

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**PLASTİK ENJEKSİYON İLE İNCE CİDAR MALZEMESİ ÜRETİMDE
KULLANILAN KALIP VE MALZEMEYE BAĞLI MEYDANA GELEN
ÜRETİM HATALARI VE GİDERME YOLLARININ ARAŞTIRILMASI**

Ali GÖKKORUK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Yahya TAŞGIN

TUNCELİ – 2021

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**PLASTİK ENJEKSİYON İLE İNCE CİDAR MALZEMESİ ÜRETİMDE
KULLANILAN KALIP VE MALZEMEYE BAĞLI MEYDANA GELEN
ÜRETİM HATALARI VE GİDERME YOLLARININ ARAŞTIRILMASI**

ALİ GÖKKORUK
(1388000020)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Yahya TAŞGIN

TUNCELİ – 2021

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Ali GÖKKORUK

Danışman
Doç. Dr. Yahya TAŞGIN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince hiçbir desteğini esirgemedi yanımda olan aileme, sevgili nişanlım Nuriye Hanım'a; fikirlerinden, bilim insanı kişiliğinden ve insaniyetinden çok şey öğrendiğim değerli hocam Doç. Dr. Yahya TAŞGIN'a ve değerli meslektaşım, iş tecrübemde önderlik yapan değerli abim Mustafa ORHAN'a teşekkürü borç bilirim.

Ali GÖKKORUK
TUNCELİ - 2021



İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	I
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	V
TABLOLAR LİSTESİ.....	VI
RESİMLER LİSTESİ.....	VII
SEMBOLLER LİSTESİ.....	VIII
ÖZET.....	IX
ABSTRACT.....	X
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Plastikler.....	1
1.2. Plastik Malzemelerin Sınıflandırılması.....	2
1.2.1. Termoplastikler.....	3
1.2.2. Termosetler.....	3
1.2.3. Elastomerler.....	4
1.3. Bazı Termoplastik Malzemeler ve Özellikleri.....	5
1.3.1. Polietilen (PE).....	5
1.3.2. Polikarbonat (PC).....	5
1.3.3. Polivinilklorür (PVC).....	6
1.3.4. Akrilonitril-Butadien-Stiren (ABS).....	6
1.3.5. Asetaller	7
1.3.6. Polipropilen (PP).....	8
1.4. Plastik Üretim Yöntemleri.....	8
1.4.1. Plastik enjeksiyon makinaları.....	9
1.4.1.1. Plastikleştirme ve enjeksiyon ünitesi.....	10
1.4.1.2. Kalıp.....	10
1.4.1.3. Kapatma ünitesi.....	11
1.4.1.4. Kontrol ünitesi.....	11
1.5. Plastik Enjeksiyon Prosesi.....	12
1.5.1. Plastikleşmenin başlaması.....	12
1.5.2. Plastikleşmenin bitmesi.....	13
1.5.3. Kalıbın kapatılması.....	13
1.5.4. Enjeksiyonun başlaması.....	13
1.5.5. Enjeksiyonun bitmesi ve parçanın soğuması.....	14
1.5.6. Parçanın kalıptan çıkarılması.....	14
1.6. Enjeksiyon Prosesini Etkileyen Faktörler.....	15
1.6.1. Sıcaklık.....	15
1.6.2. Basınç (Ütüleme).....	17
1.6.3. Zaman.....	17
1.6.4. Hız.....	18
1.7. Plastik Enjeksiyon Kalıpları.....	18
1.7.1. Kalıp boşluğu.....	18
1.7.2. Erkek kalıp.....	19
1.7.3. Dişi kalıp.....	19
1.7.4. Yolluk sistemi.....	20
1.7.4.1. Sıcak yolluk sistemi.....	21
1.7.4.2. Soğuk yolluk sistemi.....	22

1.7.5. Soğutma sistemi.....	26
1.7.6. İtici sistemi.....	30
1.7.6.1. Havalı iticiler.....	31
1.7.6.2. Pim ve bıçak iticiler.....	31
1.7.6.3. Sıyrıcı plakalı iticiler.....	32
1.7.6.4. Valf başlıklı iticiler.....	32
1.7.7. Temel tasarımına göre kalıp çeşitleri.....	32
1.7.7.1. İki plakalı kalıplar.....	32
1.7.7.2. Üç plakalı kalıplar.....	33
1.7.7.3. Sıyrıcı levhalı kalıp.....	33
1.7.7.4. Parçalı kalıplar.....	34
1.7.7.5. Açılı hareketli (maçalı) kalıplar.....	34
1.7.7.6. Vida mekanizmalı kalıplar.....	35
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	37
2.1. Plastik Enjeksiyon Makinaların Kontrol Ünitesi.....	37
2.1.1. Ocak ısıları kontrol sayfası.....	37
2.1.2. Mal alma kontrol sayfası.....	38
2.1.3. Mengene açılma ve kapanma kontrol sayfası.....	39
2.1.4. Kalıp tonaj kontrol sayfası.....	40
2.1.5. Plastik enjeksiyon hızları ve basınçları kontrol sayfası.....	41
2.1.6. Hava kontrol sayfası.....	42
2.1.7. Çevrim kontrol sayfası.....	43
2.1.7. Soğutma sistemleri.....	43
2.1.7.1. Su soğutma kulesi.....	44
2.1.7.2. Chiller soğutma sistemleri.....	45
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	47
3.1. Plastik Enjeksiyon Prosesinde İmalat Hataları.....	47
3.1.1. Yanık izleri.....	47
3.1.2. Akış izleri.....	48
3.1.3. Birleşme izleri.....	49
3.1.4. Eksin ürün.....	50
3.1.5. Parçanın dişi kalıptan ayrılmaması.....	51
3.1.6. Çapaklı ürün.....	52
3.1.7. Yüzeyde çöküntü oluşması.....	52
3.1.8. Çarpılma.....	53
3.1.9. Hızlı akış izi.....	54
3.1.10. Boşluklar.....	54
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
5. KAYNAKLAR.....	56

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Plastik malzemelerin sınıflandırılması	2
Şekil 1.2. Termoplastiklerin zincir yapısı	3
Şekil 1.3. Isı-zaman oranına göre termoplastik ve termosetlerin erime grafikleri	4
Şekil 1.4. Enjeksiyon makinası bölümleri.....	9
Şekil 1.5. Vida bölümleri	10
Şekil 1.6. Kapama ünitesi	11
Şekil 1.7. Enjeksiyon işleminde kalıp gözü basıncı / zaman eğrisi	14
Şekil 1.8. Enjeksiyon kalıp elemanları	19
Şekil 1.9. Enjeksiyon kalıbı.....	20
Şekil 1.10. Yolluk sistemi elemanları	20
Şekil 1.11. Yolluk kesit tipleri	21
Şekil 1.12. Sıcak yolluk sistemi elemanları	22
Şekil 1.13. Direk yolluk girişi	23
Şekil 1.14. Kenar yolluk girişi	23
Şekil 1.15. Fan yolluk girişi	24
Şekil 1.16. Film yolluk girişi.....	24
Şekil 1.17. Disk yolluk girişi	25
Şekil 1.18. Halka yolluk girişi.....	25
Şekil 1.19. Tünel yolluk girişi	26
Şekil 1.20. İğne yolluk girişi	26
Şekil 1.21. Laminer ve türbülanslı akış	27
Şekil 1.22. Uygun soğutma kanalları ve parçalar arasındaki mesafe	28
Şekil 1.23. Dengeli sıvı kanalı dağılımı	28
Şekil 1.24. Soğutma kanallarının parça köşe detayları	29
Şekil 1.25. Soğutma kanalı bağlantı tipleri	29
Şekil 1.26. Baffle ve bubbler sistemi	30
Şekil 1.27. İtici pimler ile parça çıkarılması	30
Şekil 1.28. Pim ve bıçak iticiler	31
Şekil 1.29. Sıyırıcı plakalı iticiler.....	32
Şekil 1.30. İki kalıplı plaka	33
Şekil 1.31. Üç plakalı kalıp	33
Şekil 1.32. Sıyırıcı levhalı kalıp	34
Şekil 1.33. Parçalı kalıplar	34
Şekil 1.34. Açılı hareketli (maçalı) kalıplar	35
Şekil 1.35. Vida mekanizmalı kalıplar	36
Şekil 2.1. Soğutma kulesi su giriş-çıkış sıcaklık grafiği	45
Şekil 2.2. Chiller soğutma sistemi su giriş-çıkış sıcaklık grafiği	46

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Polietilenin özellikleri.....	5
Tablo 1.2. Polikarbonatların özellikleri	6
Tablo 1.3. Polivinilklorürün özellikleri	6
Tablo 1.4. ABS'nin özellikleri.....	7
Tablo 1.5. Asetallerin özellikleri	7
Tablo 1.6. Polipropilenin özellikleri	8
Tablo 1.7. Bazı malzemeler için erime sıcaklıkları ve çekme değerleri	16
Tablo 1.8. Enjeksiyon basınçları	17
Tablo 2.1. BF970MO polipropilen fiziksel özellikleri	41



RESİMLER LİSTESİ

Resim 1.1. Kontrol ünitesi panosu	12
Resim 1.2. Kalıbın kapatılması	13
Resim 1.3. İtici pimler.....	31
Resim 2.1. Zhafir plastik enjeksiyon makinesi ocak ısı kontrol sayfası	37
Resim 2.2. Zhafir plastik enjeksiyon makinesi mal alma kontrol sayfası.....	39
Resim 2.3. Haitain plastik enjeksiyon makinesi mengene kontrol sayfası	40
Resim 2.4. Zhafir plastik enjeksiyon makinesi kalıp tonaj kontrol sayfası	41
Resim 2.5. Haitain plastik enjeksiyon hız ve basınç kontrol sayfası	42
Resim 2.6. Zhafir plastik enjeksiyon makinesi hava kontrol sayfası	42
Resim 2.7. Zhafir plastik enjeksiyon makinesi çevrim kontrol sayfası	43
Resim 2.8. Su soğutma kulesi	44
Resim 2.9. Chiller soğutma sistemi	46
Resim 3.1. Yanık izi oluşan parça.....	48
Resim 3.2. Akış izi oluşan parça.....	49
Resim 3.3. Soğuk birleşme izleri	50
Resim 3.4. Eksin ürün	51
Resim 3.5. Dişi kalıpta kalan ürün	51
Resim 3.5. Çapaklı ürün.....	52
Resim 3.6. Parça yüzeyindeki çöküntü	53
Resim 3.7. Çarpılmış ürün	53
Resim 3.8. İçerisinde vakum boşlukları oluşan parça.....	54

SEMBOLLER LİSTESİ

q	: Birim alanda meydana gelen ısı transferi miktarı
h	: Isı taşınım katsayısı
$T_{\sim}$	: Dış ortam sıcaklığı
ν	: Viskozite
ρ	: Özkütle
τ	: Kayma gerilmesi
S	: Çekme
L^*	: Kalıp üstündeki herhangi bir uzunluk
L	: L^* 'ın standart basınç ve sıcaklıktaki ölçüsü
Re	: Reynold sayısı
η	: Dinamik viskozite
V	: Akışkanın hızı
D	: Boru çapı

ÖZET

Bu çalışmanın amacı plastik malzemenin, plastik enjeksiyon makineleri ile enjeksiyon yöntemi ile imalat sırasında ortaya çıkabilecek hataların daha önceki analizlerinin yardımı ile tespiti edilerek ve hızlı ve doğru bir yöntem belirleyerek hataların giderilmesini sağlamaktır.

Plastik enjeksiyon prosesi başlamadan önce, üretilecek parçanın kalıp tasarımı yapılır. Kalıp tasarımı yapılırken oluşan parçanın enjeksiyon sırasında eriyik malzeme yönü, kalıbın gaz atma yönü, ve parçanın kalıptan çıkarılması yönü hesaplanmalıdır. Kalıp imalatı hazır olduktan sonra hammadde seçimi yapılır. Enjeksiyon prosesi işlemine geçmeden önce enjeksiyon makinesi ayarları parçaya uygun olarak yapılmalıdır. Tüm ayarlardan sonra plastik enjeksiyon prosesine başlanılmaktadır.

Bu çalışmada; plastik enjeksiyon prosesi sırasında malzemeden, kalıptan, soğutma sistemlerinden ve enjeksiyon makinelerinden oluşan sorunları analiz ederek, sorunların çözümlerini anlatılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Plastik malzemeler, plastik enjeksiyon kalıbı, plastik enjeksiyon prosesi, plastik enjeksiyon hataları

ABSTRACT

Investigation of Production Errors and Remedies that Occur due to the Mold and Material Used in the Production of Thin Wall Material by Plastic Injection

The aim of this thesis is to determine the errors that may arise during the production of plastic material with the injection method with plastic injection machines with the help of previous analyzes and to eliminate the errors by determining a fast and accurate method. Before the plastic injection process starts, the mold design of the part to be produced is made. While designing the mold, the molten material direction during the injection of the formed part, the gas discharge direction of the mold, and the removal direction of the part must be calculated. After the mold production is ready, raw material selection is made. Before starting the injection process, the injection machine settings must be made in accordance with the part. After all the settings, the plastic injection process is started. In this study; during the plastic injection process, problems arising from the material, mold, cooling systems and injection machines are analyzed and the solutions of the problems are explained.

Keywords: Plastics, plastic injection mold, plastic injection process, plastic injection mold plastic injection errors

1. GİRİŞ

Plastik enjeksiyon imalat teknolojisinde sürekli hızlı gelişim ve yenilikler ile plastik ürünlerin kullanımları günümüzde artış göstermektedir. Plastik malzemelerin hızlı ve seri üretime uygun olması ve istenilen özelliklerde üretim sağlanması talep artışı her geçen gün talebi arttırmaktadır.

Plastik enjeksiyon imalatında seri üretimde en önemli etken kalıp tasarımı ve hammaddedir. Plastik enjeksiyon imalatı sırasında verimliliği ve kaliteyi yüksek, maliyeti düşük tutmak önemli bir faktördür. İmalata başlamadan önce üretilen plastik malzemeye göre hammadde, istenilen parça tasarımı, parçaya uygun kalıp tasarlanma işlemi ve enjeksiyon işlemi prosesleri önemlidir. İstenilen parçaya uygun hammadde seçimi maliyet amacı için önemlidir. Seri üretimde en önemli etken hız olduğundan kalıpların çalışması ürüne göre imal edilmesi önemli bir etkidir. İmalat sırasında kalıp soğutması çevrim zamanı açısından en önemli etkidir.

Plastik enjeksiyon imalatında ortaya karşılaşılabilecek sorun ve hataların hemen tespiti, zaman kayıplarını ve maddi zararları engellemek konusunda önemli etkidir. İmalat sırasında parçadan, kalıptan veya imalat prosesi bağlı hatalarının belirlenmesi ve çözümleri için kullanılması için bir akış programı belirlemek faydalı olacaktır.

Bu tez çalışmasında plastik enjeksiyon imalatında, sürekli karşılaşılan farklı sorunları ve çözüm metodlarını ele alarak hataların hızlı ve doğru bir şekilde çözüme ulaşmasını sağlayarak imalat verimliliğini istenilen en iyi şekilde devam etmesi ve istenilen ürünü elde etme metodlarını daha iyi şekilde anlatmak amaçlanmıştır.

1.1. Plastikler

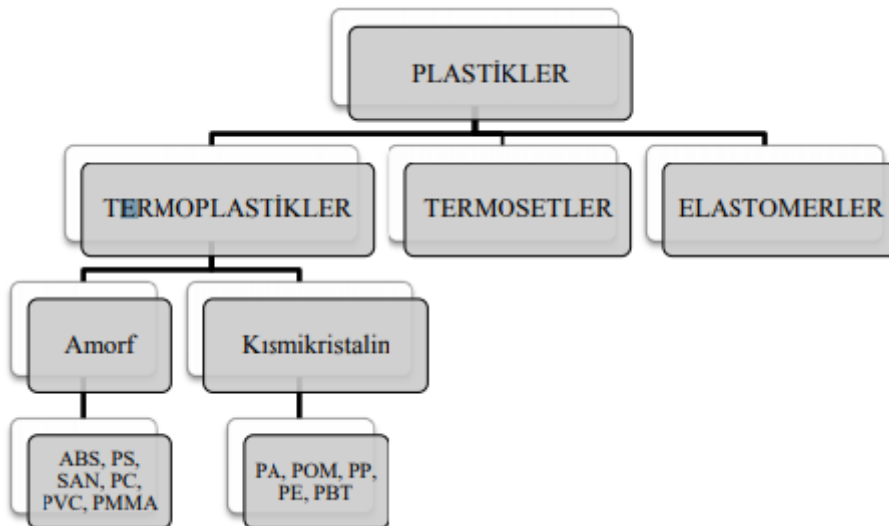
Uygun maliyetlerde bir malzeme olan plastikler, istenilen tasarımı uygun oluşturan, gündelik kullanımlarda ve yenilikçi teknoloji ile talep tercih edilen bir malzemedir. Isı ve Basınç etkisiyle istenilen şekle dönüşen, organik ve sentetik olarak şekil alan malzemeye plastik denir. Plastik, karbonun (C) hidrojen (H), oksijen (O), azot (N) ve diğer organik ya da inorganik elementler ile oluşturduğu Monomer adı verilen, basit yapıdaki moleküllü gruplardaki bağın koparılmasıyla, Polimer adı verilen uzun ve zincirli bir yapıya dönüştürülmesi ile elde edilen malzemelere verilen isimdir. Tanımda anlaşılabileceği gibi plastikler doğada hazır halde bulunmaz, doğadaki elementlere insanların tarafında müdahale edilmesi sonucunda

elde edilir. Belirli bir sıcaklık ve basınç ile katalizör yardımı ile Monomerlerin reaksiyona girmesi ile oluşur. Plastikler ilk üretildiği zaman toz, granül veya granül halde meydana gelirler. Çoğunlukta plastik malzemeler petrol rafinerilerinde kullanılmakta olan ham petrolün işlenmesi ile arta kalan malzemelerden meydana gelmektedir. Plastik ilk olarak Aleksander Parkes tarafında 1860 yılında bulunmuştur. Plastik malzemeler yaşıntımızda her yerde bulunmaktadır. Günümüzde yeri ve önemi çok önemli olup ihtiyaçlarımızı karşılamasındaki etkenler büyüktür.

Plastik ürünlerin bu kadar yaygınlaşma sebepleri ise çok yönlü her alanda kullanıma uygun, güvenli, düşük maliyetli, hafif olmalarıdır. Plastik malzemelerin avantajları göz önünde bulundurursak eğer, ekstra işlem yapılmadan istenilen karmaşık şekildeki malzemeyi üretilebilir. Metal ve seramiklere oranla daha düşük yoğunluğu olmasına rağmen daha dayanıklı ve yoğunluk oranları daha iyidir. Korozyon direnci yüksek, elektrik iletkenliği iyidir. Üretim esnasında daha düşük sıcaklıklar gerektiğinde, enerji tasarrufu yapılmaktadır.

1.2. Plastik Malzemelerin Sınıflandırılması

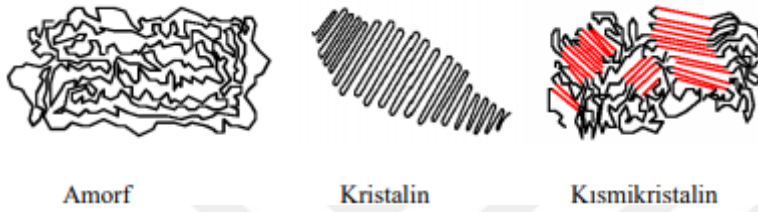
Plastikler genel olarak 3 ana gruba ayrılarak; Şekil 1.1’de gösterildiği gibi termoplastikler, termosetler ve elastomerler olarak ayrılırlar.



Şekil 1.1. Plastik malzemelerin sınıflandırılması (Pınar, 2010)

1.2.1. Termoplastikler

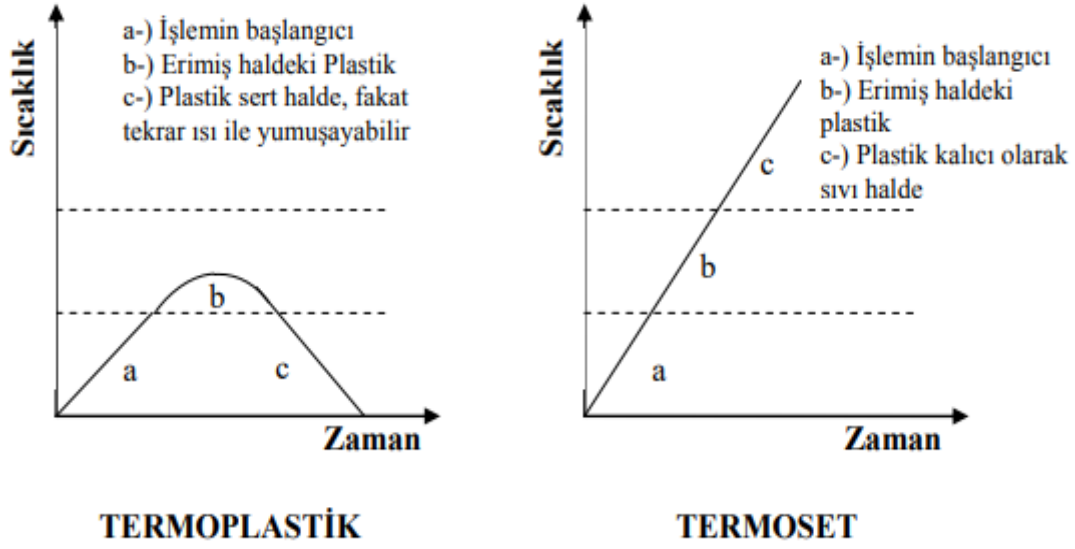
Termoplastikler, moleküller arasında bağlarla birbirlerine bağlanmış lineer veya dallı makromolekül zincirleri ile oluşturduğu plastiklerdir. Termoplastikler tekrardan eriyebilen ve tekrardan istenilen şekil verilen polimerlerdir. Termoplastikler bilenen genel özellikleri çekme dayanımları düşük, sertlik ve çarpma dayanımları yüksek ve oda sıcaklıklarında belli basınçta şekil alabilirler. Termoplastikler molekül yapısına göre Amorf Polimerler ve Kısmi Kristal Yapılı Polimer olarak ikiye ayrılırlar.



Şekil 1.2. Termoplastiklerin zincir yapısı (Pınar, 2010)

1.2.2. Termosetler

Belli bir sıcaklık üzerinde kalıcı olarak sertleşen ve tekrardan belli ısıya ısıtıldığında yumuşamayan polimerlerdir. Geri dönüşümü mevcut değildir. Yoğun çapraz molekül zincirlerinin oluşturduğu yapıyla ismini almaktadır. Oda sıcaklıklarında çapraz bağlı yoğun moleküller sağlam ve çok sert olmasına rağmen kırılgan yapıdadırlar. Termoplastikler imalat sırasında kimyasal değişikliğe uğramazken, termosetler ise imalat sırasında kimyasal değişime uğramaktadırlar.



Şekil 1.3. Isı-zaman oranına göre termoplastik ve termosetlerin erime grafikleri (Temiz, 2004)

1.2.3. Elastomerler

Elastomerlerin molekül zincir yapısı gelişi güzel dizilişe sahip ve düşük oranlarda çapraz bağ oluşturmaktadır. Elastomerler az çapraz bağ içeren polimer olarak telaffuz edilebilir. Elastomerler oda sıcaklıklarından kauçuk gibi davranış sergilerler. Çapraz bağlar nedeniyle molekül zincirlerin hareketini büyük orandan engellerler. Ancak çok yüksek sıcaklıkta çapraz bağlar parçalanabilirler. Ancak sıcaklık düştüğü zaman bağ oluşumu tekrar oluşamaz. Bu sebeple elastomerler erimez ve çözünemezler. Molekül zincirler az sayıda çapraz bağlar ile bağlanması ve bu sebeple yağ ile benzin moleküllerine benzeyen küçük moleküller arasındaki zincirler boşluklara girecekleri için belli orana kadar şişme gösterebilirler.

1.3. Bazı Termoplastik Malzemeler ve Özellikleri

1.3.1. Polietilen (PE)

En çok kullanılan ve en ucuz plastik türlerinden biri olarak bilinir. Kolay işlenebilirliği olması kullanım bakımından zengindir. Polietilenlerin en genel özellikleri, düşük yoğunluklu (LDPE) ve yüksek yoğunluklu (HDPE) olarak iki tipi bulunmaktadır. Yüksek yoğunluk polietilenler genel olarak basınçlı borular, şişe, bidon, gaz dağıtım boruları ve beyaz eşya yapımında kullanılırken, düşük yoğunluklu polietilenler kablo yalıtımlarında, ambalajlamada ve film yapımlarında kullanılmaktadır.

Tablo 1.1. Polietilenin özellikleri (Şafak, 2001)

Polimer	Polietilen	Polietilen
Sembol	LDPE	HDPE
Elastisite Modülü	150 MPa (20,000 lb/in ²)	700 MPa (100,000 lb/in ²)
Çekme Mukavemeti	15 MPa (2000 lb/in ²)	30 MPa (4000 lb/in ²)
Uzama	%100-%500	%20-%100
Erime Sıcaklığı	115°C (240°F)	135°C (275°F)
Özgül Ağırlığı	0.92 g/cm ³	0.96 g/cm ³
Kristalinite Derecesi	%55	%92

1.3.2. Polikarbonat (PC)

Polikarbonatlar, termoplastiklerin özel bir grubu olmaktadır. Aleve dayanıklı, ilaçlarla direkt temasları olan ve besin maddeleri iyi olan, ultraviyole ışınlara dayanıklı, darbe mukavemetini koruyan bir malzemedir.

Tablo 1.2. Polikarbonatların özellikleri (Şafak, 2001)

Polimer	Polikarbonat
Sembol	PC
Elastisite Modülü	2500 MPa (350,000 lb/in ²)
Çekme Mukavemeti	65 MPa (9500 lb/in ²)
Uzama	%100
Erime Sıcaklığı	230°C (446°F)
Özgül Ağırlığı	1.2 g/cm ³
Kristalinite Derecesi	Amorf

1.3.3. Polivinilklorür (PVC)

Polietilenden sonra kullanımı en çok olan plastik türüdür. Genellikle yiyecek ve boru yapımı, cam çerçeve, tel ve kablo izolasyonu sektöründe kullanımı vardır. Çeşitli katkı maddeleri ile ısıya ve ışığa dayanıklı hale gelmektedir.

Tablo 1.3. PolivinilKlorürün özellikleri (Şafak, 2001)

Polimer	PolivinilKlorür
Sembol	PVC
Elastisite Modülü	2800 MPa (400,000 lb/in ²)
Çekme Mukavemeti	40 MPa (6000 lb/in ²)
Uzama	%2
Erime Sıcaklığı	212°C (414°F)
Özgül Ağırlığı	1.4 g/cm ³
Kristalinite Derecesi	Amorf

1.3.4. Akrilonitril-Butadien-Stiren (ABS)

ABS iki fazdan oluşan termoplastik olan, bir fazı sert polimer stiren-akrilonitril; diğer fazı ise stiren-butadien kopolimerdir. ABS ismini ise üç monomerin isminden gelmektedir. Mekanik özelliklerin üstünlüklerinden ötürü, mühendislik alanında kullanımı önemlidir.

Sert, tok ve rijit bir malzemedir. Yüksek darbelere dayanımı olup, darbe sonucunda kırılması sünektir.

Tablo 1.4. ABS'nin özellikleri (Şafak, 2001)

Polimer	Akrilonitril, Butadien ve Stirenin terpolimeri
Sembol	ABS
Elastisite Modülü	2100 MPa (300,000 lb/in ²)
Çekme Mukavemeti	50 MPa (7000 lb/in ²)
Uzama	%10-%30
Erime Sıcaklığı	250°C (482°F)
Özgül Ağırlığı	1.06 g/cm ³
Kristalinite Derecesi	Amorf

1.3.5. Asetaller

Yüksek mukavemet, katılık ve sertliğe sahip bir yapıya sahiptirler. Yüksek erime sıcaklığına sahip, nem alma özelliği düşük ve çözücüler tarafından çözülmezler. Sürünme dirençleri iyi, düşük sıcaklıklarda iyi darbe dayanımına sahiptirler. Genelde otomotiv sektöründe ve metallere benzer malzeme olarak yapılmaktadır.

Tablo 1.5. Asetallerin özellikleri (Şafak, 2001)

Polimer	Polioksimetilen poliasetal
Sembol	POM
Elastisite Modülü	3500 MPa (500,000 lb/in ²)
Çekme Mukavemeti	70 MPa (10000 lb/in ²)
Uzama	%25-%75
Erime Sıcaklığı	180°C (356°F)
Özgül Ağırlığı	1.42 g/cm ³
Kristalinite Derecesi	%75

1.3.6. Polipropilen (PP)

Polipropilen, en çok enjeksiyon kalıplamada kullanılan malzemelerden biridir. Plastikler içinde hafiflik konusunda en hafif özelliğine sahip ve mukavemet ağırlık oranları yüksektir. Kullanım alanları oldukça yaygındır. Polipropilen süt beyaz rengine olup, çok iyi boyanma özelliğine sahiplerdir. Genelde besin, ilaç ve kozmetik endüstrisinde ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Polipropilenlerin en avantajlı özellikleri ise, geri dönüşümle, mekanik özelliklerinde büyük ölçülerde değişim olmamasıdır. Geri dönüşümde ise renk uyumu diğer plastiklere oranla daha iyi sonuçlar vermektedirler. Kullanım alanları oldukça fazladır. Otomobil parçaları, alet tutacakları, ev araç gereçleri, şişe kasa, oyuncaklar, hastane gereçleri, gıda sektöründe vb. yerlerde kullanımları oldukça fazladır. Nem ve kimyasallara karşı iyi dirençler gösterirler.

Tablo 1.6. Polipropilenin özellikleri (Şafak, 2001)

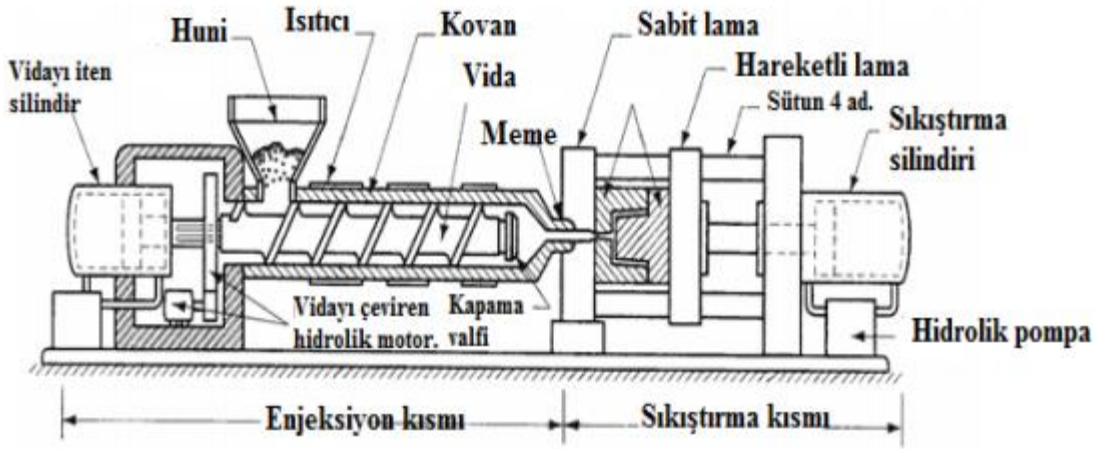
Polimer	Polipropilen
Sembol	PP
Elastisite Modülü	1400 MPa (200,000 lb/in ²)
Çekme Mukavemeti	35 MPa (10000 lb/in ²)
Uzama	%10-%500, katkılara bağlı
Erime Sıcaklığı	176°C (349°F)
Özgül Ağırlığı	0.9 g/cm ³
Kristalinite Derecesi	Yüksek

1.4. Plastik Üretim Yöntemleri

Plastik parça üretimi yapılmadan önce parça kalitesi en önemli faktördedir. Plastik malzemelerin özelliklerinden hariç enjeksiyon yöntemindeki parametreler, kalıp tasarımı çok önemli etken olmaktadır. İstenilen özellikte bir parça üretimi yapılmadan önce enjeksiyoncu, polimer üreticisi ve kalıp tasarımcısı birbirleri ile fikir alış veriş yaparak istenilen malzemenin üretimini sağlayabilirler. Tasarım yapılırken, tasarımcı enjeksiyon işlemi sırasında plastiğin kalıp içinde hareketini ve meydana gelebilecek davranışları tahmin ederek kalıp tasarlaması önemlidir.

1.4.1. Plastik enjeksiyon makinaları

Plastik hammaddeyi belli bir sıcaklıkta akışkan hale getirip, belli bir basınç ile kalıba iletilmesini sağlayan ve daha sonrasında oluşan ürünü kalıptan çıkarma işlemini gerçekleştiren makinalara, enjeksiyon makinası adı verilmiştir. Enjeksiyon makinası, kalıbın bağlandığı kalıp ünitesi, kalıbın kitleme ve açma işlevini gerçekleştirdiği kapatma ünitesi, plastikleştirme olduğu enjeksiyon ünitesi ve enjeksiyon parametrelerinin (zaman, hız, sıcaklık, basınç) kontrolü sağlandığı kontrol ünitesi olmak üzere dört üniteye inceleylebiliriz.

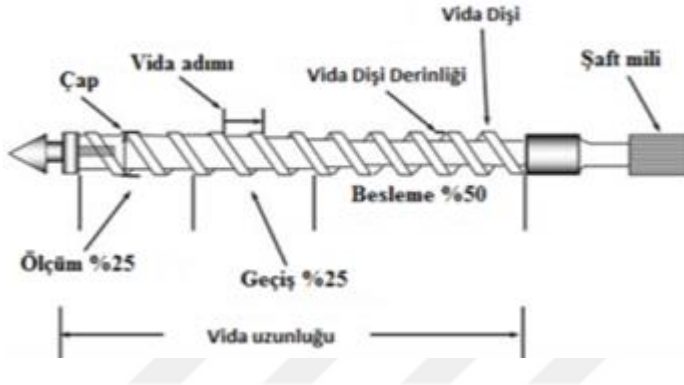


Şekil 1.4. Enjeksiyon makinası bölümleri (Ozansoy, 2005)

Plastik enjeksiyon makinaları, pistonlu enjeksiyon makinaları ve vidalı enjeksiyon makinaları olarak iki farklı grupta incelenmektedir. Pistonlu enjeksiyon makinaları üretilen malzemenin sabit ısıtılmaması nedeniyle küçük gramajlı ağırlığa sahip parça üretimi haricine günümüzde pek çok kullanılmamaktadır. Günümüzde en çok kullanılan ve yaygın olan vidalı enjeksiyon makinalarıdır. Vidalı enjeksiyon makinalarındaki vida, hem de pistonun görevini yapmaktadır. Huniye konan hammadde, yerçekimi yardımıyla vidanın önüne hareket ederek gelmektedir. Vidanın dönmesi ile malzemeyi içine almakla birlikte, vidanın etrafındaki silindir üzerinde bulunan ısıtıcı bantlar ile silindirin içinde bulunan hammadde ısıtılarak eriyik hale getirilir ve vida basınç ile öne doğru hareket ederek eriyik halinde bulunan malzemeyi silindirden kalıba basılır. Bu hareket sırasında vidanın ucunda bulunan bilyalı valf sayesinde silindire hata hareketi önlenmektedir.

1.4.1.1. Plastikleştirme ve enjeksiyon ünitesi

Vida, çek-valf, huni, ısıtıcılar, enjeksiyon memesi, hidromotor ve hidrolik silindirden oluşur. Şekil 2.1’de Enjeksiyon ünitesine ait birimler gösterilmiştir. Huni sayesinde plastik malzeme düzenli bir yolla kovana doğru akar. Meme, görevi gereğince enjeksiyon ünitesindeki eriyik malzemeyi yolluk teması ile plastiği kalıba geçirir. Sistemin son parçasıdır. Vida, plastik hammaddeyi eritip kalıba ileten sistemin bir parçasıdır. Vida 3 bölme ayrılır. Bunlar; ölçme bölümü, sıkıştırma bölümü ve besleme bölümüdür. Şekil 2,2’de belirtilmiştir.



Şekil 1.5. Vida bölümleri (Palabıyık, 2008)

Eritme performansının yeterli derecede olması, malzemelerin hızla taşınması ve etkili erime sayesinde katkı maddelerinin homojen dağılmasını sağlaması, sonsuz vida sisteminden elde edilmesi beklenen ana özelliklerdir. Sistemdeki sonsuz vidamızın ucuna yerleştirilen, vidanın tutma ve doldurma anlarında hareketini sağlayan ve hammaddenin geri yönde hareketini engelleyen yapı çek-valftir. Kovanın içindeki vidayı ısıtmak için rezistanslı bantlar kullanılır.

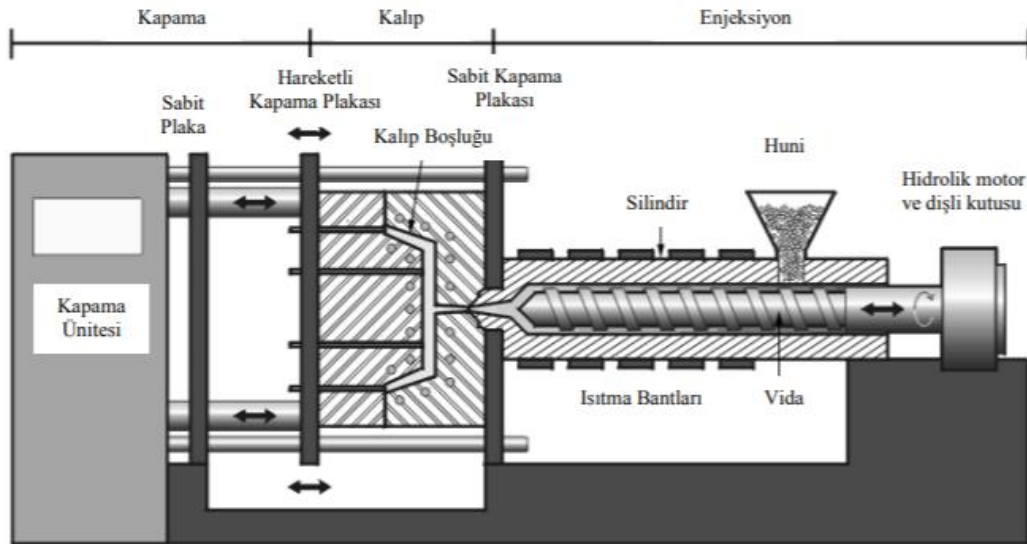
1.4.1.2 Kalıp

Eriyik hammaddeye istenilen şeklin verildiği sistemdir. En az iki plakadan oluşur. İstenilen şekle göre plaka sayısı artabilir. Plakaların bir tanesi sabit kalır, diğeri veya diğerleri ise hareket halindedir. Kullanılan malzeme kalitesi nedeniyle maliyetleri yüksektir. Kalıbın temel görevleri; eriyik hammaddenin kalıp içinde homojen dağılmasını ve boşlukları

doldurmasını sağlamak, malzemenin eşit soğumasını sağlamak ve ürünü dışarı kolayca çıkarmaktır.

1.4.1.3. Kapatma ünitesi

Sistemin ana görevleri; kalıbın açılıp kapanma hareketini sağlamak, kalıp ayrılma düzleminde çapak oluşumunu engellemek adına kalıpların kapanmasını sağlamaktır. Hidrolik, hidro-mekanik ve mekanik olarak 3 çeşit mengene yapısı vardır. Hidrolik mengene yapısında kalıbın hareketini hidrolik silindir yardımıyla kontrol edilir. Hidro-mekanik mengene yapısında kalıbın kapatma hareketi hidrolik silindirler, kalıbın kilitlenmesi özel mekanik parçalarla yapılır. Mekanik mengene yapısında ise ayarlanabilir makas ile kapatma aralığının kontrolü sağlanır. Hareket mekanik sistemin yardımı ile sağlanır.



Şekil 1.6. Kapama ünitesi (Ozansoy, 2005)

1.4.1.4. Kontrol ünitesi

Enjeksiyon sistemi ile enjeksiyon sürecinin bütün değerlerini ayarlayan sistemdir. Günümüzde enjeksiyon cihazlarında PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici) yapıları bulunmaktadır. PLC sayesinde 4 adet önemli enjeksiyon değeri(hız, basınç, zaman, sıcaklık) dolaylı ve doğrudan kontrol edilebilir.



Resim 1.1. Kontrol ünitesi panosu

1.5. Plastik Enjeksiyon Prosesi

Enjeksiyon prosesi altı adımdan oluşur. Bunlar; plastikleşmenin başlaması, plastikleşmenin bitmesi, kalıbın kapatılması, enjeksiyonun başlaması, enjeksiyonun bitmesi ve parçanın soğuması ve son olarak parçanın kalıptan çıkarılması.

1.5.1. Plastikleşmenin başlaması

Vida dönme hareketi ile malzeme hunisi içindeki hammaddeyi ocağa aktarır. Ocağın çevresini saran ısıtıcılar ve sürtünme yardımıyla hammadde erimeye başlar. Vida eriyen hammaddeyi meme ucuna iletir. Bu olay gerçekleşirken, meme ucuna dolan erimiş hammadde miktarının artması yüzünden vida geri yönlü hareket yapar. Vida, sistemin hidrolik yapısında “Geri Basınç” oluşturur. Kalıp açılmadan geri basıncın sıfırlanması gerekmektedir. İşlem vidanın geri çekilmesiyle gerçekleşir. Geri emme veya dekompresyon da denebilir.

1.5.2. Plastikleşmenin bitmesi

Vida hareketini tamamlar ve dönmesi durur. Memede enjeksiyon için yeterli malzeme toplanmıştır.

1.5.3. Kalıbın kapatılması

Makinanın hidrolik ve mekanik olabilen mengene ünitesi hareket ederek kalıp kapatılır ve sıkıştırılır. Mengen'in kapanması için gerekli kuvvet enjeksiyon baskısı için gerekli kuvvetten büyük olmalıdır.



Resim 1.2. Kalıbın kapatılması

1.5.4. Enjeksiyonun Başlaması

Vida, dönme hareketi yapmadan yatay biçimde hidrolik piston sayesinde ileri doğru itilmektedir. Bu sayede plastik meme ucundan kalıp boşluğuna doğru akar. İşlem sırasında basınç oluşur. Basıncın adı enjeksiyon basıncıdır.

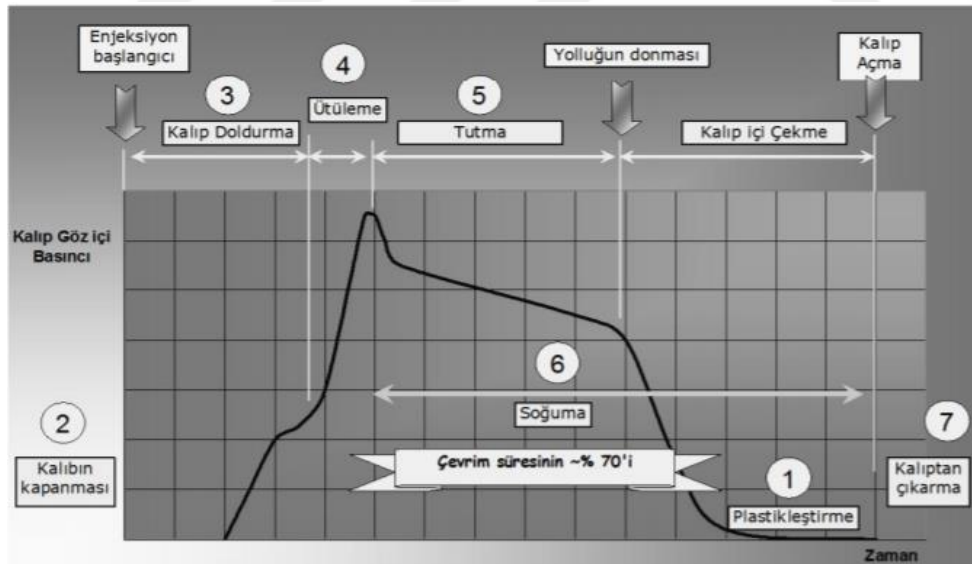
Enjeksiyon basıncı başka bir deyişle birinci basınç, kalıp içinin plastik malzeme ile dolması esnasında artar, çünkü kalıp içine basılan plastik soğumaya başlar ve akışkanlık direnci yükselmeye başlar. Kalıp içi dolmaya başladığında kalıbı dolduran meme ucu soğumaya başlar. Viskozite direnci artar ve vida bu direnci yenebilecek basınç uygulayamaz. Sistemde basınç kontrol devreye girer. Bu nokta hızdan basınca geçiş noktasıdır.

1.5.5. Enjeksiyonun bitmesi ve parçanın soğuması

Kalıp içi boşluk kalmayacak şekilde dolmasının ardından, erimiş plastik soğumaya başlar ve küçülmeye başlar. Büzüşmeyi önlemek adına kalıp içine düşük basınca sahip bir miktar plastik malzeme eklenir. Bu süreç için ütüleme ismi kullanılır. Enjeksiyon işleminin ilk evresinde kalıp içi enjeksiyon basıncı ile boşluk kalmayacak şekilde doldurulmakta, ulaşılabilecek en yüksek basınca ulaşıldıktan sonra düşük bir basınç ile plastik malzeme basılmaktadır. Basılan ikinci malzemenin basıncına ütüleme basıncı veya tutma basıncı denir.

1.5.6. Parçanın kalıptan çıkarılması

Kalıp içindeki plastik yeterince soğuduktan ve homojen olarak dağıldıktan sonra, kalıp mendenenin yardımı sayesinde açılır. Oluşan parça kalıptan dikkatlice çıkartılır. Malzeme çıkarken vida tekrar aynı işlemleri yapmak için yatay ekseninde geriye doğru çekilir ve üretim evresini başa döndürür.



Şekil 1.7. Enjeksiyon işleminde kalıp gözü basıncı / zaman eğrisi (Ozansoy, 2005)

1.6. Enjeksiyon Prosesini Etkileyen Faktörler

Enjeksiyonlu sistemlerde kalıplama sürecini dört parametre ile kontrol edilir. Bu parametreler; sıcaklık, hız, basınç ve zamandır. Parametrelere göre oluşan ürünün kalitesinde değişiklik gözlenir.

1.6.1. Sıcaklık

Kalıp içine doldurulan plastik malzemenin ısısı ile kalıp ısısı ve bu iki ısı arasındaki transfer sonucu üretilen parça şekillenir.

Malzemenin sıcaklığı uniform ve polimer cinsine elverişli olmalıdır. Meme ucundan kalıba dolan malzemenin sıcaklığı kontrol edilmeli ve ölçülmelidir. 30-30-30 yöntemi kullanılır. Bu yöntem makinanın uygun duruma getirilmesi için 30 dakika çalıştırılır. Ardından termometre enjeksiyon sisteminin ısıtıcı bantlarına 30 saniye temas ettirilir. Bu sayede ön ısıtma yapılır. Termometre daha sonra erimiş malzemenin içine daldırılır ve ölçme işlemi 30 saniyenin ardından yapılır. Optik pirometre ile ölçüm yapılırken ortamın ışığından etkilenebilir. Değerlendirmeler ışık ve renkleri göz önünde bulundurarak yapılmalıdır. Kalıp sıcaklığı, polimer üreticisinin daha önceden belirlediği ideal sıcaklıktır. İdeal sıcaklık sayesinde uygun değerler elde edilebilir. Kalıp sıcaklığı kalıbın hem erkek hem de dişi tarafında aynı olmalıdır. Kalıp her zaman ısı esanjörü görevini yapar. Isı esanjörleri, bir akışkandan diğerine doğru ısı transferi için yapılan aletlere denir. Erimiş plastik soğutulunca çekme gözlemlenir. Çekme işlemi belirli katsayılar ve formüle bağlı olarak hesaplanabilir.

Belirlenen birkaç malzeme için erime noktası ve çekme değeri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Tablo 1.7. Bazı Malzemeler İçin Erime Sıcaklıkları Ve Çekme Değerleri (McCollum, 1999)

Amorf Termoplastikler	ISO Sembolü	Erime Sıcaklık Aralığı	Kalıpta Çekme Oranı %
	ABS		
	PS	170-200	0,4- 0,7
	SB	130-160	0,3 - 0,6
	SAN	130-160	0,3 - 0,6
	CA	140-170	0,4 - 0,6
	CAB	130-170	0,3 - 0,7
	CP	130-170	0,3 - 0,7
	PC	130-170	0,3 - 0,7
	PMMA	220-260	0,5 - 0,8
	PPO	150-180	0,4 - 0,8
	PVC	240-270	0,5 - 0,8
		130-160	0,4 - 0,8
Kristal Termoplastikler	ISO Sembolü	Erime Sıcaklık Aralığı	Kalıpta Çekme Oranı %
	PE		1,5 - 4
	PP	~130	1 - 2,5
	PA66	~165	1,2 - 2,5
	PA6	~255	0,8 - 2
	PA610	~220	0,8 - 2
	POM	~220	1,5 - 3,5
	PBTP	~165	1,2 - 2,8
	PETP	~225	1,2 - 2
	FEP	~255	3,5 - 5
		~270	

1.6.2. Basınç (Ütüleme)

Enjeksiyonda oluşan basınç yardımıyla plastik malzeme kalıp içine dolmaya zorlanır, ütüleme basıncı yardımıyla basınç sıkıştırılıp ardından soğuması beklenir. Eğer ütüleme basıncı sistemden kaldırılırsa plastik malzeme sıvı halde olarak bulunur. Ütüleme basıncı yeterince işleme dahil edilmez ise, plastik malzemenin çekme hareketi nedeniyle oluşan üründe hatalar gözlemlenebilir. Enjeksiyon işleminde, makine hidrolik basıncıyla kalıp içine etki eden basınçların farklı basınçlar olduğunu bilmeliyiz.

Bazı plastik bazlı malzemeler için ihtiyaç olan enjeksiyon basınçları aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Tablo 1.8. Enjeksiyon Basınçları (McCollum, 1999)

	Enjeksiyon Basıncı(Mpa)		
Malzeme	Düşük viskozite Kalın kesit	Orta viskozite Standart kesit	Yüksek viskozite İnce Kesit
ABS	80 / 110	100 / 130	130 / 150
POM	85 / 100	100 / 120	120 / 150
PE	70 / 110	100 / 120	120 / 150
PA	90 / 110	110 / 140	>140
PC	100 / 120	120 / 150	<150
PP	70 / 100	100 / 120	120 / 150
PMMA	100 / 120	120 / 150	<150
PS	80 / 100	100 / 120	120 / 150
PVC	100 / 120	120 / 150	>150

1.6.3. Zaman

Enjeksiyon sisteminde toplam geçen sürenin hesaplanması kalıp açılmasından sonraki kalıp açılmasına kadar geçen süre ile bulunur. Başka bir deyişle bir ürünün oluşma süresidir. Ürün oluşurken sırasıyla kalıp içinin dolması, ütüleme yapılması ve soğumanın gerçekleşmesi beklenir. Enjeksiyon süreleri genellikle saniyelerle belirtilir. Ütüleme süresi, parçanın hatasız oluşacak kadar uzun olmalıdır ve üretilen parçanın değerlerine göre

değişiklik gözlemlenebilir. Yüksek verim sağlamak adına süreler olabildiğince kısa tutulmaya çalışılmalıdır.

1.6.4 Hız

Kalıp içi doldurma hızlarının yüksek olması, düşük viskozite ve moleküler yönlendirmeyi yüksek tutar. Bu da zamandan tasarruf sağlayarak, verimli bir şekilde malzemenin kalıp içine homojen dağılmasını sağlar. Bu sayede soğuma öncesinde kalıp içindeki maddenin gerilmesi olmaz ve ideal yapı ortaya çıkar. Üretilen parçanın hatasız olabilmesi için hızın kontrol altında tutulması ve diğer parametrelere bağlı kalınması gereklidir. Hız ve viskozite ilişkisi, kalıp içinin ne kadar sürede dolduğunu bize belirtir. Bunun yanında hızlı akan erimiş malzeme inceler. Eğer hız azalırsa erimiş malzemenin viskozitesi artar. Günümüz cihazlarında hız değerlerini ayarlayabiliriz. Sisteme her zaman aynı değerde hız verilirse oluşan üründe aksama yaşanmaz ve aynı olur. Ürünün kaliteli ve aynı olabilmesi için hız testlerinin yapılması gereklidir ve kayıtlar tutulmalıdır.

1.7. Plastik Enjeksiyon Kalıpları

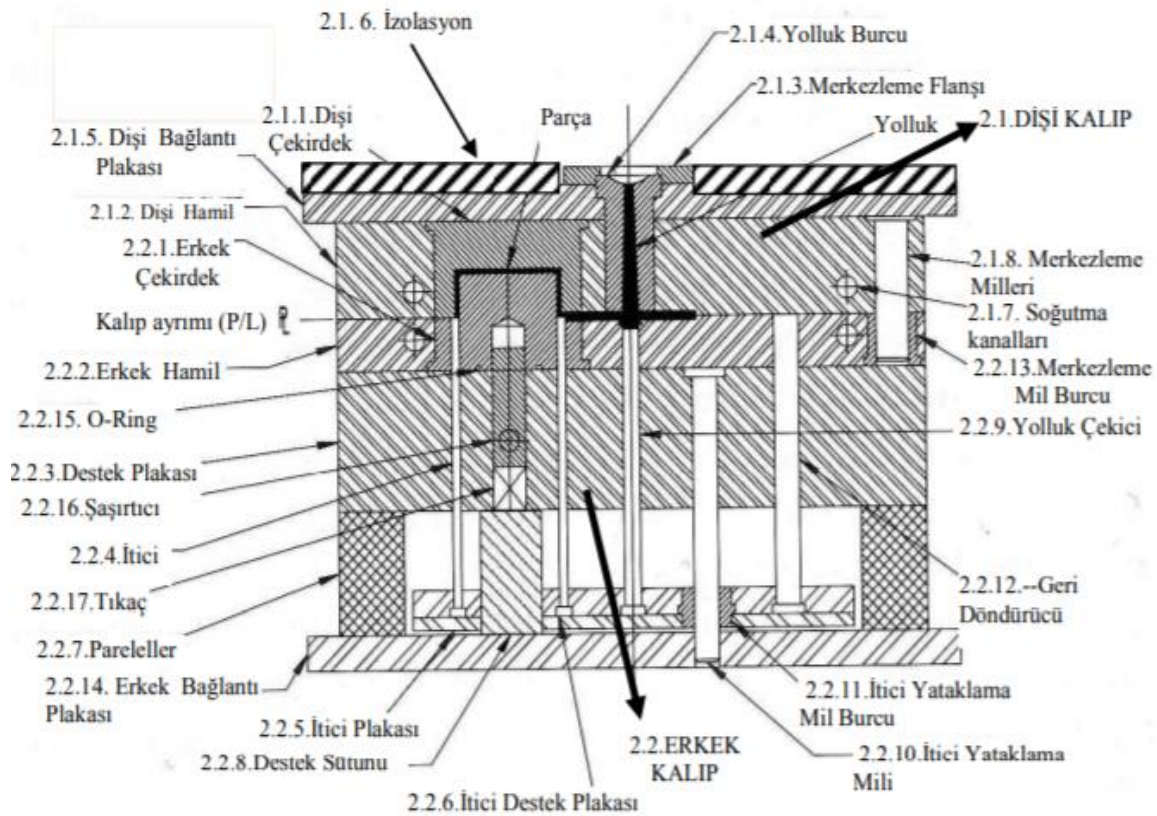
Enjeksiyon kalıpları çoğunlukla çelik parçalardan oluşur. Enjeksiyon kalıpları, eşit kalıp kapaklarından, eriyik malzemeyi taşıyan yolluk sisteminden, plastik malzemenin kalıba basıldıktan sonra soğumasını gerçekleştiren soğutma sisteminden, parçanın soğuduktan sonra kalıp içinden ayrılmasına yardımcı olan itici sistemlerden ve kalıp yönünden farklı yöne sahip parçalar için kullanılan maça sisteminden oluşur.

1.7.1. Kalıp boşluğu

Plastik malzemenin gönderildiği ve şekillendirildiği yerdir. Kalıp boşluğunda plastik malzemenin soğuma işlemi yapılır. Kalıbın kaç adet boşluktan oluştuğu önemlidir. Eğer sadece tek boşluk varsa buna tek gözlü, eğer birkaç boşluğu varsa buna çok gözlü denir. Oluşan plastik parçanın büzüşme oranına göre kalıp boşluğu oluşturulur.

1.7.2. Erkek kalıp

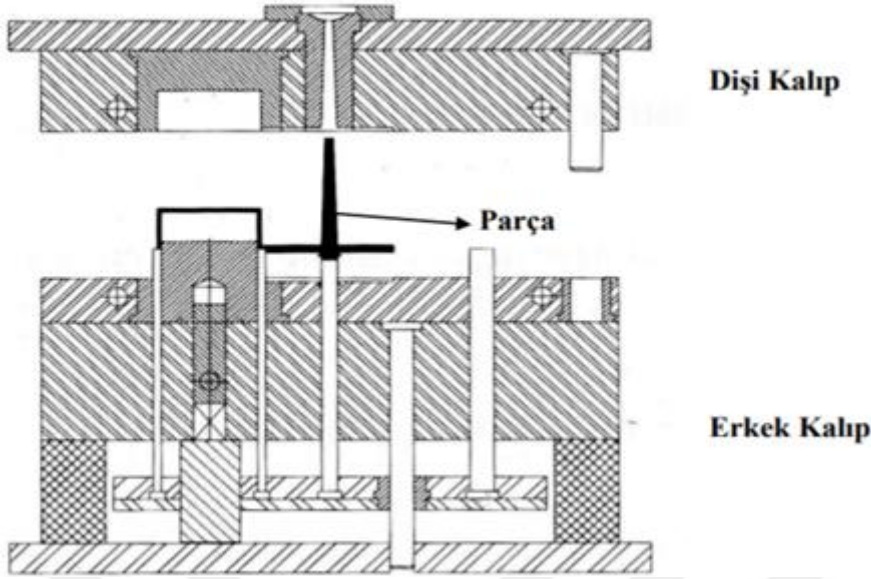
Kalıp sisteminde hareketli olan parçaya verilen isim erkek kalıptır. Erimiş plastik malzemenin soğutma işlemi sırasında, büzüşme özelliğinden ötürü soğuyan parça, kalıbın erkek tarafına doğru çekilir. İticilerin kalıbın erkek tarafında bulunur. Kalıptan bu sayede ürün ayırma işlemi yapılır.



Şekil 1.8. Enjeksiyon Kalıp Elemanları (Palabıyık, 2008)

1.7.3. Dişi kalıp

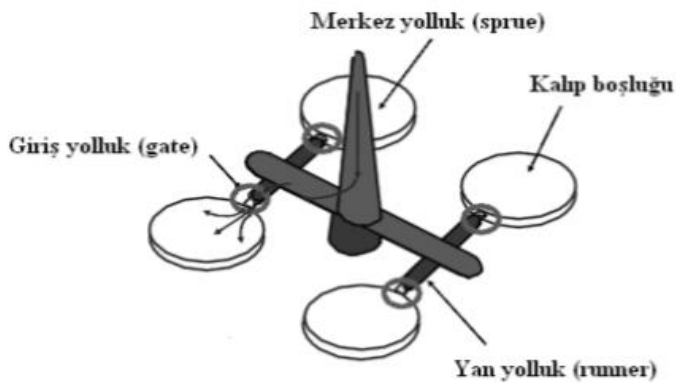
Kalıp sisteminde sabit olan parçaya verilen isimdir. Makinanın sahip olduğu enjeksiyon kısmı kalıbın dışı tarafındadır. Plastik malzeme ilk önce dışı taraftan dolmaya başlar. Kalıplar tasarlanırken kalıbın erkek kısmına itici sistemler, dışı kısmına ise besleme sistemleri yerleştirilir.



Şekil 1.9. Enjeksiyon kalıbı (Köse, 2006)

1.7.4. Yolluk sistemi

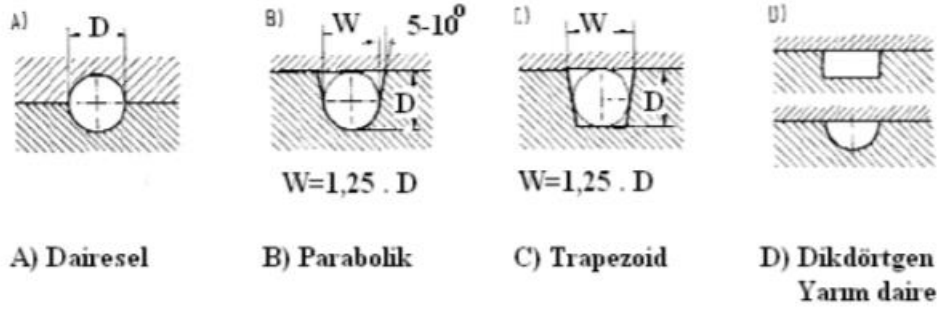
Erimiş malzemenin enjeksiyondan kalıp içine dolmasını sağlayan kanallara yolluk sistemi denir. Yolluk sistemi toplamda 3 ana parçadan oluşur. Bunlar merkezi yolluk, tali veya yan yolluklar ve giriş yolluğudur. Ürünün kaliteli oluşması ve maliyetinin az olması için yolluk sisteminin uzunluğu dikkate alınmalıdır.



Şekil 1.10. Yolluk sistemi elemanları (Palabıyık, 2008)

Kalıp içerisine giren erimiş plastik malzemenin yolluğu eğer en az iki ve birbirinden farklı akış çizgilerine sahip olursa ve karışırsa oluşan parçada kaynak çizgileri olma ihtimali

vardır. Kaynak çizgileri oluşmaması veya en azından kısa oluşması için yolluk sisteminin dizaynına dikkat edilmelidir. Enjeksiyon basıncını azaltmak için yolluk sisteminin viskozitesi minimum seviyede olmalıdır. Keskin köşelerin düzleştirme çalışmaları, eğimini artırmaya yönelik çalışmalar ve kesit alanında oluşacak farklılıklardan kaçınmamız sayesinde viskozite değeri azaltılabilir. Dört çeşit yolluk kesit tipi vardır.



Şekil 1.11. Yolluk kesit tipleri (Palabıyk, 2008)

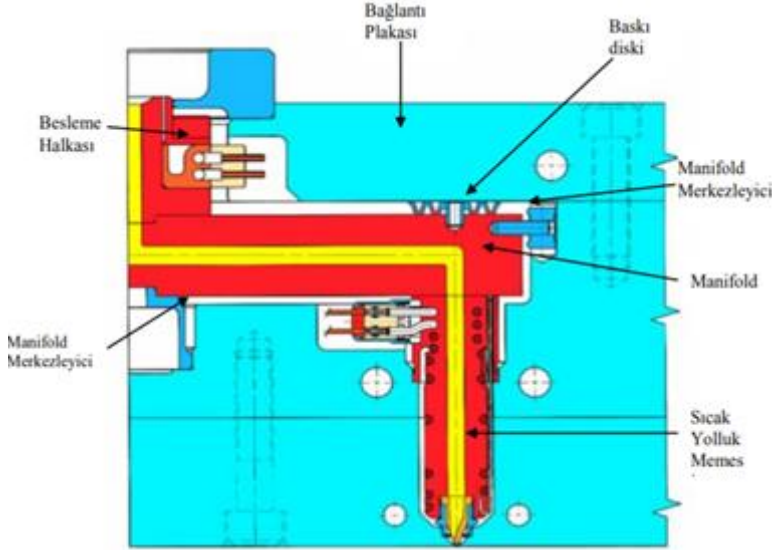
Dairesel kesite sahip yollukların yüzey/hacim oranları minimum değerdedir. Bu sayede basınç düşüşünü ve ısı kaybını en düşük seviyede tutabilirler. Dıştan içe doğru bir katılma olduğu için merkez en son katı hale geçer. Dairesel kesit, her yarısının bir kalıba denk gelmesinin sağlanması gerektiğinden dolayı masraflı bir yöntemdir. Masrafı düşürmek ve verimliliği artırmak adına Parabolik kesit veya Trapezoid kesit kullanılır. Yolluklarda eğim ve açı olursa kalıpta atılması sırasında daha düşük kuvvete ihtiyaçları olabilir. Son olarak dikdörtgen ve yarı daire kesitler teorik olarak zayıf dizaynlardır. İsteğe bağlı daha basit sistemlerde veya kalıplarda tercih edilebilir.

Yolluk sistemi sıcak ve soğuk yolluk olarak iki gruba ayrılır.

1.7.4.1 Sıcak yolluk sistemi

Sıcak yolluk yapısı sayesinde enjeksiyon aletinin memesinden kalıp içindeki boşluğa kadar erimiş plastiği sıcaklık kaybına uğramadan, elde edilebilecek en düşük basınç kaybıyla ve hasarsız bir şekilde durdurma ve sisteme komut verdiğimiz istediğimiz bir anda kalıp boşluğuna enjekte etme yapısıdır. Sıcak yolluk yapısı beş yapıdan oluşmaktadır. Bunlar,

sıcaklık kontrol ünitesi, sıcaklık kontrol materyalleri, ısıtıcılar, sıcak yolluk sistemi memesi ve sıcak yolluk dağıtıcısıdır.



Şekil 1.12. Sıcak yolluk sistemi elemanları (Köse, 2006)

Sıcak yolluk yapısının başka bir avantajı da malzeme kaybının neredeyse sıfır olmasıdır. Bu sayede parça basıldıktan sonra temizleme işlemi kolaylaşır. Hem zamandan hem de iş gücünden tasarruf sağlanabilir. Sıcak yolluk sisteminde kalıbın içine dolan plastik malzeme akışkanlığı kontrolü kolay olur ve oluşan ürünün kalitesi yüksek olabilir.

1.7.4.2. Soğuk yolluk sistemi

Soğuk yolluk yapısında oluşan parça için normalde harcadığımız malzemenin üstüne bir de hurdaya ayrılacak yolluk kısmı için de malzemeye ihtiyaç duyarız. Soğuk yolluk yapısı çoğunlukla sisteme giren yolluğun çeşidine göre adlandırılır. Sisteme giren yolluğa giriş yolluğu diyebiliriz ve sisteme giren yolluk, yan yolluktan kalıp içi boşluğuna dolumu sağlayacak yolluktur. Oluşan parçanın, yolluk yapısından temizce ayrılabilmesi ve kolayca işlemin kolay olması için, giriş yolluğunun ince olması gereklidir. Yolluk girişi parçanın şekline göre farklılık gösterebilir.

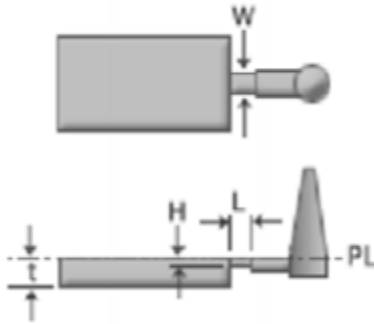
A. Direk girişi: Tek bölmeli kalıplarda veya büyük tek parça üretilen kalıplarda direk yolluk girişinin kullanıldığı gözlemlenir. Yuvarlak kesite sahiptir. Kenar kalınlığı fazla olan malzemelerde veya yüksek viskoziteye sahip malzemelerde tercih edilir.

Kaliteli ürün çıkmasını sağlar. Oluşan parçada kaynak izi oluşmaması için yolluk girişi parçanın orta noktasına yerleştirilir. Çoğunlukla $2,4^\circ$ lik tepe açısına sahiptir.



Şekil 1.13. Direk yolluk girişi (Pınar, 2010)

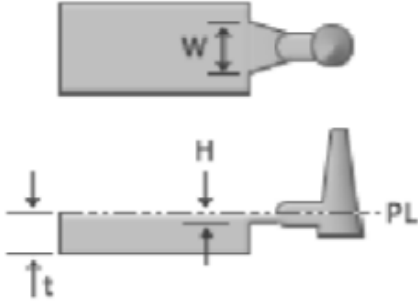
B. Kenar girişi: Enjeksiyon sistemlerinde kullanılan basit yolluk girişidir. Kalıp doldurma özellikleri iyi değildir. Yolluk girişi açısı, erimiş malzemenin girişte kötü yayıldığını gösterir. Bazı zamanlarda erimiş malzeme kalıp girişinde yayılmaz. Sistemden istenmeyen bir şekilde atılır. Bu yüzden baskıda oluşan kuvvet azalır ve parça yüzeyinde çapaklar oluşturabilir.



Şekil 1.14. Kenar yolluk girişi (Pınar, 2010)

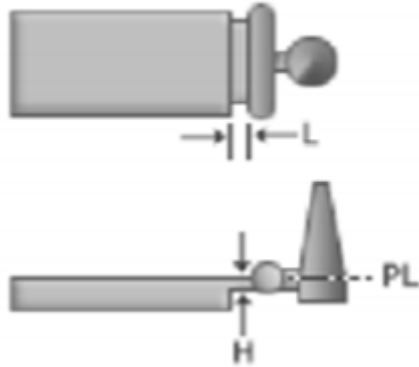
C. Fan girişi: Kenar yolluk giriş sisteminin fan biçiminde genişlemesi sonucu parçaya giren yolluk sistemidir. Kullanımı daha çok ince parçalar üzerine olduğu gözlemlenir. Akış hızının yavaşlatılmasından dolayı erimiş malzemenin kalıp içine yönlendirilmesi kolaylaşır. Akış hızının az olması sayesinde erimiş malzeme eşit bir şekilde kalıp içine dağılabilir. Yolluk girişi alanı diğer yolluklara göre büyük olduğu

için yolluğun kesilmesi veya zarar görmesi halinde oluşan parçada yolluk giriş izi oluşabilir.



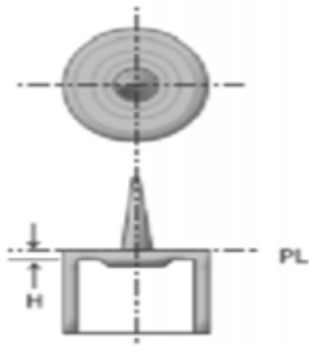
Şekil 1.15. Fan yolluk girişi (Pınar, 2010)

D. Film girişi: Kalıp içine dolum yapılmasını tek bir hat üzerinden sağlar. Düz, kalınlığı az, cam fiber gibi malzemelerin film yolluk girişi ile kalıba alınması daha mümkündür. Yüksek kaliteli ve hataların en aza indirildiği malzemeler ortaya çıkarabilir.



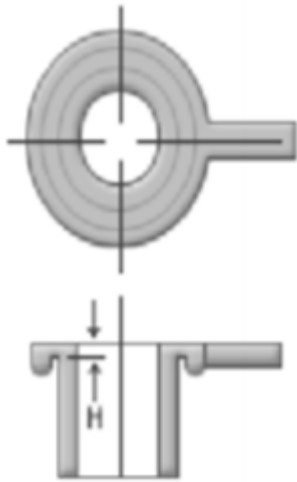
Şekil 1.16. Film yolluk girişi (Pınar, 2010)

E. Diyafram(Disk) girişi: Dönebilen ve simetrik olan parçaların üretiminde kullanılır. Birden çok noktadan yapılan enjeksiyon sayesinde kaynak izlerinin oluşması engellenir. Yolluk maliyeti disk şeklinde olduğu için fazladır. Oluşturulan parça üzerinde yolluk izi oluşabilir. Yolluk izlerinin temizlenmesi ve yolluk maliyeti düşünüldüğünde masraflı bir yöntemdir.



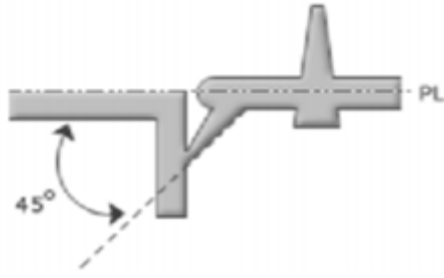
Şekil 1.17. Disk yolluk girişı (Pınar, 2010)

F. Halka girişı: İç çapının dış çapından küçük olduğu ve yapısı silindire benzeyen parçalarda kullanılır. Yolluk kısmı ilk başta dışı kalıp için açılır. Ardından erkek kalıp açılır ve yolluk girişı uzantısı yolluktan üretilen parçaya doğrudur. Malzeme önce bu kanalı doldurur ardından kalıp içini doldurmaya başlar.



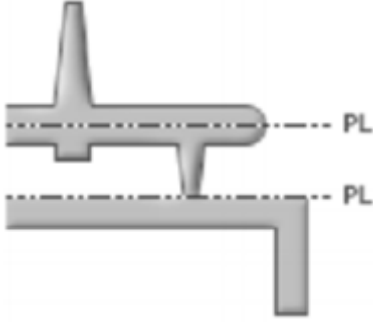
Şekil 1.18. Halka yolluk girişı (Pınar, 2010)

G. Tünel girişı: Şekil olarak bir koniği andırır. İnce tarafı parçaya doğru bakar. Parça oluşması sonunda yolluğun kopmasını sağlar ve en büyük avantajıdır. Küçük kesit alanına sahip olduğu için basınç düşüşü büyük oranda oluşur. Ayrıca yolluğun uzun olmasını sağlar.



Şekil 1.19. Tünel yolluk girişi (Pınar, 2010)

H. İğne girişi: Kullanıldığı kalıplar en az üç plakalıdır. Tünel girişinde olduğu gibi yolluğun otomatik olarak ayrıldığı yolluk girişi tipidir. Dezavantajları, yüksek maliyetli olması ve malzeme kaybının fazla olmasıdır.



Şekil 1.20. İğne yolluk girişi (Pınar, 2010)

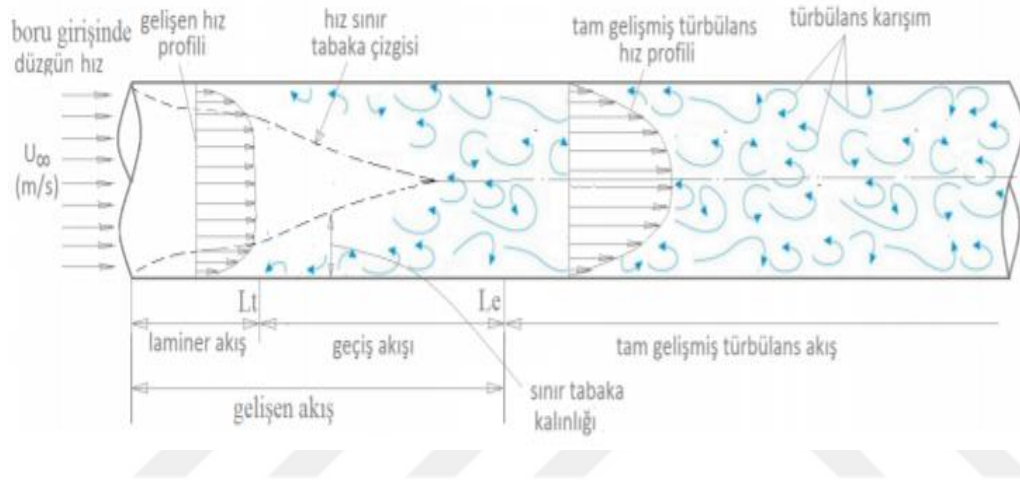
1.7.5. Soğutma sistemi

Enjeksiyon işleminde erimiş plastik malzemenin kalıp içine doldurulmasının ardından kalıp ile plastik malzeme arasında ısı alışverişi olur. Kalıp belirli bir seviyeden sonra soğumaya ihtiyaç duyar. Kalıp yeterince soğutulamazsa üretim hem yavaşlar hem de oluşan ürünlerde hatalar meydana gelir. Kalıp sıcaklığı korumak ve artmasını engellemek için belirli kanallar yardımıyla soğutma sıvısı gönderilir. Üreticiler, çoğunlukla basit bir sistem olduğu için kalıbın tamamını boydan boya delerler. Etkili soğutma yapmak için dışı kalıp ile dalıcı zımba ya da maça pimi içinde gezebilen kanallar açılır.

Üretilen parça kalıptan ayrılmadan önce herhangi bir sorunla karşılaşmamak adına kalıp soğutulmalıdır. Bu sürecin adı soğuma süresidir. Soğutulacak ısı, erimiş malzemenin sıcaklığına, oluşan maddenin sıcaklığına ve sistemin özgül ısısına göre değişiklik gösterir.

İşlemlerin verimli olması için ısı transfer değerleri ve parça kalitesi önemlidir. Soğuma işlemi ne kadar çabuk olursa üretim hızı artar ve verimli bir sistem oluşturulmuş olur.

Kalıbın soğuması soğutucu içindeki sıvının hızını etkiler. Isı transferi, soğutucu sıvısının laminar akıştan türbülanslı akışa geçmesine bağlı olarak değişebilir. Laminar sistemde kanalların sıralanışı ve kanal çeperleri dikkate alındığında ısı transferi türbülanslı akışa göre daha düşüktür.



Şekil 1.21. Laminer ve türbülanslı akış (Düz, 2018)

Türbülanslı akış veya laminar akış Reynold sayısı dikkate alınarak bulunur. Reynold sayısı eğer 2300'den düşükse laminar akış, eğer 4000'den büyükse türbülans akış gerçekleşir. Kalıp soğuma işleminde verim elde edebilmek için Reynold sayısı en az 10000 alınmalıdır.

Re: Reynold sayısı

ρ : Özgül kütle

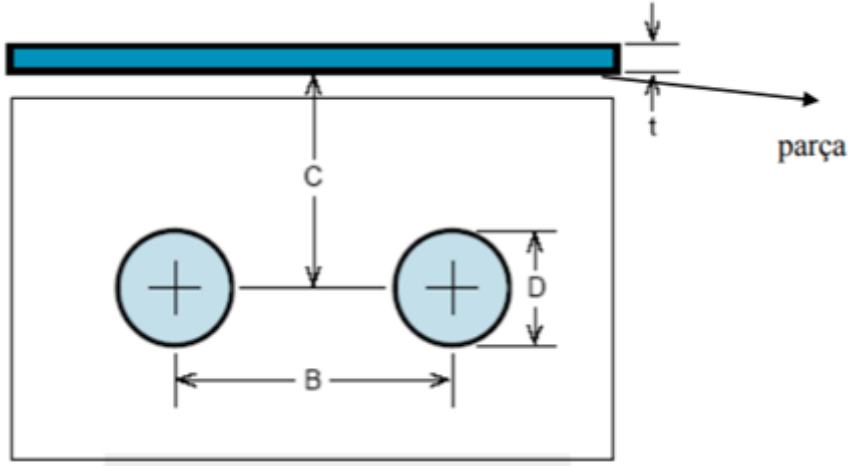
η : Dinamik viskozite

V: Akışkanın hızı

D: Boru çapı

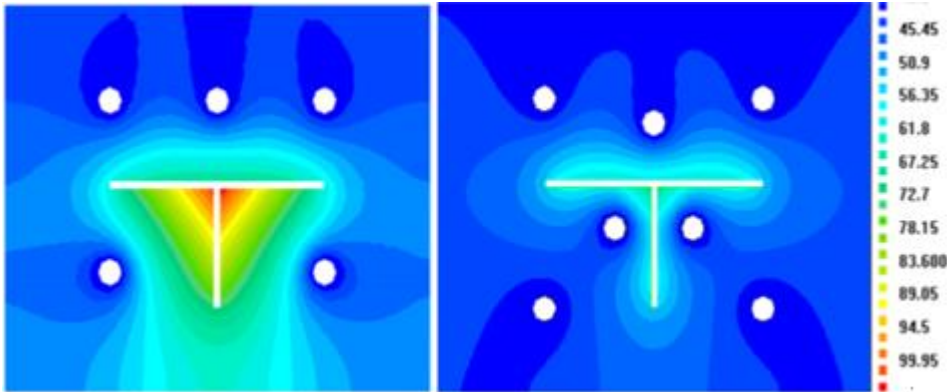
$$Re = \frac{\rho \times V \times D}{\eta} \quad (1.1)$$

Soğumanın eşit ve dengeli olması için kanalların pozisyonu önemlidir. Dişi kalıp içine ve dalıcı zımbaya açılacak soğutma kanalları kalıp yüzeyinden uygun uzaklıkta olmalı ve kalıbın hasar görmesine sebep olmamalıdır.

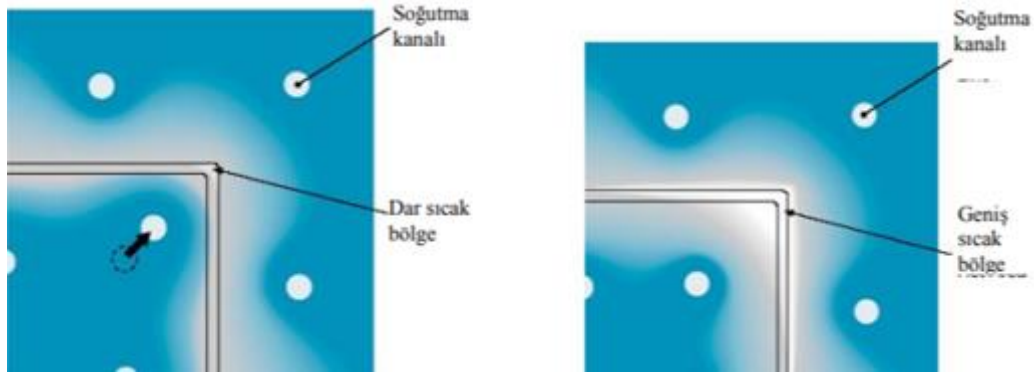


$B=3D$ maksimum
 $C=2.5D$
 $D=4.5\text{mm}-7.5\text{mm}$ eğer $t \leq 1.5 \text{ mm}$
 $D=7.5\text{mm}-10.5\text{mm}$ eğer $t \leq 3 \text{ mm}$
 $D=10.5\text{mm}-15\text{mm}$ eğer $t \leq 6 \text{ mm}$

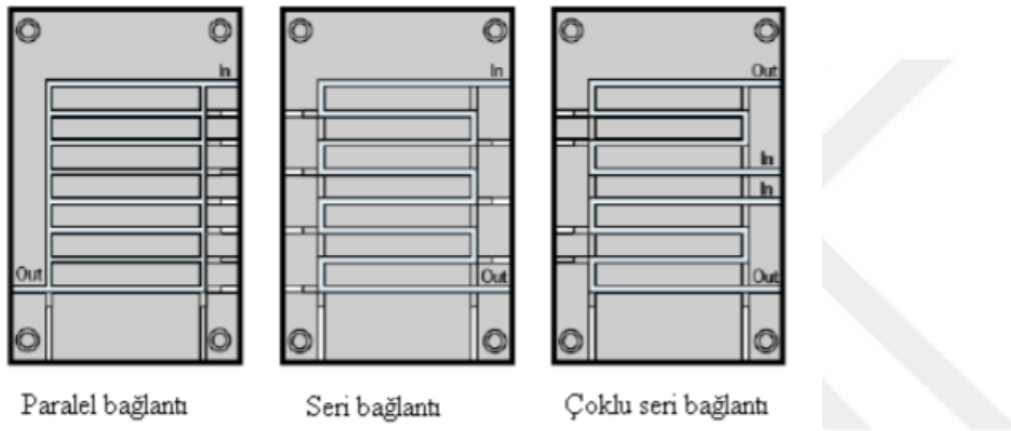
Şekil 1.22. Uygun soğutma kanalları ve parçalar arasındaki mesafe (Palabıyık, 2008)



Şekil 1.23. Dengeli sıvı kanalı dağılımı (Palabıyık, 2008)

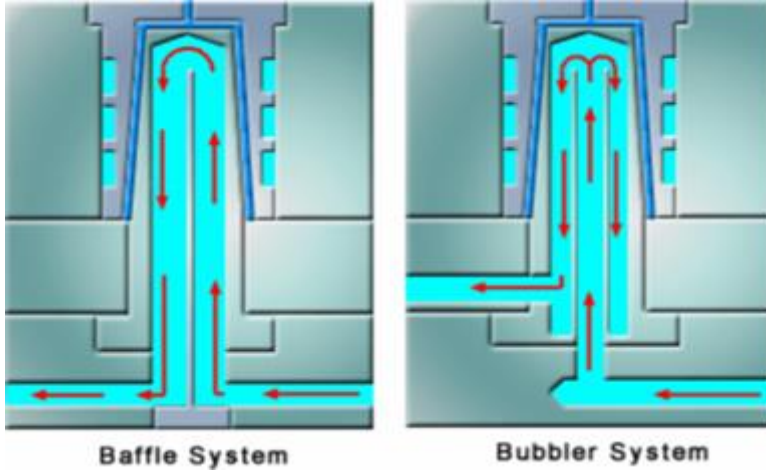


Şekil 1.24. Soğutma kanallarının parça köşe detayları (Palabıyık, 2008)



Şekil 1.25. Soğutma kanalı bağlantı tipleri (Palabıyık, 2008)

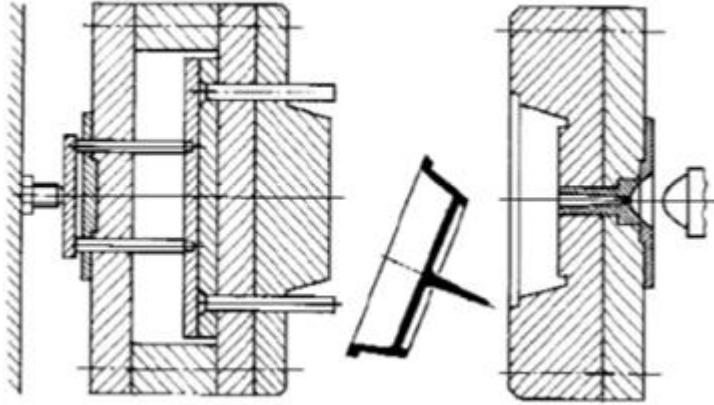
İtici pimler ve hareketli kısımlar erkek tarafında yer aldığı için erkek tarafını soğutmak her zaman daha zor olur. Eğer erkek tarafının derinliği fazla ise soğutmanın verimli olabilmesi için baffle sistemi (tıkacılı delik) veya bubbler sistemi (kabarcıklı) kullanılır. Baffle iç yapısında soğutma deliğini ikiye bölen plaka vardır. Soğutucu sıvı bu plakanın çevresini dolaşarak soğutma yapar. Bubbler iç yapısında ise soğutma kanalına boru takılır. Bu sayede soğutucu sıvı boruyu dolaşarak soğutma yapar. Soğutma yüzeyi genişletilmiş olur.



Şekil 1.26. Baffle ve bubbler sistemi (Pınar, 2010)

1.7.6. İtici sistemi

Üretilen parçanın sistemden ayrılmasını sağlayan düzeneğe itici sistemi denir. İtici bölümü kalıp açılırken genelde mekanik anlamda tahribata uğrar. Mekanik anlamda yetersiz olursa hidrolik veya pnömatik sistemler kullanılabilir.



Şekil 1.27. İtici pimler ile parça çıkarılması (Palabıyık, 2008)

İtici sistem tasarlanırken, parçaya zarar verilmeden kalıptan ayrılmasına, parça üzerinde tahribat oluşturmamasına, aynı anda birden çok parçayı dengeli bir şekilde çıkartabilmesine, itici pimin ayarlanabilir olmasına ve soğutma sistemiyle uyumlu çalışabilmesine dikkat edilir.



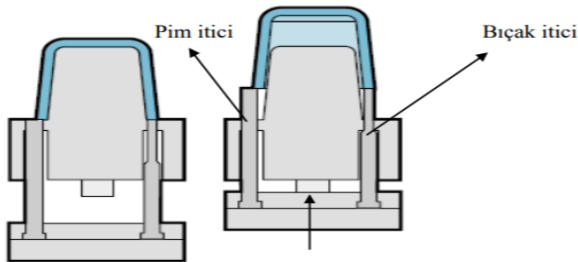
Resim 1.3. İtici pimler

1.7.6.1 Havalı iticiler

Hava veren iticiler kullanıldığında, itici plakalara ihtiyaç kalmaz. Sistem basitleşir, maliyet ve imalat süresi düşer.

1.7.6.2. Pim ve bıçak iticiler

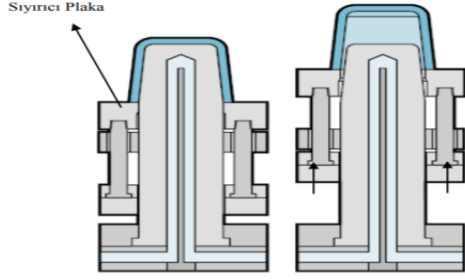
Yaygın olarak kullanılan bir sistemdir. Kesit alanları küçük olduğu için baskı bir noktada toplanır ve üründe hatalar meydana getirebilir. Verimliliği çok iyi değildir.



Şekil 1.28. Pim ve bıçak iticiler (Palabıyık, 2008)

1.7.6.3. Sıyırıcı plakalı iticiler

Bir sıyırıcı halka veya yarım halka yardımıyla parçayı erkek kalıptan kurtarır. Parçalar daha dengeli bir şekilde kalıptan çıkartılır. Sıyırıcı plakalar oldukça büyük boyutlara sahip olduğundan dolayı konumlandırması önem taşır ve sağlamlaştırılmalıdır.



Şekil 1.29. Sıyırıcı plakalı iticiler (Palabıyık, 2008)

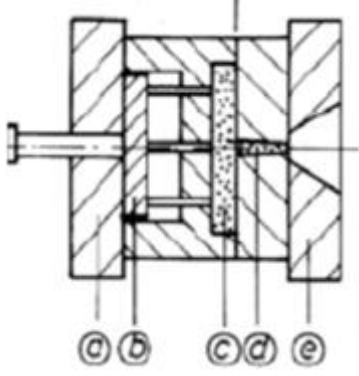
1.7.6.4. Valf başlıklı iticiler

Valf başlıklı iticiler, daha geniş bir alana etki eden itici kuvvetlere sahiptirler. Başlıklarının düz olması sayesinde oluşan parça dışarı atılırken zarar görmez. Esnek ve yumuşak parçaların kalıptan ayrılması için kullanılır.

1.7.7. Temel tasarımına göre kalıp çeşitleri

1.7.7.1. İki plakalı kalıplar

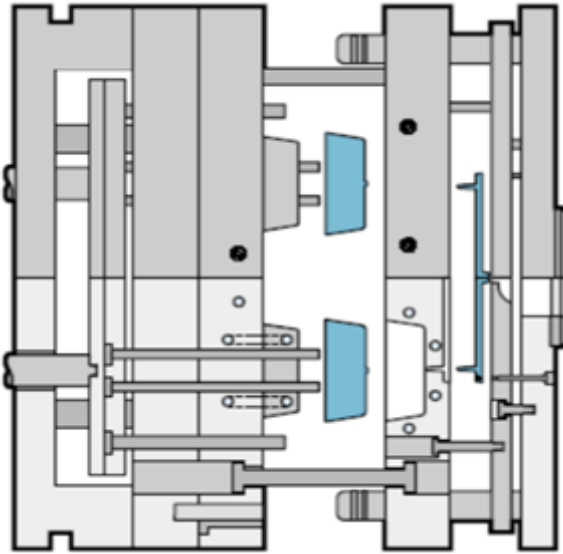
En sık tercih edilen kalıp çeşididir. Basit ve düz parçalar için uygundur. Kullanımı kolay ve pratiktir. Bir dişi ve bir erkek kalıp ile oluşur. Tek yönlü hareket yapar. Şekil 2.30.'da iki plakalı kalıp ve elemanları gözükmemektedir, a) hareketli plaka b) itici sistem c) kalıp boşluğu d) yolluk e) sabit plakayı göstermektedir.



Şekil 1.30. İki kalıplı plaka (Palabıyık, 2008)

1.7.7.2. Üç plakalı kalıplar

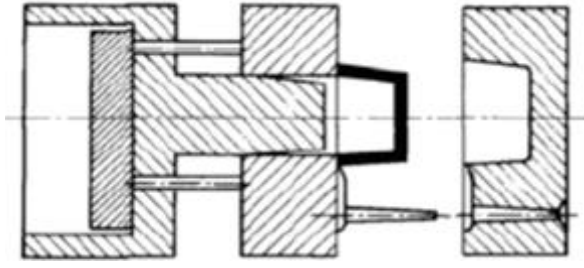
İkiden çok gözlü kalıba sahip bu sistemde, iki ayırma düzeneği bulunur. İlk ayırma düzeneği ürünün kalıptan çıkmasını sağlarken, ikinci ayırma düzeneği yolluğun kalıptan ayrılmasına yardımcı olur. İki kalıba sahip sistemlere göre daha pahalı bir sistemdir.



Şekil 1.31. Üç plakalı kalıp (Bayer, 2004)

1.7.7.3 Sıyırıcı levhalı kalıp

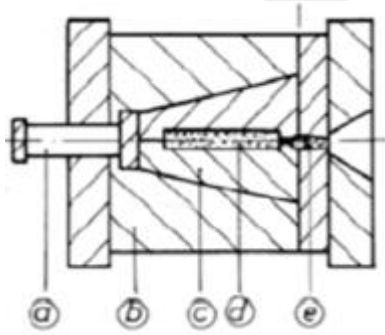
Çıkıntıya sahip olmayan, silindirik ve kova şeklindeki parçalara uygun tasarlanmıştır. Standart iki plakalı kalıplara benzerlik gösterir. Üretilen parça sıyırıcı levha ile çıkartılır.



Şekil 1.32. Sıyrıcı levhalı kalıp (Palabıyık, 2008)

1.7.7.4 Parçalı kalıplar

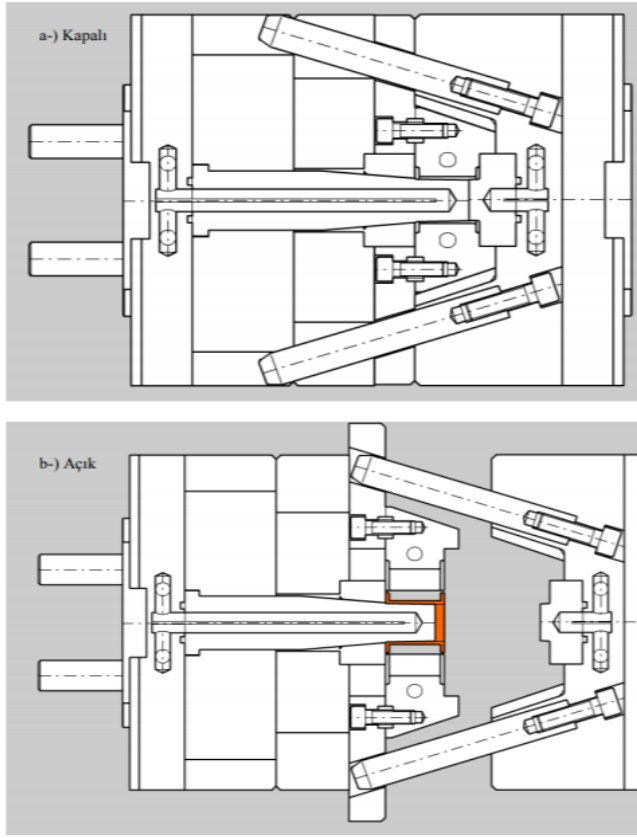
Birden fazla derinliğe sahip parçalar için uygundur. Girinti ve çıkıntılar içeren parçalarda tercih edilir. Dişi kalıp boşluğunun içinde hareketli koniye benzer parça bulunur. Bu sayede istenilen şekilde parça oluşturulabilir. (a) itici sistem b) tutucu blok c) iki parçalı boşluk d) kalıp boşluğu e) yolluk)



Şekil 1.33. Parçalı kalıplar (Palabıyık, 2008)

1.7.7.5 Açılı hareketli (maçalı) kalıplar

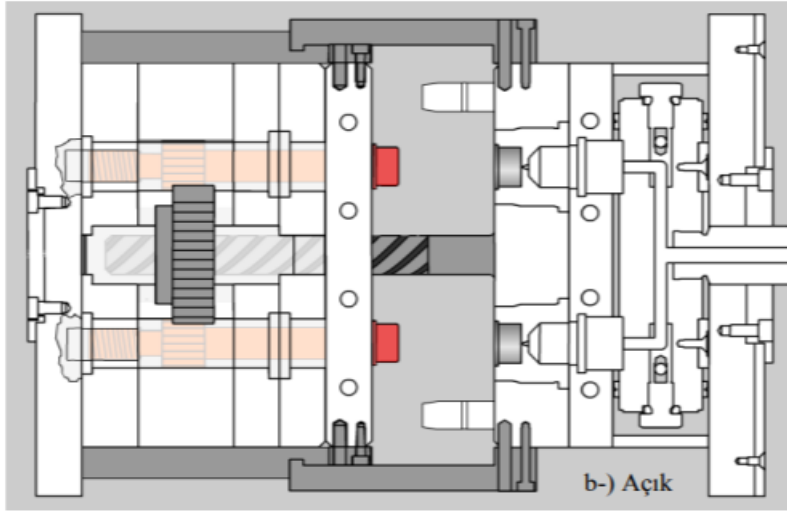
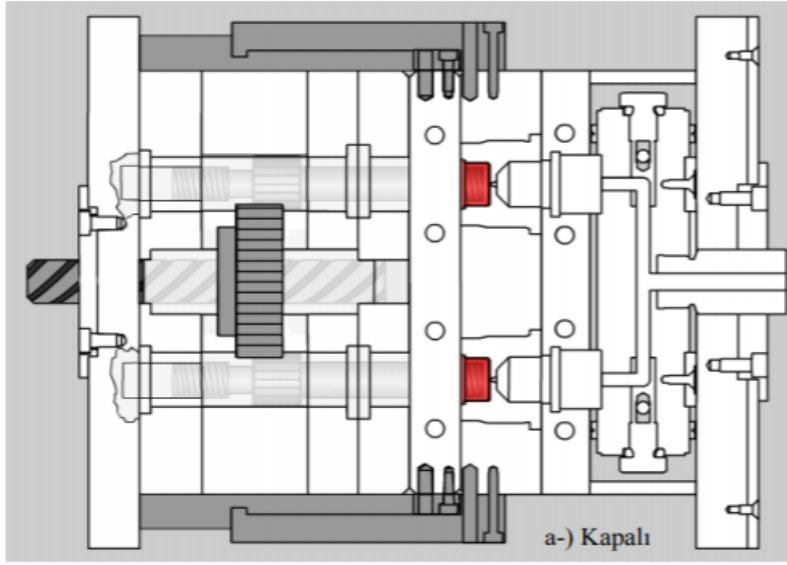
Maça sistemi, üretilen parçanın kalıp boşluğundan dışarıya doğru atılmasını engelleyen bölümlerin parça üstünde oluşan, üretilen parçanın kalıbın açılma doğrultusunda engellenmemesi için kullanılır. Kalıbın erkek tarafında, hareket hidrolik silindirler veya pnömomatik sistemlerle sağlanır.



Şekil 1.34. Açılı hareketli (maçalı) kalıplar (Hasco, 2002)

1.7.7.6 Vida mekanizmalı kalıplar

Erkek ve dişi kalıp dönerek oluşan ürünün kalıptan çıkmasını sağlar. Hareketin gerçekleşmesi için kalıbın erkek tarafına dönme hareketini sağlayacak sistem kurulmalıdır. Düz yüzeyli ve silindirik parçalar için uygun değildir. Bunun nedeni, oluşan parça kalıp boşluğunda dönebilmelidir.



Şekil 1.35. Vida mekanizmalı kalıplar (Hasco, 2002)

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Günümüzde kullanılan plastik parçaların üretimde kullanılan yöntemlerin başında plastik enjeksiyon yöntemi gelmektedir. Enjeksiyon yöntemi hammaddesi granül halinde olan plastik hammaddelerini ısı yardımıyla eritilerek, istenilen şekilde parçaların kalıplanması ve istenilen şekilde şekillendirilmesi işlemidir.

Plastik enjeksiyon yöntemiyle, karışık yüksek hacimli parçaların hızlı bir yöntem ve seri bir üretim ile imal edilmesi, maliyet konusunda düşük, otomasyonlara uygun, istenilen renk seçeneği, imalat sırasında malzeme kaybı çokça az olması, aynı makinelerde farklı kalıplar bağlanarak farklı ürünler alınabilmesi özellikleri konusunda oldukça avantajlı bir yöntemdir.

2.1. Plastik Enjeksiyon Makinaların Kontrol Ünitesi

2.1.1. Ocak ısıları kontrol sayfası

Plastik enjeksiyon prosesine başlamadan ocak sıcaklıkları ayarlamamız gerekmektedir. Alınan hammadde özelliklerini inceleyerek, firmanın verdiği değerler girilerek enjeksiyon prosesi sırasındaki ocak ısıları istenilen derece getirilmektedir.



Resim 2.1. Zhafer plastik enjeksiyon makinesi ocak ısı kontrol sayfası

Tablo 2.1. BF970MO Polipropilen fiziksel özellikleri

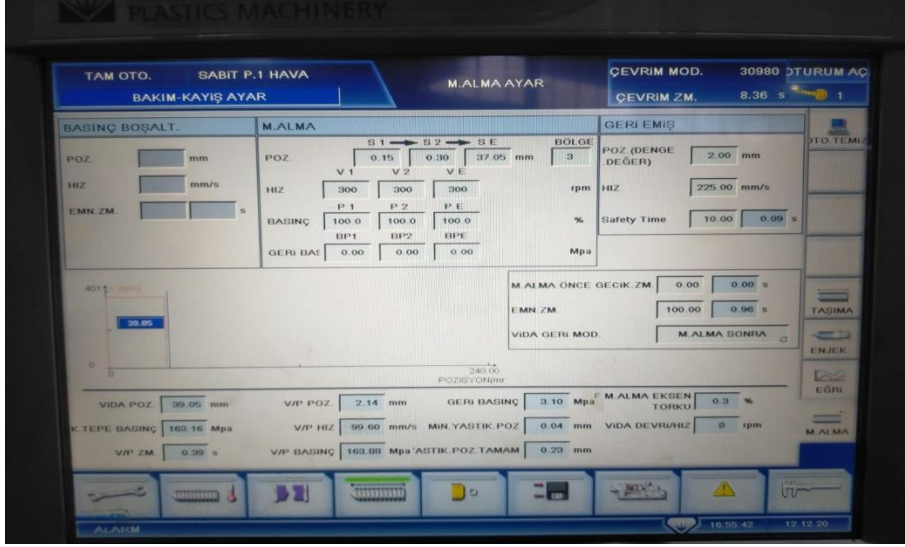
Özellikler	Özgün Değerler	Test Metodu
Yoğunluk	905 kg/ m ³	ISO 1183
Erime akış hızı (230 °C / 2,16kg)	20 g/10min	ISO 1183
Eğilme modülü	1.450 MPa	ISO 178
Çekme modülü (1 mm /dak)	1.500 MPa	ISO 527-2
Verimde çekme gerinimi (50 mm/dak)	5 %	ISO 527-2
Verimde çekme gerilmesi (50 mm/dak)	27 MPa	ISO 527-2
Isı eğilme sıcaklığı (0, 45 MPa)	102 °C	ISO 75-2
Charpy Darbe dayanımı (23 °C)	8 kJ/ m ²	ISO 179/1eA
Charpy Darbe dayanımı (-20 °C)	4,5 kJ/ m ²	ISO 179/1eA
Erime sıcaklığı	210 – 260 °C	-
Tutma basıncı	200 – 500 bar	-

Ocak ısı sayfası makinelerde farklılık gösterebilmektedirler. Resim 2.2. gösterilen bölge ısıları kovan etrafında ısınan seramik rezistans bölgelerini belirtmektedir. Büyük ocağa sahip makinelerde daha fazla bölge ısıtıcıya sahip olabilmektedir.

2.1.2. Mal alma kontrol sayfası

Enjeksiyon prosesinde mal alma sayfasında ürün miktarı hesap edilerek, edilen verilerde girilerek prosese başlanır. Eğer mal alma sayımız yüksek ise ürün çapaklı gelebilir ve dışıde kalması sık karşılaşılan bir sorun olmaktadır. Eğer mal alma sayımız düşük ise oluşan üründe eksikler mevcut olmaktadır.

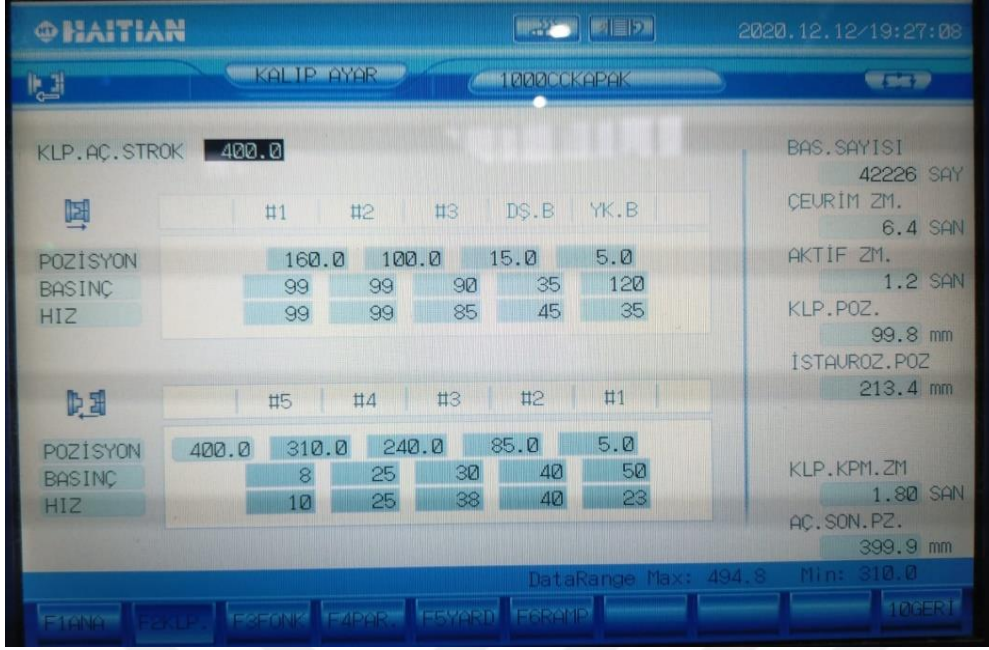
Mal alma sayısı ayarlanırken, mal alma hızı ve basıncıda ayarlanmalıdır. Mal alma sayımız büyük ise daha düşük hız ve basınç ile ayarlanmalıdır. Üretilen malzemenin içine boya, kalsit vb. malzemeler katılıyorsa mal alma sayfasından geri basınç verilerek eritilmekte olan kovanın içinde malzeme karışımı istenilen oranda olmasına fayda sağlamaktadır.



Resim 2.2. Zhafir plastik enjeksiyon makinesi mal alma kontrol sayfası

2.1.3. Mengene açılma ve kapanma kontrol sayfası

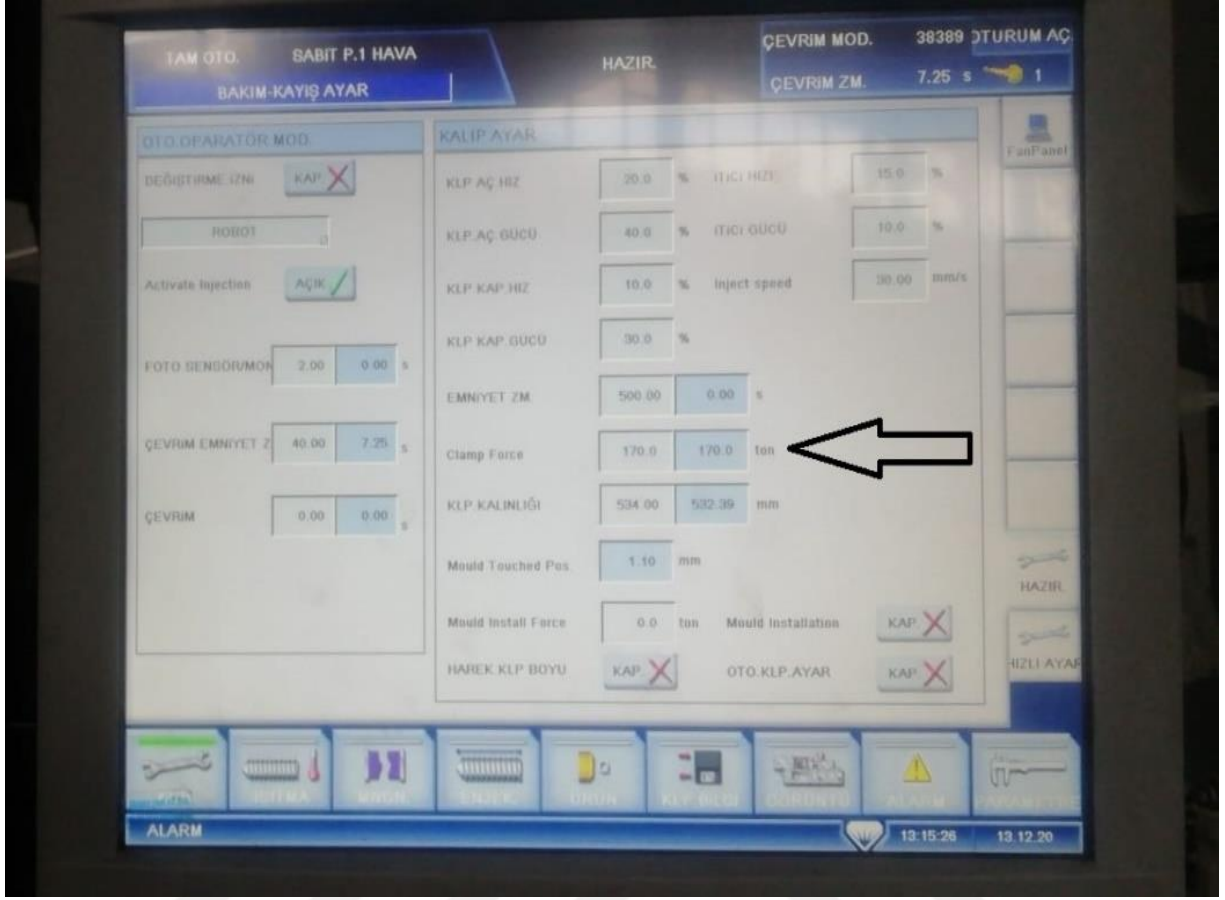
Mengeneye bağlanan kalıp açılış pozisyonu gerektiği kadar açılmalıdır. Fazla açılma çevrim süresinin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle minimum açılıp ayarlanmalıdır. Kapanış ve açılış hız ve basınçları ayarlamak önemlidir. İlk açılış hızı çok hızlı olmamalıdır. Yavaş açılarak yavaş kapanması istenir. Kapanırken ise basınç yüksek ve hız düşük olmalıdır. Eğer bu sistemde çalışılmaz kalıp hızlı açılır ise ürün dışıde kalabilir. Eğer hızlı kapanır ise dişi ve erken kalıp yüzeylerinde çarpışma olabilir. Kalıbın zarar görmemesi ve ürünün dışıde kalmaması için kapatma ve açılma hızları ve basınçları kademeli olarak ayarlanmalıdır.



Resim 2.3. Haitain plastik enjeksiyon makinesi mengene kontrol sayfası

2.1.4. Kalıp tonaj kontrol sayfası

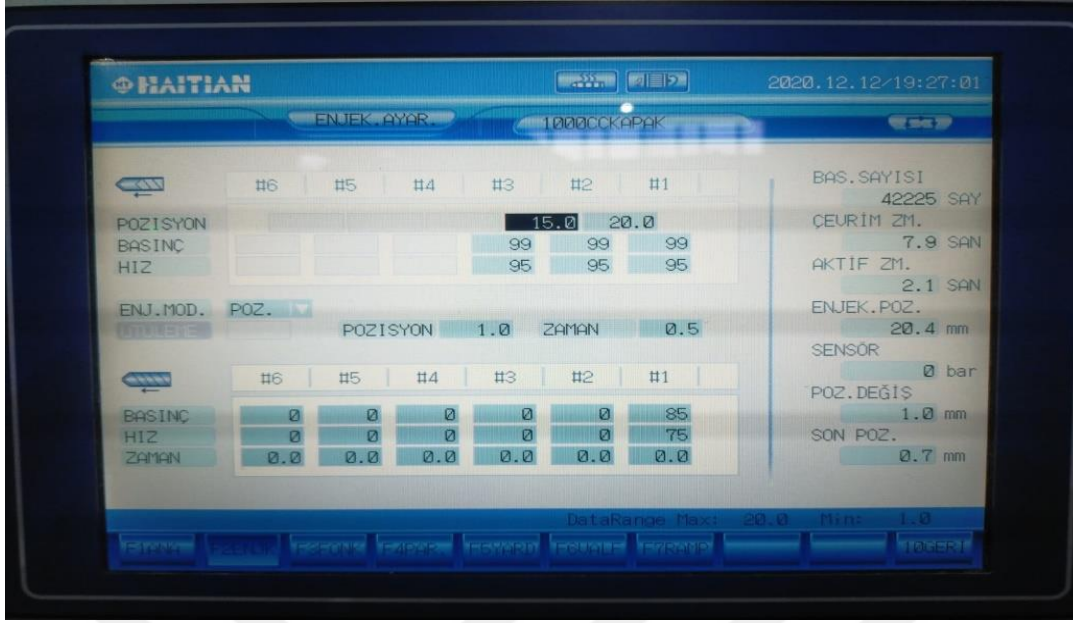
Mengeneye bağlanan kalıp çalışmadan önce kalıp ayarı yapılması gerekmektedir. Kalıp ayarı minimum tonaj ile yapılarak kalıba zarar azaltılır. Tonaj hesabı ile yaklaşık tonaj girilir. Eğer ürün çapağa kaçıyor ise kalıp tonajı düşük olabilir. Eğer üründe gaz var ise gaz kanalları gazı atamaz ve gazlı ürün gelebilir. Bazı makinelerde tonaj sayfası olup tonaj değeri girilirken, bazı makinelerde ise kalıp kapama sayfasında en son değerdeki basınç değerine girilen değer olarak almaktadır.



Resim 2.4. Zhaafir plastik enjeksiyon makinesi kalıp tonaj kontrol sayfası

2.1.5. Plastik enjeksiyon hızları ve basınçları kontrol sayfası

Plastik enjeksiyon prosesi yapılırken eriyik malzeme kalıp içine doldurulurken enjeksiyon hızları ve basınçları önemli etkindir. Küçük parçalar üretilirken genelde yüksek hız ve basınç ile enjeksiyon yapılır. Büyük ve kalın parçalarda ise hızlar ve basınçlar düşük şekilde enjeksiyon yapılmaktadır. Enjeksiyon hız ve basınçlarının yanı sıra ütüleme işlemi bu sayfada yapılmaktadır. Ütüleme basınç ve hız verilerek belli bir saniye ile yapılmaktadır. Kalın ve büyük parçalarda ütüleme çok önemli bir etkindir.



Resim 2.5. Haitain plastik enjeksiyon hız ve basınç kontrol sayfası

2.1.6. Hava kontrol sayfası

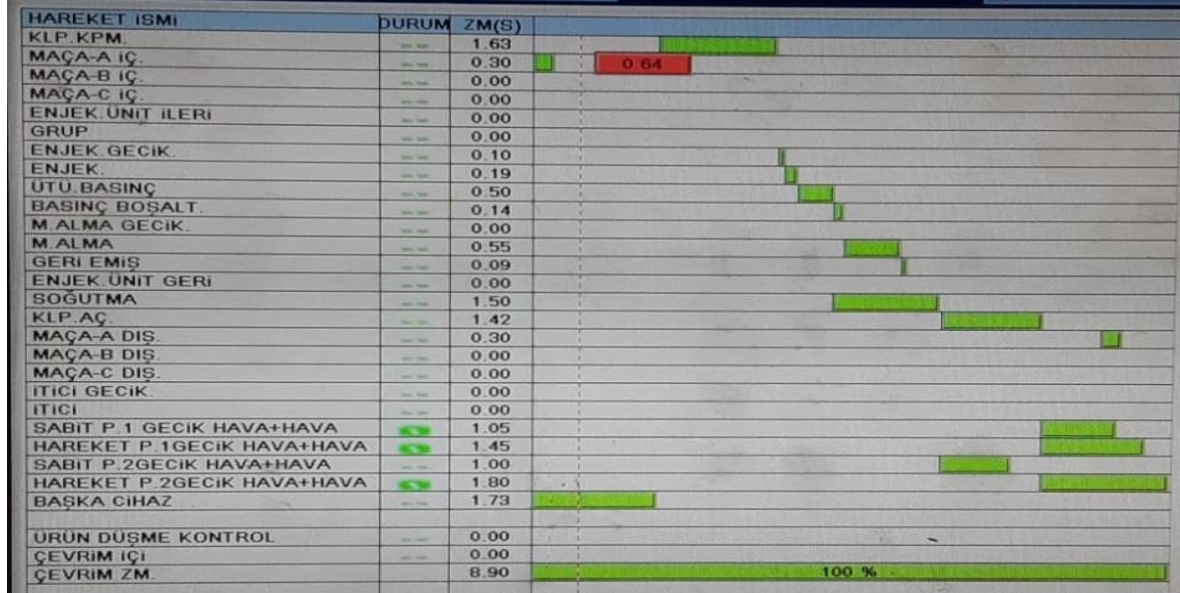
Plastik enjeksiyon prosesi sırasında oluşan malzeme kalıptan çıkarılması için itici ve hava pimleri kullanılmaktadır. Kalıbın dışıde kalmaması için dışi hava pimi mevcuttur. Erkek kalıpta ürün ise hava, sıyrıcı, maça ve hava pimleri ile düşürölmektedir. Oluşan ürünler kalıptan çıkarılmasında en büyük kolaylığı havalar sağlamaktadır.



Resim 2.6. Zhafir plastik enjeksiyon makinesi hava kontrol sayfası

2.1.7. Çevrim kontrol sayfası

Plastik enjeksiyon prosesi sırasında tüm hareketlerin hesabı yapılarak çevrim hesabı çıkarılmaktadır.



Resim 2.7. Zhafer plastik enjeksiyon makinesi çevrim kontrol sayfası

2.1.7. Soğutma sistemleri

Plastik enjeksiyon imalatı yapan işletmeler genellikle iki farklı soğutma sistemi kullanmaktadırlar. Bu sistemler su soğutma kulesi ve chiller'dir. Kalıp içerisindeki eriyik malzemenin katılaşması için düşük derecede su soğutma sistemi chiller ile yapılırken, Plastik enjeksiyon makinerinin yağ soğutmaları için su soğutma kuleleri tercih edilmektedir.

2.1.7.1. Su soğutma kulesi



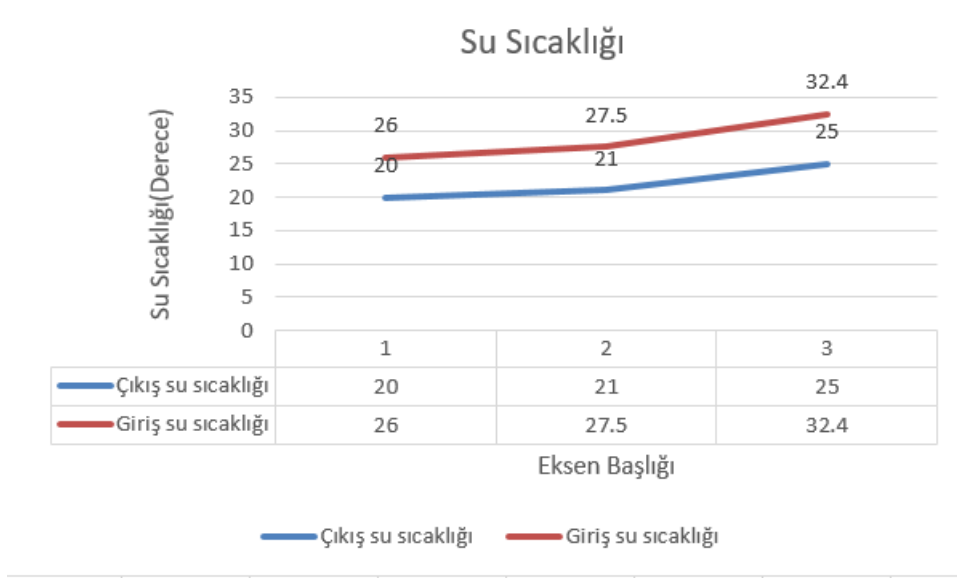
Resim 2.8. Su soğutma kulesi

Soğutma kuleleri, farklı amaç için işleyen endüstriyel tesislere, cihazları veya ürünü soğutmak için soğutma suyunu sağlayan yapılardır. 100m çapa kadar ulaşabilir. Sistemde dolaşan soğutma sıvısının sistemden veya üründen aldığı ısıyı uzaklaştırmak için tercih edilir. İki ana başlıkta sınıflandırılır. Bunlardan ilki ıslak soğutma kulesi diğeri ise kuru soğutma kulesidir.

Islak soğutma kulesi buharlaşma mantığı ile çalışır. Kuru soğutma kulesi ise çevreyle etkileşime geçerek sıvının soğumasını hava yardımıyla yapar.

Yapısına göre soğutma kuleleri ikiye ayrılır. İlki paket tip olan soğutma kulesi yapısı, daha küçük kapasiteye sahiptir ve hareket ettirilebilir. İkincisi ise inşa edilen tip soğutma kulesidir. İnşa edile tip soğutma kulesi yapı olarak oldukça büyük ve yüksek kapasitelidir.

Genellikle daha çok tercih edilen soğutma kulelerinde, su kulenin içinde hareket ederken hava ile teması etmesi sonucunda belirli kısmı buharlaşarak dışarı atılır, bu sırada soğutma sıvısının sahip olduğu ısının küçük bir bölümü buharlaşarak havaya verilmesi sayesinde suyun soğuması sağlanır. Soğutma kulelerinin çalışma prensibi, suyun hava ile karşılaşma şekline göre ikiye ayrılır.



Şekil 2.1. Soğutma kulesi su giriş-çıkış sıcaklık grafiği

2.1.7.2. Chiller soğutma sistemleri

Isıyı sistemden alıp dışarı atan ve bu sayede sistemi soğutmayı sağlayan soğutucu elemandır. Kompresör, , genleşme vanası, evaporatörden ve kondanser oluşan chiller soğutma sistemleri, kompresörde sıkıştırılan ve ısınan gazın kondanserde soğutulması ile çalışır. Ardından genleşme vanasından geçen gazın basıncı sayesinde ısı transferi gerçekleşir ve sıcaklık düşer. Evaporatörden geçerken soğutulması amaçlanan sıvıdaki ısıyı alır alçak basınçla kompresöre gaz halinde ulaşır ve yeniden sıkıştırılır.



Resim 2.9. Chiller soğutma sistemi



Şekil 2.2. Chiller soğutma sistemi su giriş-çıkış sıcaklık grafiği

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Plastik Enjeksiyon Prosesinde İmalat Hataları

Enjeksiyon sistemi kullanılarak oluşturulan parça imalatında oluşan hatalar işlem öncesi hammadde depolanmasının yanlış olmasından, işlem süresi boyunca oluşan hatalardan ve paketlenmeden dolayı oluşabilir.

Üretim işlemi sırasında oluşan hatalar öncesi veya sonrasında oluşan hatalara göre daha karmaşık ve zor çözümlere sahip olabilir. İşlem sırasında muhtemel karşılaşılabılır hatalar; makine, kalıp, çalışma ortamının şartları, hammadde ve parça tasarımı kaynaklı olabilir. Enjeksiyon sisteminin düzgün ve optimum çalışması 3 ana şarta bağlıdır. Bunlar; basınç, sıcaklık ve zaman sabitleridir. Oluşan problemlerin birçoğu bu sabitlerin kaymasından veya hatalı işlemlerden dolayı kaynaklanır.

3.1.1. Yanık izleri

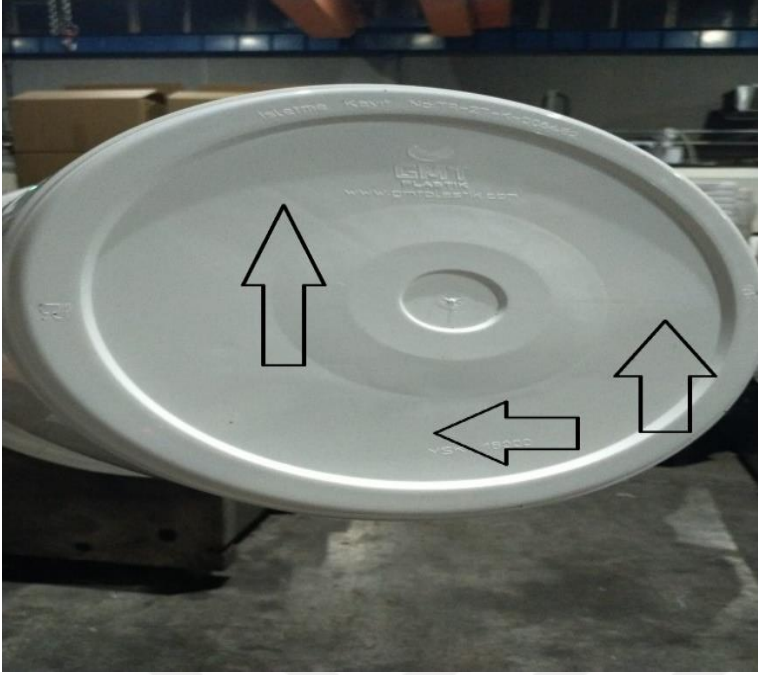
Kalıp içindeki boşluğu dolduran erimiş haldeki plastik malzeme yüzünden sıkışan hava kalıptan dışarı doğru tahliye edilmelidir. Eğer tahliye işlemi gerçekleşmez ise ve kalıp içinde hava kalırsa, kalıp içinin ulaştığı yüksek sıcaklıkları nedeniyle plastik malzeme ile arasında kimyasal reaksiyon olabilir. Gaz yanabilir. Eğer gaz yanarsa yani dizel etkisi oluşursa oluşan parçada siyah veya hafif sarı izler oluşabilir. Normal şartlarda kalıp içine sıkışan hava itici pimler yardımıyla tahliye edilebilir. Yanık oluşmaması için sistemin elemanları düzenli periyotlar ile kontrol edilmelidir. Ayrıca yanık izini önlemek adına erimiş plastik malzeme sıcaklığı azaltılabilir ve parçanın keskin köşeleri yuvarlatılabilir. İşlemde oluşacak değişiklikler ürünün temiz ve kaliteli oluşmasına yardımcı olur.



Resim 3.1. Yanık izi oluşan parça

3.1.2. Akış izleri

Kalıp içindeki boşluğa doğru akan erimiş malzeme gittiği yolun kesit alanına göre hızında değişiklik yaşanır. Erimiş malzemenin yoluna parçanın şeklini değiştirecek farklı bir cisim çıktığında türbülans oluşur. Bu nedenle akış bölünür. Bir veya birden çok türbülans oluşturması oluşan parça üzerinde akış izlerine neden olur. Erimiş malzeme sıcaklığı arttırmak veya enjeksiyon hızını yükseltmek akış izlerinin oluşmamasını sağlayabilir. Konik besleme yerine yolluk girişini yandan yapmak ya da tünel girişini kullanmak oluşacak akış izlerini etkilemenin farklı bir yoludur.

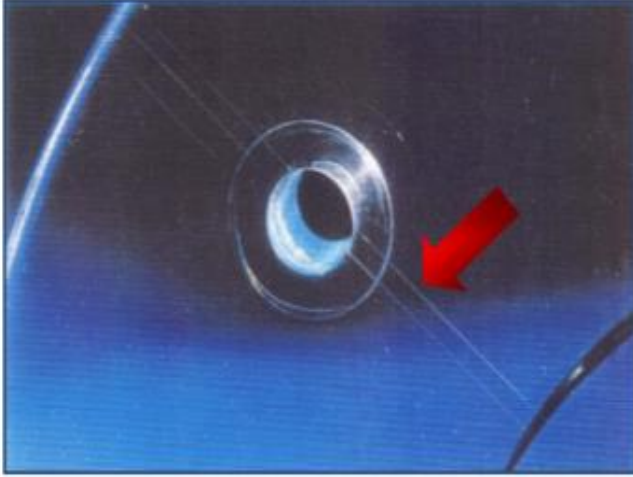


Resim 3.2. Akış izi oluşan parça

3.1.3. Birleşme izleri

Akış yollarının çakıştığı bölgelerde birleşme izleri gözlemlenebilir. Kalıpta eğer birden çok yolluk girişi bulunuyorsa, erimiş malzeme yollukların birleşmesi boyunca donduğu nokta varsa, oluşan parçanın yüzeyinde uzun birleşme izlerine rastlanabilir. Birleşme izleri görüntü bozukluğunun yanı sıra parçanın mekanik olarak bozulmasını sağlar. Parçanın mukavemetini azaltır.

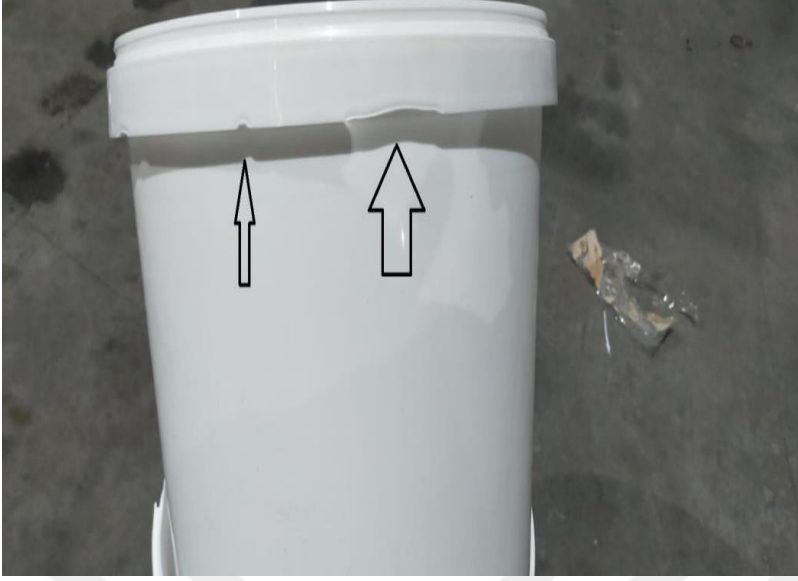
Soğuk birleşme nedeniyle oluşan izleri azaltmak için enjeksiyon ve kalıp içi sıcaklığını artırma ve enjeksiyon hızını artırma işlemleri yapılabilir. Enjeksiyon hızını belirli oranda artırılmalıdır. Aksi halde parçada yanık izi oluşabilir.



Resim 3.3. Soğuk birleşme izleri

3.1.4. Eksik ürün

Kalıp içine tam olarak dolması gereken malzemenin eksik kalması nedeniyle üründe hatalar oluşur. Kalıp içinde sıkışan hava basınç oluşturur. Bu oluşan basınç enjeksiyon sisteminde oluşan basınçtan büyük olursa erimiş haldeki plastik malzeme kalıp içine dolamaz ve oluşan üründe eksiklikler meydana gelir. Özellikle ince kesitli veya uzun boylu parçalarda gözlemlenen bir hatadır. Enjeksiyon basıncının artırılması çözüm olabilir ama yolluk girişi bölgesinde durmadan gerilme yaşatacağı için farklı hatalarla karşılaşma ihtimali yüksektir. Eksik ürün hatasından kurtulmak için enjeksiyon hızının artırılması en doğru yöntemdir. Kalıp sıcaklığının artırılması kullanılan yöntemlerden birisidir fakat maliyet artışı sağlar.



Resim 3.4. Eksin ürün

3.1.5. Parçanın dişi kalıptan ayrılmaması

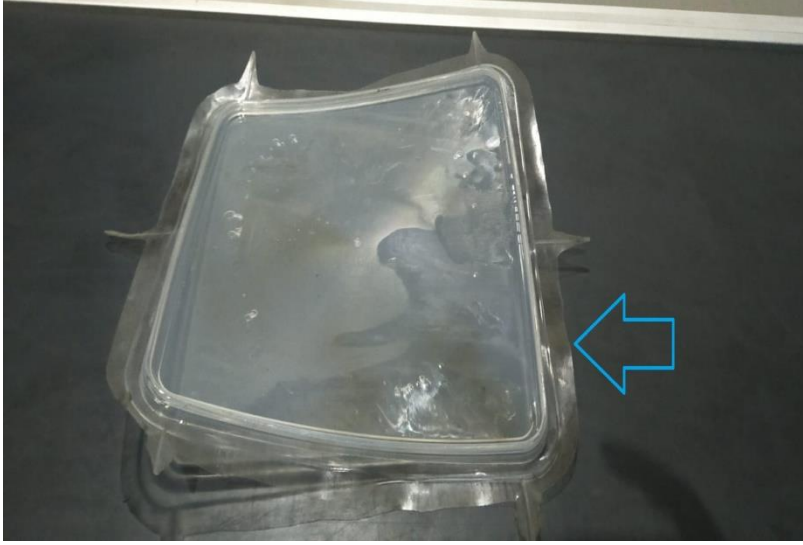
Üretilen parça erkek ve dişi kalıp birbirinden ayrıldıktan sonra dişi kalıptan ayrılması gerekmektedir. Eğer kalıp ürün çıkış açıları yetersizse veya çıkıntı kenarlarında parlatma eksik yapılmış ise ürünün kalıptan ayrılmasında sorun oluşacaktır. Parçaların iyi parlatılması ve açılarının uygun oluşturması hatanın önüne geçer.



Resim 3.5. Dişi kalıpta kalan ürün

3.1.6. apaklı rn

Kalıp nedeniyle üründe pak oluşur. Kalıp birleşmesi uygun olmalı ve aşınma olmamalıdır. Enjeksiyon sisteminde oluşan yüksek basınç sistemin kalıp kapanma kuvvetinden büyük olmamalıdır. Eğer bu şartlara sağlanmazsa oluşan üründe paklar gözlemlenebilir. İř gücü artırılması ile paklar elle temizlenebilir fakat bu maliyet ve zaman açısından zarar uğratır.



Resim 3.5. apaklı rn

3.1.7. Yüzeyde çöküntü oluşması

Üretilen parça, tam anlamıyla soğutulmadan kalıptan erken ayrılırsa çöküntüler gözlemlenebilir. Soğuması zor olduğu için daha çok kalın etli parçalarda gözlemlenir. Oluşan kme hatası enjeksiyon veya malzemeden kaynaklı değildir. Tutma basıncının yetersizliği ve süresinin az olmasından dolayı çökmelerde basınç ve süre artırılırsa çökmelerin önüne geçilebilir fakat bu durumun parçada kalıp içi basıncın artmasına neden olacağı unutulmamalıdır.



Resim 3.6. Parça yüzeyindeki çöküntü

3.1.8. Çarpılma

Kalıbın yeterince soğumaması halinde üretilen malzeme kalıptan çıkartılırken çarpılmaya uğrayabilir. Yetersiz ve az süreli soğutma üretilen parçada çarpılma oluşma olasılığını artırabilir. Üretilen plastik parçanın hammaddesinin çarpılma değerlerine göre soğutma derecesi ayarlanmalıdır.

Ürünü tasarlarken farklı derinlik ve et kalınlıkları olursa, ince taraf kalın tarafa nazaran daha çabuk soğumaya başlar. Bu nedenle parça içinde iç gerilmeler gözlemlenebilir. İç gerilmeler çarpılmaya yol açabilir. Çarpılma olmaması için ince bölümler desteklenmelidirler. Ayrıca yüksek enjeksiyon basıncının engellenmesi ve kalıp içi sıcaklığın artırılması çarpılma olasılığını azaltır.



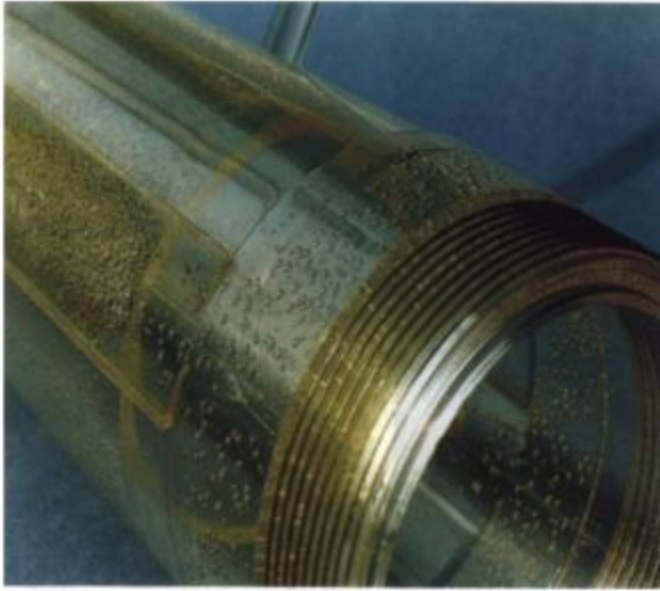
Resim 3.7. Çarpılmış ürün

3.1.9. Hızlı akış izi

Enjeksiyondan çıkan erimiş plastik malzemenin akış hızının olması gerekenden fazla olması sonucunda kalıp içine yolluk girişinden fışkırır. Malzeme kalıp içinde alması düzensiz bir şekilde yayılır. Kendisinden sonra kalıbın içine gelen plastik erimiş malzeme ile heterojen bir yapı oluşturur. Bu hatanın oluşmaması için yolluk giriş konumlarının uygun tasarıma sahip olması önemlidir. Fan yolluk girişi kullanılması çözüm için değerlendirilebilir.

3.1.10. Boşluklar

Viskozitesi fazla olan erimiş plastik malzemenin kullanıldığı parçalarda kalıp içindeki boşluğa sıkışan gaz hacim kaplar ve boşluk oluşturur. Kesit alanı kalın olan yerdeki çekme hareketi, tutma basıncından büyük olduğu için oluşan parçada hava boşlukları oluşabilir. Boşluk oluşmasını engellemek için tutma basıncını artırabiliriz veya proses süresini artırabiliriz.



Resim 3.8. İçerisinde vakum boşlukları oluşan parça

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yaptığımız çalışmalar sonucu plastik parça imalatında karşılaşılan sorunlar ve hatalar genellikle hammadde, parça tasarımı, makine ayarları, kalıp imalatı ve çalışma prosesi sonucunda meydana çıkmaktadır. Bazı hataları fark etmek çözümleri hemen ulaşılabilesinin aksine bazı hataların hangi nedenle meydana geldiğinin tespiti zaman alabilmektedir. En önemli unsur plastik enjeksiyon prosesi sırasında hatanın doğru tespit edilmesidir. Doğru tespit edilen hatalarda zamandan ve işçilikten kazanç elde edilmektedir. İmalat sırasında hangi hataların hangi parametreler ile çözülebileceği tespit edilerek belirlenmelidir. Eğer oluşan hatalar kalıptan kaynaklı ise, bu sorunların çözülmesi için zaman maliyeti verecektir. Kalıp tekrardan onarılarak yeni hal alarak deneme sürecinde geçirilecektir. Bu nedenle parça tasarımı önemli etkindir. Parça tasarımı sırasında plastik enjeksiyon analizi programı kullanarak oluşacak hatalar azaltılabilmektedir.

Plastik enjeksiyon prosesi parça tasarımı ile başlar. Tasarlanan parçaya kalıp tasarım yapılarak kalıp üretilir. Üretilen kalıp enjeksiyon makinesine bağlanır. Kalıp bağlandıktan sonra ise enjeksiyon makinesi kontrol ekranında makine ayarları yapılmaktadır. Enjeksiyon ayarlarından sonra proses devam ederek eriyik malzemeye meme yoluyla kalıba yön alarak istenilen parça elde edilmektedir. Plastik enjeksiyon prosesi ile seri ve hızlı üretim mümkündür. Genellikle enjeksiyon makineleri robotlar ile ortak çalışma sağlayarak güvenilir bir ürün elde ederek kalıp ve makinenin güvenliğini sağlamaktadırlar. Üretim esnasında oluşan sorunların geç fark etme olayında ise büyük masraf ve zararlar mevcut olmaktadır. Proses ilk başladığı zaman hata olmayan makineler belli süre çalıştıktan sonra hatalar meydana gelebilir. Bu nedenle proses işlemine başlamadan önce ayarlar yapılırken karşılaşılabileceğimiz hataları önlemek için dikkatli olunması ve prosesin takip edilmesi gerekmektedir.

Plastik enjeksiyon prosesi sırasında en verimli sonuç ile parça üretiminde ev iyi kalitenin yakalanması için günümüzde mevcut olan plastik enjeksiyon analizi programlarının parça tasarımıyla başlayıp istenilen ürünün imalatına kadar geçen zamanda mantıklı bir şekilde kullanılarak güvenilir ve istenilen özellikte üretim sağlanmaktadır.

5. KAYNAKLAR

- Akkurt, S.**, 1991. Plastik malzeme bilgisi, İ.T.Ü. Makina Fakültesi, Birsen Yayınevi, İstanbul, 33s.
- Anık, S., Dikicioğlu, A., Vural, M.**, 1999. İmal Usulleri. Birsen Yayınevi, İstanbul. 23s.
- Bayer Engineering Polymers Design Guide**, 2004. Mold Design.
- Best Management Practice Cooling Tower Management**, 2018. Department of energy, 95s.
- Crawford, R. J.**, 1987. Plastics engineering, The Queen University of Belfast, Pergamon Press UK, 16s.
- Düz, H..** 2018. Daimi ve sıkıştırılmaz boru akışında giriş uzunluğunun sayısal analizi, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilgileri Dergisi*, 8(2):20-22.
- Hasco**, 2002. Injection molds.
- Koçak, M.**, 2005 Plastik enjeksiyon kalıbı tasarımı, *Bitirme Tasarım Projesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 10s.
- Köse, E..** 2006. Plastik enjeksiyonda proses ve kalıp kaynaklı sorunların giderilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 43s.
- Kuldaşlı, A. B.**, 2005. Plastik enjeksiyon yöntemi ile parça imalatı imalat hataları ve hata tespiti. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 56s.
- Küçük, M. Z.**, 2005. Plastik enjeksiyon kalıbı esasları tasarım imalat ve analizi. *Yüksek Lisans Tez*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 9s.
- Maier, C. Calafut T.**, 1998. Polypropylene the definitive users guide and handbook. Plastics design library.
- Menge, G. Mohren, P.**, 1986. How to make injection molds, Hanser Publishers, Munich.
- Palabıyık, M.**, 2008. Polimer esaslı kompozitler ile konstrüksiyon, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 48s.
- Pınar, E.**, 2010. Plastik enjeksiyon yöntemiyle imalatla hataların tespiti ve proses şartlarının optimizasyon uygulaması. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 4s.
- Rees, H.**, 1995. Mold engineering, hanser gardner publications, Cincinnati.
- Şafak, D.**, 2001. Plastik enjeksiyon kalıplarının tasarım bakımından incelemesi ve uygulamalı tasarım örneği. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 41s.

Temiz, V., 2004. Plastik malzemelerle konstrüksiyon. Ders Notları.

Turaçlı, H., 2003. Enjeksiyon kalıpları imalatı , Pagyay Yayıncılık , İstanbul, 21s.

URL-1, 2017. <https://www.plastikciyiz.biz/bilgi-kutuphanesi/> Plastikler. Şubat 2017.

