğinin 25 mm olması mümkün değilse, derinliği 0,125 mm ve genişliği 12 mm olacak şekilde açılır.

İtici pimli kalıp tasarımı yapılıyorsa, itici pim ve deliği arasındaki boşluk hava tahliye kanalı görevi yapar. Bazen de özel olarak pimler yerleştirilerek hava tahliye kanalı görevi yapması sağlanır (Şekil 1.35).



Şekil 1.35; Özel hava tahliye pimli kalıp

Genellikle küçük boyutlu hacim kalıplarına hava tahliye kanalı açılmasına gerek yoktur. Çünkü, kalıp yarımaları alıştırma boşluğu arasından hava kolayca çıkabilir. Büyük boyutlu hacim kalıplarındaki hava tahliye kanalı, plastik madde giriş kanalı karşısına gelecek şekilde açılmalıdır. Merkezden veya çevreden disk giriş kanallı kalıplardaki hava tahliye kanalları, giriş kanalı konumuna göre çevreden veya merkezden açılır (Şekil 1.36).



Şekil 1.36; Giriş kanalı yerleşim konumuna göre açılan hava tahliye kanalları

1.13. Isıtma Ve Soğutma Sistemi Tasarımı

Plastik enjeksiyon kalıplarında ısı transfer sistemlerinin ayrı bir yeri vardır. Isı transfer sistemleri termoplastik işleyen tezgâhlarda soğutma, termoset işleyen tezgâhlarda ısıtma olarak karşımıza çıkar. Plastik enjeksiyon kalıplarının ısıtılması ve soğutulması kalıplanan ürünün kaliteli ve kalıplamanın ekonomik olmasını sağlar. En etkili kalıp ısıtma ve soğutma tekniği dişi kalıp ve dalıcı zımba veya maça içerisinde sıvı dolaşımını sağlayan kanalların açılması ile elde edilmektedir. Kalıp içerisinde açılacak bu kanallar ayrı bir uzmanlık gerektirmektedir zira kanalların açılması sırasında çatlamalara sebebiyet verilmemelidir, ayrıca kanallar kalıp boşluğuna uygun mesafede yer almalıdır.

Plastik enjeksiyon kalıplama metodunda plastik madde ayrı bir ortamda ısıtıldığından kalıp içerisinde yeniden ısıtmaya gerek yoktur ancak kalıplama esnasında eriyik maddenin kalıbı doldurması için gereken süre içerisinde ısı kaybını önleyici sistem düşünülmelidir. Bu benzeri kalıplama işlemlerinde kalıbın uygun şekilde soğutulması ve parçanın şekil değiştirmeden çıkartılması önem taşımaktadır.

Plastik enjeksiyon kalıplarının kalıplanan ürüne şeklini vermenin yanında bir diğer görevi de erimiş plastiğin soğumasını sağlayarak sağlıklı bir şekilde kalıptan çıkmasını sağlamaktır. Kalıplar tasarım aşamasında en önemli etkenlerden birinin de yeterli ve uygun kalıp soğutması olduğu unutulmamalıdır. Kalıp tasarımında soğutma sisteminin ayrı bir önemi vardır.

Kalıp soğutma sistemlerinin çevrim süresini önemli ölçüde etkilemektedir. Sıcak kalıpta ergimiş plastik kolayca akabilmekte ancak parçanın sertleşip kalıptan dışarı atılma süresi uzamaktadır. Tersine durumda soğuk kalıpta erimiş plastiğin sertleşme süresi kısa olmakta bazı durumlarda kalıbı tam doldurmadan sertleşip hatalı ürün çıkması gibi problemler oluşabilmektedir.

Kalıp soğutma sistemleri kalıp içerisindeki sıcak malzemenin homojen ve hızlı şekilde soğumasını sağlamalıdır. Hızlı soğuma süreci maliyetini düşürecek, homojen soğuma parça üzerinde oluşan farklı gerilmeleri, iç gerilmeleri, kalıp ayırma problemlerini azaltacak ve ürün kalitesini arttıracaktır. Kalıp soğutma işlemi yeterli ve uygun şekilde yerleştirilecek soğutma kanalları ile sağlanmaktadır. Bu kanalları yerleşimi kalıbın şekli ile uyumlu olmalı ve kalıp duvarlarına mümkün olduğunca yakın olmalıdır. Kanalların kalıp yüzeyine olan uzaklığı

arttıkça ısı transfer veriminde azalma olur ve kanallar arası mesafe arttıkça heterojen soğuma gerçekleşir.

Kalıp boşluğunun köşeleri gibi keskin hatların soğutulması daha zordur, bu bölgelerde ısı transferi oldukça yavaştır. Bu durum kalıplanan ürünün köşelerinde yamulma ihtimalini artırmaktadır. Soğuma esnasında soğutmanın daha iyi olduğu dış köşeler iç köşelere göre daha erken soğur ve donar.

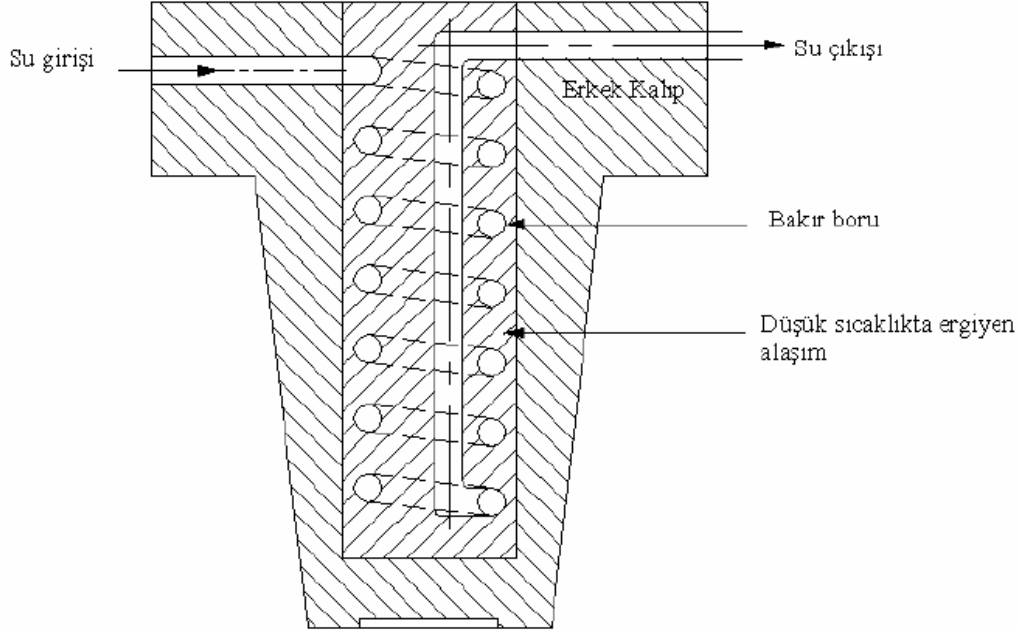
Plastik enjeksiyon kalıplarının soğutulmasında yaygın olarak su kullanıldığı gibi parça et kalınlıklarının düşük olduğu ve kalıp sıcaklığında çok fazla ısı değişimi beklenmeyen hallerde basınçlı hava da kullanılabilir. Soğutmada kullanılan suda bulunan kireç uzun vadede soğutma kanallarını tıkararak kalıbın kullanılmaz hale gelmesine neden olabilmektedir. Bu gibi durumları önlemek amacıyla sudaki kireci tutan sistemlerin tesisata dâhil edilmesi gerekir.

Su ile yapılacak soğutma işleminde kalıp yarımları içerisine açılan kanallardan geçiş yapan suyun birleşim yerlerinden kalıp içerisine dağıtılmasını önlemek için geçiş yolları üzerindeki delikleri, kör tapa ile kapatılır. Kalıp takviye plâkaları arasındaki su sızıntıları da dairesel kesitli salmastralarla önlenir. Bu salmastralar yumuşak bakır, alüminyum ve kauçuk malzemelerden yapılır. Sızdırmazlığı sağlayan bu salmastralara "0" Ringleri de denir.(1) Kalıplanacak parçanın boyutuna bağlı olarak kalıp içerisine açılacak soğutma kanallarının özellikleri ve soğutucu etkisi değişmektedir.

Bazı plastik malzemelerde (ABS ve PC gibi) kullanılacak soğutma suyu kalıba girmeden önce ısıtıcıdan geçirilerek belli bir sıcaklığın üzerine getirilmesi gerekir. Kalıbın sağlıklı çalışabilmesi için belli bir sıcaklığın altına inmemesi gerekir. ABS ve PC gibi malzemeler kalıp içerisinden çok çabuk akıcılığını kaybettiği için kalıbın sıcak tutulması plastiğin akışını kolaylaştıracaktır.(Esenlik, 2001)

Kalıplanan parçanın et kalınlığı fazla ise, dış yüzeylerdeki sertleşme hızı iç kısımlara oranla daha fazladır. Bu da parçanın kalıptan çıktıktan sonra şekil değiştirmesine sebep olabilir. Bu ve benzeri zararları göz önünde bulundurulduğunda, doğrudan kalıp yarımlarına açılan soğutma kanalları, kalıplama yüzeyinden uygun uzaklıkta ve ölçüde olmalıdır. Derinliği fazla olmayan kalıplama işlemlerinde kalıp yarımlarına açılacak soğutma kanalları içerisine bakır borulu soğutucu sistem yerleştirilir ve üzerine düşük sıcaklıkta ergiyen bir madde dökülerek bakır boruların sabitleşmesi sağlanır. Derinliği fazla olan kalıplama

işlemlerinde, kalıbın çatlamasını önlemek ve soğutucu sistemin yerleşimini kolaylaştırmak amacıyla bakır borulu soğutma sistemi uygulanır. Bu tip bakır borulu soğutma sistemi, dalıcı zımba veya dişi kalıp içerisine yerleştirilir (Şekil 1.37).



Şekil 1.37; Derinliği fazla olan kalıplama işleminde kullanılan bakır borulu soğutma sistemi.

Su soğutmalı kalıp tasarımında aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır. (Akyüz, 2001)

1. Soğutma kanalları, kalıplama yüzeyine çok yakın olmamalıdır. Aksi halde, ani değişen ısı farkından dolayı kalıplama yüzeyinde çatlama meydana gelebilir.
2. Kalıp içerisinde dolaşan soğutma sıvısının miktarı, üretimi maksimum düzeyde ve kalıbı da arzu edilen sıcaklıkta tutmalıdır.
3. Soğutma sıvısının giriş ve çıkışlarını sağlayan bağlantı borularının ölçüleri, normal basınçlı su dolaşımına uygun olmalıdır.
4. Su ile soğutmada, suyun kalıba giriş sıcaklığıyla çıkış sıcaklığı arasındaki fark çok fazla olmamalıdır. Isı farkının fazla olması halinde, kalıplanan parça homojen olarak sertleşmez.

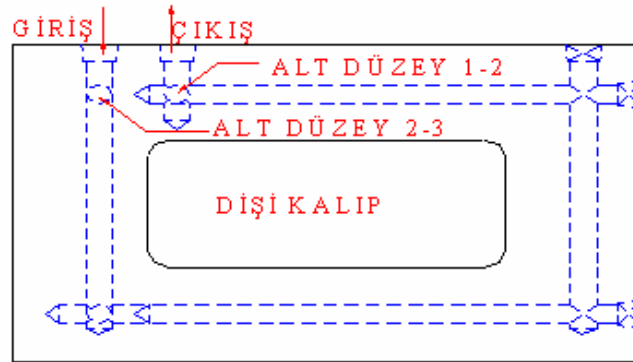
Kalıpların ısıtılması elektrikle ya da buharla sağlanmaktadır. Kalıbın çeşitli kısımlarına delinerek açılmış kanallardan buhar doğrudan doğruya gönderilir. Bu buhar kanallarının yeri ve ölçüsü, kalıp tasarımına, ölçüsüne ve biçimine bağlıdır. Buhar kanallara,

dişi kalıba maça plakasına , bağlantı plakalarına , taşıyıcı plakalara vb.. yerlere açılan deliklerle sağlanır. Bu kanalları mümkün olduğu kadar malzemeyi düzenli uzatmak için uygun yerlere açılır. Kanallar iş parçasının etrafını dolaşacak şekilde delinir. Buhar kanalları kalıplama üzerinden delik çapının iki katı veya üç katı kadar uzaktan açılır. (J.Kluz)

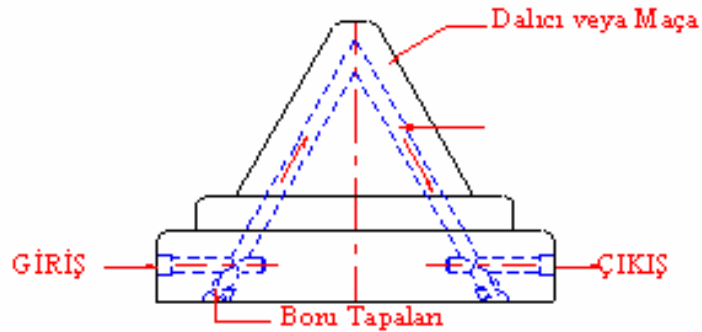
Küçük kalıplar için , buhar kanallarının çapları 14mm ve aralarındaki uzaklık 60mm olarak yapılır. Buhar giriş ve çıkışlarını düzenlemek tapa ve nipelleri yerleştirmek için delik uçlarına 3/8" boru vidası açılır. (J.Kluz)

Büyük kalıplar için buhar kanallarının aralıkları 100mm ve boru çapları 17mm dir. Delik uçlarına ½ " boru vidası açılır. Büyük veya derin dalıcıların düzenli ve uygun sıcaklıkta ısıtılması gereklidir. Dalıcının uzunluğu çapının 3 veya 4 katı olması halinde , ısıtma doğrudan doğruya yapılır. (J.Kluz)

Dişi ve erkek kalıp yarımlarında ısı transferi için açılan kanallar şekil 1.38 ve Şekil 1.39'da gösterilmektedir.



Şekil 1.38; Dişi kalıpta ısı transfer kanalları (J.Kluz)



Şekil 1.39; Erkek kalıpta ısı transfer kanalları.(J.Kluz)

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Plastik Latince “plasticus” kelimesinden türemiştir. Latince de el ile yoğrulabilen, şekil verilebilen anlamına gelmektedir. Plastikler ısı ve basınç altında eritilip kalıba dökülerek, enjekte edilerek, akıtılarak ya da şişirilerek şekil verilen, makromoleküler yapıda, yapay organik maddelerdir. Plastikler birçok “mer” molekülünün birleşmesinden oluşan polimer zinciri yapısında malzemelerdir. Buradaki poli- öneki çok anlamına gelmektedir. Polimer zincirindeki mer çeşitleri (propilen, stiren, etilen vb.) polimerin türünü belirlemektedir (PP, PS, PVC vs.). Plastiğin türüne göre, polimer molekülünü oluşturan ana grupların sayısı farklı olabilir. Bu gruplar molekül içerisinde doğrusal ya da dallanmış olarak bulunabilirler. Grupların bir moleküldeki sayısına “polimerizasyon derecesi” denir. Termoplastikleri oluşturan zincirleri bir arada zayıf Van Der Waals kuvvetleri tutarlar. Plastik ısıtıldığında bu zayıf kuvvetler daha da zayıflar veya kaybolurlar. Buna bağlı olarak plastik esnekleşmeye ve akmaya başlar. (Turaçlı, 1999)

Polimer ve plastik kelime olarak aynı kabul edilmekle beraber aralarında önemli bir fark vardır. Polimer, polimerizasyon sonucu oluşmuş saf, uzun moleküllü malzemelerdir ve nadiren saf olarak kullanılırlar. Polimere çeşitli sebeplerle katkı maddeleri ilave edilir, bu halde polimer plastik olarak ifade edilir.(Turaçlı, 1999)

Her plastik polimerinin bir başlangıç monomeri vardır. Belirli sayıda monomer bir tepkime ile polimer zincirini oluştururlar. Çizelge 2.1’de buna ait örnekler görülmektedir. Çizelgeden de görüleceği üzere polimeri oluşturan monomerler ana grup haline geçerken çift bağların açılması gibi bazı yapısal değişikliklere uğrarlar.(Yaşar 2001)

Polimerin Adı	Monomer	Ana Grup
Polietilen	CH ₂ =CH ₂	-CH ₂ -CH ₂ -
Polivinilklorid	CH ₂ =CHCL	-CH ₂ -CHCL
Polistiren	CH ₂ =CH ₆	-CH ₂ -CH ₆ -

Çizelge 2.1; Bazı plastiklerin monomerleri ve ana gruptaki halleri (Yaşar 2001)

Daha çok petrol, belirli ölçüde de kömür ve diğer kaynaklara dayalı olan plastik üretiminde tepkime yürüdükçe başlangıç maddelerinin özellikleri bir süreçte azar azar değişir,

polimerleşme sona erince de başlangıç maddelerinden tamamen farklı yeni bir ürün oluşur. Örnek olarak etilen gazından katı bir plastik olan polietilen gösterilebilir.(Yaşar 2001)

Çekme kuvveti altında çok yüksek oranda uzama gösteren ve kuvvet kaldırıldığı anda ilk uzunluğuna dönen, çapraz bağlanmış kauçuğumsu polimerlere elastomer adı verilir. Elastomerlerin molekül yapısı ağ şeklindedir, bu yapı malzemeye esneklik, yumuşaklık ve sıkışabilirlik sağlar. Bilimsel jargonda elastomer adıyla anılan bu polimer, gösterdiği yüksek elastikiyet sayesinde bu ismi almıştır. Elastomerlerin en önemli bu özelliği, molekül yapılarının içerdiği düşük çapraz-bağ yoğunluğuna sahip ağsı yapılarıdır. En sık kullanılan ve bilinen elastomerler *poliizopiren* (ya da doğal kauçuk), *polibütadiyen*, *poliizobütilen* ve *poliüretandır*. Elastomerlerin diğer polimerlerden en önemli farkı elastikiyet özellikleridir. Elastomerik polimerler çekme kuvveti altında yüksek oranda uzama gösterebilirler ve kuvvet ortadan kalktığında, deforme olmaksızın ya da çok az bir deformasyonla eski hallerine geri dönebilirler. Elastomerik polimer zincirler çekme yükü altında uzamaya başlar, ancak kalıcı deformasyon zincirler arası çapraz bağlar tarafından engellenir.(Yurci, 2003)

Termoset polimerler en basit tanımıyla, kritik bir sıcaklığın üzerinde kalıcı olarak sertleşen ve tekrar ısıtıldığında yumuşamayan polimerlerdir. Termoset kelimesinin kökenine baktığımızda, bu polimerler termoset adını, ısı işlem altında kalıplandıkları (polimerize oldukları) için (*termo*) ve verilen şekil bir daha bozulamayacağı için (*set*), almışlardır.

Termoset reçinesini çapraz-bağlantı ajanıyla (*cross-linking agent* ya da sertleştirici olarak bilinen *hardener* ile) karıştırdığımız zaman başlayan polimerizasyon reaksiyonu sırasında moleküller arasında sık kovalent çapraz bağlar kurulur. Bu çapraz bağların yarattığı molekül ağı (*network*) başta eriyebilen ve çözünebilen bir madde olan reçineyi, polimerizasyon sonunda erimeyen ve çözünmeyen bir polimer haline getirir. Bu maddeler boyutsal bir kararlılığa sahiptir ve darbe dirençleri yüksektir. (www.polimernedir.com/kutuphane/termoplastik-polimerler, erişim tarihi:15.10.2010)

Termoplastiklerde makromoleküller arası kimyasal bağ yoktur. Bu yüzden bu tür plastikler yeniden kullanılabilirler. Ancak dezavantajları kimyasal olarak çözülebilmeleridir. Termoplastikleri makromoleküllerin rast gele veya belli bölgelerde düzenli bir şekilde bulunmalarına göre de farklılaşırlar. Eğer makro moleküllerin dizilişi rast gele ise bu tür malzemeler amorf olarak adlandırılır. Eğer herhangi bir renklendirici malzeme katılmamışsa bu tür termoplastikler saydamlıkları ile tanımlanabilirler. Bazı bölgelerde makro moleküllerin

düzenli bir şekilde bulunduğu termoplastikler ise yarı kristalize olarak adlandırılırlar. Bunlar herhangi bir renklendirici katılmasa da saydam değildirler. Makromoleküller birbiri üzerinde dolandıkları veya karışık halde buldukları için tam olarak kristalizasyon mümkün değildir. Bunun anlamı kristalize olmuş bölgeler arasında halen amorf bölgelerinde bulunuyor olmasıdır. Kristalize olmuş bölgelerin tüm yapıya oranı kristalize olma derecesi olarak tanımlanır ve bu oran işlem esnasında işlem şartlarından etkilenebilir. Kristalize olma derecesi büyük oranda, malzemenin kendisine bağlıdır. Daha basit zincir yapısında olan malzemeler daha yüksek oranda kristalize olabilirler. Ayrıca plastikler, üretim işleme parametrelerine bağlı olarak amorf veya yarı kristalize olarak üretilirler. Üretim işlemine göre amorf ve yarı kristalize plastikler farklı özelliklere sahiptirler ve aynı zamanda farklı performans özellikleri gösterirler. (www.polimernedir.com/kutuphane/termoplastik-polimerler, erişim tarihi:15.10.2010)

Enjeksiyon kalıplama makineleri çok değişik şekillerde olabilir. Bu makinelerin ölçüleri, 28 gramdan bir kaç kilograma kadar olmak üzere değişir. Ölçü, gram olarak verildiği zaman bu değer dalıcının bir kursunda basabildiği malzeme miktarı olarak kabul edilir. Kalıp tabanı düşey konumdaki pres tablasına bağlıdır. Düşey presler, özellikle iş parçasının içine pim, burç, vida ve somun gibi madeni parçaların gömülmesi için gerekli hallerde kullanılır. Enjeksiyon makinelerinin tablalarına kayıtlık görevi yapan, kalıbın açılıp kapanmasını sağlayan ve sertleştirilmiş çelikten dört silindirik çubuğa sahiptir. (Şeker, 2003)

Termoset veya termoplastik türünden plastiklerin biçimlendirilmesinde uygulanan temel yöntemlerden her biri, plastiğe belirli geometrik formların verilmesini sağlamaktadır. Plastiğin kullanılabilirdiği durumlarda, parça dizaynının öngördüğü geometri ve tolerans gereklerini belirleyebildiğimiz takdirde, parçayı imal etmek için en avantajlı yöntemi seçmemiz mümkün olabilmektedir. Yöntem seçimini etkileyebilecek tasarım faktörlerini önceden saptayarak yöneme uygun tasarımı geliştirecek olursak söz konusu seçimi en iyi bir şekilde çözümlemiş oluruz. Böylelikle, gerek fonksiyonel ve gerekse imalat açısından en uygun tasarım sekline ulaşılabilir (Yurci, 1998)

Plastik enjeksiyon makineleri kalıba uyguladıkları kapama kuvveti ve kalıba basabildikleri plastik miktarı ile sınıflandırılırlar. Kapama kuvveti 10 ton ile 5000 ton arasında değişirken, basılabilen plastik miktarı birkaç gramdan 40 kg' a kadar çıkabilmektedir. Küçük kapasiteli plastik enjeksiyon makinelerinde pistonlu tip enjeksiyon

üniteleri kullanılırken yüksek kapasiteli cihazlarda helezonlu tip enjeksiyon üniteleri kullanılır. (Ö.Purde, D.Özden,2005)

Geleneksel kalıp üretim yöntemlerinde konstrüksiyon konvensiyonel olarak, basitleştirilmiş hesaplamalar ve tecrübeler ışığında yapılmaktadır ve kalıbın işlevini yerine getirip getirmediği ancak üretime başlanarak denemekte ve sınınamaktadır. Bu durum yüksek işleme maliyetlerinin ve parça üretimine kadar geçen sürecin uzun olmasına neden olmaktadır. Bu denemeler, sınır ve sonlu elemanlar yöntemi gibi matematiksel metotlarla kalıp üretiminden önce yapılabilmektedir. Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi, hesaplama kabiliyetlerinin artması ve kurulum maliyetlerinin azalması ile konstrüktöre tasarım esnasında yardımcı olacak bu analiz teknikleri, pratikte de uygulanabilir bir hale gelmiştir. Bu sayede kalıp üretimi süresi ve maliyeti azalmaktadır.(Koçak M., Abalı B.E.,2005)

Plastik parça ve kalıp tasarım teknolojisi yıllar boyu gelişme göstermiş ve bununla birlikte birçok problem ortaya çıkarmıştır. Günümüzde kullanılan birçok kalıp tasarımları, uzun yıllar gelişme ve büyüme gösteren plastik endüstrisinde pratik yapmış; uzman, sanatkar ve usta tarafından deneme yanılma yöntemleriyle ortaya çıkmıştır. Plastik endüstrisinin gelişmesiyle birlikte polimer malzemelerin anlaşılması ve proses parametrelerinin değiştirilmesi ile gösterdikleri reaksiyonlar hakkındaki bilgilerde de gelişme meydana gelmiştir. Sonuç olarak, şimdiye kadar sanat olarak düşünülen plastik tasarımındaki birçok olgu hakkında, plastik teknolojisinin gelişme göstermesiyle, açıklama elde edilmiştir. Geçmişte elde edilmiş bu kurallar günümüzde çeşitli analiz araçlarına aktarılmış ve bilgisayarlar yardımıyla hızlı, verimli, hassas ve kaliteli plastik tasarımına olanak sağlanmıştır.(Koyun, 2005)

HDPE bugün birkaç yöntemle elde edilebilmektedir. Radikal polimerizasyonda yüksek basınç uygulanır. Koordinasyon polimerizasyonunda alçak basınç ve 50-75 °C sıcaklıkta katalitik sentez yapılır. Katalizör olarak heptanda özünmüş titan tetraklorid ve alüminyum alkil kullanılır. Polimerizasyon ısısı soğutularak giderilir. Ele geçen polimer formu toz veya granüldür. Sıvı ortamdan süzülerek alındıktan sonra kurutularak ambalajlanır. (Yaşar, 2001)

HDPE sentezinde diğer yol metal oksit katalizörlü polimerizasyon da etilen gazı parafinde çözülür, 60-200 °C sıcaklıkta, 35 atm basınç altında, belirli bir sürede işlem tamamlanır. Soğutma ve çözücü buharlaştırılmasından sonra ürün elde edilir.(Yaşar, 2001)

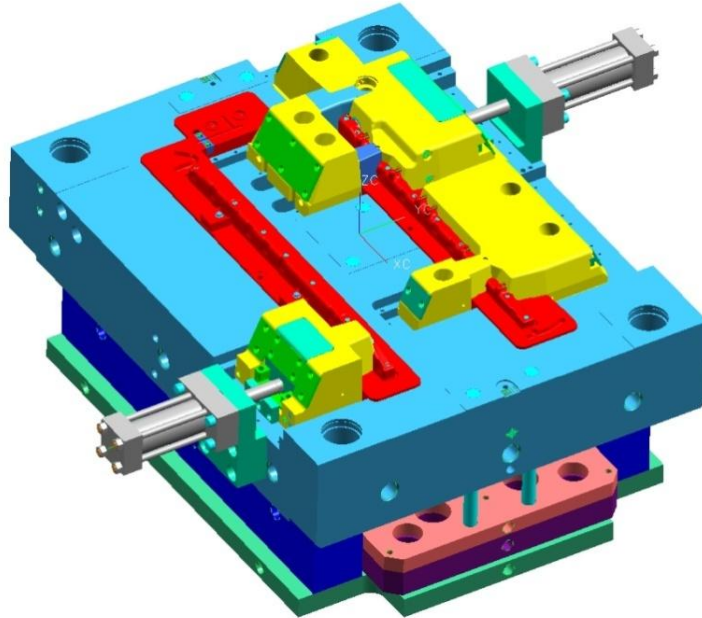
Doğrusal (lineer) polietilen de denilen HDPE %90 oranında kristal hal ihtiva eder. Ana zincir en az 200 karbon atomludur. ASTM standartlarında Tip III ve Tip IV olarak tanımlanan HDPE nin bağıl yoğunluğu 0,94 ve daha yukarı olarak verilmiştir.(Yaşar,2001)

Enjeksiyonla kalıplamada üç temel öge bulunmaktadır. Bunlar; ürünü oluşturacak plastik hammadde, ürünün şeklini veren kalıp ve bu işlemlerin yapıldığı enjeksiyon tezgahıdır. Plastik parçaların en önemli özelliklerinden bir tanesi kolayca biçimlendirilebilmeleridir. Böyle bir işlemin en önemli elemanlarından biri de, kalıp olarak adlandırılan ve çok sayıda metal blokların sistemli olarak bir araya getirilmesi ile oluşan bir donanım olmaktadır. Plastik enjeksiyon kalıbı, içerisine açılmış boşluğa ergi-tilmiş plastiğin dolması ve boşluğun şeklini alma-sına yarayan birden fazla parçadan oluşan bir settir. Plastik enjeksiyon yönteminde ürünün şekli, boyut-ları, kalitesi ve toleransları öncelikli olarak kalıp ta-rafından belirlenmektedir. Ergimiş plastik, enjeksi-yon memesinden kalıp yolluğuna enjekte edildikten sonraki enjeksiyon çevrimi (her iki ürün basma ara-sında geçen zaman) kalıp içerisinde gerçekleşmek-tedir. Kalıpların tasarımı, üretilecek ürünün boyutla-rı, yapısı, hassasiyeti ve enjeksiyon parametreleri dikkate alınarak yapılmaktadır. (Özdemir A. Gürün H. Dilipak H. ,2005)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı

Günümüzde üretim yapan neredeyse tüm sanayi kolları bir ürün üretimi fikrinden o ürünün üretim bandından çıktığı ana kadar kullanılan tüm teknolojilerde bilgisayarları işin içine sokmak durumundadır. Başlangıçta basit matematik hesaplamaları yapması amacıyla geliştirilen ve bir oda büyüklüğünde olan bilgisayarlar artık gündelik yaşamın vazgeçilmez parçası haline gelmiş ve her yere taşınabilir boyutlara indirgenmiştir. Teknolojinin bu denli gelişimi endüstrilerde de kendisini göstermiş ve aylar süren tasarım, çizim, hesaplama gibi işlemler birkaç günde halledilebilir olmuştur. Artık üretimi düşünülen ürünler birkaç tıklamayla bilgisayar ortamında görselleştirilip üzerinde analizler yapılabilir ve üretime karar verilenlerin detaylı teknik resimleri alınabilir. Buna paralel olarak bilgisayar ve üretim tezgâhları arası veri alışverişiyle programlanan makineler aynı hızla üretime başlayabilmektedir. CAD (computer aided design) ve CAM (computer aided manufacturing) teknolojileri günümüz mühendislik uygulamalarına tamamıyla farklı metotlar getirmiştir. Bu teknolojiler sayesinde mühendisler tasarımları kısa sürede ve verimli olarak yapmakta, gerekli test ve analizleri kısa sürede tamamlayarak malzeme ve işçilik sarfiyatlarını azaltmakta, tasarımlarını sorunsuz şekilde uygulamaya koyarak zaman kayıplarını ortadan kaldırmaktadırlar (Şekil 2.1)



Şekil 2.1; Bilgisayar ortamında hazırlanmış enjeksiyon kalıbı

3.2. Bilgisayar Destekli Tasarım Uygulamaları

Geleneksel kalıp üretim yöntemlerinde kalıplar kalıp ustası tarafından deneme yanılma yöntemiyle yapılmaktaydı. Kalıbı yapan ustanın el becerisine ve deneyimine bağlı olarak hassasiyeti farklılık gösteren kalıpların telafisi mümkün olmayan hatalar nedeniyle baştan yapılması gerekebilmekteydi. Yapımı uzun süren ve malzeme sarfiyatının fazla olduğu bu yöntemle günümüze kadar yüzlerce kalıp üretilmiş ve bu kalıplardan çıkan eşyalar günlük yaşamımızda yer edinmiştir. Günümüz modern tekniklerinde ise kalıplar katı modelleme programlarıyla bilgisayar ortamında tasarlanmaktadır. Kalıp üzerinde tespit edilen hatalar kısa sürede düzeltilebilir, kalıba yeni parçalar eklenebilir ya da tam tersi tadilatlar yapılabilir. Üretilen kalıplardan elde edilecek parçaların ölçü hassasiyetleri yüksektir.

Kalıp tasarım adımları şunlardır;

- a. Parça analizi
- b. Kalıbın üzerinde çalışacağı makinenin analizi
- c. Kalıp analizi

Kalıp tasarımı doğal olarak kalıbın şekil vereceği parçanın incelenmesi ve analiziyle başlar. Parça tüm ölçüleri ve ayrıntılarıyla katı model olarak oluşturulur ve net şekilde ortaya konur. Parçanın tasarımını yapan kişiyle fikir alışverişinde bulunularak parça hakkında bilgiler edinilir. Parçanın nerede ne amaçla kullanılacağı, hangi malzemeden yapılacağı, kullanım ortamında maruz kalacağı sıcaklık, basınç, üründen beklenen estetik özellikler, üretim adedi vs. kalıp tasarımını etkileyen önemli bilgilerdir.

Kalıbının oluşturulması istenen parça üzerinde kalıplamaya müsait olmayan ya da kalıplamayı zorlaştıracak bölgeler varsa parça tasarımcısıyla bu bölgelerin yeniden gözden geçirilmesi mümkünse düzeltmeler yapılması gerekebilir.

Üretilen kalıbın çalıştırılacağı enjeksiyon makinesinin kabiliyet ve kapasitesi kalıbın tasarımında önemli bir kısıtlama ölçütüdür. Vida çapı, stroku, devri, enjeksiyon ağırlığı, enjeksiyon basıncı, enjeksiyon hızı gibi parametreler kalıbın oluşturulmasında göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin kapama ve enjeksiyon kuvveti yüksek olan bir makine için tek çevrimde birden fazla ürünün basımını gerçekleştirebilen göz adedi fazla kalıplar tasarlanabilir.

Parça ve makine hakkında elde edilen bilgiler doğrultusunda kalıbın fiziksel özellikleri (kalıbın yapılacağı malzeme türü, göz sayısı, ağırlığı, türü vs.) belirlenir ve kalıbın tasarımı yapılır (Koyun 2005).

3.3. Solidworks Programına Bakış

SolidWorks'ü kısaca “üç boyutlu katı modelleme yapmamızı sağlayan programdır” şeklinde tanımlayabiliriz. Özellikle kalıpcılık gibi sürekli 3 boyutlu çizim yapmayı gerektiren ve katı modellemenin sıkça kullanıldığı alanlarda çokça kullanılmaktadır. SolidWorks; AutoCAD vb. gibi daha çok iki boyutlu tasarım ihtiyacını karşılamaya yönelik olarak yapılmış olan programlardan farklı olarak, çizimi render, hide veya shade etmemize gerek kalmadan doğrudan katı model olarak parçayı çizmemize ve üzerindeki modifikasyonları bizzat görerek yapmamıza olanak verir. Ayrıca mevcut komutlarla, özellikle diğer çizim programlarının yapamadığı helis, yay vb. nesnelere kolayca yapabilmemizi sağlar.

Solidworks temel olarak üç arayüz yardımıyla çizim yapılmasına olanak sağlar. Bu arayüzler;

- 1- Part arayüzü; Parçaların tek tek üç boyutlu modellemelerinin yapıldığı arayüzdür.
- 2- Assembly arayüzü; Part arayüzünde hazırlanan parçaların montajlarının yapıldığı arayüzdür.
- 3- Drawing arayüzü; Part ve assembly arayüzlerinde hazırlanan modellerin teknik resimlerinin hazırlandığı arayüzdür.

SolidWorks programı çalıştırılıp bir dosya açıldığında şekildeki çizim ekranı görülecektir.

Ekranın üst kısmında, Pulldown (Çekme) menüler bulunur. Bu menü satırında SolidWorks ile ilgili komutlar konulara göre sınıflandırılmış şekilde bulunur. Seçme işlemi fare ile gerçekleştirilir.

Ekranın ortasındaki büyük boş alan çizim alanıdır. Bu alanda bir ok biçiminde ikon bulunur. Bu ikon, fare yardımıyla hareket ettirilerek çizimdeki noktaları, çizilmiş objeleri veya çizim komutlarını seçmek için kullanılır. Çizim alanının sol tarafında bir pencere içerisinde işlemler listesi bulunur. Bu listede çizim ekranında yapılmış olan işlemlerin isimleri vardır ve buradan istediğimiz işlemi tıklayarak o işlem hakkında bir düzeltme, işlemi iptal etme ya da görünmez yapma gibi fonksiyonlar için bu liste kullanılır.

Çizim alanının üstünde, solunda ve sağında araç çubukları (Toolbar'lar) bulunmaktadır. Bunlar SolidWorks komutlarına karşılık gelen resimli kutucuklardan

oluşmaktadır. Bu araç çubuğu üzerindeki kutucukları üzerine ikonu getirip farenin sol tuşuna basarak ilgili komutu aktif hale getirebiliriz. Bu çizim yardımcılarının, araç çubuğu üzerinde gri tonlu bir renk alması o komutun çizimin o safhasında kullanılmayacağını belirtir.

3.4. Kalıp Malzemesi

Kalıpta PE basılacaktır. Orijinal hammadde yanında geri dönüşümlü granül hammadde de %50 ye kadar belirli oranlarda kullanımı düşünülmektedir. Kalıp malzemesi olarak ısıl işlem görmüş, aşınma dayanımı yüksek 1.2344 iş çeliği tercih edilmiştir. Darbe dayanımı ve aşınma direnci yüksek olan bu malzeme ile kalıp uzun ömürlü olacağı için bu malzeme tercih edilmiştir. Bu malzeme yüksek ısı kararlılığı olan tokluk oranı yüksek bir çelik türüdür.

3.5. Ürün Tasarımı Ve Yeni Ürün Tasarım Aşamaları

Plastik enjeksiyon kalıplarını tasarımına geçmeden önce plastik ürün tasarımı konusunda bilgi verilmesi faydalı olacaktır. Sorunsuz ve verimli çalışan bir enjeksiyon kalıbının elde edilmesinde plastik parçanın tasarımı büyük önem taşır. İyi tasarlanmış ürünler üretim sürecinde zaman, hammadde, işçilik dolayısıyla para tasarrufu sağlarlar. Başarılı bir ürün tasarımı kalıp tasarım sürecini de kısaltır ve kolaylaştırır. Başarılı bir şekilde tasarlanmış kalıplarda üretimin kalitesini belirler.

Yeni ürün tasarım aşamaları ;

- Ürün ihtiyacının belirlenmesi: Müşteri anketleri, pazar araştırmaları, şirket stratejileri doğrultusunda belirlenir.
- Planlama: Talepler doğrultusunda tasarım planı hazırlanır. Bu planda; Girdi şartlarının belirlenmesi : Ürün tasarımı yapılırken tasarım girdi şartlarının ayrı ayrı detaylandırılması gerekmektedir. Bu tasarım girdileri; hammadde, renk, boyut, kullanım amacı ve fonksiyonel özellikler, estetik ve görünüş, güvenlik, performans, ürün veya üründe kullanılacak parçalarla ilgili yerli ve yabancı ürün standart şartları, müşteriye sunum şekli, işaretleme, muadili tasarımlardan yararlanılacak özellikler vb.
- Fizibilite raporunun hazırlanması: Belirlenen girdi şartlarına bağlı olarak bir fizibilite raporu hazırlanmalıdır. Fizibilite raporu; detaylı malzeme listesi, hammadde seçimi, mevcut girdilerden (parçalardan) hangilerinin kullanılıp kullanılmayacağı, kalıp adedi, göz sayıları ve yaklaşık olarak kalıp üretim süresi, yeni aparat ve teçhizat ihtiyacı, fason montaj işçilik kapasitesi, gerekli eleman sayısı, prototip maliyetleri bilgilerini içerir. Fizibilite raporunda yukarıda verilen ve belirlenecek olan bilgilere bağlı olarak

tahmini yatırım ve üretim maliyetleri detaylandırılır. Fizibilite raporunun sonuçlarına göre tasarım çalışmaları başlar, revize edilir ya da iptal edilir.

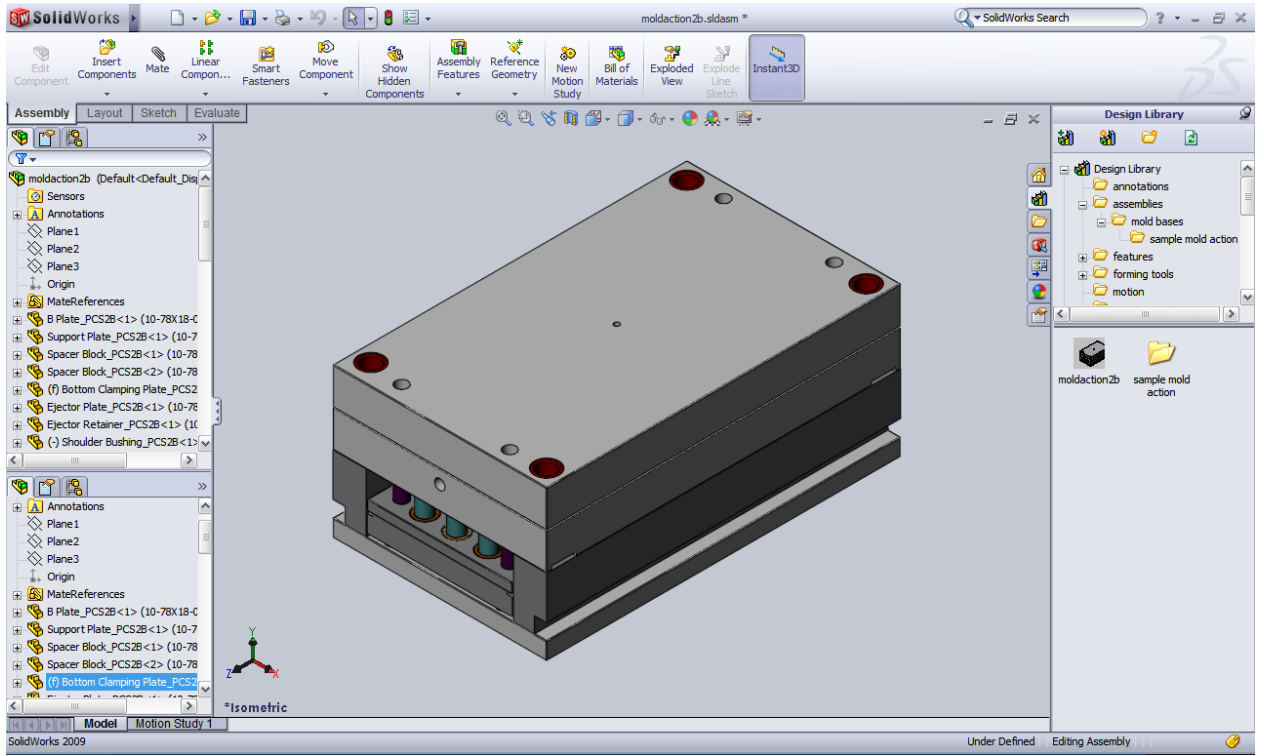
- Prototip Çalışması: Ürünün prototip resimleri hazırlanır ve bu resimlerden uygun olanlar seçilir. Seçilen prototip reislerine göre gerekli görülen parçaların prototip üretimi gerçekleştirilir. Prototipler tamamlandıktan sonra onaya sunulur. Prototipi onaylanmayan ürünler için belirtilen şekilde yeni prototip resimleri hazırlanarak yeni prototip üretimi gerçekleştirilir.
- Parça resimlerinin hazırlanması: Prototip çalışması onaylanan ürünlerin parça resimleri hazırlanır.
- Kalıp üretimi ve kalıp onayları: Kalıplanacak olan parçaya ait tasarım verileri kalıphaneye (kalıp tasarımcılarına) iletilir. Kalıp tasarımcıları kalıplanacak olan parçaya göre kalıbın tasarımını bilgisayar ortamında gerçekleştirir. Tasarımı tamamlanan kalıbın; gerek üretiminde kullanmak üzere gerekse kalıbın yapım aşamalarını kontrol altına almak üzere kalıp tasarım dosyası kalıp tasarımcıları tarafından hazırlanır. Kalıp üretimi için gereken tüm malzemeler temin edilir. Kalıp tasarım dosyası, kalıp yapımının ilk aşaması olarak başlar. Kalıplar kalıp ustaları tarafından universal takım tezgahları ve gerekli teçhizat kullanılarak kalıp tasarım dosyasındaki resimlere göre işlenir ve kalıp toplanır. Biten kalıplar kontrol edilir. Uygun olan kalıplardan deneme baskısı alınır. Deneme baskısından çıkan parçanın üretim resmindeki tüm boyutları ölçülür. Boyut ölçümleri dışında, bu numunelerin tümünde; renk, parlaklık, çapak, çöküntü, göz no vurulup vurulmadığı, işaretleme, çizik, kırılmalık, hammadde, şişkinlik, simetriklik, montaj uygunluğu kontrolleri yapılır. Yapılan boyut ve fiziki kontrol sonuçları; parça baskılarıyla ve kalıbın çalışmasıyla ilgili olarak görüşleri, tasarım çalışması yapılan yeni ürünün (rakip firmaların piyasada aynı üretimi varsa), rakip ürünlerine göre olan farklılıklar doğrultusunda değerlendirilir. Uygun bulunması halinde kalıp onayı verilir. Kalıplardan kaynaklanan bir uygunsuzluk tespit edilmesi halinde uygunsuzlukların giderilmesi istenir. Deneme baskılarının incelenmesinden sonra, gerekirse uygun görülen deneylerin yapılması talep edilir. Deney raporlarına göre tasarım tekrar irdelenir. Gerekirse tasarım planı revize edilir.
- Hammadde, teçhizat ve tedarikçi (fasoncu) temini: Belirlenmiş olan yeni hammadde, malzeme, parça, tedarikçi (fason işçilik), ihtiyaçlarının nereden, nasıl, hangi fiyata temin edileceği araştırılır ve sözü edilen girdilerin belirlenen sürede temini

gerçekleştirilir. Tasarım için ihtiyaç duyulan makine, ölçü aleti, teçhizat, eleman ihtiyacı, üretim adetleri, kalıp göz sayıları ve tahmini üretim aşamalarını içeren bilgiler ilgili bölümlere ulaştırılır. İlgili bölümler söz konusu bilgilerle ilgili araştırma, takip, satın alma, eleman istihdamı ve gerçekleştirmeyi sağlar. Ambalaj ve kullanma kılavuzu temininde grafik tasarım çalışmaları onaylanır.

- Deneme üretimi: Kalıpları onaylanan ve hammadde, cihaz, makine, aparat vb. teçhizat ihtiyacı temin edilen yeni ürünlerin deneme üretimleri gerçekleştirilir. Deneme üretimi gerçekleştirilen ürünlerin, tasarım girdi şartlarında belirlenmiş olan testler ve deneyler yapılır.
- Tasarım çıktıları: Deney sonuçları tasarım çıktıları, olarak değerlendirilir ve tasarım girdi şartlarını karşılayıp karşılamadığı incelenir. Tasarım çıktıları olarak; boyut ölçüm sonuçları, görünüş ve estetik, baskı, montaj ve seri üretime uygunluk, ilgili yerli ve/veya yabancı standart ürün şartlarının karşılanması, güvenlikle ilgili deney sonuçları, performansla ilgili deney sonuçları, fonksiyonel özelliklerle ilgili deney sonuçları, rakip firmaların mevcut ürünleri ile mukayesesi, müşteriye sunum şartları, teknik verilerin uygunluğu/yeterliliği, önceki üretilen ürün ile farklılıklar incelenir.
- Tasarım doğrulama: Onaylanmayan (doğrulanmayan) tasarım çalışmaları, uygunsuzluk teşkil eden hususun düzeltilmesi için uygunsuzluğun niteliğine göre yapılarak çalışma bu prosedürün ilgili maddesine göre tekrarlanır. Tasarım çalışması doğrulanana kadar çalışmalara devam edilir. Tasarım doğrulamasının yapıldığı ürünlerin seri üretimine başlanılır.
- Tasarımın geçerliliği : Tasarımı doğrulanan ve seri üretimine başlanan ürün aylık hata bildirim, laboratuvar test ve müşteri şikayetleri ile takip edilir. Tasarım planında belirlenen süre sonunda tüm bu raporlar incelenerek değerlendirilir.

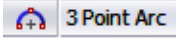
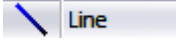

3.6. Ürün Modelinin Bilgisayar Ortamında Hazırlanması

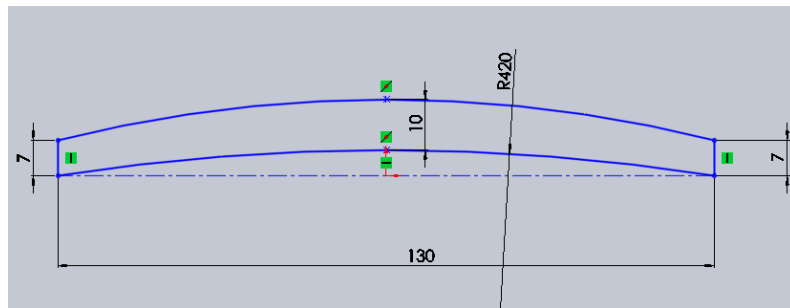
Plastik parçaların üretiminde kullanılacak olan kalıbın modellenmesinde solidworks 2009 programından faydalanılmıştır. Solidworks 2009 programı, detaylı resimlerin ve modellerin hazırlanmasında kullanılan, çizilen nesnelerin boyut ve özelliklerinin belirlenmesini sağlayan tasarım otomasyon programıdır. Program sayesinde tecrübe ve fikirlerin hızlı olarak taslak haline dönüştürülmesi daha sonra detaylandırılarak kullanılması pratik bir biçimde ve kısa sürede yapılabilmektedir. Program Microsoft Windows grafik arayüzü ile kullanıcılarına kolaylık sağlamaktadır (Şekil 2.2)



Şekil 2.2; Solidworks çizim ekranı

3.6.1. Taslak Oluşturma

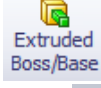
Kalıbı hazırlanacak parçanın taslağı hazırlanır. Bu işlem için Solidworks programının part ara yüzünde sketch bölümü altında bulunan komutlardan faydalanılır. Şekil deki taslağın hazırlanması için 3 point arc (yay)  , line (çizgi)  ve smart dimension  (ölçülendirme) komutlarından faydalanılmıştır (Şekil 2.3).



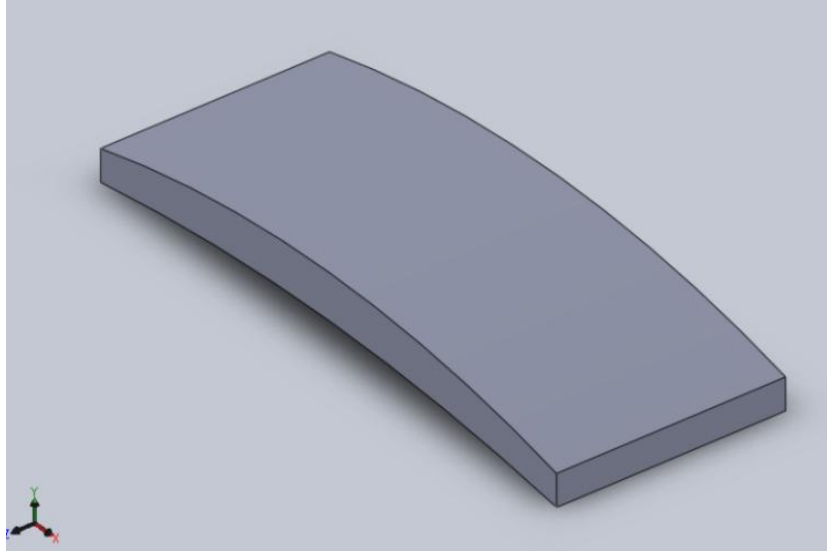
Şekil 2.3; Hazırlanan Taslak

3.6.2. Hazırlanan Taslağın Katı Hale Getirilmesi

Sketch (taslak) bölümünde hazırlanan profil features bölümünde bulunan extrude



komutu ile katı hale getirilir (Şekil 2.4)



Şekil 2.4; Taslağın katı hali

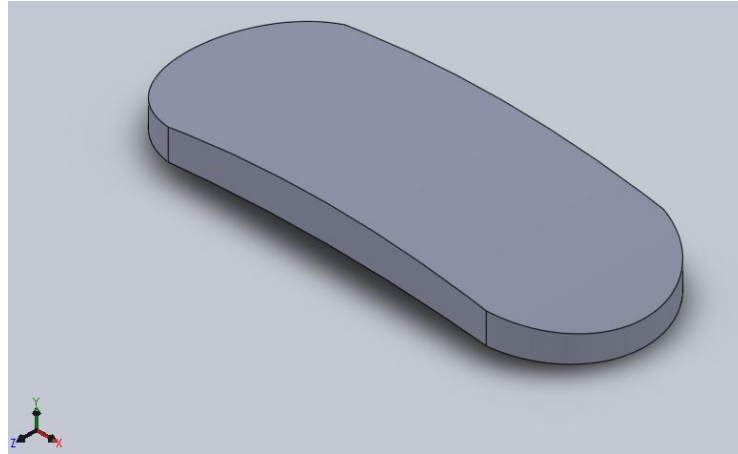
3.6.3. Katı Modelin Kesilerek Şekillendirilmesi

Hazırlanan katının köşeleri kesilerek şekillendirilmesine devam edilir. Bu işlem için öncelikle sketch bölümünde katıyı referans alan, kesilmesi istenen köşelerin üzerine denk gelen yaylar çizilir daha sonra features bölümünde bulunan extrude cut




komutuyla

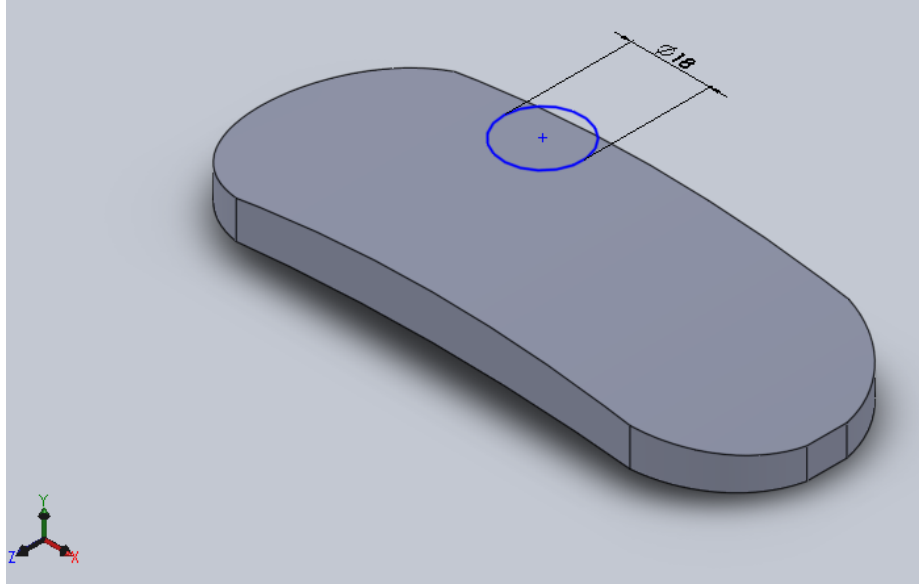
katının köşeleri kesilir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5; Kesme işleminden geçirilmiş katı model


3.6.4. Daire Taslağı Oluşturma

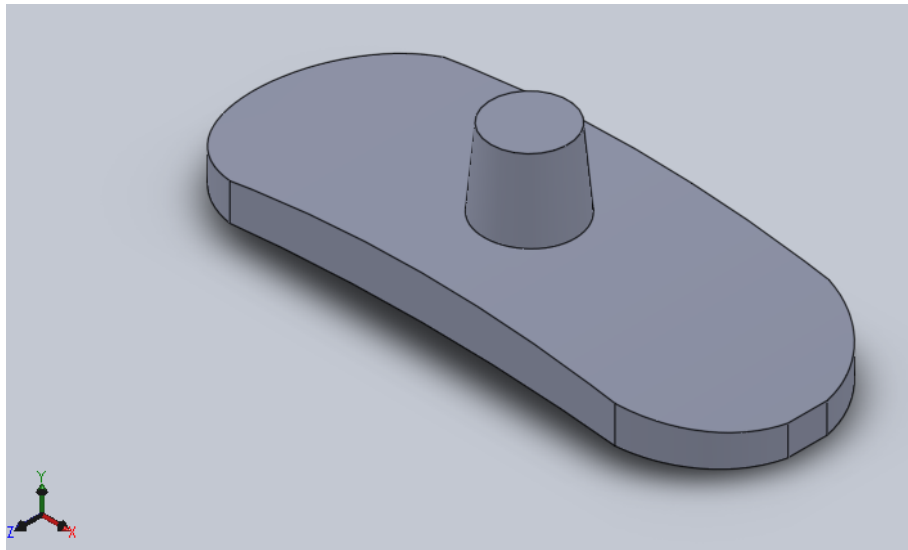
Katı modelin üzerine eklenecek olan dairesel çıkıntı için sketch bölümünde bulunan circle (daire)  **Circle** komutu kullanılır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6; Daire Taslağı


3.6.5. Daire Taslağının Katı Hale Getirilmesi

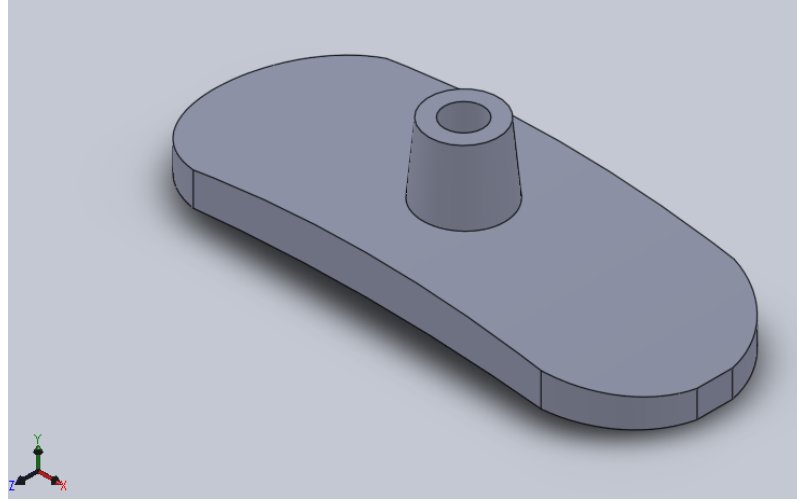
Oluşturulan daire taslağı extrude boss  komutu ile ötelenecek katı hale getirilir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7; Daire taslağın extrude komutu ile katı hale getirilmesi


3.6.6. Delik Delme

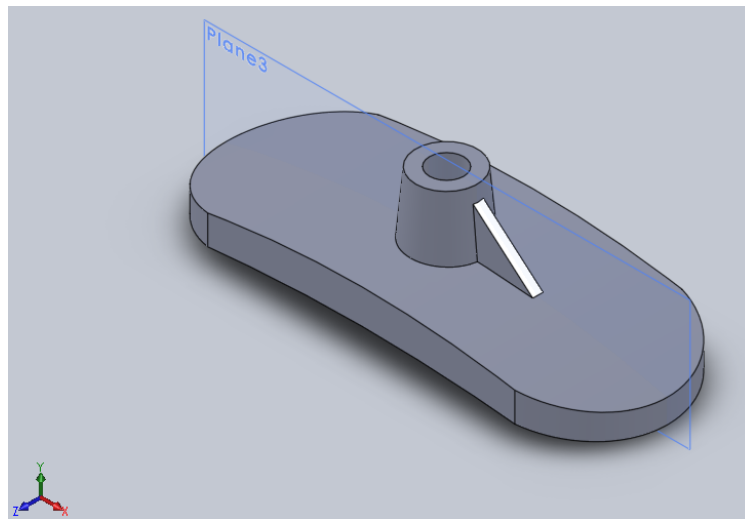
Daire yüzeyinden başlayarak cismin tamamını delen bir delik oluşturulur. Bu işlem için daire yüzeyinde bir delik taslağı oluşturularak extrude cut komutu kullanılabileceği gibi hole wizard (delik sihirbazı)  komutundan da yararlanılabilir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8; Hole wizard komutu ile delik delme


3.6.7. Feder Oluşturma

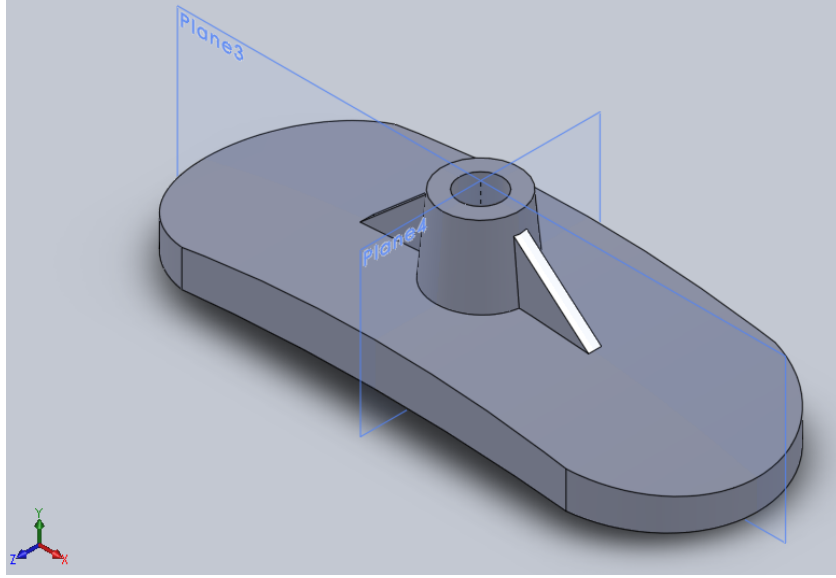
Deliği desteklemesi için iki tarafına feder oluşturulur. Bu işlem için öncelikle ön görünüşte feder taslağı oluşturulur. Taslak oluşturduktan sonra rib  komutu kullanılarak feder oluşturulur (Şekil 2.9).



Şekil 2.9; Feder oluşturma

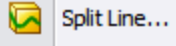
3.6.8. Aynalama (Mirror)

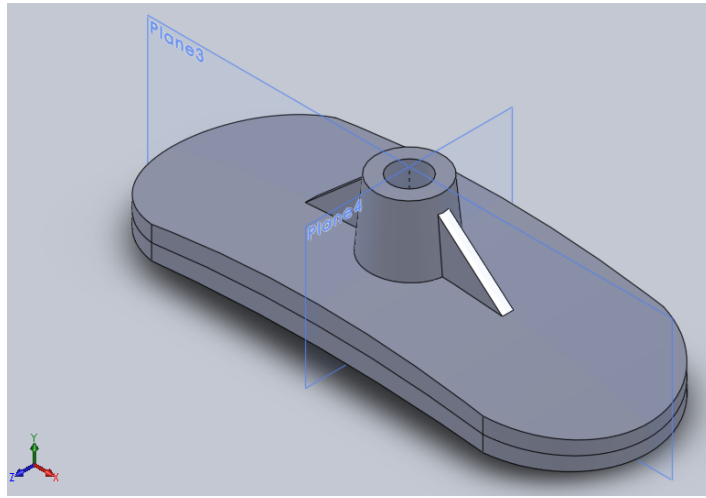
Deliğin bir tarafına oluşturulan feder aynalama (mirror)  komutu kullanılarak diğer tarafta da oluşturulur (Şekil 2.10).



Şekil 2.10; Aynalama (Mirror) komutu ile nesne kopyalama


3.6.9. Kalıp Ayrım Çizgisi Oluşturma

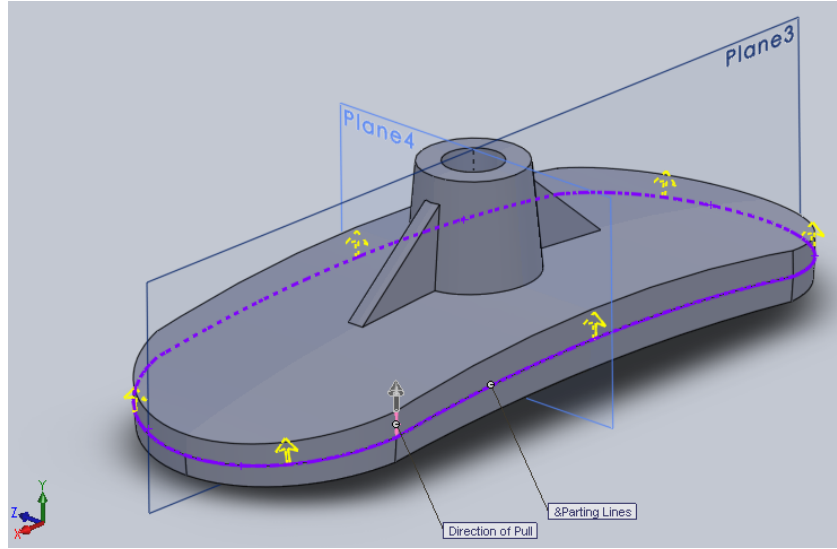
Oluşturulan parçada kalıp yarımlarının ayrılacağı çizgi oluşturulur. Bu işlem için öncelikle kalıp ayrım çizgisini belirleyecek olan taslak ön görünüşte çizilir. Daha sonra split line  komutu kullanılarak kalıp ayrım çizgisi belirlenmiş olur (Şekil 2.11).



Şekil 2.11; Split line komutu ile kalıp ayrım çizgisinin belirlenmesi



3.6.10. Kalıp Ayırma Açısının Verilmesi

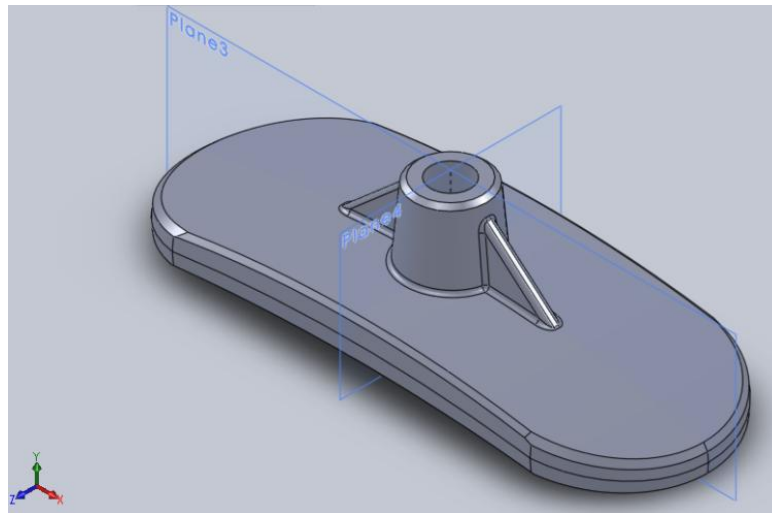
Kalıplanan parçanın kalıp yarımalarında rahat şekilde çıkabilmesi için kalıplanan parçanın kalıp yarımalarında kalan kısımlarına kalıp ayırma çizgisinden itibaren açı verilir. Bu açının verilmesinde draft  Draft komutundan yararlanılır (Şekil 2.12).



Şekil 2.12; Draft komutu ile parçaya eğim açısı verilmesi


3.6.11. Pah Kırma

Plastik parça üzerinde bulunan keskin köşeler fillet  Fillet ve chamfer komutları  Chamfer kullanılarak pah kırılır (Şekil 2.13).




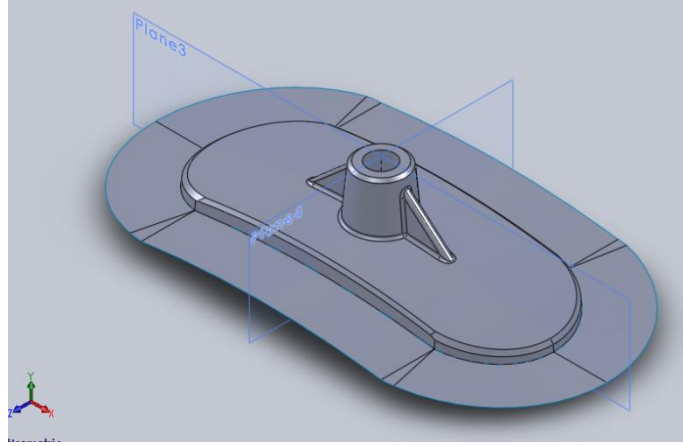
Şekil 2.13; Pah kırma

3.6.12. Ölçekleme (Scaling)

Parçanın üretiminde kullanılacak plastik türüne göre çekme miktarı hesaplanır ve scale komutu  Scale... kullanılarak hesaplanan oranda büyütülür. Parça üretiminde HDPE kullanılacaktır ve çekme miktarı %1.5 olarak belirlenmiştir. Modeli hazırlanan parça scale komutu ile 1,15 kat büyütülmüştür.

3.6.13. Yüzey Yayma

Kalıplama işleminde kalıp plakalarını ayırmak için kullanılır. Ayırma çizgisinin hangi tarafı seçilirse o kısmın kalıplama işlemini gerçekleştirir. Bu işlemde ilk olarak istenilen kalıp kısmının yüzeyinin ve kalıp ayırma çizgisinin kenarlarının seçimi yapılır. Ayrıca yayma uzunluğu verilir. Radiate surface  Radiate Surface... komutu kullanılır (Şekil 2.14).




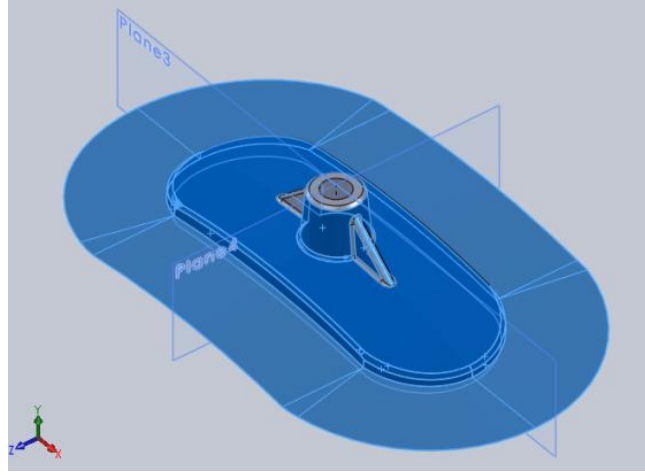
Şekil 2.14; Radiate surface komutu ile kalıp ayırma yüzeyinin oluşturulması

3.7. Kalıp Tasarımı

Part ortamında kalıplanacak plastik parçanın modellenmesinden sonra assembly (montaj) arayüzünde kalıbın tasarımına geçilir. Assembly dosyasında açılan parça üzerinde kalıp plakası oluşturmak için New Part komutu seçilir. Parça yüzeyi tıklanır ve istenilen planda kütük oluşturulmaya başlanır.

3.7.1. Knit Surface Komutu İle Yüzey Birleştirme

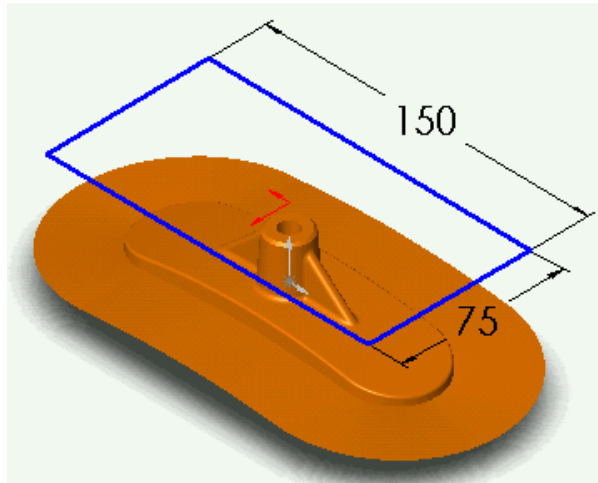
Parça tasarımının son adımında oluşturulan kalıp ayırma yüzeyi ile parça yüzeyini birleştirmek için part design ekranında insert,surface,knit surface adımları takip edilerek knit surface komutu  Knit... çalıştırılır. Komut seçeneklerinde tüm parça üst yüzeyi ve uzatma yüzeyi seçilerek birleştirilir (Şekil 2.15)



Şekil 2.15; Knit komutu ile yüzey birleştirme

3.7.2. Kalıp Plakaları Taslak Çizimi

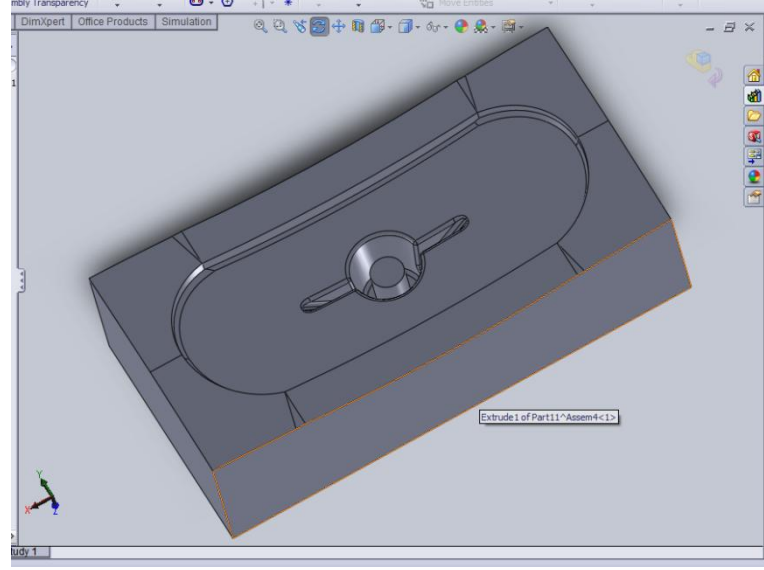
Assembly ekranında new part komutu çalıştırılarak kalıp yarımlarının çizimine başlanır. Öncelikle üst kütüğün çizimi yapılır. Top plane den ötelenerek elde edilen çizim yüzeyinde uygun ebatlarda taslak çizilir (Şekil 2.16).



Şekil 2.16; Parça üzerinde oluşturulan kalıp plakası taslağı

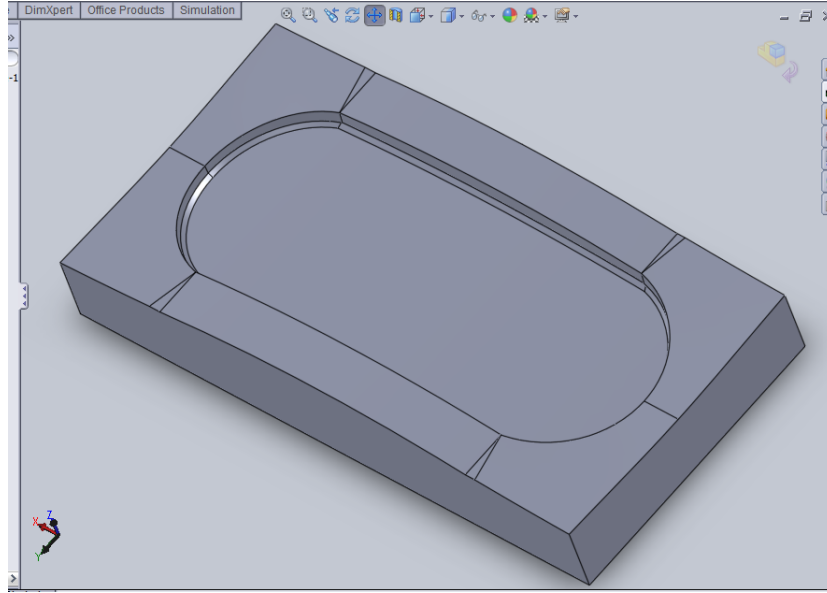
3.7.3. Kalıp Plakalarının Uzatılarak Kalıp Kütüğü Elde Edilmesi

Kalıp plakası taslağı extrude komutu ile ötelenerek kalıp kütüğü elde edilir. Komut seçeneklerinden uzatma seçeneği “up to surface” olarak işaretlenir. Kalıp kütüğünün alt yüzeyi ve parça üst yüzeyi seçilerek kalıp kütüğünün parçanın üst şeklini alması böylece kalıp üst yarımının oluşturulması sağlanır (Şekil 2.17).



Şekil 2.17; Kalıp üst yarımı

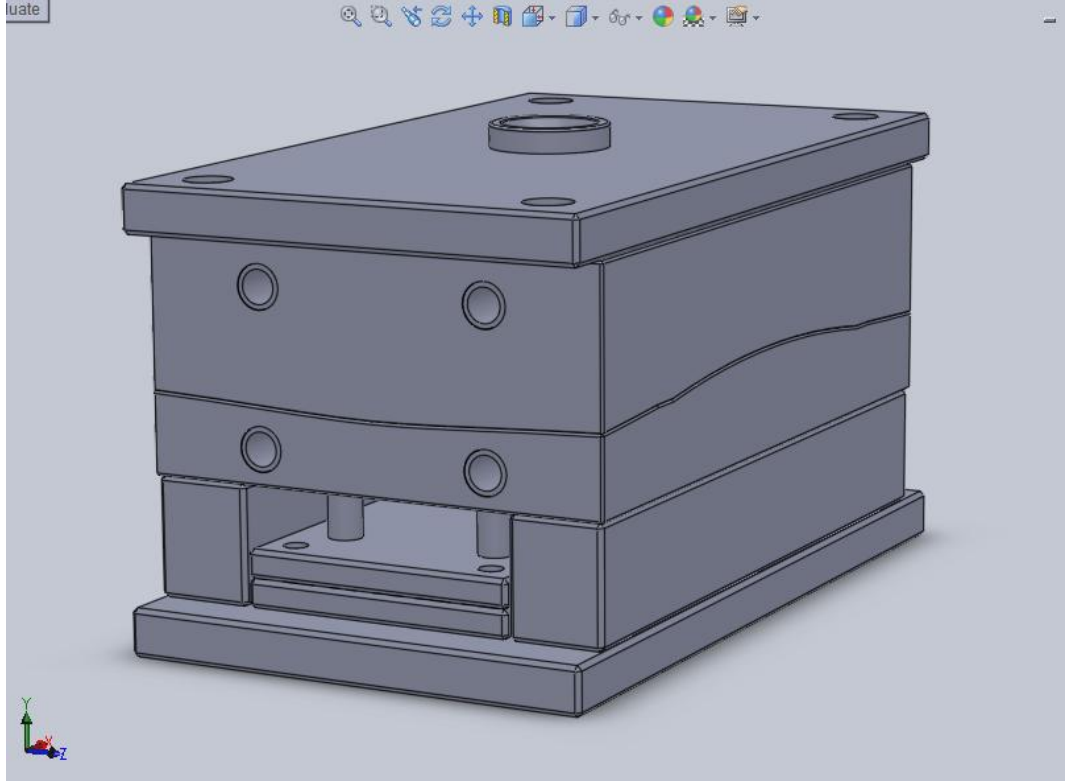
Üst yarımın elde edilmesinde izlenen adımlar takip edilerek alt kalıp yarımı da elde edilir (Şekil 2.18).



Şekil 2.18; Kalıp alt yarımı

3.8. Kalıp Seti Tasarımı

Kalıp yarımaları elde edildikten sonra kalıbın diğer elemanlarının tasarımına geçilir. Enjeksiyon makinesinin kapasitesine göre kalıp ölçüleri, kalıpta açılacak göz adedi, kalıp ağırlığı, plastik parçanın alınma şekli, kalıp malzemeleri, yolluk tipi, yolluk girişi, itici tipleri belirlenir. (Şekil 2.19)



Şekil 2.19;Plastik enjeksiyon kalıbının katı modeli

Kalıp göz adedi, uygulamada kalıba birden fazla kalıp boşluğu açılarak tek çevrimde birden fazla parça elde edilebilir. Yapılan bu çalışmada konunun daha basite indirgenerek kolay anlaşılabilir olması açısından tek kalıp boşluğu tercih edilmiştir.

Kalıp ölçüleri, Kalıp tek gözlü olarak tercih edildiğinden kalıp ölçüleri 250x395 mm olacaktır.

Parçanın alınma şekli, parçanın kalıptan alınması için özel bir sistem kullanılmayacaktır, iticiler yardımıyla düşürülecektir.

Yolluk tipi, soğuk yolluk tipi tercih edilmiştir. Akışkan malzeme erkek kalıbın en üst noktasından kalıp boşluğuna iki noktadan enjekte edilecektir.

Soğutma sistemi; Erkek ve dişi kalıp plakalarına açılacak kanallarla standart su soğutma sistemi kullanılacaktır. Soğutma sıvısı olarak şebeke suyu kullanılacaktır.

Enjeksiyon makinesinde yapılacak ayarlamalar ;

Ergime sıcaklığı	100 °C
Kalıp sıcaklığı	60 °C
Max. Enjeksiyon Basıncı	127 Mpa
Enjeksiyon hacmi	95 cc
Ütuleme süresi	1,5 s
Maksimum ütuleme basıncı	127 Mpa
Soğutma zamanı	15 s
Açılma zamanı	5 s
Çıkış sıcaklığı	127 °C
Ortam sıcaklığı	25 °C
Çevrim zamanı	20 s

Soğutma sistemine ait parametreler şu şekilde olmalıdır;

Kanal Çapı (D)	8 mm
Kanallar Arası Min. Mesafe	20 mm
Kanal-İş parçası Arası Max. Mesafe	18 mm
Kanal Adedi	8
Soğutma Sıvısı	Su
Giriş Sıcaklığı	24 °C
Giriş Debisi	5 lt/dak
Soğutma Sıvısı Yoğunluğu	1 gr/ cm ³
Çıkış sıcaklığı	127 °C

Hazırlanan kalıp setinin baskıya girmesinden önce enjeksiyon makinesinde yapılması gereken ayarlamalar ve soğutma sisteminde kullanılması gereken parametreler yukarıda verilmiştir. Verilen değerler kullanılan makineye ve ortam şartlarına göre farklılık gösterebileceğinden deneme baskısı esnasında operatörün gözlemleri doğrultusunda değerler değiştirilerek sistem ayarlanmalıdır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Plastik enjeksiyon yöntemiyle elde edilen ürünün kalitesini ve enjeksiyon işleminin başarısını etkileyen pek çok farklı etken bulunmaktadır. Ürün tasarımı başlangıçtan itibaren sürecin başarısını etkileyen en önemli faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Üretim süreci de göz önüne alınarak yapılan ürün tasarımları plastik enjeksiyonu kolaylaştırmakta ve üretim maliyetlerini düşürmektedir. Ürünün kalıplanabilir ayrıntılara sahip oluşu, seçilecek plastik malzemenin özellikleri, enjeksiyon tezgahının kapasitesi gibi veriler üretim sürecini etkileyen diğer önemli etkenlerdir. Başarılı bir plastik ürün tasarımı yapılabilmesi için plastik enjeksiyon prosesi hakkında bilgi sahibi olunmalı, plastikler ve kalıplama teknikleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Başarılı bir ürün tasarımının ardından başarılı bir enjeksiyon kalıbı tasarımı üretim sürecinin başarısı ve ürün kalitesi açısından olmazsa olmaz ikinci en önemli faktördür. Ürün tasarımı ne kadar mükemmel olsa da doğru kalıplanmayan ürünün kalitesinin düşmesi kaçınılmazdır. Erimiş plastiğin kalıba hangi noktalardan hangi yolları izleyerek gireceği, kalıba giriş sıcaklığı, kalıba uygulanacak kapama basıncı, plastiğin kalıpta kalma süresi gibi parametreler kalıp tasarımının konusu olmakla birlikte ürün kalitesini etkileyen önemli ayrıntılardır.

Tüm plastik çeşitlerinde kalıplama esnasında sıvı halden katı hale geçişte ve malzemedeki sıcaklık değişimi nedeniyle hacimsel çekme meydana gelmektedir. Plastik türüne göre değişen oranlarda ve genellikle %1-5 aralığında kalıptan çıkan malzeme çekmeye uğramaktadır. Kalıp tasarımı yapılırken göz önünde bulundurulması gereken bu durum göz ardı edilirse ciddi problemlere yol açması kaçınılmazdır. Kalıp boşluğu çekme oranı kadar istenen ölçülerden büyük tutulmalıdır.

Kalıplanan parçalar kalıplama esnasında soğutma sistemleri vasıtasıyla soğutularak kalıptan çıkarılmaktadır. Bunun başlıca sebepleri kalıplama çevrim süresini kısaltmak ve parçada dengesiz soğuma durumunun önüne geçmektir. Özellikle cidar kalınlığı fazla olan kısımlarda parçada içten dışa doğru soğuma sağlanmazsa parçada çarpılma, çökme gibi kusurlar meydana gelebilmektedir. Hazırlanan kalıpta soğutma sistemi olarak kalıp yarımına açılan soğutma kanallarıyla kapalı devre su soğutma sistemi kullanılmıştır. Bu sistemde şebekeden alınan su sistemde devir daim ettirilmektedir. Kalıp içerisinde ısınan su soğutma ünitesinde soğutularak tekrar kalıba gönderilmektedir.

Basımda kullanılacak malzeme HDPE (Yüksek yoğunluklu polietilen) olduğundan ocak sıcaklığı 95~100 °C olarak ayarlanmalıdır. Kalıp yarımalarının 50~70 °C sıcaklıkta tutulması ürün kalitesini artıracaktır. Sıcak malzemenin kalıp yarımaları arasına sızması sonucu çapak oluşumunu önlemek için kapama basıncı yüksek tutulmalıdır.

Kullanılan hammaddenin enjeksiyon tezgahına girişte malzeme hunisinde istenen rutubet değerlerine geldiğinden emin olunmalıdır. Rutubeti fazla olan hammadde nedeniyle kalıp boşluğuna giren su buharı parçada yanık izlerine yada ise neden olmakta ve defolu ürün çıkmasına sebep olmaktadır.

Kalıplanan malzemenin kalıptan iticiler vasıtasıyla düşürülmüştür. Ürünün fazla görsel özelliği olan ve estetik kaygılar taşıyan bir ürün olmayışı ve kalıp maliyetinin düşük tutulması amacıyla iticilerle düşürme uygun görülmüştür.

5. SONUÇ

Hazırlanan bu çalışmada, ambalaj sanayinden otomotive, beyaz eşyadan inşaat sektörüne kadar her alanda geniş bir kullanım alanı bulan plastik malzemeler ve bu malzemelerden üretilen endüstriyel ürünlerin imalatı incelenmiştir. Plastik bir iş parçası bilgisayar ortamında modellenmiş ve bu modele ait kalıp yarımları çıkarılmıştır. Tasarım süresince ampirik yöntemlerle elde edilen tecrübelerle, hesaplamalara başvurulmuştur. Çizim ve modellemelerde Solidworks 2009 programından faydalanılmıştır.

Çalışmanın ilk bölümünde plastikler hakkında genel bilgiler verilmiş, farklı fiziksel ve kimyasal yapıya sahip plastik çeşitleri tanıtılmıştır. Plastiklerin biçimlendirilmesinde kullanılan farklı teknikler hakkında bilgiler verilerek plastik enjeksiyon yöntemine zemin hazırlanmıştır. İlerleyen konularda plastik enjeksiyon yöntemi hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Plastik enjeksiyon tezgahları tanıtılarak plastik enjeksiyon makinelerinin kısımları hakkında bilgiler verilmiştir. Plastik enjeksiyon kalıplarında kullanılan kalıp elemanlarının tasarım ilkeleri hakkında bilgiler verilmiştir. Kalıp elemanlarının çeşitleri, farklı kullanım alanlarından verilen örneklerle daha iyi anlaşılması amaçlanmıştır. Ayrıca plastik enjeksiyon kalıplarında kullanılan ısı transfer sistemleri hakkında bilgiler verilmiş, ısıtma ve soğutma sistemlerinin tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlara değinilmiştir.

Üçüncü bölümde yeni bir ürünün tasarımında izlenen yollar tanıtılmış, bilgisayar destekli kalıp tasarım adımında tasarımcıya yol gösterilmesi açısından yeni ürün tasarım aşamaları hakkında bilgiler verilmiştir. Daha sonra bilgisayar destekli kalıp tasarımına geçilerek günlük yaşamda sıkça kullanılan fırça plastik takozu iş parçasının Solidworks programında katı modeli oluşturulmuştur. Bu parça üzerine daha sonra plastik fırça kıllarının çakılacağı bir el fırçasının plastik kısmıdır. Parça üzerinde sap takılmasına yarayan bir yuva da bulunmaktadır. Bu parçadan aylık 5000 adet üretilmesi düşünülmektedir. Parçanın üretiminde kullanım kolaylığı ve maliyet özellikleri göz önünde bulundurularak HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen kullanılacaktır). HDPE erime noktası 105 C derece olup kalıp çekme oranı %1.5-4 arasındadır. Ürünün ve kalıbın katı modeli profesyonel bir 3D katı modelleme ve çizim programı olan Solidworks programında yapılmıştır. Kalıp imalatı sektöründe en fazla kullanım alanı bulan program Solidworks tür. Kalıp modelleme konusunun daha iyi anlaşılabilmesi için kalıp tek gözlü olarak modellenmiştir. Oluşturulan katı ürün modelinden diş ve erkek kalıp yarımları hazırlanmıştır.

Kalıp tasarımına başlamadan önce ürün tasarım detayları üzerinde durulmuştur. Ürün en kolay biçimde nasıl kalıplanabilir sorusuna yanıt aranmıştır. Mümkün olan en yalın kalıp sistemi her zaman daha az sorun, daha az işçilik, daha az enerji ve dolayısıyla daha düşük maliyet olarak geri dönecektir. Pazarlama açısından bakıldığında ürünün üretimiyle her şey bitmemektedir. Elde edilen ürünler bir pazarlama organizasyonunun konusu olacak ve pazarda geniş bir müşteri portföyüne hitab edilmesine çaba sarf edilecektir. Bu noktada rekabet kavramı önem kazanmaktadır. Daha az maliyetle üretilmiş ürünler pazarda her zaman rekabette bir adım önde olacaktır.

Yapılan bu çalışma ile plastik bir parçanın kalıbının hazırlanarak üretime hazır hale getirilmesinde izlenmesi gereken yollar hakkında bilgiler verilmiştir. Kalıp üretimi zor ve maliyetli bir iştir. Kalıp yapımında kullanılan malzemelerden ziyade maliyet kalemlerini işçilik ve personel giderleri oluşturmakta olup katma değeri yüksek bir sektördür. Kalıp tasarımcısının bilgi ve becerisi yanında kalıp parçalarının işlenmesinde kullanılan makine ve ekipman özellikleri kalıptan alınacak verimi etkilemektedir. Bilgisayar kontrollü CNC tezgahlarda işlenen kalıplarla geleneksel yöntemlere göre çok daha hassas üretimler yapılabilmektedir

Plastik enjeksiyon kalıbı tasarımı ve imalatı ülkemizde de giderek artan bir oranla kullanım alanı bulmaktadır. Plastik malzemelerin fiziksel, mekanik, elektriksel ve ısı özellikleri açısından diğer malzemelere göre avantajları sayesinde gelecekte daha yaygın bir şekilde kullanılacağı kişisel bir öngörü olarak sunulabilir. Bu durum plastik ürünlerin üretimi öncesi daha fazla araştırma geliştirme faaliyetlerinin önemini ve uzman personel ihtiyacını artırmaktadır. Çalışma süresince güncel kaynaklardan yararlanmaya özen gösterilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Güneş A.T. (2005). Plastik Enjeksiyon Kalıpları, TMMOB Makine Mühendisleri Odası.
- Yaşar H. (2001). Plastikler Dünyası, TMMOB Makine Mühendisleri Odası.
- Akyüz Ö.F. (1993). Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş, PAGEV Yayınları.
- Kluz, J. Plastik Ve Metal Döküm Kalıpları.
- Turaçlı H. (1999) Enjeksiyon Kalıpları İmalatı.
- Yurci M.E. Plastik İmalat Teknolojisi, Malzemeler ve Hatalar, TMMOB Mak. Müh. Odası.
- Bayar Material Science, Part And Mold Design, A Design Guide.
- Koyun, Ç. (2005). Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı Ve Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.T.Ü.
- Özdemir A. Gürün H. Dilipak H. (2005). Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü – ANKARA.
- Akkaş M. Plastik Enjeksiyon Makineleri, Gazi Üniversitesi Makine Eğitimi Bölümü Kalıpcılık Öğretmenliği Ders Notları.
- Dupont Delrin Acetal Resin, Molding Guide.
- Çolak M., Fındık F., Enjeksiyon Kalıplarında Yolluk Sistemleri, Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü.
- Prof. Dr. İrfan AY, Plastik Malzemelerin İşlenme Teknikleri Ders Notları, Balıkesir Üniversitesi.
- Sağın İ., Hacim Kalıplarının Isıtılması Ve Soğutulması, Lisans Tezi
- Koçak M., Abalı B.E., Plastik Enjeksiyon Kalıbı Tasarımı, Lisans Tezi, İ.T.Ü.
- MEGEP, (2006), Makine Teknolojisi, Temel Plastik Enjeksiyon Kalıpları
- Teknoloji Dergisi, (2001), Sayı 1-2, sy. 19-29, Plastik Ürünlerde Çekme Miktarına Etki Eden Enjeksiyon Parametrelerinin İncelenmesi.

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı-Soyadı : Erdem TOPÇU
Doğum Yeri-Tarihi : Tekirdağ-1983
Medeni Durum : Bekar
Yabancı Dil : İngilizce (Orta Seviye)

Eğitim Bilgileri

Ortaöğrenim : Tuğlacılar Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi (2001), Tekirdağ
Lisans : İstanbul Üniversitesi-Orman Fakültesi
Orman Endüstri Mühendisliği, (2006)
Yüksek Lisans : Namık Kemal Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği (Devam Ediyor)

Adres: : Hürriyet Mah., Şehit Rüştü Ökeler Cd.,
Bilkent Sitesi, B Blok, Daire 4
TEKİRDAĞ

Telefon : 0.282.263 88 52
0.533.644 52 20