



**T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PLASTİK ENJEKSİYON KALIP TASARIMI VE ÜRETİLEN PARÇALARDA
ÇAPAKLANMAYA ETKİ EDEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ**

FERHAT CERİTBİNMEZ

**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İskenderun / HATAY
HAZİRAN – 2014**



T.C.

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PLASTİK ENJEKSİYON KALIP TASARIMI VE ÜRETİLEN PARÇALARDA
ÇAPAKLANMAYA ETKİ EDEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ**

FERHAT CERİTBİNMEZ

**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

İskenderun / HATAY

HAZİRAN – 2014

T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PLASTİK ENJEKSİYON KALIP TASARIMI VE ÜRETİLEN PARÇALARDA
ÇAPAKLANMAYA ETKİ EDEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ**

FERHAT CERİTBİNMEZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KANCA danışmanlığında hazırlanan bu tez 16 / 06 /
2014 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KANCA
Başkan

Yrd. Doç. Dr. M. Veysel ÇAKIR
Üye

Doç. Dr. Selçuk MISTIKOĞLU
Üye

Bu tez Enstitümüzün Makina Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No: 726

Prof. Dr. İsmail Hakkı KARAHAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Ferhat CERİTBİNMEZ

ÖZET

PLASTİK ENJEKSİYON KALIP TASARIMI VE ÜRETİLEN PARÇALARDA ÇAPAKLANMAYA ETKİ EDEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

Benzinli ve dizel motorlarla çalışan araçlarda yakıtı süzmeye yarayan filtre elemanlarında kullanılan plastik parçalar, plastik enjeksiyon kalıplarında üretilmektedir. Bu üretim esnasında parçalarda çapaklanma problemleriyle karşılaşilmektedir. Filtrede kullanılan parçalar filtreden kopar motora ve/veya enjektörlere giderse araçlarda ciddi maddi hasarlar meydana getirmektedir. Seyir halindeki aracın sollama yaparken veya rampa çıkarken filtresinde bulunan çapakların, partiküllerin ya da diğer kısımlarının süzülen yakıtla beraber motora ve/veya enjektörlere gitmesi halinde araç hız kaybedecek, sönebilecek, fren ve hidrolik direksiyon devre dışı kalacak ve sonucunda insan hayatını tehlikeye atabilecek durumlar ortaya çıkaracaktır. Çapaklı üretilen filtre parçalarının montaj öncesi tıraşlanması kaçınılmazdır. Maliyeti artıran çapaklanmayı kabul edilebilir sınırlarda tutmak kaçınılmaz hale gelmektedir.

Bu çalışmada, PA6-GF30 termoplastik polimer malzeme kullanılarak plastik enjeksiyon makinasında değişik enjeksiyon parametreleri ile plastik kapaklar üretilmiş ve özel tasarlanmış görüntü alma düzeneği ile görüntüleri alınıp Matlab programı kullanılarak yüzeylerinde bulunan çapak miktarları tespit edilmiştir. Ölçülen çapak miktarları genetik algoritma esaslı yöntemlerden birisi olan genetik programlama kullanılarak çapaklanmayı tahmin etmek için bir matematik model geliştirmede kullanılmıştır. Çapaklanma ütüleme basıncı, kalıp sıcaklığı, işleme sıcaklığı ve enjeksiyon basıncı parametrelerine bağlıdır. Geliştirilen matematik model ile tahmin edilen sonuçlar deney sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve matematik modelin tahminlerinin ölçümlerle örtüştüğü görülmüştür. Çapak miktarları ve enjeksiyon parametreleri incelenerek en uygun enjeksiyon parametreleri tespit edilmiştir.

2014, 112 sayfa

Anahtar Kelimeler: Plastik enjeksiyon parametreleri, Çapaklanma, Üretim hataları, Sayısal görüntü işleme, Genetik Programlama.

ABSTRACT

DESIGN OF PLASTIC ENJECTION MOLDING AND ANALYSING THE PARAMETERS OF FLASH PROBLEM ON PRODUCED TOOLS

Plastic parts that are used in filters that are used for fuel on cars working with gasoline and diesel are produced by plastic injection molds. During production of these parts some problems occur, such as flashing. It causes some serious damages if some particles separates from filter and goes into motor or injector. During changing traffic lane or going upside the ramp when you using your car, in case of flashing, the car loses its speed, goes out, brake and hydraulic become disabled, as a result there will be dangerous situations for human's life. Flash on the parts at the end of production should be shaved before assemble. It is an obligation to keep flashing a acceptable limit on filter parts.

In this study plastic covers from PA6-GF30 thermoplastic polymer material were produced with different injection parameters. Then, their images are taken by specifically designed system. Flash amounts are determined by using Matlab software on these images. Measured flash amounts were used to develop flash prediction mathematical model by using genetic programming which is one of the genetic algorithm-based method. The amount of flash depends on holding pressure, mold temperature, processing temperature and injection pressure parameters. The predicted results were compared with experimental results by the developed mathematical model and it was seen that prediction of mathematical model coincide with measurement. The best injection parameters are determined by examining the flash amounts with respect to the parameters.

2014, 112 pages

Keywords: Plastic injection parameters, Flashing, Production faults, Digital image processing, Genetic Programming

TEŞEKKÜR

Plastik enjeksiyon kalıp tasarımı ve üretilen parçalarda çapaklanmaya etki eden parametrelerin incelenmesi konulu yüksek lisans çalışmamda ve ayrıca yapmış olduğum tüm akademik çalışmalarında kullanmış olduğum Fil Filtre bünyesinde bulunan son teknoloji makina ve teçhizatları seferber eden, maddi ve manevi desteğini üzerimden eksik etmeyen Fil Filtre Ltd. Şti. Yönetim Kurulu Başkanı Sn. Ökkeş ÇİRKİN'e ve her türlü yazılım desteği sağlayan Yönetim Kurulu Başkan Yardımcısı Sn. Sinan ÇİRKİN'e teşekkür ederim.

Hayatımın her noktasında yanımda olan, tüm eğitim hayatım boyunca ellerinden gelenin en iyisini yapan daima desteklerini ve dualarını hissettiğim canım aileme sonsuz saygı ve sevgi ile teşekkürü bir borç bilirim.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca kıymetli bilgilerini bana aktaran yol gösteren, destek veren gece gündüz tatil demeden, sıkılmadan desteğini benden esirgemeyen, birçok makale ve yayın çalışmamda öncülük eden ve gelecekte birçok projeye beraber imza atacağımız sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KANCA' ya teşekkür ederim.

Tez çalışmamda ve yapmış olduğum deneylerde sürekli yardım ve desteklerini gördüğüm araştırma görevlisi arkadaşlarım Mehmet DEMİR ve Mehmet KOÇ'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIV
1. GİRİŞ	1
2. FİLTRE VE FİLTRASYONUN ÖNEMİ	5
2.1. Filtre Çeşitleri	5
2.1.1 Yağ filtreleri.....	5
2.1.2 Hava filtreleri.....	5
2.1.3 Kabin filtreleri.....	6
2.1.4 Hava kurutucu filtreleri.....	6
2.1.5 Su filtreleri	6
2.1.6 Yakıt filtreleri.....	6
2.2. Yakıt Filtrelerinin Kullanıldığı Sistemler	7
2.3. Yakıt Filtrelerinin Tıkanma Problemi.....	9
2.3.1. Yakıt içerisinde yer alan bazı ortak maddeler ve bunların etkileri	9
2.3.1.1. Su.....	9
2.3.1.2. Mantar ve bakteriler.....	10
2.3.1.3. Yakıt katkıları	10
2.3.1.4. Asfalt bileşenleri.....	10
2.3.1.5. Tortu ve diğer katı maddeler.....	11
3. PLASTİK ENJEKSİYON KALIPÇILIĞI	12
4. POLİMERLER VE ÖZELLİKLERİ.....	13
4.1. ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene).....	14
4.2. SAN(Stiren Akrilonitril).....	14
4.3. ASA(Acrylonitrile Styrene Acrylate)	15
4.4. PC(Polycarbonate-Polikarbonat)	15

4.5.	PC/ABS (Asyblend)(Polycarbonate -Acrylonitrile Butadiene Styrene)	15
4.6.	PPO(Polyphenylene oxide).....	16
4.7.	EVA(Etilen-Vinil asetat)	16
4.8.	PBT(Polybutylene terephthalate).....	17
4.9.	PPS(Polyphenylene sulfide)	17
4.10.	PS(Polystyrene)	17
4.11.	Poliamid 66.....	18
4.12.	POM(Poliasetal, polyacetals)	18
4.13.	Poliamid 6.....	19
4.14.	PP(Polypropylene).....	19
5.	ENJEKSİYON MAKİNELERİ.....	20
5.1.	Enjeksiyon Makinesi Üniteleri	21
5.1.1	Enjeksiyon Ünitesi	21
5.1.1.1	Huni	22
5.1.1.2	Vida	22
5.1.1.3	Geri Dönüşsüz Valf (Çek Valf)	23
5.1.1.4	Isıtıcı Bantlar(Rezistans)	24
5.1.1.5	Meme	24
5.1.2.	Mengene Ünitesi	25
5.1.3	Kontrol Ünitesi.....	26
5.2.	Enjeksiyon Makinasının Baskı Hacmi	27
5.3.	Kalıp Montaj Alanı (kolon aralığı)	28
5.4.	Makinenin Kilitleme (kapama) Kuvveti	28
6.	PLASTİK ENJEKSİYON PROSESİ	29
6.1.	Basınç	30
6.1.1	Enjeksiyon Basıncı.....	30
6.1.2	Tutma Basıncı ve Etkileri	31
6.1.3	Geri Basınç ve Etkileri.....	32
6.1.4	Mengene Ünitesi Kilitleme Basıncı ve Etkileri	33
6.1.5	Kalıp İçerisinde Oluşan Basınç	33
6.2.	Sıcaklık	34

6.2.1 Ergiyik Sıcaklığı	34
6.2.2 Kalıp Sıcaklığı	37
6.2.3 Hidrolik Sistem Sıcaklık Kontrolü.....	37
6.3. Zaman	38
6.3.1 Enjeksiyon Zamanı	38
6.3.2 Ütöleme Zamanı.....	39
6.3.3 Soğuma Zamanı	39
6.3.4 Toplam Çevrim Zamanı	39
6.4. Hız.....	40
6.4.1 Enjeksiyon Hızı.....	40
6.4.2 Vida Dönüş Hızı	40
7. PLASTİK ENJEKSİYON HATALARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ.....	41
7.1. Siyah Noktalar (Black Speaks)	42
7.2. Hava ve Beyaz Kabarcıklar (Blisters).....	43
7.3. Akış İzi (Jetting)	44
7.4. Parça Üzerinde Yanıklar (Diesel Effect)	45
7.5. Parçada Soyulma (Delamination)	46
7.6. Ebatlarda Farklılık (Diemensional Variations)	47
7.7. Çapak (Fault Flash).....	48
7.8. Parça Yüzeyinde Akış İzleri (Surface Finish)	49
7.9. Parça Yüzeyinde Yuvarlak Halkalar (Ripples On Surface).....	50
7.10. Dişi Kalıba Yapışma (Sticking In Mold ‘Female Mold’).....	51
7.11. Erkek Kalıba Yapışma (Sticking In Mold ‘Male Mold’)	52
7.12. Eksik Baskı (Fault Short)	53
7.13. Yüzeyde Çöküntü (Fault Sink Marks).....	54
7.14. Parçada Gri-Gümüş Renkte Dalgalanma (Moisture Streaks)	55
7.15. Yolluk Girişinde Dalgalanma (Blush).....	56
7.16. Kalıp Yüzeyinde Farklı Renkte Dalgalanma Damarlanma	57
7.17. İpliklenme.....	58
7.18. Parça İçinde Boşluklar (Voids).....	59

7.19.	Çarpılma (Distortion)	60
7.20.	Birleşme İzleri (Weld Line).....	61
8.	MATERYAL VE METOD	62
8.1.	Materyal	62
8.1.1	Enjeksiyon İşleminde Kullanılacak Termoplastik Malzeme	62
8.1.2	Kalıplanacak Parçanın Tasarımı	62
8.1.2.1	Draft Analizi	64
8.1.2.2	Kalıplanacak Parçaya Çekme Payının Verilmesi	66
8.1.3	Kalıp Tasarımı	67
8.1.3.1	Erkek ve Dişi Çekirdeklerin Oluşturulması.....	67
8.1.3.2	Kalıp Göz Sayısının Belirlenmesi	69
8.1.3.3	İnsörtlerin Yerleştirilmesi.....	70
8.1.3.4	Hareketli Grup Hamil	70
8.1.3.5	Hareketli Grup Destek Plakası.....	71
8.1.3.6	Sabit Grup Hamil.....	71
8.1.3.7	Paraleller.....	72
8.1.3.8	İtici Plakalar ve İticiler	72
8.1.3.9	Taşıyıcı plakalar.....	73
8.1.3.10	Kolon ve burçlar	74
8.1.3.11	Yolluk çekme pimi	74
8.1.3.12	Geri Döndürücü pimler	75
8.1.3.13	Merkezeleme flanşı	76
8.1.3.14	Yolluk burcu(meme).....	76
8.1.3.15	Soğutma Kanallarının yerleştirilmesi	77
8.1.3.16	Sabit grup hamilin soğutma kanalları	77
8.1.3.17	Hareketli grup hamilin soğutma kanalları	78
8.1.3.18	O-Ring Contalar.....	78
8.1.4	Plastik Enjeksiyon Makinası Seçimi	79
8.1.5	Kalıp Sıcaklığının Ölçülmesi (Pirometre).....	82
8.1.6	Görüntü Alma Düzeneği Tasarımı ve Kalibrasyonu.....	83
8.2.	Metot.....	85
8.2.1	Enjeksiyon Parametreleri	85
8.2.1.1	Enjeksiyon ayarları	85
8.2.1.2	Ütuleme Basıncı Ayarları	86
8.2.1.3	Ocak Sıcaklıkları	86

8.2.1.4 İtici Ayarları	86
8.2.1.5 Mal alma ayarları.....	87
8.2.1.6 Kalıp açma ve kapama strok ayarları.....	87
8.2.2 Görüntü İşleme Yöntemiyle Çapak Miktarı Ölçümü	88
8.2.2.1 Matlab.....	89
8.2.3 Çapak Miktarının Tahmin Edilmesi.....	92
8.2.3.1 Genetik Algoritma	93
8.2.3.2 Modelleme Prosedürü ve Dataların Seçilmesi.....	93
9. ARAŞTIRMA BULGULARI	96
9.1. Deney Verileri.....	97
9.2. Enjeksiyon Parametrelerinin Çapaklanmaya Etkileri	99
9.3. Çapaklanma Miktarının GEP ile Tahmin Edilmesi	101
10. SONUÇ VE ÖNERİLER	107
KAYNAKLAR.....	109
ÖZGEÇMİŞ.....	112

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Yakıt Filtresinin Kesit Görünüşü	7
Şekil 2.2 Yakıt Sisteminin Şematik Gösterimi	8
Şekil 2.3 Common rail sisteminin şematik gösterimi	9
Şekil 5.1 Enjeksiyon makinası.....	20
Şekil 5.2 Enjeksiyon ünitesinin elemanları.....	22
Şekil 5.3 Plastik enjeksiyon ünitesindeki vidanın şematik görünümü	23
Şekil 5.4 Çekvalf.....	23
Şekil 5.5 Meme kesiti	24
Şekil 5.6 Mengene ünitesi.....	26
Şekil 5.7 Kontrol Ünitesi	26
Şekil 6.1 Vida kovan sistemi(Kamber,2008)	35
Şekil 7.1 Siyah Noktalar	42
Şekil 7.2 Hava ve beyaz kabarcıklar	43
Şekil 7.3 Akış izi.....	44
Şekil 7.4 Parça üzerinde yanıklar.....	45
Şekil 7.5 Parçada soyulma	46
Şekil 7.6 Ebatlarda farklılık	47
Şekil 7.7 Çapaklanma	48
Şekil 7.8 Parça yüzeyinde akış izleri	49
Şekil 7.9 Parça yüzeyinde yuvarlak halkalar	50
Şekil 7.10 Dişi kalıba yapışma.....	51
Şekil 7.11 Erkek kalıba yapışma.....	52
Şekil 7.12 Eksik Baskı	53
Şekil 7.13 Yüzeyde Çöküntü	54
Şekil 7.14 Parçada gri gümüş renkte dalgalanma	55
Şekil 7.15 Yolluk girişinde dalgalanma	56
Şekil 7.16 Kalıp yüzeyinde farklı renkte dalgalanma	57
Şekil 7.17 İpliklenme	58
Şekil 7.18 Parça içinde boşluklar.....	59
Şekil 7.19 Çarpılma	60
Şekil 7.20 Birleşme izleri.....	61
Şekil 8.1 Parçaya Feder Eklenmesi.....	63
Şekil 8.2 Parçaya Radüs eklenmesi.....	64
Şekil 8.3 Açık gerekli yüzeylerin renklendirilmiş görünümü	65

Şekil 8.4 Açık gerekli yüzlerin ve değerlerin programa tanıtılması	65
Şekil 8.5 Çıkma yönüne göre açı verilecek olan yüzler	66
Şekil 8.6 Termoplastik malzemeye bağlı çekme payı tanımlanması	66
Şekil 8.7 Kalıp ayırım hattının belirtilmesi	67
Şekil 8.8 Ayırım Yüzeyinin oluşturulması	68
Şekil 8.9 Erkek ve dişi çekirdek oluşturmak için cad programına değerlerin girilmesi	68
Şekil 8.10 Erkek ve dişi çekirdeklerin oluşturulması	69
Şekil 8.11 İki gözlü konumlandırılıp ortadan beslenen kapaklar	69
Şekil 8.12 İnsörtlerin konumlandırılması	70
Şekil 8.13 Hareketli grup hamil	70
Şekil 8.14 Hareketli grup destek plakası	71
Şekil 8.15 Sabit grup hamil	71
Şekil 8.16 Paralel çelikler	72
Şekil 8.17 İtici plakalar ve pimler	73
Şekil 8.18 Sabit ve hareketli grup taşıyıcı plakalar	73
Şekil 8.19 Kolon ve burçlar	74
Şekil 8.20 Yolluk çekme pimi	75
Şekil 8.21 Geri döndürücü pimler	75
Şekil 8.22 Merkezleme flanşı	76
Şekil 8.23 Yolluk burcu	76
Şekil 8.24 Sabit grup hamilin soğutma kanalları	77
Şekil 8.25 Hareketli grup hamilin soğutma kanalları	78
Şekil 8.26 Sızdırmazlığı sağlayan 3mm O-ring Contalar	79
Şekil 8.27 Üretilen plastik enjeksiyon kalıbı	79
Şekil 8.28 Plaka ebatları(Hareketli plaka)	80
Şekil 8.29 Plaka ebatları (Robot bağlantı delikleri sabit plakada)	81
Şekil 8.30 Makine Boyutları	81
Şekil 8.31 Kalıp yarımlarında sıcaklıkların ölçülmesi	83
Şekil 8.32 Görüntü alma düzeneği	84
Şekil 8.33 Merkezleme yuvası(yatak)	84
Şekil 8.34 Tasarlanan görüntü alma düzeneği	84
Şekil 8.35 Dijital fotoğraf ve görüntü işleme yapılmış resmi	88
Şekil 8.36 Siyah ve beyaz renk tonlarının kullanılma sıklığı	91
Şekil 9.1 Görüntü işleme yapılacak 72 adet deney numunesi	96
Şekil 9.2 50MPa sabit ütüleme basıncında çapaklanma miktarı	99
Şekil 9.3 80MPa sabit ütüleme basıncında çapaklanma miktarı	100

Şekil 9.4 110MPa sabit ütüleme basıncında çapaklanma miktarı.....	100
Şekil 9.5 Çapaklanma miktarı formülünün ağaç yapısı	104
Şekil 9.6 GEP modellerinden elde edilen Çm değerlerinin dağılımı (Eğitim).....	105
Şekil 9.7 GEP modellerinden elde edilen Çm değerlerinin dağılımı (Test).....	105
Şekil 9.8 Kalıp sıcaklığının çapak miktarına etkisi.....	106

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 ABS teknik özellikleri	14
Çizelge 4.2 SAN teknik özellikleri	14
Çizelge 4.3 ASA teknik özellikler	15
Çizelge 4.4 PC teknik özellikler	15
Çizelge 4.5 PC/ABS teknik özellikleri	16
Çizelge 4.6 PPO teknik özellikleri.....	16
Çizelge 4.7 EVA teknik özellikler	16
Çizelge 4.8 PBT teknik özellikleri.....	17
Çizelge 4.9 PPS teknik özellikler.....	17
Çizelge 4.10 PS teknik özellikleri.....	18
Çizelge 4.11 Poliamid 66 teknik özellikler	18
Çizelge 4.12 Pom teknik özellikleri.....	18
Çizelge 4.13 Poliamid 6 teknik özellikleri.....	19
Çizelge 4.14 PP teknik özellikleri.....	19
Çizelge 6.1 Bazı plastiklerin ergiyik sıcaklıkları(Kamber,2008).....	36
Çizelge 7.1 Siyah Nokta Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri.....	42
Çizelge 7.2 Hava ve Beyaz Kabarcık Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri.....	43
Çizelge 7.3 Akış İzi Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri.....	44
Çizelge 7.4 Parça Üzerinde Yanıkların Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri.....	45
Çizelge 7.5 Parçada Soyulmanın Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri.....	46
Çizelge 7.6 Ebatlarda Farklılığın Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri	47
Çizelge 7.7 Çapaklanma Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri	48
Çizelge 7.8 Parça Yüzeyinde Akış İzi Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri.....	49
Çizelge 7.9 Parça Yüzeyinde Yuvarlak Halkalar Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri.....	50
Çizelge 7.10 Dişi Kalıba Yapışma Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri	51
Çizelge 7.11 Erkek Kalıba Yapışma Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri	52
Çizelge 7.12 Eksik Baskı Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri	53
Çizelge 7.13 Yüzeyde Çöküntü Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri.....	54
Çizelge 7.14 Parçada Gri-Gümüş Dalgalanma Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri	55
Çizelge 7.15 Yolluk Girişinde Dalgalanma Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri	56
Çizelge 7.16 Kalıp Yüzeyinde Farklı Renkte Dalgalanma Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri	57
Çizelge 7.17 İpliklenme Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri	58
Çizelge 7.18 Parça İçerisinde Boşluklar Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri	59

Çizelge 7.19 Çarpılma Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri.....	60
Çizelge 7.20 Birleşme İzleri Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri.....	61
Çizelge 8.1 PA6-GF30 termoplastik polimer malzemenin işleme parametreleri	62
Çizelge 8.2 Haitian Mars MA 600/150B Plastik Enjeksiyon Makinasının Teknik Özellikleri ..	80
Çizelge 8.3 DT 8865 Pirometre teknik özellikleri	82
Çizelge 8.4 Enjeksiyon ayarları	85
Çizelge 8.5 Ütuleme basıncı ayarları	86
Çizelge 8.6 Ocak sıcaklıkları ayarları	86
Çizelge 8.7 İtici sistem ayarları.....	87
Çizelge 8.8 Mal alma ayarları	87
Çizelge 8.9 Kalıp açma ve kapama strok ayarları.....	88
Çizelge 8.10 Model oluşturmak için kullanılan değişkenler.....	94
Çizelge 8.11 GEP modelinin parametre listesi	94
Çizelge 8.12 Fonksiyon seti listesi.....	95
Çizelge 9.1 Görüntü işleme yapıp çapak miktarları hesaplanan 72 adet deney bulguları	97
Çizelge 9.2 GEP programının çeşitli seçeneklerle çalıştırılmasıyla elde edilen bazı sonuçlar .	101
Çizelge 9.3 GEP eğitim modeli sonuçlarının deneysel verilerle karşılaştırılması	102
Çizelge 9.4 GEP test modeli sonuçlarının deneysel verilerle karşılaştırılması.....	103

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Pü	:Ütüleme basıncı
Ti	:İşleme Sıcaklığı
Pe	:Enjeksiyon Basıncı
Tk	:Kalıp Sıcaklığı
Çm	:Çapak Miktarı

KISALTMALAR

ABS	: Acrylonitrile Butadiene Styrene
SAN	: Stiren Akrilonitril
ASA	: Acrylonitrile Styrene Acrylate
PC	: Polycarbonate-Polikarbonat
PC/ABS	: Asyblend / Polycarbonate -Acrylonitrile Butadiene Styrene
PPO	: Polyphenylene Oxide
EVA	: Etilen-Vinil Asetat
PBT	: Polybutylene terephthalate
PPS	: Polyphenylene sulfide
PS	: Polystyrene
POLIAMID 66	: Polyamid 66
POM	: Poliasetal,polyacetals
POLIAMID 6	: Polyamid 6
PP	: Polypropylene
PLC	: Programlanabilir mantıksal kontrol
CPU	: Central Process Unit
CNC	: Computer numeric control
NC	: Numeric control
PS	: Enjeksiyon kapasitesi
RGB	: Red Green Blue
GEP	: Genetik programlama

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte plastik malzeme kullanımının hayatımızdaki yeri hızla artmaktadır. Uçak, ilaç, gıda sektöründe olduğu gibi otomobil imalatında da plastik malzeme kullanımı zamanla artmaktadır. Otomobil imalatında kullanılan malzemelerin büyük bir çoğunluğu metallerden oluşmasına rağmen, metaller yerini plastik malzemelere bırakmaya başlamıştır (KOYUN, 2005). Plastik parça üretiminde en çok kullanılan yöntemlerden biri plastik enjeksiyon kalıpcılığıdır. Enjeksiyon kalıplamanın birçok avantajı bulunmaktadır, en karmaşık parçalar bile kontrollü bir kalıplama zamanı ile ek bir işleme gerek kalmadan üretilmektedir. Dolum, ütüleme ve soğuma enjeksiyon kalıplamanın üç safhasıdır. Hatasız ürünün üretilmesi parça ve kalıp tasarımı, doğru malzeme seçimi ve uygun enjeksiyon parametrelerine bağlıdır (ASLAN, 2011).

Geçmiş dönemlerde plastik enjeksiyon kalıplama ile yapılan çalışmalarda, Özçelik ve Erzurumlu (2005) çalışmalarında farklı feder kesitlerine sahip plastik parçaların proses değerlerini, çöküntü ve çarpılmanın minimize edilmesini incelemiştir. Enjeksiyon parametrelerinin, feder kesit tipleri ve feder açısının çöküntü ve çarpılmaya etki ettiğini tespit etmişlerdir. Gu ve Li (2001) araştırmalarında enjeksiyon kalıpcılığında çarpılmaya sebep olan termal gerilme ve uygunsuz proses şartlarını nümerik analiz ve sonlu elemanlar yöntemleri kullanarak soğuma esnasında ortaya çıkan termal ve artık gerilmeleri kıyaslamıştır. Çarpılmaya etki eden ilk parametre dengesiz sıcaklık dağılımı ikinci ise ütüleme basıncının gereğinden az olması tespit edilmiştir.

Young (2005) araştırmasında enjeksiyon kalıplarında üretilen lenslerde artık gerilme ve çekme etkilerini inceleyerek, enjeksiyon kalıpcılığında parçalarda artık gerilme davranışını ergiyik sıcaklığı, kalıp sıcaklığı, enjeksiyon basıncı ve enjeksiyon zamanı gibi farklı proses şartlarının etkilediği görülmüştür. Lenslerde çekmeyi etkileyen en önemli parametreler kalıp sıcaklığı ve enjeksiyon basıncı olarak tespit edilmiştir.

Chiang (2006) makalesinde ABS/PC(Blend) karışımı termoplastik hammadde kullanarak enjeksiyon yöntemiyle üretilen ince kabuklu parçaların proses şartlarını daha hızlı ve verimli hale getirmek için çalışmalar yapmış, enjeksiyonla üretilen bir cep telefonu parçası üzerinde enjeksiyon parametreleri optimize edilmiş, değişim analizi

(ANOVA) kullanılarak makine parametrelerinin enjeksiyon kalıp proseslerine cevap etkisi bulunmuştur.

Chen, Lam ve Li (2000) çalışmalarında soğuma zamanının enjeksiyon yöntemi ile üretilen parçaların kalitesine etkisini incelemiş, soğuma zamanında parça üzerindeki gerilmeler değerlendirilmiştir. Ferreira ve Mateus (2002) araştırmalarında soğutma sisteminin parça kalitesine etkisini incelemiş, birleşme izi ve çöküntüyü asgari düzeye indirmek için PP ve ABS özellikli termoplastikler kullanarak hızlı prototipleme ile düşük maliyetli kalıplar yapıldığını ve bu kalıplar üzerinde yapılan denemelerin olumlu sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

Can (2008) yapmış olduğu çalışmada ABS ve PP termoplastik hammadde kullanarak plastik parça tasarlamış ve bir CAE programında proses yeterliliklerini tahmin edip üretilecek olan parça yüzeyinde oluşan hataları düşünerek analiz yapmıştır ve uygun giriş noktası, soğuma zamanı, yüzey kalitesi, çıkma açısı analizi ve statik analiz için çözüm bulmuştur.

Bitirgiç (2010) Polipropilen termoplastik malzemeye katılan abs ve cam elyaf karışımı ile üretilen parçaların mekanik özellikleri incelenmiş , PP ana malzemesi cam elyaf, ABS ve cam elyaf + ABS ile bileşikler elde edildiğinde, mekanik dayanım açısından en iyi iyileşmeyi %70 PP + %30 cam elyaf oranı sağlamıştır. PP/ABS bileşik malzemesi bir miktar dayanım arttırmakta ve daha az çapak oluşturmaktadır.

Topal (2010) Plastik enjeksiyon kalıplama metodu ile üretilen plastik parçalarda kaynak yeri hatalarının mukavemet özelliklerine etkisini incelemiş ve kaynak hattı oluşan bölgenin mukavemetinde bir azalma tespit etmiş. Kaynak hattı bölgesinin geometrisinde yapılan değişikliklerle farklı açılarla oluşturulmuş ve her farklı açı için farklı enjeksiyon parametreleri denenerek mukavemetteki değişimi incelemiştir.

Türk (2010) çalışmasında; kalıp parametrelerinin akış uzunluğuna etkisini incelemiştir. Kalıp boşluğunun yüzey pürüzlüğü, yolluk profilleri ve kalıp sıcaklığının akış uzunluğuna etkisini araştırmıştır. Sekiz gözlü tasarlamış olduğu kalıbın çekirdek gözlerini 0.047 - 0.481 μm arasında pürüzlük değerleri ile zımparalamış ve farklı kesitte tasarlanan yolluk profillerin akış uzunluğuna etkisini incelemiş. En büyük akış uzunluğunun sırası ile yarım yuvarlak, açılı profil, trapez ve dikdörtgende elde edilmiştir. Kalıp sıcaklığının akış uzunluğuna çok etki etmediğini ayrıca kalıptan çıkan ürünün yüzey pürüzlüğünün ütüleme basıncı arttıkça azaldığını tespit etmiştir.

Dursun (2010) Plastik enjeksiyon kalıpcılığı ile üretilen parçaların mekanik ve boyutsal özelliklerine kalıp içi ve ergiyik sıcaklığının etkisini incelemiştir. Deneylerinde PP, ABS ve PC olmak üzere üç farklı termoplastik hammadde kullanmış; PC ürünler için yüksek kalıp sıcaklığı ile çalışmanın kalıp içi sıcaklık değişimlerinin daha düşük değerlerde bulunması nedeniyle nihai ürün kalitesini yükselteceği sonucuna varmış, ABS ürünlerde 50°C ve üzeri kalıp sıcaklıklarından sonra sıcaklık değişim yüzdelерinin azaldığı gözlemlenmiştir. Ürün kalitesi ve prosesin sürekliliği için yüksek kalıp sıcaklıklarda çalışmak ABS hammadde için de uygundur. PP hammadde için darbeye en dayanıklı durum ocak sıcaklığının 220°C ve kalıbın 45°C olduğu değerlerde elde edilmiştir.

Erdem (2007) Plastik enjeksiyon işlemi sonrasında üründe karşılaşılan çarpılma problemini incelemiştir. Tasarlamış olduğu plastik enjeksiyon kalıbı ile deney numuneleri elde etmiş ve çarpılmaları incelemiştir. Ölçülen çarpılma miktarlarının analizinde Taguchi metodu ve varyans analizi yöntemlerinden yararlanılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları kullanılarak deney parametreleri optimize edilmiş ve çarpılma değerleri uygun seviyeye indirilmiştir.

Özçelik ve Erzurumlu (2006) araştırmalarında, karışıklık analizi, yapay sinir ağları ve genetik algoritma kullanılarak plastik enjeksiyon kalıpcılığında çarpılmanın optimize edilmesi araştırılmıştır. Bilindiği üzere plastik enjeksiyon kalıplaması plastik hazırlığı, enjeksiyon, ütüleme, soğutma, parçanın çıkarılması ve işlem sürecinde kontrol uygulamalarını kapsamaktadır.

Akyürek (2009) çalışmasında, plastik enjeksiyon kalıpcılığında yeni ürün devreye alma sürecinin kısaltılabilmesi için yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak hatalı ürün tespiti ve Uzman Sistem (US) kullanılarak parçadaki hatanın önlenmesi üzerine odaklanmıştır. Oluşturulan programlar farklı makinelerdeki hatalı ürünleri tespit edebilmek ve problemlere çözüm bulabilmek için esnek olarak geliştirilmiştir.

En önemli enjeksiyon hatalarından biride çapaklanmadır. Çapaklanmaya etki eden parametrelerin itinalı incelenmesi için çapak miktarının hassas ölçülmesi gerekmektedir. Literatürde çapaklanma miktarının görüntü işleme yöntemleri kullanılarak tespitini içeren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, PA6-GF30 termoplastik polimer malzeme kullanılarak plastik enjeksiyon makinasında değişik enjeksiyon parametreleri ile plastik kapaklar üretilmiş ve özel tasarlanmış görüntü alma düzeneği ile görüntüleri alınıp Matlab programı kullanılarak yüzeylerinde bulunan çapak miktarları ölçülmüş.

Çapaklanmayı etkileyen parametreler incelenerek en iyi enjeksiyon parametreleri tespit edilmiştir.

2. FİLTRE VE FİLTRASYONUN ÖNEMİ

Değişken; ısı, basınç, akışkan ve diğer sistem özelliklerine uyumlu şartlarda; Motor, sistem, çevre ve insanı, akışkandaki mikronik partiküllerden yüksek verim ve ömürde koruyan, akışkanlarda bulunabilecek farklı yapıdaki maddeleri (mikronik partiküller dahil); temizleme ve ayrıştırma işlemini yapan elemana filtre(süzgeç) denir.

2.1. Filtre Çeşitleri

Uygulamadaki sistemler ve akışkanlar incelendiğinde içten yanmalı motor sistemlerinde yakıt, yağ ve hava filtreleri, şanzıman ve dişli sistemlerinde yağ filtreleri, klima ve kabin sistemlerinde hava filtreleri, radyatörlerde su filtreleri, direksiyon ve fren sistemlerinde hidrolik ve yağ filtreleri, egzoz sistemlerinde partikül filtreleri kullanılmaktadır. Filtrasyon sistemlerinde hava(Atmosfer), yağ(madeni, hidrolik, sentetik), yakıt(benzin, motorin, Lpg, doğalgaz vb.) yanı sıra su, petrol menşeli sıvı gazlar, kimyasallar süzulebilmektedir.(Anonim, 2000) Aşağıda otomotiv sektöründe kullanılan filtre çeşitleri kısaca izah edilecektir.

2.1.1 Yağ filtreleri

Yağ filtreleri kullanıldığı sistemdeki tozu, aşınmış metal parçacıklarını, kurum vb. tortuları sisteme zarar vermemesi için süzen elemanlardır. Sistemde kullanılan yağın özelliklerini kaybetmemesi için ve sistemde bulunan motor vb. teçhizatın performansını sürekli üst noktalarda tutabilmek için yabancı partikül barındırmayan temiz yağın sistemde dolaşması gerekir.

2.1.2 Hava filtreleri

Kullanıldığı sisteme emilen havanın toz, polen ve nemden arındırılmasını sağlayan filtrelerdir. Sistemdeki elektronik parçalara veya kullanım yerine göre motora su damlacıkları veya küçük katı partiküllerin zarar vermesini engeller.

2.1.3 Kabin filtreleri

Çevremizde birçok yerde kullanılan kabin filtreleri özellikle taşıtların kabin bölümünde yolcuların soluduğu havayı süzen filtrelerdir. Havada bulunan toz, polen, kurum ve zararlı gazları süzer ve istenmeyen partikülleri %100 oranında temizler.

2.1.4 Hava kurutucu filtreleri

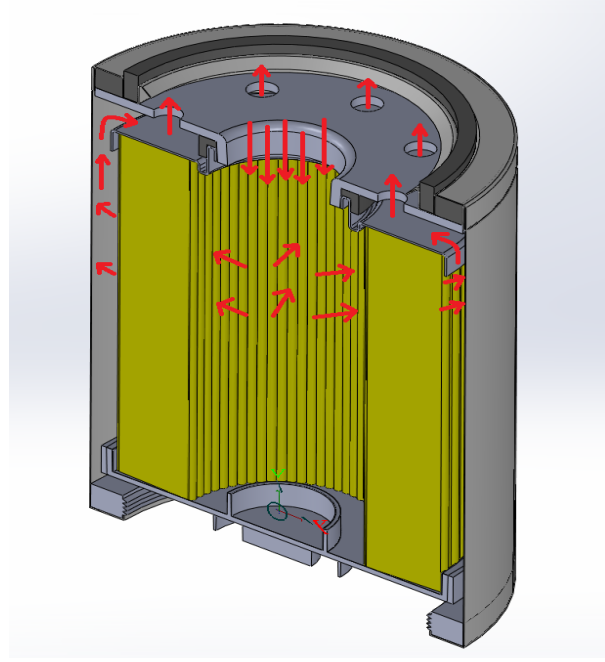
Ağır vasıtaların fren sistemlerindeki sıkıştırılmış havayı nemden arındırmak için kullanılır. Model olarak yağ filtrelerine benzerler süzücü eleman olarak içerisinde nem tutucu granüller içeren plastik kovanlar bulunur ve çalışma prensibi olarak yağ filtrelerinin çalışma mantığı ile çalışırlar. Nemli hava filtreye girer granüller içinden süzülerek nem emilir ve kuru hava sisteme verilir.

2.1.5 Su filtreleri

Soğutma suyu devresindeki tortuları arındırır ayrıca sistemi korozyondan korurlar. Su filtrelerinin kullanıldığı sistemlerde akışkandan dolayı sisteme giren veya suyun sahip olduğu ısınma soğuma kaynaklı tortu, kireç, pas vb. partiküllerin sisteme zarar vermesini engellemek amaçlı kullanılırlar.

2.1.6 Yakıt filtreleri

Motorların sağlıklı bir şekilde çalışmasını sağlayan ve yakıt sistemlerini koruyan özellikle enjeksiyonlu ve karbüratörlü sistemlerin korunmasına yardımcı olup yakıtta bulunan kir, partikül ve suyu sisteme gitmeden süzen elemanlardır. Şekil 2.1.'de yakıt filtresinin kesiti görülmektedir.



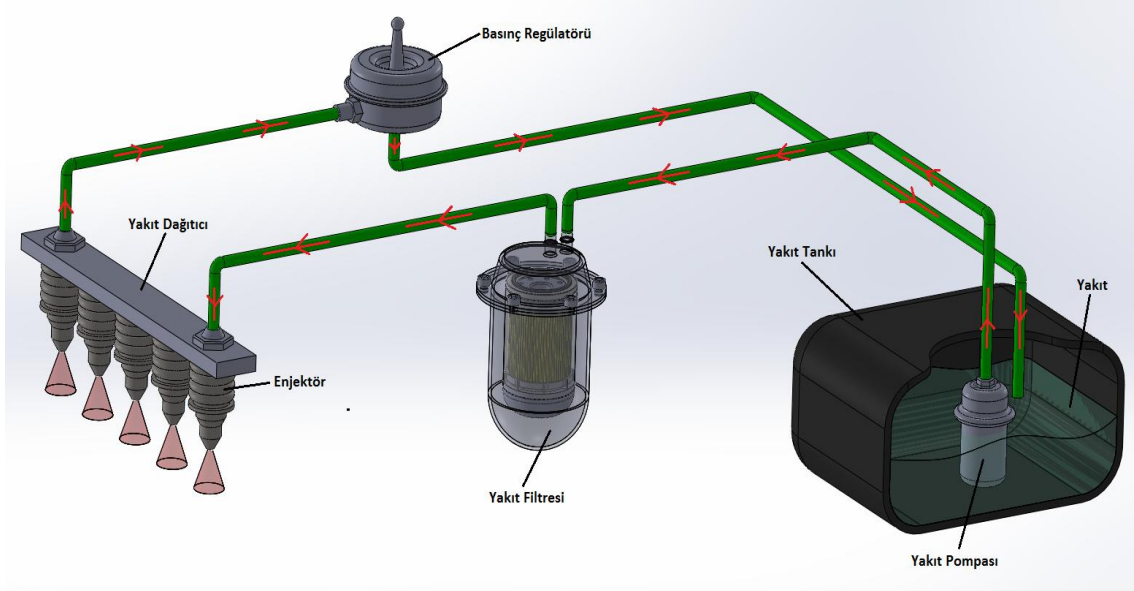
Şekil 2.1 Yakıt Filtresinin Kesit Görünüşü

2.2. Yakıt Filtrelerinin Kullanıldığı Sistemler

Var olan karbüratörlü ve enjeksiyonlu sistemlerle çalışan araçlarda yakıt filtresi kullanılması gerekmektedir. Taşıtlarda hava ve yakıt karışımını ayarlayan karbüratörlü sistemler genel olarak; yakıt deposu, yakıt filtresi, yakıt pompası ve karbüratörden oluşmaktadır. Karbüratörlü sistemler yakıt ile havanın karışımının motorun çalışma şartlarına ve farklı koşullara göre çok iyi ayarlanamamasından dolayı yerini enjeksiyonlu sistemlere kaptırmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte yakıt hava karışımının daha iyi ayarlanması yanma odasında sıkıştırılmış havanın üzerine yakıtın çok küçük partiküller halinde püskürtülmesi ile elde edilen verim, düşük yakıt tüketimi enjeksiyonlu sistemleri cazip hale getirmiştir. Karbüratörlü araç üretimi 2000 yılında sona ermiştir. Yakıtı benzin olan bu sistemler ilave parçalarla aynı zamanda yakıt olarak sıvı LPG de kullanabilmektedir.

Enjeksiyonlu sistemler karbüratörlü sistemlere göre bazı farklılıklar içermektedir bunlar yakıt deposu ve yakıt deposunun içerisinde bulunan elektrikli yakıt pompası, enjektör gövdesi bünyesinde bulunan enjektör ve yakıt basınç regülatörüdür. (Şekil 2.2.). Enjeksiyonlu sistemlerin çalışma prensibi incelendiğinde; elektronik bir kontrol ünitesi tarafından aracın devrine veya yüküne göre, algılayıcı sistemlerden gelen sinyaller doğrultusunda kontrol edilir. Enjektörler sahip oldukları nozuller ile yakıtı çok

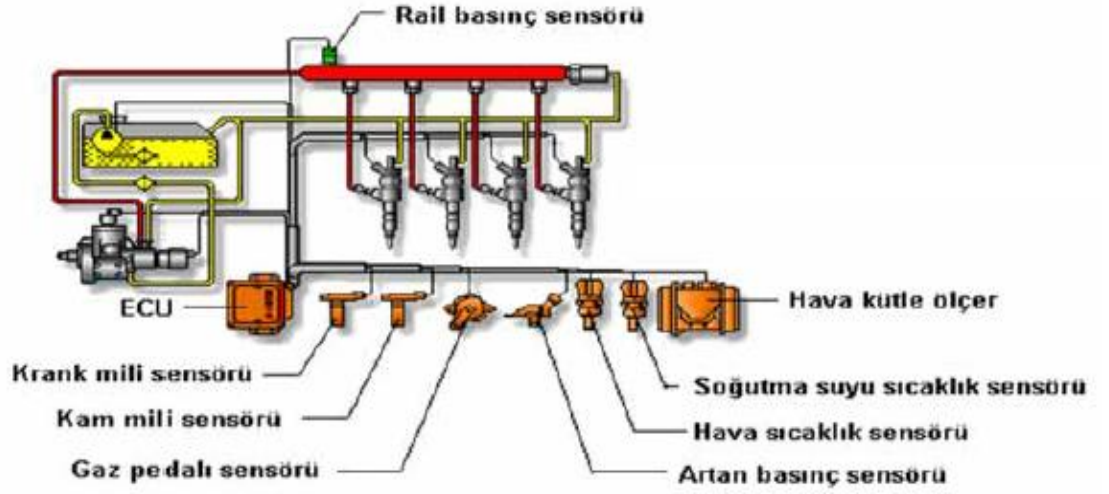
küçük damlacıklar halinde atomize ederek yanma odasına püskürtür ve yüksek verim elde edilir. Böyle bir sistemde yakıtı süzmeye yarayan yakıt filtresinden de beklenen performans artmaktadır.



Şekil 2.2 Yakıt Sisteminin Şematik Gösterimi

Tüketici beklentilerinin artması, özellikle dizel yakıt sistemlerinin de gelişimini tetiklemiştir. Şekil 2.3 de görünen Common rail, yüksek enjeksiyon basıncı ve kararlılığı yüksek kontrol mekanizması ile göz doldurmuştur. Dizel yakıtlı sistemlerin elektronik aksamlarında kullanılan solenoid valflerindeki iyileştirmeler, enjeksiyon zamanlamasının daha hassas olmasını sağlamış ve buna bağlı olarak yanma verimi artmıştır. Common rail sisteminin doğuşu solenoid enjektör teknolojisinin gelişimi ile gerçekleşmiştir. İlk Common rail teknolojisi, FIAT tarafından geliştirilmiş ve daha sonra diğer markalar bu teknolojiyi uygulamıştır. Elde edilen sonuçlar ise; motor gücünün (torkun) artması, yakıt tüketiminin azalması, kirliliğe sebep olan egsoz gazı emisyonlarının azalması, motordan gelen toplam sesin azalması ve aracın sürüş konforunun iyileştirilmesi olarak sıralayabiliriz.

Motorların yakıt sistemlerindeki enjeksiyon ve gelişmiş enjeksiyon sistemlerinde, eskiye oranla basınç artmış ve yakıtın silindire ulaştığı enjektör delik çapları daralarak mikron düzeylere gelmiştir. Dolayısıyla, yakıt filtrelerinden beklentilerde artmıştır.



Şekil 2.3 Common rail sisteminin şematik gösterimi

2.3. Yakıt Filtrelerinin Tıkanma Problemi

Yakıt kirliliği hayatın bir gerçeğidir. Yakıttaki kirlenme olayının ortadan kaldırılması ve ekipmanlarda oluşabilecek zararın önlenmesi nihai kullanıcının sorumluluğundadır. Bu sorumluluk dahilinde yakıt filtrelerinin periyodik olarak değiştirilmesi, kalitesi yüksek ve iyi firmalara ait yakıt seçimi, yakıt ısıtıcısı kullanımı ve gerekiyor ise yakıt katkı maddeleri kullanımı yer almaktadır. Bir yakıt filtresi, yakıt içerisindeki istenmeyen partiküllerin yakalanması işlevini yerine getirir. Bu istenmeyen partiküller yakıt hattı, pompa veya enjektörler üzerinde ciddi maddi hasarlar oluşturabilir. Yakıt içerisinde kirlenmenin farklı nedenleri olabilir bunların çoğu dış kaynaklıdır yani yakıtın satın alındığı pompa tankından gelen taneciklerin oluşturduğu kirlenme ilk sırada sayılabilir.

2.3.1. Yakıt içerisinde yer alan bazı ortak maddeler ve bunların etkileri

2.3.1.1. Su

Yakıt içerisinde en fazla rastlanan içeriktir, suyun yakıt içerisine karışması farklı şekillerde olabilir. Uygun olmayan depolama şartlarında veya soğuk metal yakıt tankları içerisine doldurulan ılık yakıtın depo içerisinde oluşturduğu nem ve buhar yakıtta su

karışmasının önde gelen nedenlerindendir. Suyun dizel yakıt üzerine etkisi tehlikeli sonuçlar doğurabilir, enjektörlerin düzensiz çalışması, yakıtın enjektör memeleri üzerinde yağlama görevini yapamaması suyun yakıt ve sistem üzerindeki olumsuz etkilerindendir.

Akaryakıt istasyonlarının depolarının buharlaşmaya fırsat vermeyecek şekilde korunuyor olması ve mümkün ise yakıtın tank içerisine yukarıdan boşaltılarak konulması(su yakıttan ağır olduğu ve tank dibine çökeceği unutulmamalıdır) önemlidir. Yakıt tankları içerisindeki suyun ayrışımı için su ayırıcı filtreleme işlemi de uygulanabilir.

2.3.1.2. Mantar ve bakteriler

Bu mikroorganizmalar su içerisinde yaşar ve yakıt içerisindeki hidrokarbon ile beslenirler, hareketli ve toplu haldeki bu mikroorganizmalar yakıt sistemi içerisinde yayılarak filtre süzücü eleman yüzeyini tıkarlar dolayısıyla filtre servis ömrünü de kısaltmış olurlar. Çoğunlukla siyah, yeşil yada kahverengi olan bu bakterilerin farklı renkte olanlarına da rastlamak mümkündür bunlar yakıt sistemine girdiklerinde mikrobik aktiviteleri azalır ama yok olmaz bu sebepten dolayı sistem özel maddelerle temizlenmelidir.

2.3.1.3. Yakıt katkıları

Bir enerji kaynağı olarak düşünüldüğünde yakıtın soğuk havalarda kontrolü önem arz eder. Soğuk havalarda yakıt, içerisindeki parafin yığılması sonucu kristalleşecektir. Yakıtın katılaşma noktası altındaki sıcaklıklar katkı maddesinin çökmesine ve yakıt filtresinin tıkanmasına neden olacaktır.

2.3.1.4. Asfalt bileşenleri

Genellikle çözünemeyen bu asfalt bileşenleri tüm dizel yakıtlarda bulunur. Siyah renkteki bu asfalt bileşenleri kolay kırılır uzun moleküller halindedir, bu bileşenlerin etkili olduğu yakıt, filtre içerisinden geçerken filtre ömrünü de kısaltacaktır.

2.3.1.5. Tortu ve diğ er katı maddeler

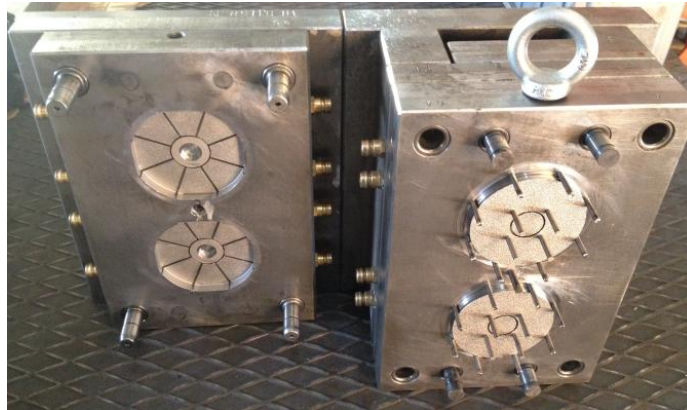
Yakıt tankları içerisinde yer alır ve problemlere yol açarlar, tortular genellikle özel tasarlanmış filtreler ile filtreleme yoluyla yakıt içerisinden elimine edilirler ve yakıt sistemlerine zarar vermeleri önlenir. Filtre tıkanmasına sebep olan maddeler arasında filtrenin montajı sırasında veya sahip olduğu parçaların üzerinde bulunan ve kopup sisteme zarar veren bileşenlerden kaynaklanan katı maddeler de yer alır. Filtre yapımında kesinlikle dikkat edilmesi gerekmektedir. Bileřenler sağlam ve tek parça halinde olmalıdır üzerlerinde  apak, kıl, kir, toz, pas vb. maddeler kesinlikle bulunmamalıdır.

3. PLASTİK ENJEKSİYON KALIPÇILIĞI

Plastik enjeksiyon, sıcaklık yardımı ile eritilmiş plastik hammaddenin bir kalıp içine enjekte edilerek şekillendirilmesi ve soğutularak kalıptan çıkarılmasını içeren bir imalat yöntemidir. Bu metot ile en küçük parçalardan, bahçe mobilyalarına kadar çok çeşitli ebat ve kategorilerde plastik parçalar imal edilebilir. En yaygın imalat yöntemlerinden biridir. İşlemin gerçekleştirildiği makineye plastik enjeksiyon makinesi denir. İlk plastik enjeksiyon makinesi 1930'lu yıllarda yapılmıştır.

Özdeş parçaları istenilen ölçü tamlığı sınırları içerisinde ve en kısa zamanda üreten, malzeme sarfiyatı ve insan gücünün asgari düzeyde tutulmasına yardımcı olan ve takım tezgahları ile çalışabilen aygıta **kalıp**, bu aygıtın tasarımını hazırlayan, yapımını gerçekleştiren ve çalıştırabilen kişiye de **kalıpçı** denir. Seri üretimi gerçekleştirilecek herhangi bir kalıbın tasarımına, yapımına ve çalıştırılmasına olanak sağlayan, uygulamalı eğitim ve öğretim yöntemlerini bir bütün olarak kabul eden meslek dalına ise **kalıpçılık mesleği** denir.

Enjeksiyon kalıbı (Şekil 3.1), erimiş sıcak plastik malzemenin basınçla enjekte edildiği ve burada soğuduğu bir kalıp sistemidir. Enjeksiyon kalıbının görevleri arasında ergimiş plastiğe şekil vermek, kalıplanan sıcak malzemenin rijit ve katı hale gelene kadar soğumasını sağlamak, iyi bir katılaşma meydana geldikten sonra, iki veya daha fazla bölüme ayrılarak, parçayı kalıp dışına itmektir. Parça kalitesi tamamen kalıp tasarımına, üretimine ve kalıpçının işçilik kalitesine bağlıdır. Kalıbın büyüklüğü ve enjeksiyon makinesi kapasitesi arttıkça ortaya çıkan maliyetler de artmaktadır. Bu maliyetler dışında orijinal tasarım fikri, pazar araştırması, parçanın prototipleri, geliştirme, pazarlama gibi konular ikincil maliyetlerdir.



Şekil 3.1 Plastik enjeksiyon kalıbı

4. POLİMERLER VE ÖZELLİKLERİ

Plastikler, genellikle ısı ve basınç uygulanarak, kalıba dökme, haddeleme gibi yöntemlerle biçimlendirilen yapay maddelerdir. Çok çeşitli amaçlarla kullanılabilen plastikler kimyasal olarak, polimer denen zincire benzer çok uzun moleküllerden oluşur. Bu polimerler de monomer denilen çok sayıda küçük molekülün uç uca bağlanmasıyla oluşmuştur. Günümüzdeki plastik sanayisinin temellerini 1907’de Leo Baekeland(1883-1944) atmıştır.

ABD’de çalışan bir Belçikalı olan Baekeland, yapay bir gomalak ya da reçine elde etmeye uğraşıyordu. Sonucunda kimyasal maddeleri birbirine karıştırarak, tümüyle yapay ilk reçine olan fenol-formaldehit’i üretti ve bu maddeye “bakalit” adını verdi. Yepyeni bir yalıtım malzemesi olan fenoplastlar hızla gelişmekte olan elektrik ve radyo sanayisinde bir devrime yol açtı. 1926’da, fenoplastlardan farklı olarak, renklendirilebilme özelliği olan üre-formaldehit, 1935’te melamin-formaldehit üretimine başlandı. Dayanıklı ve dekoratif bir yüzey kaplama gereci olarak kullanılan melamin-formaldehit, formika gibi ticari adlarla tanınır. 1920’lerden uzun polimer zincirlerinden yeni plastik maddeler yapılabileceğini ortaya koyan araştırmalar yapıldı.

1930’larda bilim adamları bugünkü dev plastik sanayisinin temelini oluşturan üç madde ürettirler. Bu maddeler polietilen, polivinil klorür ve polistiren’di. Kimyacılar hem polivinil klorürü hem de polistireni 19. Yüzyılda laboratuvar deneyleri sırasında keşfetmişlerdi; ama bunların nasıl kullanılacağını bilmiyorlardı. 1933’te İngiltere’de yapılan araştırmalarda keşfedilen polietilen ise en basit ve kolay anlaşılır polimer zincir yapısına sahiptir. Bu üç plastik ısıyumuşar (termoplastik) plastiklerdir. Bu plastikler ısıtılınca erimeden yumuşar, kolayca biçimlendirilebilir ve soğutuldukları zaman biçimlerini koruyarak sertleşir. Isıyumuşar plastikler bu özellikleriyle öbür temel plastik grubu olan ısılsertleşir (termoset) plastiklerden ayrılır. Isılsertleşir plastiklere ısı ve basınç uygulandığı zaman kimyasal bir tepkime gerçekleşir; yan yana olan polimer zincirleri birbirlerine çapraz biçimde bağlanarak, yeniden biçimlendirilmesi olanaksız, katı bir ağ oluşturur. Fenoplastlar, aminoplastlar ve başka birçok plastik bu türdendir. Ama ısıl yumuşar plastiklerin kullanım alanları çok daha geniştir. En önemli üç ısıl yumuşar plastik olan polietilen, polivinil klorür(pvc) ve polistiren günümüzde çok büyük miktarlarda üretilir ve toplam plastik üretiminin büyük bölümünü oluşturur. Böylesine çok üretilen başka tek plastik türü 1954’te İtalyada keşfedilen ve kimyasal

yapısı polietilene yakın olan polipropilen'dir. Özel amaçlar için kullanılan ve küçük miktarlarda üretilen birçok başka plastik türünde vardır.(Temel britannica Anonim,1993)

4.1. ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene)

Abs malzemenin genel özellikleri (Çizelge 4.1) incelendiğinde geniş termal/Mekanik özellik aralığı, darbe mukavemeti, yüzey görünümü(parlaklık), alev geciktiricilik özelliği, boyutların kararlılığı, işlenebilirlik ve parlak renkler ile diğer termoplastik malzemelerden ayrılmaktadır. Abs malzemenin çeşitleri ise alev almayan, cam elyaf takviyeli, mat, yarı mat, süper mat, süper parlak, yüksek ısı mukavemetine dayanıklı (high heat), kalıcı anistatikli, kaplamalık, antibakteriyel, boyanabilirlik, renkli ve naturel.

Çizelge 4.1 ABS teknik özellikleri

Yoğunluk,gr/cm ³	1.04-1.07
Kalıp çekmesi,%	0.40-0.70
Kurutma süresi,saat	2-4
Kurutma sıcaklığı,°C	75-85
Proses sıcaklığı,°C	200-250
Kalıp sıcaklığı,°C	60-80

4.2. SAN(Stiren Akrilonitril)

San malzemesinin genel özelliklerinden (Çizelge 4.2) yüksek kimyasal dayanımın yanı sıra şeffaflık, optik özellikler, yüzey görünümü (parlaklık), boyutsal kararlılığı ve işlenebilirlik ile farklılık sağlamakta su şeffaf tipi ve yüksek darbe dayanımına dayanıklı cam elyaflı tipleri mevcuttur.

Çizelge 4.2 SAN teknik özellikleri

Yoğunluk,gr/cm ³	1.07
Kalıp çekmesi,%	0.20-0.70
Kurutma süresi,saat	2-4
Kurutma sıcaklığı,°C	70-80
Proses sıcaklığı,°C	200-250
Kalıp sıcaklığı,°C	40-60

4.3. ASA(Acrylonitrile Styrene Acrylate)

Asa termoplastik malzemenin diğer polimerlerden en büyük farkı (Çizelge 4.3) mükemmel UV özelliğinin olmasıdır, yüzey görünümü parlaktır ve boyutsal kararlılığı yüksektir abs malzeme ile aynı kalıp çekmesine sahip olup işlenilebilirlik konusunda iyidir. Ekstrüzyon için kullanılan tipleri, pc/asa beldi, high heat ve mat tipleri piyasa kullanılmaktadır.

Çizelge 4.3 ASA teknik özellikler

Yoğunluk,gr/cm ³	1.06-1.08
Kalıp çekmesi,%	0.40-0.70
Kurutma süresi,saat	2-4
Kurutma sıcaklığı,°C	80-100
Proses sıcaklığı,°C	200-230
Kalıp sıcaklığı,°C	40-80

4.4. PC(Polycarbonate-Polikarbonat)

Geniş termal / mekanik özellik aralığına sahip pc termoplastik malzeme yüksek darbe mukavemeti ve boyutların kararlılığı yanında gıda tüzüğüne uygunluğu nedeniyle geniş kullanım alanı bulmaktadır (Çizelge 4.4). Yüzey görünümü çok iyidir ve farklı parlak renklere sahip çeşitleri vardır. Ekstrüzyonluk, enjeksiyonluk, transparan ve renkli tiplerinin yanı sıra cam elyafı, FR alev almayan tipleri bulunmaktadır.

Çizelge 4.4 PC teknik özellikler

Yoğunluk,gr/cm ³	1.20
Kalıp çekmesi,%	0.50-0.70
Kurutma süresi,saat	3-6
Kurutma sıcaklığı,°C	100-120
Proses sıcaklığı,°C	270-300
Kalıp sıcaklığı,°C	80-100

4.5. PC/ABS (Asyblend)(Polycarbonate -Acrylonitrile Butadiene Styrene)

Abs malzemedenden daha yüksek termal ve mekanik özelliğe sahiptir (Çizelge 4.5). İşlenilebilirliği iyidir, darbe mukavemeti ve boyut kararlılığı yüksektir. Parlak yüzey

görünümü yanı sıra gıda tüzüğüne uygundur. Pc/abs tipleri her renkte bulunabilir alev almayan tipleri vardır. Cam elyaf takviyeli çeşitleri bulunmaktadır.

Çizelge 4.5 PC/ABS teknik özellikleri

Yoğunluk,gr/cm ³	1.10-1.16
Kalıp çekmesi,%	0.50-0.70
Kurutma süresi,saat	2-4
Kurutma sıcaklığı,°C	90-110
Proses sıcaklığı,°C	260-290
Kalıp sıcaklığı,°C	60-90

4.6. PPO(Polyphenylene oxide)

Yüksek hidroliz dayanımına sahip PPO termoplastik malzeme termal / mekanik özellik aralığı ve düşük kalıp çekmesi yanı sıra boyut kararlılığı ile genel amaçlı kullanım alanı buluyor cam elyafı ve alev almayan tipleri vardır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 PPO teknik özellikleri

Yoğunluk,gr/cm ³	1.06-1.10
Kalıp çekmesi,%	0.20-0.40
Kurutma süresi,saat	2-4
Kurutma sıcaklığı,°C	80-100
Proses sıcaklığı,°C	260-300
Kalıp sıcaklığı,°C	60-100

4.7. EVA(Etilen-Vinil asetat)

Yüksek darbe ve delinmeye karşı mukavemeti yüksek olan EVA yüksek üretim hızı ve ürün performansının yanında esneklik ile kullanım alanı buluyor. Enjeksiyon ekstrüzyon ve şişirme imalat yöntemlerinde kullanılmaktadır(Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 EVA teknik özellikler

Yoğunluk,gr/cm ³	0.97
Kalıp çekmesi,%	-
Kurutma süresi,saat	6-8
Kurutma sıcaklığı,°C	50-60
Proses sıcaklığı,°C	190-230
Kalıp sıcaklığı,°C	20-40

4.8. PBT(Polybutylene terephthalate)

Elektrik yalıtımının ve kimyasal mukavemetinin yüksek olmasının yanında uzun süreli sıcaklık mukavemeti geniş kullanım alanı sunmaktadır. PBT'nin boyutsal kararlılığı, yüzey parlaklığı iyidir ve düşük sürtünme katsayısına sahiptir(Çizelge 4.8). Genel amaçlı, cam elyafı, FR alev almayan tiplerinin yanı sıra pbt/pc blendi tiplerinde bulunmaktadır.

Çizelge 4.8 PBT teknik özellikleri

Yoğunluk,gr/cm ³	1.31-1.34
Kalıp çekmesi,%	1.50-1.80
Kurutma süresi,saat	2-4
Kurutma sıcaklığı,°C	80-110
Proses sıcaklığı,°C	200-290
Kalıp sıcaklığı,°C	60-120

4.9. PPS(Polyphenylene sulfide)

PPS termoplastik malzeme çok yüksek termal özelliklere(260°C) sahiptir. Sertlik ve boyut kararlılığı iyidir (Çizelge 4.9). Düşük kalıp çekmesine sahiptir şeffaflığı iyidir. Cam elyafı, karbon elyafı, karbon nano tüplü, mineral + cam elyaf tipleri bulunmaktadır.

Çizelge 4.9 PPS teknik özellikler

Yoğunluk,gr/cm ³	1.07
Kalıp çekmesi,%	0.25-1.00
Kurutma süresi,saat	4-6
Kurutma sıcaklığı,°C	140-160
Proses sıcaklığı,°C	300-340
Kalıp sıcaklığı,°C	130-150

4.10. PS(Polystyrene)

Vakum şekillendirme ve düşük yoğunluk en büyük özelliklerindendir. Rahat proses edilmenin yanında fiyat performans oranı ve ısısal(termal) özelliklere sahiptir. Ebatsal kararlılığı iyidir, alev almaz. Kristal, anti şok, alev almayan çeşitlerinin yanında cam elyafı tipleri de bulunmaktadır (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 PS teknik özellikleri

Yoğunluk,gr/cm ³	1.05
Kalıp çekmesi,%	0.40-0.60
Kurutma süresi,saat	1-3
Kurutma sıcaklığı,°C	70-80
Proses sıcaklığı,°C	180-230
Kalıp sıcaklığı,°C	20-70

4.11. Poliamid 66

Çok geniş kullanım alanı olan poliamid 66; Sertlik, yorgunluğa karşı mukavemet, sünme mukavemeti, alev geciktiricilik, yüksek ısısal dayanım, kimyasal mukavemet, aşınma mukavemeti, düşük sürtünme katsayısı, gıda tüzüğüne uygunluk ve dış koşullara dayanıklılık gibi özelliklere sahiptir. İstenilen renkte bulunabilmektedir (Çizelge 4.11). Naturel, siyah, beyaz, cam elyafı, alev almaz tipleri vardır.

Çizelge 4.11 Poliamid 66 teknik özellikler

Yoğunluk,gr/cm ³	1.13
Kalıp çekmesi,%	1.10-1.60
Kurutma süresi,saat	2-4
Kurutma sıcaklığı,°C	80-100
Proses sıcaklığı,°C	270-300
Kalıp sıcaklığı,°C	60-90

4.12. POM(Poliasetal, polyacetals)

Geniş kullanım sıcaklığına(-50/+100°C) sahiptir, yorgunluğa karşı mukavemeti iyi olup yayılma özelliği vardır (Çizelge 4.12). Kimyasal mukavemeti iyidir, düşük sürtünme katsayısı ve aşınma mukavemeti vardır. Gıda tüzüğüne uygunluğundan dolayı gıda sektöründe kullanılmaktadır. Standart 9-11MFI, kauçuklu cam elyafı tipleri vardır.

Çizelge 4.12 Pom teknik özellikleri

Yoğunluk,gr/cm ³	1.41
Kalıp çekmesi,%	1.80-2.00
Kurutma süresi,saat	1-2
Kurutma sıcaklığı,°C	90-100
Proses sıcaklığı,°C	190-230
Kalıp sıcaklığı,°C	60-100

4.13. Poliamid 6

Plastik enjeksiyon kalıpcılığında en çok kullanılan termoplastik hammaddelerden biri olan poliamid; tokluk, cam elyafı tiplerde sertlik, yorgunluğa karşı mukavemet, sünme mukavemeti, alev geciktiricilik, kimyasal mukavemet, aşınma mukavemeti, düşük sürtünme katsayısı, geniş renk seçeneği gibi özelliklere sahiptir. Naturel, siyah, beyaz, cam elyafı, alev gecikmeli tipleri vardır (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13 Poliamid 6 teknik özellikleri

Yoğunluk,gr/cm ³	1.13
Kalıp çekmesi,%	0.80-1.18
Kurutma süresi,saat	4-6
Kurutma sıcaklığı,°C	80-90
Proses sıcaklığı,°C	220-270
Kalıp sıcaklığı,°C	40-80

4.14. PP(Polypropylene)

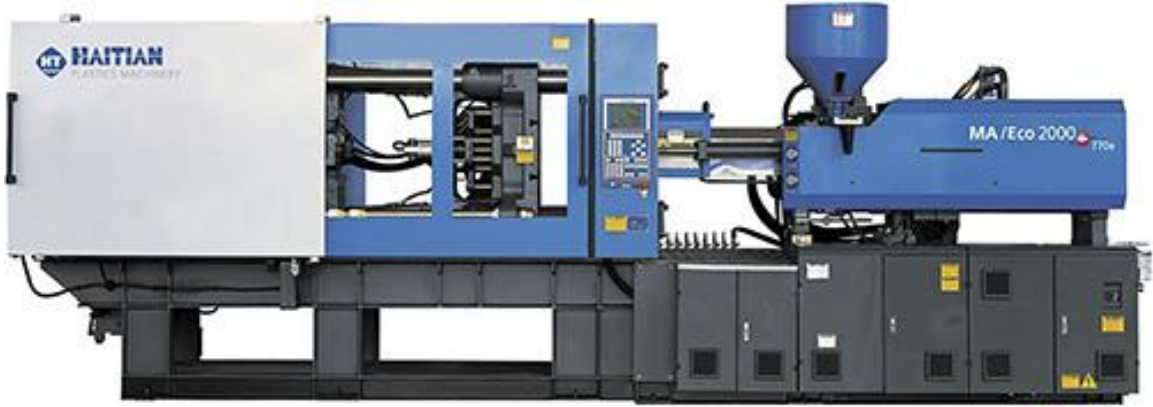
Otomotiv sektörü başta olmak üzere bir çok sektörün gözde termoplastiğidir. Cam elyaf ve mineral dolgu ile sahip olduğu mekanik özellikler, elektriksel ve kimyasal mukavemet alev geciktiricilik, UV satb. ile yüksek UV dayanımı, fiyat performans oranı tercih sebepleridir (Çizelge 4.14). Homopolimer, kopolimer, random tipleri ve cam elyafı, talklı, kalsitli, UV katkı, antistatik katkı ve alev almazlık özellikteki tipleri vardır.

Çizelge 4.14 PP teknik özellikleri

Yoğunluk,gr/cm ³	0.90
Kalıp çekmesi,%	1.90
Kurutma süresi,saat	1-2
Kurutma sıcaklığı,°C	70-80
Proses sıcaklığı,°C	190-230
Kalıp sıcaklığı,°C	30-70

5. ENJEKSİYON MAKİNELERİ

Termoplastik polimerlerin ergitilerek kalıba enjekte edilmesinde kullanılan makinalara enjeksiyon makinaları denir (Şekil 5.1). Plastik malzemeleri şekillendirmede ‘ekstrüzyon kalıplama, basınçta ısı ile biçimlendirme, şişirme ve enjeksiyon kalıplama gibi’ teknikler kullanılmaktadır. Enjeksiyonla kalıplama aynı zamanda püskürtmeli kalıplama olarak ta anılmaktadır ayrıca plastik sektörünün günden güne gelişmesiyle en önemli imalat yöntemlerinden biri haline gelmiştir. Termoplastik malzemelerin tek bir proses ile istenilen şekil ve ebatlara getirilebilecek şekilde kalıplanabilmesi ve son bir işleme gerek kalmadan üretilebilmesi, bu imalat şeklini seri üretime uygun hale getirmiştir.



Şekil 5.1 Enjeksiyon makinası

Karmaşık şekilli ve büyük hacimli parçaların hızlı bir şekilde uygun maliyette üretimleri enjeksiyon yöntemi ile rahat bir şekilde yapılabilmektedir. Son bir işleme gerek kalmaması, otomasyona uygunluğu, malzeme kaybının az olması, tek bir makine veya kalıp ile birçok termoplastik hammadde ile üretim yapılabilmesi enjeksiyonla kalıplamayı cazip hale getirmektedir. Malzeme sarfiyatı düşüktür, üretim esnasında çıkan fireler veya atıklar daha sonra geri dönüşüm olarak kullanılabilir. Kalıplanan parçaların mekanik özellikleri istenilen düzeyde elde edilebilmektedir. Hassas parçaların üretimi yapılabilmektedir.

Enjeksiyon kalıplama yönteminin avantajlarının yanında bazı dezavantajları da mevcuttur bunlar; Enjeksiyon makinalarının ve yedek parçalarının pahalı olması, kalıp maliyetlerinin yüksek olması, işlem kontrolünün tam olarak sağlanamaması, üretilen

ürünlerin kontrolünün makine tarafından direk olarak yapılamaması ve kalite sürekliliğinin devamlı olmamasıdır.

5.1.Enjeksiyon Makinesi Üniteleri

Genel anlamada enjeksiyon makinaları beş bölümden oluşmaktadır. Bunlar; kontrol ünitesi, mengene ünitesi, tahrik sistemi, kalıp ve kalıp elemanları ve enjeksiyon ünitesidir.

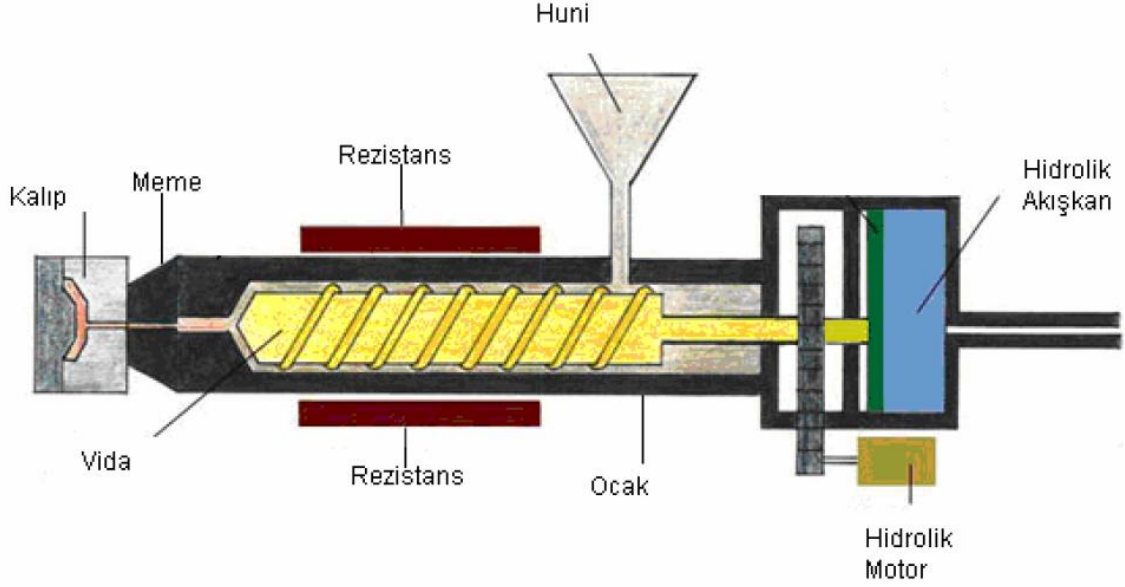
5.1.1 Enjeksiyon Ünitesi

Enjeksiyon ünitesi enjeksiyon makinasının en önemli ve hassas bölümlerinden biridir. Termoplastik hammaddeyi eritme ve kalıba sevk etme işlemi bu üniteye yapılır. Üretilecek olan parçaların homojen olması ve sürekli aynı ayarlarda üretilmesi önemlidir. Enjekte edilecek olan plastiğin viskozitesinin uygun olması gerekmektedir buda enjeksiyon işlemi sırasındaki sıcaklıkla değişmektedir bu sebepten dolayı enjeksiyon grubu sürekli aynı sıcaklıkta baskı yapmalıdır.

İlk kullanılan plastik enjeksiyon makinaları piston tipli makinalardır. Bu tip makinelerde ergitilecek olan plastik kovandan aldığı ısı ile eritiliyordu. Şuan piyasada bulunan neredeyse tüm enjeksiyon makinaları eskide kullanılan piston görevini de üstlenen vidaları içermektedir. Bu makinalarda vida dönmekte ve huniden malı almaktadır. Vidanın dönmesi ile huniden memeye iletilen malzeme kovan(ocak) ve vidanın dönmesinden kaynaklı sürtünme ısısı ile erir. Ergiyik plastik vidanın dönmesi ile meme boşluğuna iletilir. Vida yeterli miktarda ergiyik malzemeyi meme boşluğuna doldurduktan sonra geri hareket yapar ve bu esnada vidanın arkasında geri basınç oluşur ve hidrolik pistonu belirli değerde sabit tutar. Bu şekilde vidanın geri dönme hızı azaltılarak iyi bir homojen karışım elde edilmiş olur. Plastiği ergitme işlemi tamamlandıktan sonra meme boşluğunda ergiyik halde bekleyen mala piston yüksek basınçla ileri doğru hareket eder ve ergiyik malzemeyi memeden kalıp içine enjekte eder.

Enjeksiyon ünitesinin başlıca görevleri: Huniden kovana gelen termoplastik malzemeyi ergitmek; erimiş plastiği kalıba enjekte etmek, kalıba enjekte edilen ergiyik malzemeyi tutma basıncı altında tutarak sağlam ürün elde edilmesini sağlamaktır.

Bir enjeksiyon ünitesinin önemli elemanları (malzeme akış yönüne göre) (Şekil 5.2) : Huni, vida(helezon ya da burğu da denilmektedir), geri dönüşsüz valf (çek valf), ısıtıcı bantlar (rezistans), meme.



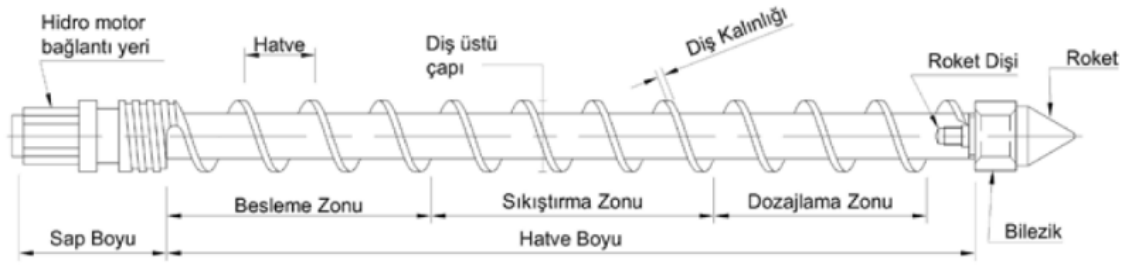
Şekil 5.2 Enjeksiyon ünitesinin elemanları

5.1.1.1 Huni

Enjeksiyon makinalarında ergitilecek olan hammaddenin vidaya iletilmesi için hazırlanmış enjeksiyon ünitesinin bir parçası olan yerdir. Yüksek emiş gücüne sahip bir hortum ile hammadde huni denilen bölüme emilir ve bu bölümden vida ile ergitme bölgesine sevk edilir. Huniden beklenen özelliklerin başında malzemenin kolay doldurulması ve boşaltılması, hammaddenin nemden arındırılması gelir. Huninin içerisine doldurulan plastikler granül halinde problem yaratmaz iken toz halinde olduğunda hunide set oluşturup tıkanma yaratmaktadır. Ayrıca bazı enjeksiyon makinalarının hunilerinde termoplastik hammaddenin nemden arındırılması için gerekli kurutma ve muhafaza yapılmaktadır.

5.1.1.2 Vida

Enjeksiyon vidası hammaddenin huniden alınıp ergitilecek olan bölüme sevk edilmesi, karıştırılması ve kalıba sevk aşamalarında önemli rol oynar. Vidaya burğu ve helezonda denilmektedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Plastik enjeksiyon ünitesindeki vidanın şematik görünümü

5.1.1.3 Geri Dönüşsüz Valf (Çek Valf)

Enjeksiyon vidalarına monte edilen çek valfler vidaların tutma ve enjeksiyon basınçları safhasında bir piston benzeri hareket etmesini sağlar ve bu esnada malzemenin geri akışına engel olur. Bu parçalara geri dönüşsüz valf veya çek valf denir (Şekil 5.4). Ayrıca bu parçalara yüzük, torpil veya yüksük torpil takımı da denilmektedir.



Şekil 5.4 Çekvalf

Bir geri dönüşsüz valf de istenen özellikler şunlardır: Yüksek mukavemet, kısa kapanma süresi, verim, kendini temizleme özelliği. Enjekte edilen malzeme hacminin plastikleştirilen malzeme hacmine oranı geri dönüşsüz valflerin verimliliğidir. Verimlilik oranı %95-%97 arasında değişir ki; bu da valf kapanırken vida kanallarından geri akan malzemenin %3-%5 arasında olduğunu gösterir. Kısa kapanma süresi valflerin en önemli özelliklerinin başında gelir. Geri dönüşsüz bir valfin kapanma zamanı, vidanın enjeksiyon yapmak üzere eksenel harekete başladığı andan itibaren valfin geriye doğru hiç malzeme akışına izin vermeyeceği duruma geldiği ana kadar geçen zamandır. Çek valflerin çabuk aşınmaya uğramalarının sebebi yüksek oranlarda yüklenmeye maruz kalmalarından dolayıdır. Geri dönüşsüz valfler sisteminin esas önemli parçası, plastikasyon esnasında ileri pozisyonda kalarak eriyik malzemenin, meme boşluğuna

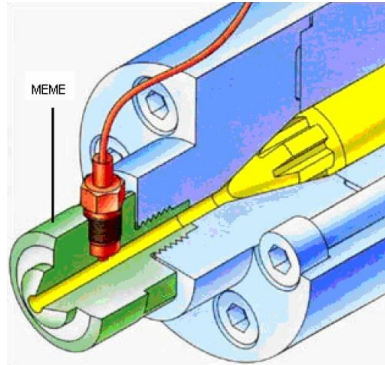
dolmasını sağlayan kayan halka yani yüzüktür. Mal alma işleminde esnasında yüzük ileri pozisyonda olur, enjeksiyon safhasında ise geri konumda kalarak arkasındaki oturma halkasına sıkıca dayanır ve yüksek basınç altındaki malzemenin geriye akışına engel olur.

5.1.1.4 Isıtıcı Bantlar(Rezistans)

Isıtıcı bantlar vidanın huniden alıp memeye sevk ettiği plastik malzemeyi ergitmeye yarayan rezistanslardır. Fiyatlarının uygun olması ayrıca kolay monte edilmeleri kullanımlarını cazip hale getirmektedir. Avantajlarının yanında dezavantajları da bulunan rezistanslar yüksek sıcaklıklara ulaşmakta zaman almaktadır buda seri üretimlerde maliyeti arttırmaktadır.

5.1.1.5 Meme

Plastik enjeksiyon makinasının bir başka aparatı olan meme kovanın uç tarafına monte edilir (Şekil 5.5). Meme enjeksiyon kalıbının yolluk burcuna dayanan ısınan ve yeterli ısıya ulaşan ergiyik malzemenin kalıba girmesini sağlayıp, ergime derecesi düştüğünde kovanın ağızını kapatarak dışarı mal akışını önleyen önemli bir parçadır. Açık ve kapalı model memeler vardır. Kapalı memeler (akış memeleri) kendi kendine kontrollü veya dışarıdan kontrollü olabilirler. Açık memelerin akış yönüne doğru konikleşen kanala sahip olan tipleri de mevcuttur. Günümüzde en çok kullanılan meme, en az basınç düşmesine neden olan açık meme modelidir. Enjekte edilen malzemelere göre değişiklik gösteren enjeksiyon memeleri **üçe ayrılır.**



Şekil 5.5 Meme kesiti

5.1.1.5.a Sert Pvc memesi: En uygunu kısa olan memedir. Vidanın ucunda bulunan torpil çevresinde hiç boşluk bırakmadan meme deliğine kadar uzanır. Roketin ucu uzun ve ince olursa çok ısınır ve PVC'yi yakar.

5.1.1.5.b Normal Termoplastik için açık ısı kontrolü meme: En yaygın olan meme tipi açık ve uzundur. Meme ucunun üstünde ısıyı kontrol altına alınabilen ısıtıcı bantlar vardır. malzemenin akması ve donması bu ısıtıcı ile kontrol edilir. Memenin içini roket ucu doldurur. Enjeksiyon işleminden sonra fire ve atık malzeme kalmasını önler. Yabancı hammaddeler burada yığılırsa farklı lekeler ve renk bozuklukları meydana gelir.

5.1.1.5.c Sübaplı meme: Meme kalıba dayanır ve sübap geri gidip yolu açar. Ergiyik kalıba dolar daha sonra kalıp boşluğu mal ile dolduktan sonra malın akma yönündeki basıncı, sübapın basıncını yenerek sübapı kapatır ve ergimiş durumdaki mal memeden dışarıya akamaz. Termoplastik malzeme cinsi, kalıp yapısı, baskı şartları durumuna göre bu tip memenin kullanılmasını zorunlu kılar.

5.1.2. Mengene Ünitesi

Plastik enjeksiyon makinalarında mengene ünitesi; makinaya bağlı olan kalıp yarımalarının enjeksiyon esnasında sıkıca kapalı kalmasını sağlar, ütüleme ve tutma basınçları esnasında çapak oluşumunu engellemeye çalışır. Enjeksiyon işlemi tamamlandıktan sonra mengenerler ve bunlara bağlı kalıp yarımaları açılarak ürün kalıptan çıkarılır ve bir sonraki baskı için mengenerler tekrar kapanır.

Bir enjeksiyon makinasının mengene ünitesi (Şekil 5.6) yatay bir prese benzer. Kalıp yarımalarının üzerlerine papuç vb. bağlantı elemanları ile sabitlendiği sabit ve hareketli grup mengenerlerin başlıca görevi kalıbı sıkıca kapatmasıdır. Mengenerler hidrolik pistonlar yardımı ile açılıp kapatılmaktadır. Sabit grup mengene ünitesi vida tarafında kalan yani enjeksiyon işleminin yapıldığı kısımdır, mengenerler açıldığında bu kısım sabit durur. Hareketli grup mengene iticilerin bulunduğu bölümdür. Mengenerlerin açılması ile hareketli grup sabit gruptan uzaklaşır ve kalıp açılır. Bazı durumlarda kalıp içi basınç çok yüksek olmaktadır bu durumda iç basınç dış basıncı yener ve kalıp açılır

bu durumda çapaklanma meydana gelir bu durumu engellemek için kalıp kapama kuvvetini yani mengene kilitleme kuvvetini iyi ayarlamak gerekir.



Şekil 5.6 Mengene ünitesi

5.1.3 Kontrol Ünitesi

Plastik enjeksiyon makinaları beş bölümden oluşmaktadır ayrıca birçok parametre girdisi yapılmaktadır. Birbirinden bağımsız ayarlanan fakat sırası ile görevlerini yerine getiren üniteler belli bir kontrol ünitesi tarafından ayarlanmaktadır ve görevlerini yerine getirmek için kontrol sistemi (Şekil 5.7) tarafından uyarılmaktadırlar.



Şekil 5.7 Kontrol Ünitesi

Açık veya kapalı devre kontrolüyle denetlenen enjeksiyon makinasının bazı fonksiyonlarından olan ; Kovan sıcaklığı, eriyik malzemenin sıcaklığı, varsa sıcak yolluk sistemlerinin sıcaklığı, kalıbın sıcaklığı, vida dönüş hızı (mal alma işlemi için), enjeksiyon hızı, tutma basıncı kontrol ünitesine bağlıdır. Gelişen makine sanayi ile birlikte makinelerin kontrolü ve kumanda edilmesi röle mantıklı pasif elemanlı devreler yerine modern ve gelişmiş makineler gibi dijital elektronik tasarımları olan PLC(programlanabilir mantıksal kontrol) denen mikroişlemci yapılı, işlem kontrollerinin hepsi bir veya daha fazla merkezi işlem birimi(CPU=beyin) tarafından denetlenen, sanayi ortamında çalışabilen üzerine elektriksel bağlantıların yapılabileceği noktaların bulunduğu bilgisayarlı sistemlerle kontrol edilmektedir.

PLC'ler sanayi için geliştirilebilen ve kullanıcı tarafından istenen makine ve teçhizata göre programlanabilen bilgisayarlardır. PLC cihazları çok küçük boyutlu makineleri kontrol edebileceği gibi, büyük bir sistemi ve bu sistemin oluşturduğu birimleri(üretim sistemleri, fabrikalar gibi) kontrol edebilecek özelliklerdedir. Bir PLC sistemi plastik enjeksiyon makinesinde bir çok parametreyi; vidanın konumu, vidanın hızı, enjeksiyon grubunun konumu, enjeksiyon zamanı, tutma basınçları, kovan sıcaklığı ve bunun gibi birçok parametrenin sinyallerini gerekli yerlerden alır ve bunları istenen şekilde kolaylıkla değerlendirebilir.

PLC sistemler değerlendirdiği giriş sinyallerine karşılık gerekli çıkış sinyallerini gerekli bölümlere, sıcaklığı değiştirmek, valf açıp kapatmak suretiyle basınç ve hız değerlerini değiştirmek gibi fonksiyonları yerine getirmek üzere gönderir. Bilgisayar kontrollü makineler tam otomatik veya yarı otomatik olarak çalışabilmektedir. Makinalara girilen çalışma parametreleri daha sonra tekrar ayarlamaya gerek duyulmadan sistemin hafızasına kayıt edilir ve kullanılabilir.

Günümüzde kullanılan kontrol sistemleri, üretim sayısını ve ürünlerin kalitesini yükseltmek için özel proses stratejileri geliştirerek imalatçıya fayda sağlamaktadır.

5.2. Enjeksiyon Makinasının Baskı Hacmi

Enjeksiyon makinasının baskı hacmi, bir çevrimin, enjeksiyon safhasında makinenin kalıba basabileceği maksimum eriyik hacmidir. Örneğin; bir enjeksiyon çevriminde üretilecek olan ürün sayısı 10, bir ürünün ağırlığı 20gram, yolluğun (artık malzeme) ağırlığı da 100 gram olsun. Her bir ürünün ağırlığı 20 gr'dan toplam 200gr

eder. Buna yolluğun ağırlığını da eklersek (200+100) toplamda 300 gramlık bir değer buluruz. Bizim kalıbı bağlayacağımız enjeksiyon makinesi 200 gramlık bir makine ise yani bir çevrimde en fazla 200 gram eriyik malzemeyi kalıba basabiliyorsa, kalıbı bu enjeksiyon makinasına bağlayamayız. Çünkü makinenin kapasitesi yetersiz gelir. Bu kalıp için en az 300 gram'lık bir enjeksiyon makinesi gereklidir.

Bizim üreteceğimiz parçanın ağırlığını 24gr olarak hesapladık, iki gözlü kalıp ve yolluk ile beraber toplam $(24+24+14)=62\text{gr}$ basacağız seçtiğimiz makinenin basma kapasitesi maksimum 140gr olduğundan uygundur.

5.3. Kalıp Montaj Alanı (kolon aralığı)

Genelde kalıp tasarımı yapılırken öncelikle kalıbı yapılacak olan parçanın ebatları ve kalıp modeli göz önüne alınarak tasarım yapılır ve daha sonra kalıba uygun enjeksiyon makinası seçilir fakat makine seçimi konusunda şansımız yok ise makinaya uygun kalıp yapımına gidilir. Kalıp montaj alanı kalıbın mengineye bağlanan çeliklerinin dayandığı yüzeyler ve makinanın kolonları arasındaki mesafelerdir. Eğer makinaya bağlanacak olan kalıp kare ise bağlantı çeliklerinin makinanın kolonları arasındaki mesafeden küçük olması gerekmektedir fakat eğer kalıp dikdörtgen ise kalıp yarımlarının uzun olan çelikleri makinanın montaj alanı dışına çıkılarak bağlantısı yapılabilir fakat bu durum pek istenmez. En doğru tasarım kullanılacak olan enjeksiyon makinasına uygun olarak tasarlanıp imal edilen kalıptır. Bu şekilde olası iş kazalarının da önüne geçilmiş olur.

5.4. Makinenin Kilitleme (kapama) Kuvveti

Plastik enjeksiyon kalıbına tutma ve enjeksiyon basınçları safhasında, kalıp oyuklarında oluşan basınca karşı, kalıbı kapatmaya çalışan kuvvete makinanın kilitleme kuvveti(mengene kapama kuvveti) denir. Makinanın, kalıbı tam çapak yapma aşamasında açılmasını engellemek için uygulamış olduğu kuvvete maksimum kapama kuvveti denir. Makine seçiminde kalıp ve kalıp göz sayılarına bağlı olarak uygun seçim yapılması çok önemlidir. Kalıp ebatı ve göz sayısı arttıkça makinanın kapama kuvvetinin yüksek olması gerekmektedir.

6. PLASTİK ENJEKSİYON PROSESİ

Plastik enjeksiyon prosesinde kalıbın makinaya bağlanmasından sonra belirli aşamalar uygulanarak ürün elde edilir bununla beraber sağlıklı ürün elde edebilmek için basınç, sıcaklık, zaman, hız parametrelerinin çok iyi bilinmesi gerekli ve bu bilgiler doğrultusunda kalıp ve hammadde göz önünde bulundurularak uygun enjeksiyon parametreleri uygulanmalıdır. Plastik enjeksiyon çevriminde ilk aşama **plastikleştirme**dir.

Termoplastik malzemenin eritilmesi, enjeksiyon işlemine hazır hale getirilmesidir. Enjeksiyon makinasının hunisine doldurulmuş olan plastik granüller vidanın dönmesi ile ocağa doğru iletilir bu aşamada sürtünme ve ısıtıcı rezistanslar ile plastik malzeme erir. Ergiyen plastik vidanın ön kısmındaki vida boşluğunda birikir ve vidayı geriye doğru iter buna karşılık vida geri basıncı uygulanır. Ergimiş plastik kalıba gönderilmeden önce **kalıp kapatılır**; Sabit grup ve hareketli grup çeliklerinin bağlanmış olduğu mengenerler yüksek basınçta ve makinanın sahip olduğu maksimum mengene kapama kuvveti ile kapatılır.

Mengene kuvveti ile sıkıca kapatılan kalıp **ergimiş plastik ile doldurulur**; Vidanın ön kısmında ergitilmiş olarak bulunan ve enjekte çıkış sıcaklığına ulaşan plastik ergiyik vida hidrolik piston tarafından ileri itilir. Eriyik hammadde kalıp boşluğuna doldurulur. Kalıp gözünü doldurmak için gerekli olan basınç (Enjeksiyon basıncı) 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 dolum aşaması sona erer.

Kalıbın ergimiş plastik ile doldurulmasından itibaren değişik geometrilere sahip ince detay, feder gibi kısımların tam olarak doldurulması için **ütüleme** basıncı uygulanır. Çekmeyi azaltmak için parça, kalıp içinde basınç (tutma basıncı) altında bekletilir. Parça çıktıkça, içeriye yeni eriyik dolması sağlanır. **Tutma aşaması** yolluk girişinin donmasına kadar devam eder. Yolluk donduktan sonra parça kalıp içinde soğur ve çeker. **Soğutma**; parça yumuşama sıcaklığına ulaşınca kadar devam eder.

Tüm enjeksiyon aşamaları tamamlandıktan sonra parçayı kalıptan çıkarmak gerekir bunun için parçanın uygun yumuşama sıcaklığına ulaşmış olması önemlidir, yeterli sertlikte olan parça itici veya sıyrıcı sistemler yardımı ile kalıp yarımalarının

açılmasının ardından **kalıptan çıkarılır**.(Koyun, 2005) Plastik enjeksiyon prosesinde ana değişkenler;

6.1. Basınç

Basınç plastik enjeksiyon makinalarının en önemli karakteristiklerinden biridir. Makinanın fonksiyonlarını yerine getirmesinden, plastik malzemenin huniden kalıba sevk edilmesine kadar birçok kısımda gerek duyulan değişkendir. Enjeksiyon makinalarının mingeneleri basınç ile açılıp kapanmaktadır ve bu basıncın iyi ayarlanması gerekmektedir örneğin kalıp içerisinde oluşan basınç mengene basıncını yenerse kalıp açılır ve ürün dışarı sızar (Çakır, 2000). Enjeksiyon basıncı bazı değişkenlere bağlıdır bunlar;

- Enjeksiyon malzemesi (akışkanlığı)
- Sıcaklık (ergiyik sıcaklığı, kalıp sıcaklığı)
- Kalıplanan parçanın biçimi, et kalınlığı ve ağırlığı
- Yolluk sistemi
- Enjeksiyon memesi
- Meme, yolluk ve dağıtıcıların yüzey kalitesi

Enjeksiyon ünitesindeki basınçlar ile mengene ünitesindeki basınçlar plastik enjeksiyon makinasında ayarlanması en önemli basınç gruplarıdır. Enjeksiyon basıncı ve mengene basıncı birbirlerine karşı kuvvet oluşturmaktadır. Enjeksiyon basıncı huniden aldığı granülleri ocakta eriterek kalıba sevk edip kalıbın eksiksiz dolmasını sağlamaya çalışırken mengene basıncıda kalıbı kapalı tutmaya çalışır ve her zaman enjeksiyon basıncından yüksektir. Enjeksiyon makinalarının enjeksiyon üniteleri genellikle üç değişik türde basınç üretirler. Bunlar enjeksiyon basıncı, tutma basıncı ve geri basıncıdır (Kamber,2008).

6.1.1 Enjeksiyon Basıncı

Enjeksiyon basıncı ergimiş plastiğin kalıp içine sevk edilmesinde uygulanan basınçtır. Enjeksiyon ünitesinin en önemli parametresidir. Enjeksiyon vidası önünde bulunan ergimiş plastiği bu basınç ile kalıba iletir.

Enjeksiyon basıncının daima yüksek seçilmesi istenir bunun sebebi ergimiş plastiği düşük sıcaklıklarda kalıba hızlı bir şekilde sevk etmektir. Bu şekilde parçanın soğuması kısa sürmektedir ayrıca çevrim süresi düşmektedir. Fakat unutulmaması gereken en önemli husus enjeksiyon işleminde kullanılacak termoplastik malzemeye uygun, kullanılan kalıbın modeli(maçalı, pistonlu vb.) ve üretilecek olan ürünün modeli göz önüne alınarak uygulanan enjeksiyon basıncıdır. Yanlış seçilen enjeksiyon basıncı makine ve kalıp güvenliği, parça kalitesi ve maliyete etki etmektedir (Kamber, 2008).

Eğer enjeksiyon basıncı düşük olursa üretilecek olan parçada enjeksiyon hataları meydana gelebilmektedir bunlar; hava ve beyaz kabarcık hataları, akış izi hatası, ebatlarda farklılık, parça yüzeyinde akış izleri, parça yüzeyinde yuvarlak halkalar, eksik baskı, yüzeyde çöküntü, birleşme izleri gibi direk olarak enjeksiyon basıncına bağlı hatalardır (İçten, 2004).

Akış direncinin enjeksiyon basıncı ile ilişkisi;Tasarlanan enjeksiyon kalıbı, üretilecek olan parçanın sahip olduğu model(federler, parça kalınlığı, homojen olmayan yapı) ergiyik plastiğin kalıba girdiği meme, memeyi takip eden yolluk modeli(açılı, trapez, düz, yuvarlak) ve kullanılan ergiyik hammadde akışa direnç oluşturabilir bu durumlarda yüksek enjeksiyon basıncı gerekir. Enjeksiyon işleminde kullanılan ergiyik malzemenin viskozitesi de çok önemlidir eğer akışkan akmak istemiyorsa yüksek enjeksiyon basıncı gerekir. Kalıbın ısısı da akışa direnç oluşturabilir örneğin sıcak ergiyik soğuk kalıba girince akış yolundaki duvarlara temas eden ergiyik donmaya başlayacak adeta dışı donmuş içerisinde kesit alanı azalmış akış yolu kalacak buda akış direncini arttırmış olacaktır.

Kalıp içerisinde akış direncini yenmek ve kalıbı doldurmak için basınç bir miktar daha arttırılır. Basıncın ulaştığı maksimum noktadan itibaren ütüleme zamanı dediğimiz zamanda basınç belli bir değere kadar düşer ve bu değerde kalıp içerisindeki malzemeye belirli bir basınç uygulanır. Belirli bir tutuma sürecinden sonra basınç düşmeye başlar ve sistemdeki en düşük değerine ulaşır (Çakır, 2000).

6.1.2 Tutma Basıncı ve Etkileri

Enjeksiyon kalıpcılığında tutma basıncı enjeksiyon basıncından sonra uygulanan basınçtır. Ergimiş plastik malzeme enjeksiyon basıncı ile kalıp içerisine gönderilir ve daha sonra tutma basıncı uygulanır bu esnada kalıp çekirdeklerinin içerisinde tam olarak

çekirdeğin profilini alır. Bu şekilde soğuma ve katılaşma işlemi tutma yani ütüleme basıncı altında olmuş olur. Bu şekilde üretilen parça tok bir yapıya sahip olur (Kamber, 2008).

Kalıp içerisine giren ergiyik plastik adeta hamur gibi şişer bu esnada kalıp boşluğundaki basınç en yüksek seviyelere ulaşır daha sonra soğumaya başlayan ergiyik malzeme çekmeye başlar yani hacim küçülmesi yaşanır. Söz konusu hacim küçülmesini engellemek ve kalıp gözlerini iyice doldurmak için uygulanan basınca tutma basıncı diyebiliriz (Akyüz, 2001).

Ütüleme basıncının süresi ve büyüklüğü uygulanacak olan parçanın ebatları ve şekli için büyük önem arz eder. Tutma basıncının süresi uzun olması durumunda kalıbın içerisindeki parçanın sıcaklığı enjeksiyon sıcaklığına ulaşır, bu durumda kalıbın açılmasından hızlı basınç düşüşü parçada çatlamalara neden olur (Çakır, 2000).

6.1.3 Geri Basınç ve Etkileri

Geri basınç tutma basıncı safhasından sonra uygulanan basınçtır. Enjeksiyon işlemi tamamlandıktan sonra kalıp içine yeterli ergiyik gönderildikten sonra tutma basıncı safhası tamamlandıktan sonra bir sonraki baskıya hazırlık yapılır yani meme kısmına yeni ergiyik gelmesi gerekmektedir bu sebepten dolayı enjeksiyon memesi dönmeye başlar ve ocaktan memeye yeni ergiyik sevk eder bu işlem sırasında vida ile memeye gönderilen ergiyik vidaya geri basınç uygulanır ergiyik tarafından uygulanan bu basınç enjeksiyon basıncı kadar büyük basınçlar değildir ve kullanılan termoplastik malzemeye göre değişkenlik gösterir ve 4 ile 40 bar arasındadır (Kamber, 2008).

Bilindiği gibi enjeksiyon işleminde kullanılacak termoplastik malzemenin nemden arındırılması gereklidir. Eğer malzemede nem var ise üretim esnasında parçalarda hava kabarcıkları gözlemlenebilir bu duruma çözüm olacak basınç geri basınçtır. Enjeksiyon vidasının ergiyik malzemeye uygulamış olduğu geri basınç sayesinde malzeme nemden ve hava kabarcıklarından kurtulur ve kurutma işlemi ile alınamamış nem ortamdan uzaklaşmış olur.

Genel olarak kullanılan termoplastikleri için uygulanan geri basınç 4-5 bar civarındadır ve mümkün oldukça düşük seçilir. 4 barın altında uygulanan geri basınç durumunda parça ve yüzey kalitesinde düşmeler görülebilmekte ayrıca üretilen parçalarda homojenlik sağlanamamaktadır. Geri basıncın yüksek değerlerde seçilmesi

durumunda enjeksiyon vidasının dönmemesi, sıkışması gibi durumların ortaya çıkma ihtimali olmakla beraber ergimiş malzemenin de yüksek ısıya maruz kalma ve ısı bozulmalara uğrama riski vardır.

Önemi diğer enjeksiyon parametreleri kadar bilinmese de geri basınç uygun yoğunlukta ve homojen kaliteli ürün üretilmesinde ve plastik parçalardaki hava kabarcıklarını ortadan kaldırıp hatasız parça üretilmesinde önemli yere sahiptir (Kamber, 2008).

6.1.4 Mengene Ünitesi Kilitleme Basıncı ve Etkileri

Hidrolik ve mekanik olarak karşımıza çıkan mengene basıncı makinanın kalıbı kilitleme basıncıdır. Daima kalıp içerisinde oluşan basıncın üstünde bir değere sahip olması gerekmektedir. Eğer kalıp iç basıncı mengene kilitleme basıncında büyük olursa kalıp açılır ve çapak yapar.

Enjeksiyon makinasının sahip olduğu mengenelerin arasına yerleştirilen kalıp mengene plakalarına bağlanır. Hareketli grup ve sabit grup yarımlarından oluşan kalıp ve mengene sisteminde meme tarafı sabit kalır itici tarafı ise hassas bir şekilde eksenel yönde açılıp kapanır açma ve kapama işleminde mengene basıncı uygulanır (İçten, 2004).

Plastik enjeksiyon kalıbının makinaya bağlandıktan sonra kapatılıp enjeksiyon safhası sırasında içerisine yüksek basınçta ergiyik malzeme sevk edilmesi ve sonrasında tokluğu yüksek, sahip olduğu ince ayrıntıları içeren ürünü almak için enjeksiyon ve tutma basınçları mengene kilitleme basıncına karşı kuvvet uygulayan parametrelerdir. Ergiyik kalıbın içerisine girer ve kalıp duvarlarına baskı yapar sıkışmaktan başka imkanını olmayan ergiyik kalıbı açmaya çalışır. Bu yüzden mengineenin kilitleme basıncı enjeksiyon safhasın da uygulanan basınçlardan büyük olmalıdır (Kamber, 2008).

6.1.5 Kalıp İçerisinde Oluşan Basınç

Kalıp içerisinde oluşan basınç ergimiş plastiğin kalıba sevk edilmesinde uygulanan enjeksiyon basıncından doğan basınçtır. Kalıp iç basıncı daima enjeksiyon basıncında düşüktür bunun sebebi kalıba giren ergiyik malzemenin izlemiş olduğu yolda kaybedilen kayıplardandır. Yolluk çapı, yolluk profili, ergiyik hammaddenin

cinsi(viskozitesi), kalıp sıcaklığı, enjeksiyon sıcaklığı, kalıp iç basıncına etki eden ana parametrelerdir. Enjeksiyon sıcaklığı ve buna bağlı kalıp sıcaklığı arttıkça kalıp iç basıncı azalmaktadır. Enjeksiyon ve kalıp sıcaklığının düşmesi kalıp iç basıncını arttırmakta ve parça kalitesine etki etmektedir (Çakır, 2000).

6.2. Sıcaklık

Enjeksiyon prosesinde önemi diğer parametrelere göre nerdeyse en yüksek olan ve diğer parametrelere de direk veya dolaylı yoldan etki eden parametre sıcaklıktır. Ürün kalitesine, makine ve sistem güvenliğine çok büyük etkisi vardır. Ergiyik sıcaklığı, hidrolik sistem sıcaklığı, kalıp sıcaklığı, granül sıcaklığı ve dış ortam sıcaklığı bunlardan bazılarıdır. Bu sıcaklıklardan bazıları bu bölümde incelenmiştir (İçten, 2004).

- Ergiyik sıcaklığı kontrolü
- Kalıp sıcaklığı kontrolü
- Hidrolik sistem sıcaklığı kontrolü
- Kurutma sıcaklığı

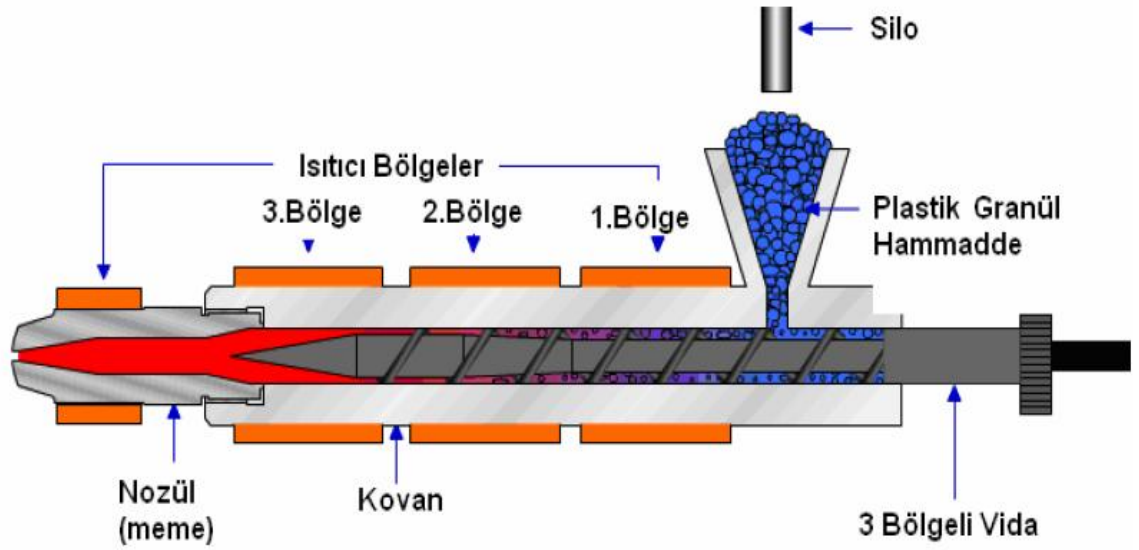
6.2.1 Ergiyik Sıcaklığı

Enjeksiyon işleminde kullanılacak olan ergiyik plastiğin ısıtıcı sistem boyunca edindiği sıcaklık ergiyik sıcaklığı olarak adlandırılır. Malzemenin edindiği bu ısı besleme hunisinden başlar akışkanın kalıba gireceği çıkış memesine kadar devam eder.

Besleme hunisinden vida yardımı ile alınan plastikler homojen bir şekilde eritilebilmek için etrafında ısıtıcı rezistanslar bulunan vida kovan sisteminde önce ısınır sonra erir ve kalıba sevk edilir. Malzemenin takip ettiği bu yola akış yolu denilir.

Plastiğin ergitileceği vida kovan sistemi ısıtıcı rezistans ile sarılıdır (Şekil 6.1). Bu rezistanslar bir kelepçe gibi kovan etrafına takılmışlardır. Genellikle kovan üzerinde dört ile altı adet arası ısıtıcı rezistanslar mevcuttur.

Enjeksiyonlarda genellikle üç ana bölgesi olan kovan sistemleri mevcuttur. Bunlar arka, orta ve ön ısıtıcı bölgelerdir. Bunların dışında en az bir ısıtıcı rezistans da enjeksiyon memesi etrafına sarılmıştır ve buraya da meme veya nozul bölgesi adı verilmektedir (Kamber,2008).



Şekil 6.1 Vida kovan sistemi(Kamber,2008)

Enjeksiyon kalıplamada kullanılan hammaddeye göre ergime ısılarının çok iyi ayarlanması gerekmektedir. Besleme hunisinden vida kovan sistemine giriş yapan plastik granüller ilk ısı etkisiyle yumuşamaya başlar. Daha sonra vida sistemi etkisiyle malzeme orta bölüme doğru hareket ettirilir. Burada sıcaklık arka bölümüne nazaran 10-20 °C daha yüksektir. Malzemenin ön bölümüne doğru hareketi devam ettikçe ve sıcaklıkta ergime sıcaklığına doğru artmış olması dolayısıyla plastik malzeme enjeksiyona hazır hale gelmektedir. Uygun enjeksiyon sıcaklığına ulaşan ergiyik kalıba enjekte edilir (Hugh,2001).

Plastik granülleri ergitme işleminde ısıtıcı rezistansların dışında vida kovan sisteminin dönmesinden ve sürtünmesinden dolayı ısı açığa çıkmaktadır ve bu ısı plastiğin ergitilmesine etki etmektedir.

Enjeksiyon vidasının besleme hunisinden aldığı plastik granüller rezistanslar yardımı ile ergitilir aynı zamanda vidanın dönüşü ve duvarlara sürtünme dolayısıyla açığa çıkan ısı plastikler tarafından absorbe edilir ve bazı durumlarda plastik hammadde yanabilir fakat burada dikkat edilmesi gereken en önemli şey malzemenin çıkış sıcaklığıdır yani memeden çıkıp kalıba giren hammaddenin sıcaklığıdır (Tsai ve Lu1998). Çizelge 6.1’de bazı plastiklerin ergiyik sıcaklıkları görülmektedir.

Çizelge 6.1 Bazı plastiklerin ergiyik sıcaklıkları(Kamber,2008)

Plastik	Erime sıcaklığı aralığı (° C)	Özgöl Isı (kg/kg °C)	1kg plastiği eritmek için gerekli ısı (kj/kg)
PVC(sert)	180-200	1,05	16FF
Polistren	210-250	1,34	268
HIPS	210-250	1,40	280
ABS	210-260	1,40	308
Noryl	240-300	1,34	308
Polikarbonat	280-320	1,26	353

Erime sıcaklığı plastik malzemenin cinsine göre 150 °C ile 400 °C arasında değişmektedir. Yukarıdaki tabloda da bazı plastiklerin erime ve özgül ısıları verilmiştir. Tüm polimerlerin kendine has ergime dereceleri ve işleme parametreleri vardır. Enjeksiyon işleminde kullanılacak olan termoplastik malzemenin özelliklerine göre ocak ısıları ayarlanır ve kalıba enjekte edilecek sıcaklıklara kadar ısıtılır ve kalıba enjekte edilir. Burada ocağın malzemeyi en iyi şartlarda eritilmesi ve homojen ısı dağılımı sağlanması beklenir (Turaçlı,2000).

Polimerlerin ergitilmesi ve kalıba enjekte edilmesi işleminde ısıtıcı rezistanslar granülleri kademe kademe ısıtırlar, dört bölümden oluşan bir ocak huniden başlayarak 10 °C - 20 °C derece aralıklarla artış gösterir ve kalıba enjekte edilecek sıcaklık en uygun bir şekilde ayarlanmış olur.

Yüksek tutulan ergiyik çıkış sıcaklığı malzemenin gereğinden fazla akışkan hale gelmesine sebep olur yani akışkanın viskozitesi azaltılmış olur bu şekilde malzeme kalıba çok sıcak girer ve çapak oluşumu gözlenir ayrıca fazla ergitilen malzeme türbülanslı bir akışa sebep olur bu şekilde içerisinde gaz ve hava ihtiva eder ve üretim hatalarına sebep olur (İçten,2004).

Düşük tutulan ergiyik sıcaklığı polimerin yeterince erimemesine sebep olacak ve malzeme ergiyik hale gelemediğinden akış anında problemler ortaya çıkacaktır. Ayrıca düşük sıcaklıklarla kalıba enjekte edilen plastiğin çekmesi az olacaktır. Yüksek sıcaklıklarda ergitilen plastik malzeme fazla genişleyecek ve soğuma anında fazla çekecektir. Düşük sıcaklıklarda bu durum tam tersi şeklinde karşımıza çıkacaktır. Ergiyik sıcaklıkları ayarlanırken kullanılan hammaddenin işleme parametreleri göz önüne alınarak en uygun sıcaklık değerleri seçilmelidir.

6.2.2 Kalıp Sıcaklığı

Kalıp sıcaklığı ergimiş plastiğin kalıp içersine girerek sahip olduğu ısıyı çelik yüzeylerine temas ederek kalıba transfer etmesinden oluşur. Enjeksiyon işleminde kullanılan tüm polimerlerin farklı ergime dereceleri vardır, bazı polimerler yüksek ısılarda ergirler. Memeden çıkış yapan ergiyik kalıp çekirdeklerine dolar, çeliğe temas eden ergiyik sahip olduğu yüksek ısıyı çelik yüzeylerine transfer ederek soğur ve donmaya başlar. Kalıp tasarımı yapılırken kalıplanan parçanın geometrik yapısı ve kullanılacak hammadde göz önüne alınarak uygun soğutma sistemi tasarlanır genelde çelik plakalar içerirse su kanalları açılarak su rekorları bağlanarak soğutucu akışkan çelik içerisinde gezdirilir. Soğutma kanalları yerleştirilirken parçanın ve kalıbın homojen soğutulması ürün kalitesi açısından hayati önem taşır. Yeterince soğutulamayan kalıp içerisinde parça katılaşamaz ve yeterince mukavemete sahip olmadan kalıptan çıkarılır ise parçada çarpılma, itici izleri vb. enjeksiyon hataları ortaya çıkar.

Enjeksiyon işleminde kullanılacak olan termoplastik malzemenin işleme parametreleri göz önüne alınarak kalıbın ısısı istenilen değerde sabit tutulmaya çalışılmalıdır. Ürün kalitesinin devamlılığı ve enjeksiyon hatalarının engellenmesi için uygun soğutma sistemleri tasarlanmalıdır (Kamber,2008).

6.2.3 Hidrolik Sistem Sıcaklık Kontrolü

Hidrolik sistem sıcaklığı enjeksiyon makinasının sahip olduğu hidrolik devrelerin ,sistemlerin ve içersinde dolaşan hidrolik akışkanın sahip olduğu sıcaklıktır. Genelde 30 °C ile 60 °C arasında değişen akışkan sıcaklıklarının kontrol altında tutulması gerekmektedir. Sıcaklık akışkanın viskozitesine ciddi derecede etki eder. Hidrolik sistemlerde dolaşan akışkanın sıcaklığı azaldıkça viskozitesi artar ve akış zorlaşır bu sebepten dolayı sistemde aksaklıklar ve zorlanmalar meydana gelir. Sıcaklığın çok yüksek değerlere ulaştığı sistemlerde de akışkan sahip olduğu özellikleri yitirir ve akıcılık özelliği, yağlama gibi görevlerini yerine getiremez. Enjeksiyon sıcaklığı ve kalıp sıcaklığı kadar olmasa da ürün kalitesine ve makine güvenliğine dolaylı olarak etki eden hidrolik sistem sıcaklığı uygun şekilde kontrol altında tutulmalıdır.

6.3. Zaman

Enjeksiyon kalıpcılığında en önemli parametrelerden biri olan zaman ürün kalitesi, maliyet, üretim sayısı, makine ve teçhizat güvenliği başta olmak üzere birçok konuda önem teşkil eder. Yüksek tutulan enjeksiyon hızı ve çevrimi makinaya zarar verebileceği gibi, kalıp içinde fazla bekletilen parça ebatlarında değişim görülebilir. Ayrıca gereğinden fazla yavaşlatılan enjeksiyon işlemi direk olarak üretim sayısına etki edeceğinden maliyet artacak kar oranı düşecektir.

- Enjeksiyon Zamanı
- Ütuleme Zamanı
- Soğuma Zamanı
- Toplam Çevrim Zamanı

6.3.1 Enjeksiyon Zamanı

Enjeksiyon zamanı , kalıba ergiyik malzemenin dolmaya başladığı anla tutma basınçlarının uygulanmaya başladığı an arasındaki zamandır.

Vida tarafından huniden alınan termoplastik malzeme uygun ergime derecesine ulaştıktan sonra kalıba enjekte edilir. Enjeksiyon işleminin süresi çok önemlidir ve her polimerin uygun bir hızla kalıba sevk edilmesi gerekmektedir. Ürün kalitesi(yüksek enjeksiyon hızına bağlı plastik enjeksiyon hataları meydana gelmektedir), üretim hızı, maliyet, kalıp ve makine güvenliği enjeksiyon hızının yanlış ayarlanması durumunda etkilenmektedir. Genel olarak malzemenin kalıba sevk edilmesi düşük hızla başlar daha sonra enjeksiyon hızı arttırılır bunun sebebi üretim hızı arttırmak ve kalıp içine giren ergiğin donmasının önlemektir, kalıp dolumunun sonlanmasına yakın hız tekrar düşürülür bunun sebebi çapak oluşumunu engellemek ve hassas kalıp parçalarına zarar gelmesini engellemektir. Çok uzun tutulan enjeksiyon zamanında kalıp yüzeylerine temas eden plastiğin katılaşması ve akışın zorlanmasından kaynaklanan basınç kayıpları oluşmaktadır. Kısa tutulan enjeksiyon zamanında ise kısa sürede birim zamanda daha fazla ergiyik kalıba transfer edilmeye çalışılır buda basınç kayıplarına sebep olur ve aynı zamanda kalıba zarar verilebilir. Bu sebeplerden dolayı enjeksiyon zamanının minimum basınç değerlerini sağlayacak şekilde ayarlanması gerekir (Kamber, 2008).

6.3.2 Ütöleme Zamanı

Ütöleme zamanı tutma basıncı anında geçen süredir. Kalıp dolumu gerçekleştikten sonra ergiyik soğumaya başlar, malzemede termal büzölme ve çekmeler meydana gelir. Oluşabilecek hava boşlukları, kanal izleri, çarpılmaları engellemek için yolluk dolana kadar kalıba malzeme enjekte edilir. Tutma basınçları safhası, ergiyik kalıbın içinde tam donmadan uygulanmalıdır çünkü ergiyik kalıp çeliklerine temas ettikten sonra donmaya başlar tam donma olmadan yeni ergiyik kalıba enjekte edilirse olası eksik baskı, keskin ve hassas köşeler yada oluşması basınç gerektiren profiller bu safhada oluşturulur. Tutma basıncında kalıbın içine ani basınç uygulamasından kaçılmaktadır kalıp gözleri dolana kadar mal enjekte edilir daha sonra tutma basıncı ile kalıba yeni ergiyik alınarak eksik veya tam oluşturulmayan profiller oluşturulur bu şekilde kalıba uygulanan aşırı basınç yüklemelerinden kaçınılmış olur (Fischer, 2003).

6.3.3 Soğuma Zamanı

Plastik enjeksiyon kalıpcılığında en önemli parametrelerden birisi de soğuma zamanıdır. Parça kalitesi üzerinde çok büyük etkisi vardır. Soğuma zamanı tutma basıncı uygulanmasından sonra parçanın kalıptan çıkabilecek kıvama gelmesinin beklenmesidir. Ergiyik plastik soğudukça sertleşmeye başlar yani katılaşır ve ardından kalıptan çıkartılır kalıpta var olan itici ve çıkarıcı sistemin özelliklerine göre parça itici yada sıyrıcı sistem ile itilir, çıkan ürün eğer yumuşak(yeterince soğumamış) ise itici pimler tarafından itilirken pimler parça yüzeyinde iz yapacak ve hatalı ürün çıkacaktır. Yeterince soğumamış parça kalıptan çıkarılırsa çarpılma, burulma vb. hatalar meydana gelecektir. Enjeksiyon kalıpcılığı ile üretilen parçalarda soğumanın büyük bir kısmı kalıp içerisinde olurken geri kalan kısmı 24 saatlik bir zaman dilimi içerisinde gerçekleşmektedir (Kamber,2008).

6.3.4 Toplam Çevrim Zamanı

Toplam çevrim zamanı enjeksiyon işleminde meydana gelen tüm işlemlerin toplam sürelerini içeren zamandır, açma - kapama zamanı da denilmektedir. Çevrim süresinin etkilediği en önemli parametre ısı dayanımdır. Örneğin toplam çevrim

zamanının uzun sürmesi durumunda vida kovan sisteminde bekletilen ve ergitilen plastik fazla ısıya maruz kalacak ve kimyasal değişime uğrayarak bozulabilecek. Çevrim süresi ne kadar kısa olursa ısı dayanım riski de o kadar düşük olur (İçten,2004).

6.4. Hız

Enjeksiyon prosesinde en önemli parametrelerden birisi de hız dır. Makine ve kalıbın güvenliğine, parçanın kalitesine, üretim hızına direk olarak etki etmektedir. Bu çok önemli etkilerine rağmen enjeksiyon proseslerinin genelinde hız özelliklerine pek dikkat edilmemesi bu etkenin yeterince iyi bilinmemesi kalitesiz parça üretimine yol açmaktadır. Enjeksiyon prosesinde üç temel hız etkili olmaktadır. Bunlar:

- Enjeksiyon hızı,
- Vida dönüş hızı,

6.4.1 Enjeksiyon Hızı

Enjeksiyon hızı plastik enjeksiyon makinasında bulunan enjeksiyon vidasının eksenel yöndeki hızıdır. Vidanın hızı çok önemlidir. Kalıp içerisine enjekte edilecek olan ergiyik donmadan yada kalıp duvarlarının ergiyik ısısından düşük olmasından dolayı ergiyik plastiğin soğuk duvarlara temas edip katılaşmaya başlaması, akışın durması veya akış kanalının kesitinin azalması söz konusu olmaktadır. Enjeksiyon hızının çok yüksek olması durumunda kalıp çekirdeklerinde bulunan ince detaylar yada zayıf çelik duvarlar zarar görebilir bununla beraber kalıba hızla giren ergiyik çapak yapımına sebep olabilir. Bu sebeplerden dolayı enjeksiyon hızının çok iyi ayarlanması gerekmektedir.

6.4.2 Vida Dönüş Hızı

Enjeksiyon makinalarında kendi etrafında dönerek plastik granülleri huniden alıp ocakta eritilmesi için sevk etme işlemini yapan vidanın çevresel hızıdır. Farklı enjeksiyon makinalarında bulunan vidaların hızları değişkenlik göstermektedir. Genelde vida dönüş hızı makinalarda sabittir ve pek değiştirilmezler. Vida dönüş hızının ergiyik plastik ve buna bağlı üretilcek olan ürün kalitesi üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir.

7. PLASTİK ENJEKSİYON HATALARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Plastik enjeksiyon kalıpcılığı ile üretim yapılırken bazı problemlerle karşılaşmaktadır. Bu karşılaşılan problemlerin bazıları makinadan kaynaklı problemlerdir; yanlış makine seçimi, bakımsız makine kullanımı, uygun girilmeyen makine parametreleri ve benzeri problemlerden kaynaklı hatalar oluşmaktadır. Enjeksiyon hatalarına sebep olan bir başka sebep yanlış kalıp tasarımı yani kalıptan kaynaklı hatalar bunlar; yanlış çekme payı verilmesi, keskin köşeler, radius veya feder hataları, parça kalınlığında yapılan hata, gaz çıkışı veya itici, sıyırıcı hatalarından kaynaklı problemler yaşanmaktadır.

Enjeksiyon işleminde kullanılan hammaddenin yanlış parametreler ile basılması yada nemli, başka ürün karışmış termoplastik malzeme ergitilerek sisteme gönderilmesinden kaynaklanan problemlerde malzemeden kaynaklanan hatalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Enjeksiyon problemleri üretim esnasında değil üretim öncesi tahmin edilmeli analiz ve tedbirler ile minimize edilmelidir. Hatalı üretilen ürünler zaman kaybının yanı sıra, yeniden ergitilmek üzere kırma işlemi uygulanması ve kırılan hatalı plastiklerin özelliklerinin orijinal hammaddelere göre kötü olması ve kırma işlemi sırasında başka termoplastik maddelerin karışma riski göz önüne alındığında üretilen parçaların kalitesi düşmekte ve ödenen maliyet ciddi değerleri bulmaktadır.

Ayrıca üretim esnasında hatalı üretilen (eksik baskı veya parçada delik) bir ürünün kalite kontrolden geçmesi veya montaj edilmesi sırasında fark edilememesi durumunda sisteme takılan bu parçalar kullanım yerine göre büyük sorunlar yaratabilir. Örnek olarak filtrasyon işleminde kullanılacak olan bir filtrenin süzücü elemanına yataklık yapacak olan plastik bir kapak delik veya çatlak olarak hatalı üretilip ve bu şekilde diğer filtre parçaları ile montaj edilerek kullanılırsa süzme işlemi yapılamayacak ve baypas denen olay gerçekleşip süzülmeyen akışkan delik veya çatlak kısımlardan sistemin içerisine girecek.

Bu şekilde üretim öncesinde veya esnasında engel olunamayan enjeksiyon hatası daha büyük maliyette imalatçıya geri dönecek veya kullanıcıyı mağdur edecek. Dikkat edilmesi gereken enjeksiyon hatalarının kesinlikle engellenmesi veya kabul edilebilir sınırlarda tutulması imalatçı ve tüketici açısından ciddi öneme sahiptir.

7.1. Siyah Noktalar (Black Speaks)

Şekil 7.1’de plastik parçalar üzerinde küçük siyah noktalar şeklinde üretim hatası görülmektedir. Kalıptan, malzemedan ve makinadan kaynaklanabilen bu hatalar ve çözüm önerileri Çizelge 7.1’de ayrıntılı olarak gösterilmektedir.



Şekil 7.1 Siyah Noktalar

Çizelge 7.1 Siyah Nokta Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Siyah Nokta Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemedan	
-Gramajı çok yüksek -Çok uzun süre kapalı kalmış -Kovan iyi temizlenmemiş -Doğru meme kullanılmamış olabilir.	Ölü köşeleri olan yolluk kullanımı	İçinde karışık başka malzeme olabilir. İçinde başka malzeme yanabilir. Kovana yapışmış yanmış malzemeler geliyor olabilir.	Makine aynı sıcaklıkta doğru mal ile temizlenmeli, başka mal karışıp karışmadığı göz ile kontrol edilmeli, yolluk girişleri ve tipi kontrol edilmeli, filtrenin delik olup olmadığı kontrol edilmeli.

7.2. Hava ve Beyaz Kabarcıklar (Blisters)

Açık renkli ve parça üzerinde gazın çıkamadığı noktalarda meydana gelmektedir. Şekil 7.2.' de plastik parça üzerinde belli bölgelerde yoğunlaşmış hava ve gaz kabarcıkları görülmektedir. Kalıptan, malzemeden ve makinadan kaynaklanabilen bu hatalar ve çözüm önerileri Çizelge 7.2'de ayrıntılı olarak gösterilmektedir.



Şekil 7.2 Hava ve beyaz kabarcıklar

Çizelge 7.2 Hava ve Beyaz Kabarcık Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Hava ve Beyaz Kabarcık Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemeden	
-Enjeksiyon basıncı çok düşük olabilir.	Kalıp gaz çıkış kapalı olabilir.	-Malzeme yüksek sıcaklığa dayanamıyor olabilir.	Enjeksiyon basıncı ve ütüleme basıncı artırılmalı, geri basınç artırılmalı, kalıp sıcaklığı artırılmalı,
-Geri akış valfi arızalı olabilir.	-Kalıp sıcaklığı çok düşük olabilir.		geri akış valfi kontrol edilmeli, kalıp hava kanalı kontrol edilmeli,
-Geri emiş çok uzun olabilir.	-Parçanın yolluk girişi et kalınlığı		yolluk çapı artırılmalı.
-Erime işlemi çok hızlı olabilir.	ince bölümden kalına doğru olabilir.		
-Huni girişinde hava sıkışmış olabilir.			
-Kötü besleme olabilir.			

7.3. Akış İzi (Jetting)

Ergimiş plastiğin kalıp çekirdeklerini doldurması sırasında kalıbın ergiyik plastiğe göre soğuk olan yüzeylerinden dolayı donma dış kısımlarından başlar ve akış sırasında Şekil 7.3.' de görüldüğü gibi dalga şeklinde akış izleri meydana gelir. Bu hatalar ve çözüm önerileri Çizelge 7.3'de ayrıntılı olarak gösterilmektedir.



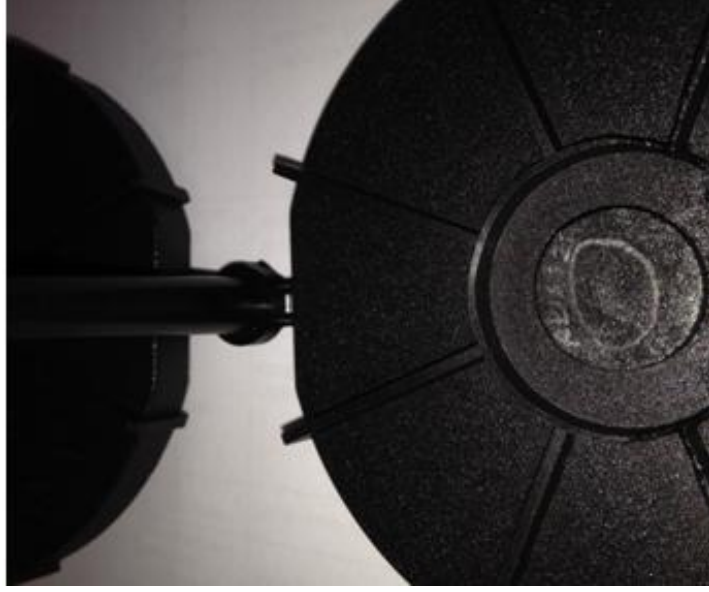
Şekil 7.3 Akış izi

Çizelge 7.3 Akış İzi Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Akış İzi Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemedan	
-Enjeksiyon hızı çok düşük olabilir veya çok yüksektir.	-Kalıp ısı kontrolü iyi değildir.	-Eriyik sıcaklığı düşük olabilir.	Enjeksiyon hızı ayarlanmalı, erimemiş mal olma ihtimali kontrol edilmeli, enjeksiyon çukuru kontrol edilmeli.
-Enjeksiyon basıncı çok düşük olabilir.	-Kalıp sıcaklığı yolluk girişinde çok yüksektir.		
-Ütüleme basıncı çok düşük olabilir.	-Kalıp çok soğuk olabilir.		
	-Yolluk çapı çok küçük olabilir.		
	-Yanlış yolluk girişi yapılmış olabilir		
	-Yanlış sıcak yolluk sistemi yapılmış olabilir.		

7.4. Parça Üzerinde Yanıklar (Diesel Effect)

Enjeksiyon işlemi sırasında fazla ısıtılan veya geri dönüşüm esnasında ergime dereceleri daha düşük plastik parçaların karışmasından kaynaklı malzeme yanması görülmektedir. Şekil 7.4’ te görülen parça üzerinde farklı renkte ve yüzeyde yanıkların çözüm önerileri Çizelge 7.4’de görülmektedir.



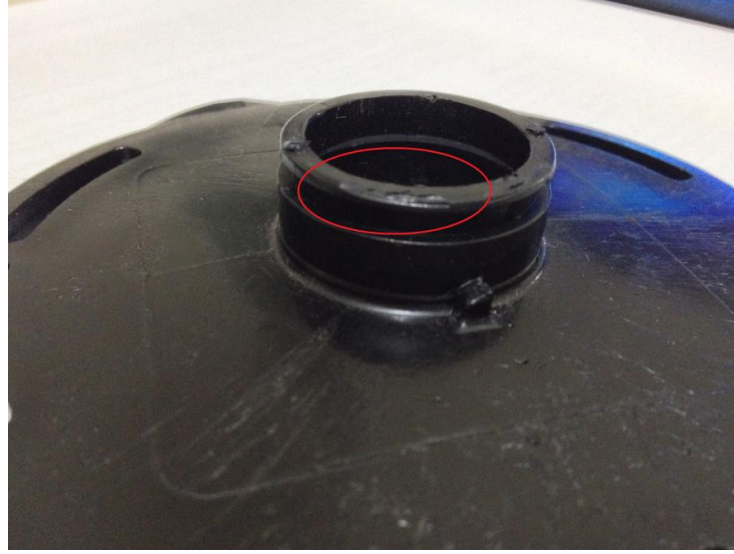
Şekil 7.4 Parça üzerinde yanıklar

Çizelge 7.4 Parça Üzerinde Yanıkların Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Parça Üzerinde Yanıkların Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemedan	
-Geri akış valfinde arıza olabilir.	-Hava akış kanalı/taşıma çukuru kapalı olabilir.	-Malzeme yüksek sıcaklıkta yanma	Hava emiş kanalları tıkanmaya karşı kontrol edilmeli, enjeksiyon hızı
-Enjeksiyon hızı çok yüksek olabilir.	-Kalıptaki keskin köşelere bağlı yanma olabilir.	veya düşük sıcaklığa bağlı sürtünerek	düşürülmeli, enjeksiyon basıncı düşürülmeli, kademeli enjeksiyon
-Geri basınç çok yüksek olabilir.	-Yolluk girişi dar olabilir.	yanıyor olabilir.	denenmeli ısıtıcıların doğru çalışıp çalışmadığı kontrol edilmeli, vida hızı düşürülmeli, meme sıcaklığı düşürülmeli.

7.5. Parçada Soyulma (Delamination)

Plastik parçaların yüzeylerinden kalkmış kabuk şeklinde yada yüzeyden sıyrılmış ve atmış tabaka şeklinde görülmektedir. Şekil 7.5. te plastik bir kapağın boğaz kısmında meydana gelen soyulma görülmektedir. Kalıptan, malzemedan ve makinadan kaynaklanabilen bu hatalar ve çözüm önerileri Çizelge 7.5’de ayrıntılı olarak gösterilmektedir.



Şekil 7.5 Parçada soyulma

Çizelge 7.5 Parçada Soyulmanın Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Parçada Soyulmada Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemedan	
-Enjeksiyon hızı çok yüksek olabilir.	-Kalıp çok soğuk olabilir. -Yollukta keskin köşeler olabilir. -Keskin köşelere bağlı yüksek ısı oluşması	-Malzeme eriyik sıcaklığı çok yüksek olabilir. -Malzeme tam erimemiş olabilir. -Yanlış masterbatch veya katkı maddesi kullanımı, başka bir polimer katılmış olabilir, çok fazla deşe veya kırılmış mal karışması olabilir.	Eriyik sıcaklığı arttırılmalı, kalıp sıcaklığı arttırılmalı, enjeksiyon hızı düşürülmeli, masterbatch değişmeli, deşe veya kırık oranı düşürülmeli, malzeme ve kurutma kontrol edilmeli, keskin köşelere radius verilmeli.

7.6. Ebatlarda Farklılık (Dimensional Variations)

Plastik enjeksiyon kalıpcılığında en çok karşılaşılan problemlerin başında gelir. Bazı durumlarda iki gözlü veya çok gözlü bir kalıbın aynı baskıda üretilen parçaları arasında ölçü farklılıkları görülmektedir. Şekil 7.6. 'da iki gözlü kalıbın aynı baskıda alınan numuneleri görülmektedir, numunelerin dış çaplarında 0.25mm fark görülmektedir. Hatalar ve çözüm önerileri Çizelge 7.6'da görülmektedir.



Şekil 7.6 Ebatlarda farklılık

Çizelge 7.6 Ebatlarda Farklılığın Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Ebatlarda Farklılığın Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemedan	
-Enjeksiyon basıncı çok düşük olabilir.	-Kalıp sıcaklığı çok yüksek olabilir.	-Yanlış malzeme	Enjeksiyon basıncını arttırılmalı, soğutma
-Ütöleme süresi çok düşük olabilir.	-Yolluk girişleri çok küçük olabilir.	seçilmiş olabilir.	süresi arttırılmalı, kalıp sıcaklığı arttırılmalı,
-Çevrim süresi düşük olabilir.	-Kalıp çok küçük olabilir.		çevrim süresi iyileştirilmeli, yolluk çapı
-Geri akış valfi arızalı olabilir.			arttırılmalı, cam elyafı
-Isıtıcılar arızalı olabilir.			mallarda yolluk girişi değiştirilmeli.

7.7. Çapak (Fault Flash)

Şekil 7.7.' de görüldüğü gibi parçaların kalıp ayırım çizgilerinde meydana gelen ürün sızmasıdır. Bir çok sebebi vardır; enjeksiyon basıncının yüksek olması, kalıp tasarımının yanlış olması, kalıp işleme hatası, mengene kapama kuvvetinin yetersiz olması başlıca sebepleridir. Çizelge 7.7 de çapaklanma hata kaynakları ve çözüm önerileri görülmektedir.



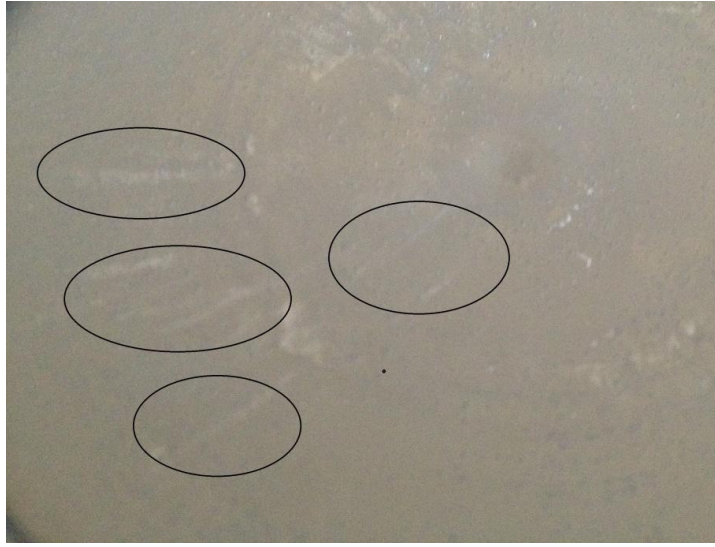
Şekil 7.7 Çapaklanma

Çizelge 7.7 Çapaklanma Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Çapaklanma Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemedan	
-Kapama basıncı düşük olabilir.	-Kalıp yanlış bağlanmış olabilir.	-Malzeme sıcaklığı yüksek olabilir.	Enjeksiyon hızı düşürülmeli, enjeksiyon basıncı düşürülmeli,
-Enjeksiyon basıncı yüksek olabilir.	-Kapama zayıf olabilir.	-Malzeme akışkanlığı çok yüksek olabilir.	kapama kuvveti arttırılmalı, kalıp bağlama kontrol edilmeli, eriyik sıcaklığı düşürülmeli,
-Enjeksiyon hızı çok yüksek olabilir.	-Kalıp yüzeylerinde aşınma,bozulma olabilir.		kalıp sıcaklığı düşürülmeli.
	-Kalıp yüzeyi büyük olabilir.		

7.8. Parça Yüzeyinde Akış İzleri (Surface Finish)

Parça yüzeyindeki akış izleri parçanın dolum noktasından(yolluk girişi-meme) en dış noktalara doğru çizgi şeklinde uzantılardır. Şekil 7.8’ de yuvarlak bir parçanın orta noktasından dış duvarına doğru ilerleyen akış izleri görülmektedir. Çizelge 7.7’de parça yüzeyinde akış izi hata kaynakları ve çözüm önerileri görülmektedir.



Şekil 7.8 Parça yüzeyinde akış izleri

Çizelge 7.8 Parça Yüzeyinde Akış İzi Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Parça Yüzeyinde Akış İzi Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemedan	
-Enjeksiyon hızı çok yüksek olabilir.	-Kalıp çok soğuk olabilir. -Yolluk çapları çok düşük olabilir. -Yanlış yolluk girişi.	-Malzeme erimemiş olabilir.	Enjeksiyon basıncı arttırılmalı, meme ısıtıcısı kontrol edilmeli, kalıp sıcaklığı arttırılmalı, eriyik sıcaklığı arttırılmalı, eriyik sıcaklığı arttırılmalı, yolluk çapı büyütülmeli, yolluk girişi değiştirilmeli, tab veya submarine plus yolluk kullanılmalı.

7.9. Parça Yüzeyinde Yuvarlak Halkalar (Ripples On Surface)

Şekil 7.9’ da görüldüğü gibi parça üzerinde yuvarlak halkalar şeklinde görülmektedir. Kalıptan, makineden ve malzemeden kaynaklı olabilmektedir. Çözüm önerileri 7.9’da görülmektedir.



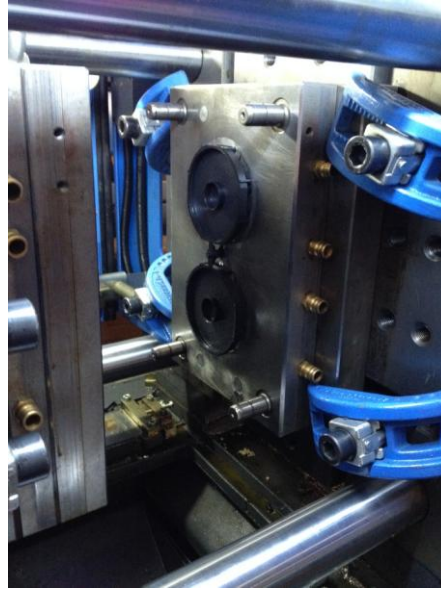
Şekil 7.9 Parça yüzeyinde yuvarlak halkalar

Çizelge 7.9 Parça Yüzeyinde Yuvarlak Halkalar Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Parça Yüzeyinde Yuvarlak Halkalar Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemede	
-Enjeksiyon hızı çok düşük olabilir.	-Kalıp sıcaklığı çok düşük olabilir.	-Malzeme eriyik sıcaklığı düşük olabilir.	Enjeksiyon hızı arttırılmalı, enjeksiyon basıncı arttırılmalı, eriyik sıcaklığı arttırılmalı, kalıp sıcaklığı arttırılmalı, kalıp sıcaklığı arttırılmalı,
-Enjeksiyon basıncı çok düşük olabilir.	-Kalıp yüzeyinde farklı desen olabilir.		kalıp deseni kontrol edilmeli.

7.10. Dişi Kalıba Yapışma (Sticking In Mold ‘Female Mold’)

Erkek ve dişi yarımlarından oluşan kalıplarda parçanın dişide yani yolluk tarafında çelik içinde kalması problemidir. Şekil 7.10’ da görüldüğü gibi ürünler yolluk tarafında kalmıştır. Kesinlikle arzu edilmeyen bir problemdir hatalı kalıp tasarımı yeterli olmayan çıkma açıları, keskin köşeler vb. sebeplerden kaynaklanmaktadır. Dişi kalıba yapışma hata kaynakları ve çözüm önerileri Çizelge 7.10’da görülmektedir.



Şekil 7.10 Dişi kalıba yapışma

Çizelge 7.10 Dişi Kalıba Yapışma Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Dişi Kalıba Yapışma Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemeden	
-Enjeksiyon basıncı çok yüksek olabilir.	-Kalıp sıcaklığı çok yüksek olabilir.	-Malzeme sıcaklığı çok yüksek olabilir.	Çevrim süresi kontrol edilmeli(özellikle soğutma süresi), enjeksiyon basıncı düşürülmeli, ütüleme süresi düşürülmeli, enjeksiyon hızı düşürülmeli, sabit yastıklama için mal alımı ayarlanmalı veya düşürülmeli, kalıp yüzeyi kontrol edilmeli, kalıp açma süresi arttırılmalı, malzeme sıcaklığı düşürülmeli, kalıp sıcaklığı düşürülmeli, doğru kalıp ayırıcı kullanılmalı.
-Enjeksiyon hızı çok yüksek olabilir.	-Kalıp çok soğuk olabilir.		
-Ütüleme süresi çok uzun olabilir.	-Kötü yüzey deseni.		
-Mal alımı çok fazla olabilir.			

7.11. Erkek Kalıba Yapışma (Sticking In Mold ‘Male Mold’)

Üretilcek olan ürünlerin erkek kalıbın üzerinde kalması problemidir. Aslında parçaların erkek kalıbın üzerinde yani itici veya sıyrıcı sistemlerin bulunduğu taraflarda kalması istenir fakat Şekil 7.11’ de görüldüğü gibi plastikler iticilerin vurmasına rağmen erkek çeliklerden kurtulmamış ve hareketli grup üzerinde kalmıştır. Hatalar ve çözüm önerileri Çizelge 7.11’de görülmektedir.



Şekil 7.11 Erkek kalıba yapışma

Çizelge 7.11 Erkek Kalıba Yapışma Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Erkek Kalıba Yapışma Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemededen	
-Enjeksiyon basıncı çok yüksek olabilir.	-Erkek taraf daha sıcak olabilir.	-Kalıp ayırıcı az olabilir.	Çevrim süresi kontrol edilmeli(özellikle soğutma süresi), enjeksiyon basıncı düşürülmeli, ütüleme süresi düşürülmeli, sabit yastıklama için mal alımı ayarlanmalı veya düşürülmeli, kalıp açma süresi arttırılmalı, malzeme sıcaklığı düşürülmeli, doğru kalıp ayırıcı kullanılmalı.

7.12. Eksik Baskı (Fault Short)

Eksik baskı Şekil 7.12’ de görüldüğü gibi üretilecek olan parçanın tam şeklini alamamasıdır. Uygun olmayan gramaj, yetersiz enjeksiyon kapasitesi, yanlış yolluk tasarımı gibi hatalar başlıca sebeplerdir. Eksik baskı hataları ve çözüm önerileri Çizelge 7.12’de görülmektedir.



Şekil 7.12 Eksik Baskı

Çizelge 7.12 Eksik Baskı Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Eksik Baskı Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemedan	
-Düşük mal alma olabilir.	-Kalıp hava çıkış kanalı kapalı olabilir.	-Eriyik sıcaklığı düşük olabilir.	Mal alımı arttırılmalı, enjeksiyon basıncı
-Enjeksiyon basıncı düşük olabilir.	-Kalıp soğuk olabilir.	-Malzeme akışkanlığı düşük olabilir.	arttırılmalı, silindir sıcaklıkları arttırılmalı, cam elyafı mallarda kalıp sıcaklığı arttırılmalı, parçanın et kalınlığı arttırılmalı, meme çapı arttırılmalı, yolluk çapı, giriş ve tipi değiştirilmeli.
-Enjeksiyon hızı düşük olabilir.			
-Enjeksiyon süresi kısa olabilir.			
-Geri akış valfinde arıza olabilir.			

7.13. Yüzeyde Çöküntü (Fault Sink Marks)

Kullanılan hammaddeye göre üretilecek olan parçaya uygun olmayan et kalınlığı verilmesi halinde karşımıza çıkan ciddi bir problemdir. Genelde kalınlığın fazla olduğu bölgelerde bulunan ergiyik plastiğin soğuma esnasında moleküller arası çekim kuvvetinden kaynaklı malzeme çekmesi ve büzülmesi meydana gelir eğer ütüleme basıncı ile çeken malzeme yerine yenisi sıkıştırılmaz ise parça yüzeyinde Şekil 7.13’ te görüldüğü gibi çöküntü izleri meydana gelir. Hatalar ve çözüm önerileri Çizelge 7.13’de görülmektedir.



Şekil 7.13 Yüzeyde Çöküntü

Çizelge 7.13 Yüzeyde Çöküntü Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Yüzeyde Çöküntü Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemeden	
-Enjeksiyon basıncı düşük olabilir.	-Kalıp sıcaklığının çok yüksek olması nedeni ile kalıp çekmesi yüksek olabilir.	-Malzeme eriyik sıcaklığı çok yüksek olabilir.	ABS ve PC gibi mallarda enjeksiyon hızı maksimuma çıkarılmalı, POM, PP, PA ve PBT vb. mallarda enjeksiyon hızını düşürmeli.Ütüleme süresi arttırılmalı, enjeksiyon basıncı arttırılmalı, eriyik sıcaklığı düşürülmeli, kalıp sıcaklığı düşürülmeli, yolluk çapı arttırılmalı, yolluk girişi en kalın bölgeden yapılmalı, kalıp yüzeyi tekstüre edilmeli.
-Enjeksiyon basıncı süresi düşük olabilir.	-Yolluk çapı küçük olabilir.		
-Mal alma düşük olabilir.	-Akış yolu çok uzun olabilir.		
	-Yanlış bölgelerdeki federler.		

7.14. Parçada Gri-Gümüş Renkte Dalgalanma (Moisture Streaks)

Şekil 7.14.’ te görüldüğü gibi parça üzerinde meydana gelen renk dalgalanmasıdır. Herhangi bir fonksiyonel probleme sebep olmaz sadece görsel bozukluktur. Parçada gri-gümüş renkte dalgalanma hataları ve çözüm önerileri Çizelge 7.14’de görülmektedir.



Şekil 7.14 Parçada gri gümüş renkte dalgalanma

Çizelge 7.14 Parçada Gri-Gümüş Dalgalanma Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Parçada Gri-Gümüş Dalgalanma Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemedan	
-Yanmış parçalar olabilir.	-Sıcak yollukta veya memede ,keskin köşeli kalıplarda yanma olabilir.	-Mal yanıyor olabilir.	Malın kurutma koşulları(süre ve sıcaklık) kontrol edilmeli,
-Enjeksiyon basıncı çok yüksek veya düşük olabilir.	-Sıkışan gazlar sebep olabilir.	-İçinde başka malın olması sebep olabilir.	kurutucu kontrol edilmeli, kurutmadan sonra nem oranı kontrol edilmeli, meme sıcaklığı düşürülmeli, sıcaklıklar düşürülmeli, enjeksiyon hızı düşürülmeli, kalıp sıcaklığı arttırılmalı, çevrim süresi kısaltılmalı, kovan temizlenmeli.
-Geri basınç çok düşük olabilir.		-Fazla nemli olabilir.	

7.15. Yolluk Girişinde Dalgalanma (Blush)

Şekil 7.15’ te görüldüğü gibi yolluk girişinde meydana gelen dalgalanmadır, kalıptan çıkarılan ürünün yolluk kısımları kesilip atıldığı için herhangi bir problem teşkil etmemektedir. Hatalar ve çözüm önerileri Çizelge 7.15’de görülmektedir.



Şekil 7.15 Yolluk girişinde dalgalanma

Çizelge 7.15 Yolluk Girişinde Dalgalanma Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Yolluk Girişinde Dalgalanma Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemeden	
-Enjeksiyon hızı yüksek olabilir.	-Kalıp çok soğuk olabilir. -Yolluk çapı küçük olabilir.	-Malzeme soğuk olabilir.	Enjeksiyon hızı arttırılmalı, kalıp sıcaklığı arttırılmalı, eriyik sıcaklığı arttırılmalı, yolluk giriş yeri değiştirilmeli.

7.16. Kalıp Yüzeyinde Farklı Renkte Dalgalanma Damarlanma

Şekil 7.16’ da görüldüğü gibi parça üzerinde ardı ardına gelen farklı renklerde dalgalanma ve damarlanma şeklinde karşımıza çıkar. Kalıp yüzeyinde farklı dalgalanma damarlanma hatalarının sebep ve çözüm önerileri Çizelge 7.16’de görülmektedir.



Şekil 7.16 Kalıp yüzeyinde farklı renkte dalgalanma

Çizelge 7.16 Kalıp Yüzeyinde Farklı Renkte Dalgalanma Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Kalıp yüzeyinde Farklı Renkte Dalgalanma Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemeden	
-Geri akış valfi arızalı olabilir.	-Kalıp yüzeyinde kalan bölümler.	-Başka mal karışımı veya makinada kalan mal sebep olabilir.	Damarlanma eğer düzenli ise problem makina’dan kaynaklı, farklı renklerde ise masterbatch’den, eğer düzensiz ise sırayla başka mal karışıp karışmadığı kontrol edilmeli. Kovan iyice temizlenmeli, geri akış valfi kontrol edilmeli, vida ve kovanı aşınmaya karşı kontrol edilmeli.

7.17. İpliklenme

İpliklenme kalıp dolumu tamamlandıktan sonra ergiyik halde olan plastiğin sünmesi saçak şeklinde uzaması olayıdır şekil 7.17 de görüldüğü gibi genelde yolluk uçlarında veya gaz çıkışı için açılmış kanallardan plastik sızması veya sünmesi şeklinde meydana gelmektedir. Hatalar ve çözüm önerileri Çizelge 7.17’de görülmektedir.



Şekil 7.17 İpliklenme

Çizelge 7.17 İpliklenme Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

İpliklenme Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemedan	
-Geri basınç çok yüksek olabilir.	-Yanlış yolluk	-Zayıf eriyik şekli sebep olabilir.	Geri emiş arttırılmalı, geri basınç düşürülmeli, meme sıcaklığı düşürülmeli veya değişik sıcaklıklara ayarlanmalı.
-Meme sıcaklığı çok yüksek olabilir.	seçimi		

7.18. Parça İçinde Boşluklar (Voids)

Genelde yolluk girişine en uç noktada meydana gelir, ütüleme basıncının yetersiz olması gibi sebeplerden meydana gelmektedir. Şekil 7.18 de görüldüğü gibi yolluk girişine en uzak noktada meydana gelmiştir ve çapak görülmektedir ergiyik sıcaklığının çok yüksek olması ve ütülemenin yetersiz olması sebep olmuştur. Hatalar ve çözüm önerileri Çizelge 7.18’de görülmektedir.



Şekil 7.18 Parça içinde boşluklar

Çizelge 7.18 Parça İçerisinde Boşluklar Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Parça İçerisinde Boşluk Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemedan	
-Enjeksiyon basıncı düşük olabilir.	-Kalıp sıcaklığı düşük olabilir.	-Eriyik sıcaklığı çok yüksek olabilir.	Enjeksiyon hızını orta seviyelere düşür. Ütüleme süresini arttır, eriyik sıcaklığını düşür, kalıp sıcaklığı arttırılmalı, yolluk çapı arttırılmalı ve akış yolu kısaltılmalı, daha homojen et kalınlığına göre parça dizayn edilmeli.
-Enjeksiyon basıncı süresi kısa olabilir.	-Parça et kalınlığı yüksek olabilir.	-Yanlış malzeme seçimi olabilir.	
-Enjeksiyon hızı yüksek olabilir.			
-Geri basınç yüksek olabilir.			

7.19. Çarpılma (Distortion)

Şekil 7.19 da görüldüğü gibi çarpılmanın en büyük sebebi soğutma problemidir. Bir kısmı sıcak ve yumuşak diğer kısımları soğuk ve sert olan parça kalıptan çıkarken burulmaya ve esnemeye maruz kalır ve çarpılma problemi ortaya çıkar. Hatalar ve çözüm önerileri Çizelge 7.19’de görülmektedir.



Şekil 7.19 Çarpılma

Çizelge 7.19 Çarpılma Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Çarpılma Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemedan	
-Yetersiz soğutma olabilir.	-Yanlış yolluk giriş yeri.	Dolgu malzemesi homojen	Kalıp sıcaklığı her iki bölümde aynı olmalı, kalıbın iticilerden aynı anda itildiği kontrol edilmeli. Parçanın doğru stoklandığı ve dizildiği kontrol edilmeli, parça ağırlığı kontrol edilmeli. Enjeksiyon ütüleme zamanı kontrol edilmeli, soğuma süresi artırılmalı. Enjeksiyon basıncı arttırılmalı veya azaltılmalı, yolluk çapı arttırılmalı, yeri değiştirilmeli veya sayısı arttırılmalı.
-Enjeksiyon basıncı çok yüksek olabilir.	-Uygun olmayan iticiler.	karişmamış olabilir. Yanlış malzeme seçimi sebep olabilir.	
	-Dişi kalıp tarafı çok sıcak olabilir.		

7.20. Birleşme İzleri (Weld Line)

Birleşme izleri yolluğa en uzak noktada meydana gelir, ergimiş plastik kalıp boşluğunu doldurarak ilerler ve en son kısma geldiği zaman birbiri içine girer yolluğa en uzak noktada akışkanlığı iyice azalmış olan soğuk ergiyik şekil 7.20’ de görüldüğü gibi birleşme izi oluşturur. Hatalar ve çözüm önerileri Çizelge 7.20’de görülmektedir.



Şekil 7.20 Birleşme izleri

Çizelge 7.20 Birleşme İzleri Hata Kaynakları ve Çözüm Önerileri

Birleşme İzleri Hata Kaynakları			Çözüm önerileri
Makineden	Kalıptan	Malzemedan	
-Enjeksiyon hızı çok yavaş olabilir.	-Kalıp çok soğuk olabilir.	-Eriyik sıcaklığı düşük olabilir.	Enjeksiyon basıncı arttırılmalı, ütüleme süresi arttırılmalı,
-Enjeksiyon basıncı çok yüksek olabilir.	-Yetersiz hava kanalı veya taşma çukuru olabilir.	-Akışkanlığı düşük olabilir.	enjeksiyon hızı arttırılmalı, eriyik sıcaklığı arttırılmalı, kalıp sıcaklığı arttırılmalı. Taşma çukuru oluştur.
-İleri enjeksiyon süresi kısa olabilir.	-Geri akış valfi arızalı olabilir.		Yolluk yeri değiştirilmeli, yolluk çapı büyütülmeli, tekstüre kalıp yüzeyi tercih edilmeli.
	-Akış yolu çok uzun olabilir.		

8. MATERYAL VE METOD

8.1. Materyal

8.1.1 Enjeksiyon İşleminde Kullanılacak Termoplastik Malzeme

Deneyde kullanılan kapaklar PA6-GF30 termoplastik polimer malzeme kullanılarak üretilmiştir. Üretilecek olan parçaların kullanım yeri ve alanları göz önüne alınarak ihtiyaç duyulan sertlik, mukavemet; petrol yağları, keton ve esterlere karşı dayanım tercih sebebi olmuştur. Otomotiv, makine, tekstil, endüstri, elektrik, elektronik, spor ürünleri, telekomünikasyon, gıda endüstrisi ve tıbbi cihazlar, beyaz eşya sanayi başlıca kullanım alanlarıdır.

Çizelge 8.1 PA6-GF30 termoplastik polimer malzemenin işleme parametreleri

Kurutma	80°C, 2-4sa(kapalı, nem almayan torbalar için gerekli değildir)
En Fazla Nem İçeriği	0.2%
İşleme Sıcaklık Aralığı	260-280°C
Kalıp Sıcaklık Aralığı	60-100°C
Enjeksiyon Basıncı	100-150Mpa
Ütüleme Basıncı	50-100Mpa
Geri Basınç	Düşük

Çizelge 8.1.'de enjeksiyon işleminde kullanılan termoplastik hammaddenin spesifikasyonları görülmektedir. Plastik hammaddelerin enjeksiyon makinasında eritilmesinden önce nemden arındırılmaları gerekir PA6-GF30 80°C' de 2-4 saat bekletilmelidir, fakat kullanmış olduğumuz polimerler nem almayan torbalarda muhafaza edildiği için bu işleme gerek yoktur.

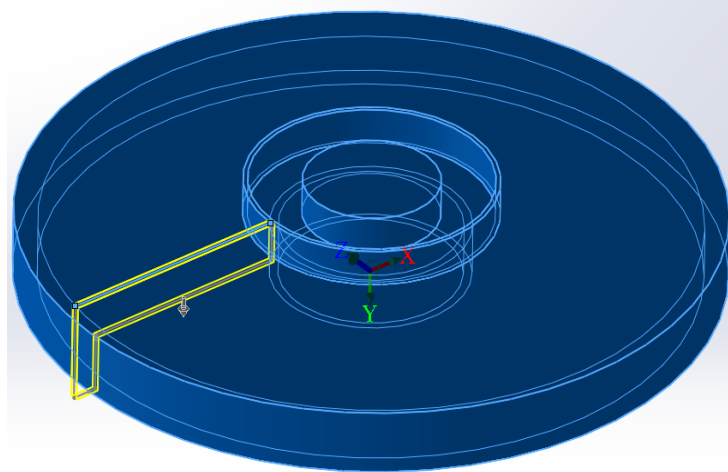
8.1.2 Kalıplanacak Parçanın Tasarımı

Plastik enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretilecek olan parçanın tasarımı yapılırken öncelikle parçanın kullanılacağı alan, parçanın geometrik şekli, sahip olması gereken özellikler göz önüne alınmıştır. Plastik parça filtre elemanı olarak

kullanılacağından alt kısmında merkezleyici, iç kısmında süzücü eleman oturma yüzeyi ve mukavemet arttırıcı federler düşünülerek tasarlanmıştır (Şekil 8.1 ve Şekil 8.2). Parçanın kullanılacağı alan ve ortam şartları düşünülerek ölçülendirilmiş ve PA6-GF30 plastik hammadde öngörülüp parça kalınlığı verilmiştir.

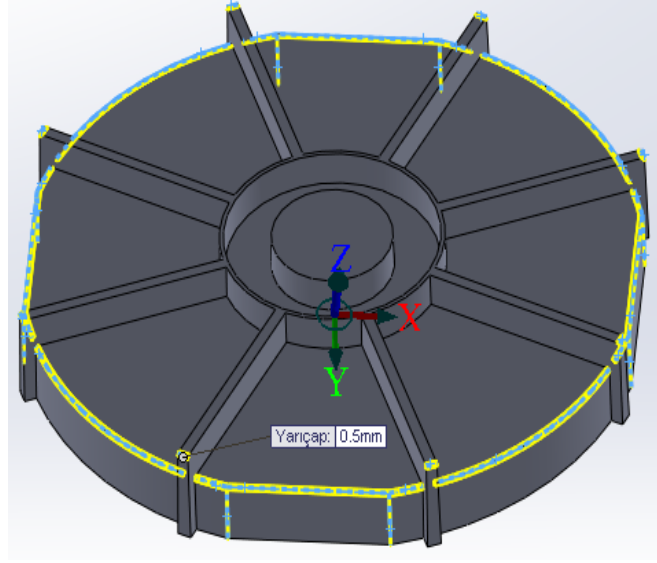
İyi bir kalıp tasarımı başarılı bir ürün tasarımı ile başlar. Bunun anlamı üretim sonrası parça üzerinde meydana gelebilmesi muhtemel hataları, önlemenin veya azaltmanın en basit ve ekonomik yolu tasarım kurallarına uygun ürün geometrileri kullanmak demektir (Erdem, 2007).

Plastik enjeksiyon kalıpcılığında üretilecek olan parçanın kalınlığı en önemli faktörlerin başında gelir. Kullanım yeri ve kullanılacak hammaddenin yanı sıra üretim esnasında enjeksiyon çevrim süresi dahil bir çok parametre göz önünde bulundurulmalıdır. Eğer parça kalınlığı fazla olursa soğuma esnasında plastiğin yoğun olduğu bölgeler fazla çekecek ve çöküntüler meydana gelecek, parça kalınlığı az olursa ergimiş plastik kalıp içindeki ince kısımlara ulaşamayacak ve kalıp boşluğunu doldurmakta sıkıntı yaşanacak. Parçanın mukavemeti ve kullanılan hammadde göz önüne alınarak en az et kalınlığı olarak 1.50 mm seçip et kalınlığının homojen olmasına önem verilmiştir ayrıca parçanın mekanik kuvvetini arttırmak için federlerle güçlendirilmiştir. Bu şekilde eşit olamayan et kalınlığından kaynaklanan çöküntü, birleşme izi, çarpılma gibi üretim hatalarının engellenmesi düşünülmüştür.



Şekil 8.1 Parçaya Feder Eklenmesi

Federler mukavemet gerektiren köşeleri, cidar kenarlarını ve delik çevresinin mukavemetini güçlendirmektedir.

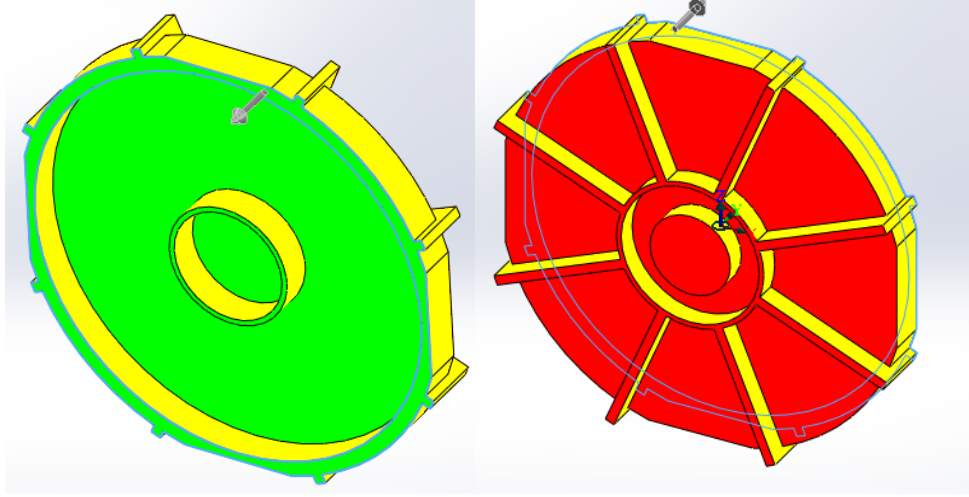


Şekil 8.2 Parçaya Radüs eklenmesi

Plastik parça tasarımında keskin köşeler istenmez, ergimiş plastiğin kalıp boşluğunda rahat hareket etmesi, parçanın kalıptan çıkarken keskin köşelerin plastiği tutmaya çalışması, gerilme yığılmalarının artması, basınç kayıplarının artması başlıca sebeplerdir (Erdem, 2007).

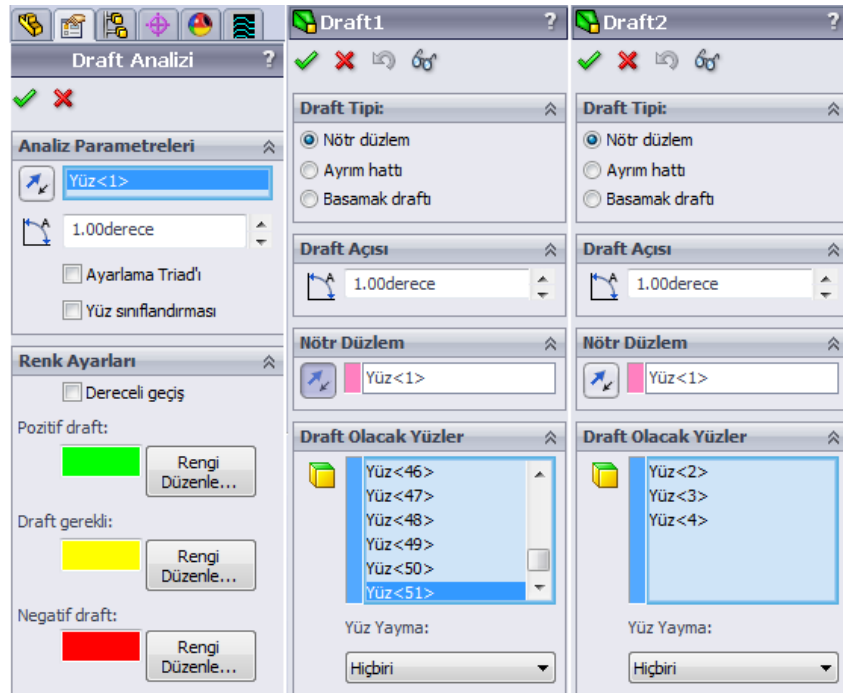
8.1.2.1 Draft Analizi

Eğim açıları kalıp içerisinde enjeksiyon işleminden sonra soğuyup katılaştan parçayı kalıptan rahat çıkarabilmek için, parçanın çıkma eksenine paralel yüzeylere verilen açılardır (Şekil 8.3). Çıkma açıları erkek yarım üzerinde bulunan parçaları itici, sıyrıcı vb. sistemler tarafından itilmeleri sırasında parçanın erkek yarımı kolayca bırakması ve itme yönünde hareketi kolaylaştırması için hayati önem taşır. Eğer parçanın çıkışı için yeterli açı verilmez ise itici sistem parçaya vurduğunda parça çeliğe tutunmak isteyecek ve iticiler parça yüzeyinde iz yapabilecek veya parçayı delip deforme edecektir. Bazı spesifik parçalarda ürünün istenilen çelik yüzeyinde kalması talep edilebilir bu durumda ters açı verilmektedir. Kalıp tasarımına başlamadan önce solidworks cad programında tasarlanan parçanın çıkma yönü belirtilerek açı verilmesi gerekli yüzeyler tespit edilmiştir.

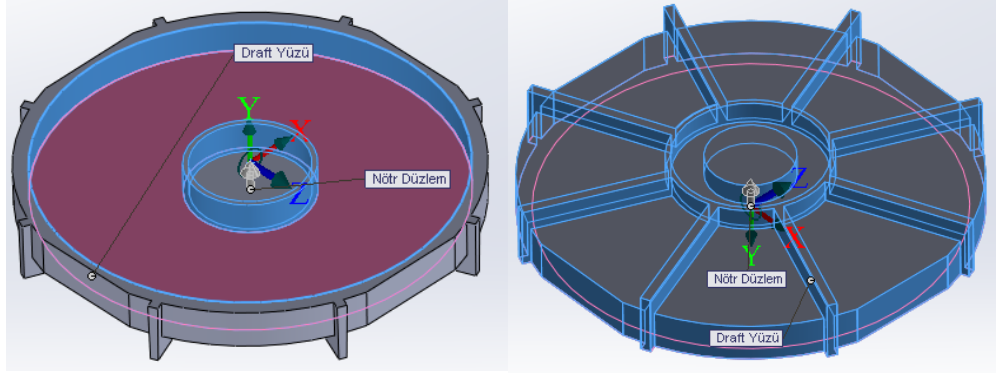


Şekil 8.3 Açı gerekli yüzeylerin renklendirilmiş görünümü

Kalıp ayırım yüzeyinin programa tanıtılması ile parçanın çıkma yönüne göre negatif ve pozitif açı gerekli yüzeyler renklerle belirtilmiştir. Şekil 8.3'te görüldüğü gibi sarı renkli yüzeyler açı verilmesi gereken yüzeyleri, kırmızı ve yeşil yüzeyler kalıp yarımlarına temas eden açı gerekmeyip sarı (açı gerekli) yüzeylere nötr düzlem oluşturacak yüzeyleri belirtmektedir (Şekil 8.4 ve Şekil 8.5). Plastik enjeksiyon kalıpcılığında parçanın daima itici sistemin olduğu tarafta kalması istenir bu şekilde kalıp yarımları açılarak parça itici sistemin bulunduğu çelik üzerinden itilerek alınır.



Şekil 8.4 Açı gerekli yüzlerin ve değerlerin programa tanıtılması

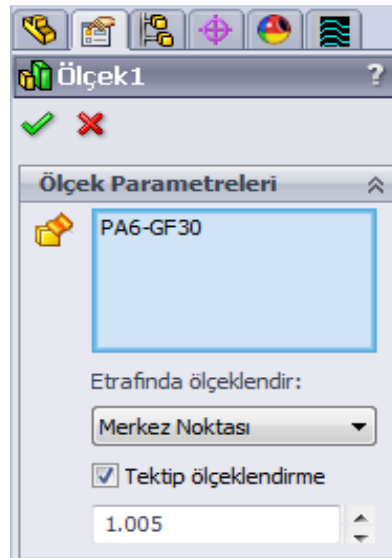


Şekil 8.5 Çıkma yönüne göre açılacak yüzler

8.1.2.2 Kalıplanacak Parçaya Çekme Payının Verilmesi

Tasarlanan parça plastik enjeksiyon kalıpcılığı ile üretileceği için kullanılacak termoplastik hammaddeye göre parçaya kalıp çekmesi tanımlanır (Şekil 8.6). Kalıp çekmesi kalıp boşluğu ölçüleri ile tasarlanan parçanın gerçek boyutları ile arasındaki farktır (Yelkenci, 2008).

Plastik malzeme ergimiş halde kalıp boşluğuna belirli bir enjeksiyon basıncı ile enjekte edilir, ergimiş plastik soğuyup katılaşmaya başlayınca çekmeye başlar çeken plastikte çökmeleri engellemek cidarları ve profilleri doldurmak için ütüleme basıncı altında malzeme enjekte edilir ve parçanın şeklini alması sağlanır. Bu sebepten dolayı tasarlanmış olduğumuz parçayı üretmek için kullanacağımız PA6-GF30 termoplastik hammaddeye belirlenmiş olan 0.005mm çekme payı parçaya verilerek kalıp tasarımı yapılır.



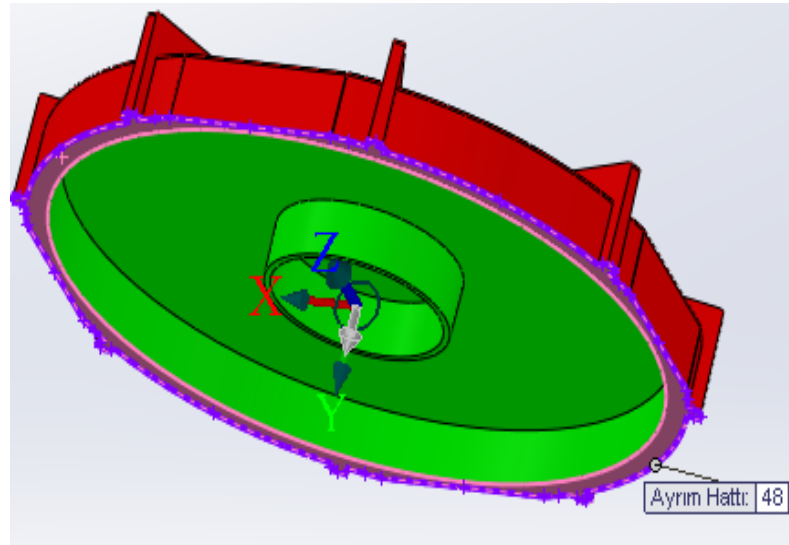
Şekil 8.6 Termoplastik malzemeye bağlı çekme payı tanımlanması

Plastik parçaya çekme payının verilmesi 100 mm çapındaki ürünün 100.50 mm çapındaki bir ürün ölçüsüne gelmesidir. Çekme payı verilen parçanın merkezden dışa doğru tüm ölçüleri homojen olarak büyür. Bu şekilde enjeksiyon işlemi tamamlandıktan sonra soğuyup küçülen parça istenilen ölçülerde üretilmiş olur.

8.1.3 Kalıp Tasarımı

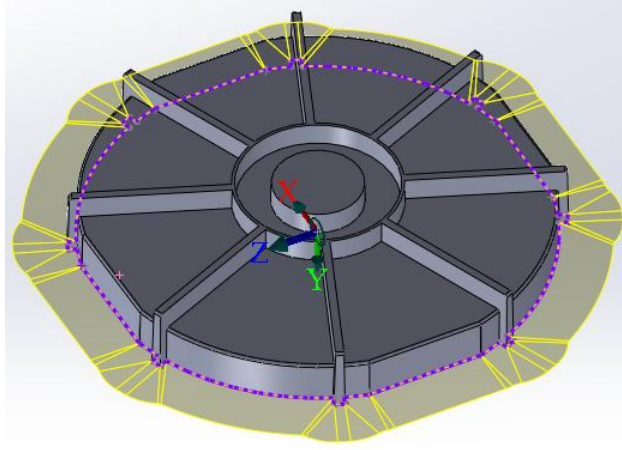
8.1.3.1 Erkek ve Dişi Çekirdeklerin Oluşturulması

Kalıp yarımlarının öpüştüğü, ürünün açılma düzlemi üzerinde bulunan çizgiye ayırma hattı (kalıp açılma çizgisi) denir. Tasarlamış olduğumuz parçanın geometrik şekli ve ebatlarına göre birden fazla ayırma çizgisi olabilir, parçanın şekli boyutsal toleransları, enjeksiyonla kalıplama metodu göz önüne alınarak tek ayırım çizgisi yeterli olmuştur.



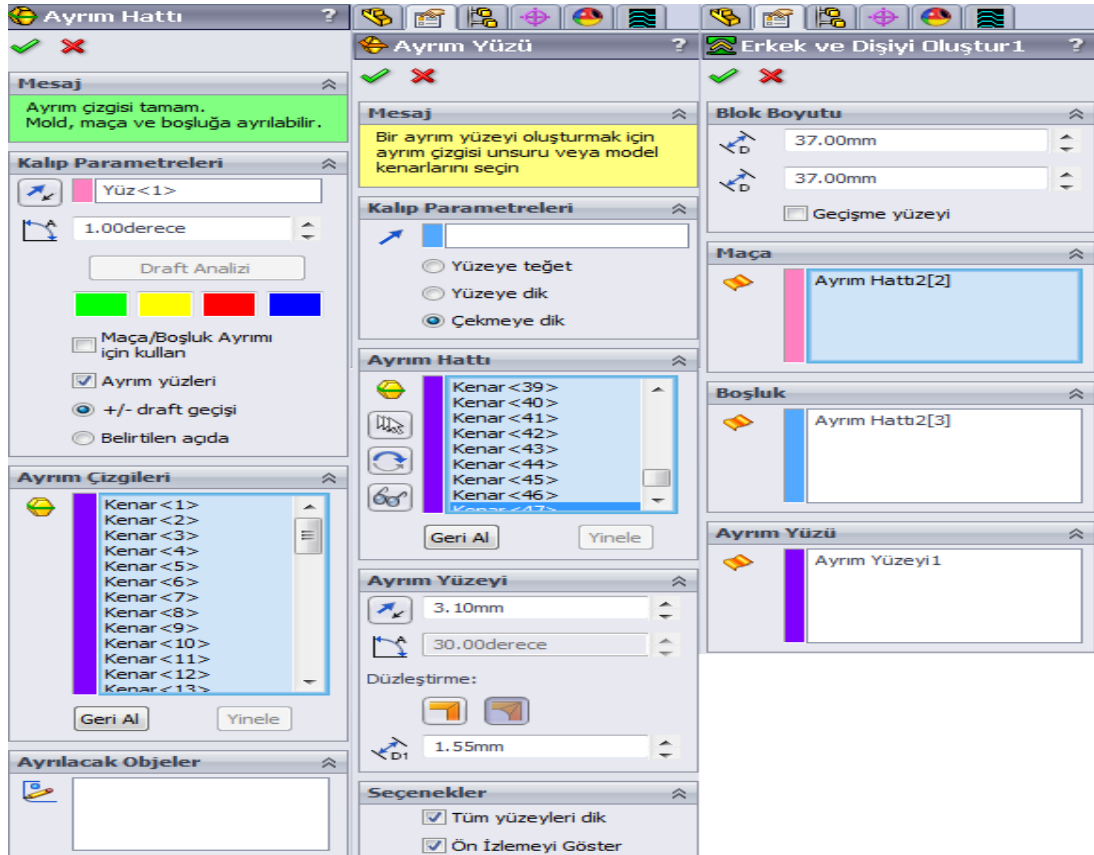
Şekil 8.7 Kalıp ayırım hattının belirtilmesi

Şekil 8.7’ de görüldüğü gibi kalıp ayırım hattının belirlenmesinden sonra parçanın içinde şekilleneceği erkek ve dişi çekirdeklerinin oluşturulması için gerekli olan ayırım yüzeyleri belirtilmiştir (Şekil 8.8). Tasarım programı tarafından algılanan yüzeyler yardımı ile dişi ve erkek çekirdek oluşturulmuştur.



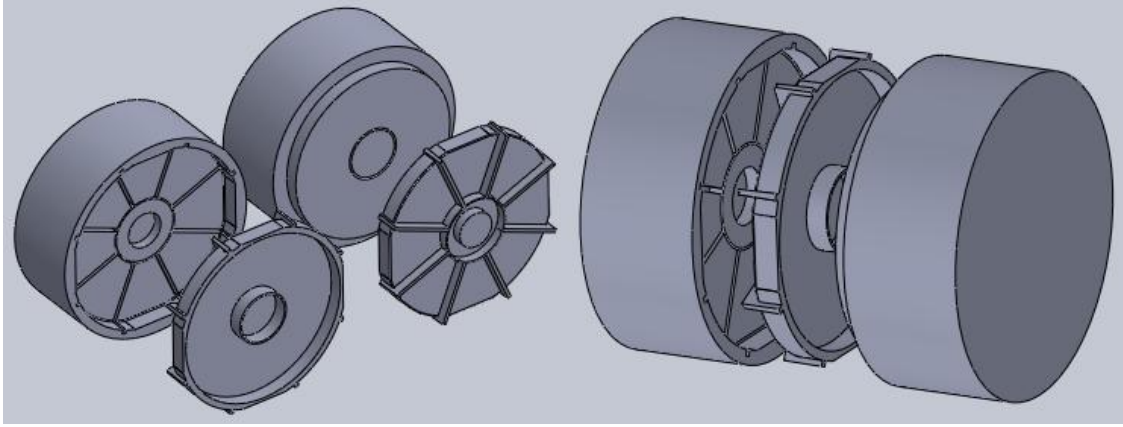
Şekil 8.8 Ayrım Yüzeyinin oluşturulması

Şekil 8.9’ da görüldüğü gibi kalıp ayrım çizgisi ve ayrım yüzeyleri oluşturulduktan sonra sırası ile programa ayrım hattı, ayrım yüzü parametreleri girilir ve ardından solidworks programında otomatik olarak erkek ve dişiye oluşturma penceresi açılır ve uygun görülen çelik kalınlıkları belirtilerek erkek ve dişi çekirdek oluşturulmuş olur.



Şekil 8.9 Erkek ve dişi çekirdek oluşturmak için cad programına değerlerin girilmesi

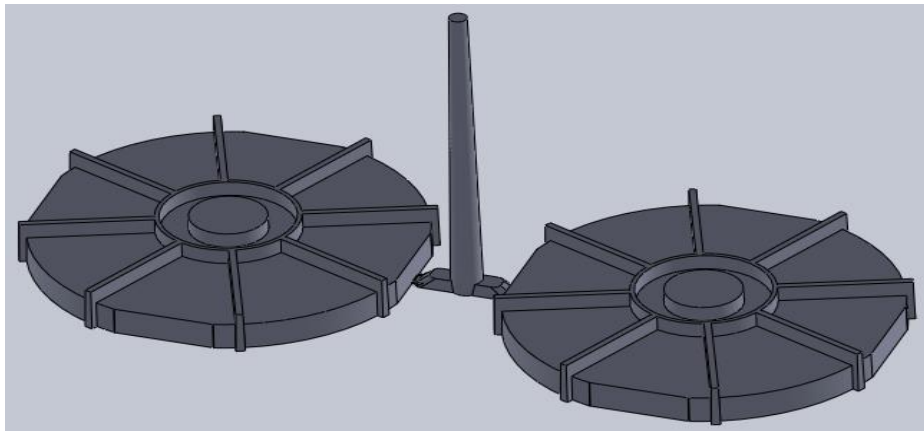
Tüm parametrelerin programa tanıtılmasının ardından şekil 8.10’ da görüldüğü gibi erkek ve dişi çekirdekler oluşturulmuştur. Dişi çekirdek sabit gruba, erkek çekirdek itici sistemin bulunduğu hareketli tarafa yerleştirilmiştir.



Şekil 8.10 Erkek ve dişi çekirdeklerin oluşturulması

8.1.3.2 Kalıp Göz Sayısının Belirlenmesi

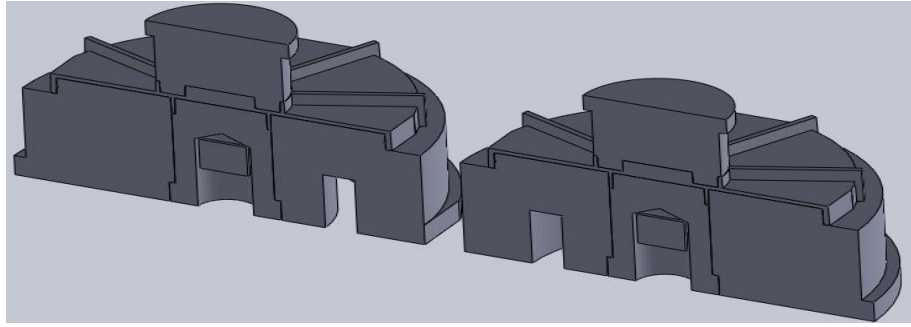
Tasarlanmış olan parçanın yıllık tüketim miktarı kalıbın tek gözlü olması halinde tüketimi karşılamaktadır fakat kullanılacak olan yolluk sistemi, maliyet ve parçanın üzerinde izi kalacak olan yolluk girişi düşünüldüğünde parça 2 gözlü tasarlanmış ve ürün iki çekirdek gözünün tam ortasından soğuk yolluk ile beslenmiştir(Şekil 8.11). Ürün basıldıktan sonra soğuyacak ve yolluk besleme noktasından bükülerek ayrılacaktır. Besleme noktasının kapağın kenar noktası olarak seçilmesinde kapağın kullanılacağı filtre elemanları ve yuvası göz önüne alınmıştır.



Şekil 8.11 İki gözlü konumlandırılıp ortadan beslenen kapaklar

8.1.3.3 İnsörtlerin Yerleştirilmesi

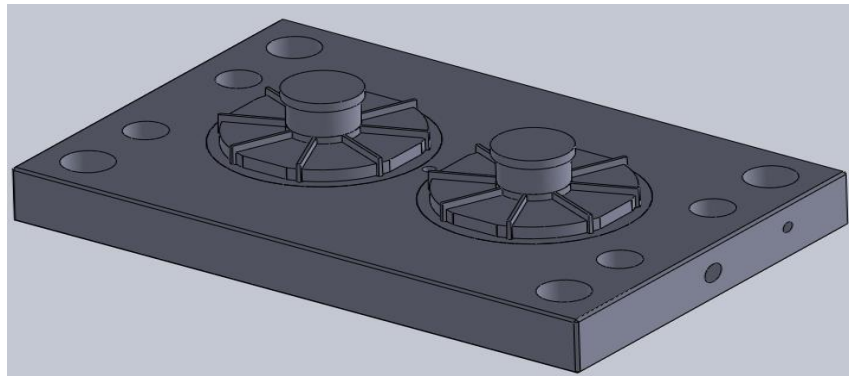
Kalıp çeliklerinin CNC(Computer Numeric Control) ve NC(Numeric Control) tezgahlarında işlenmesi ve çalışacak olan kesici takımların parçanın sahip olduğu federler, delikler ve ince ayrıntıları işlemesi sırasında olası takım kırılmaları parça bozulması veya kalıbın işlenmesinden sonra yapılacak olan modifikasyonlar göz önünde bulundurularak insörtler yerleştirilerek tasarlanmıştır (Şekil 8.12.) ayrıca çelik sarfiyatının düşürülmesi hedeflenmiştir.



Şekil 8.12 İnsörtlerin konumlandırılması

8.1.3.4 Hareketli Grup Hamil

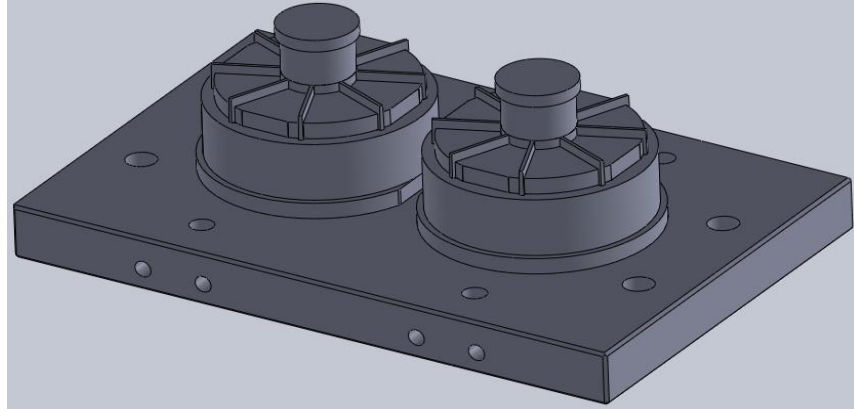
Sabit ve hareketli grup çelikler(hamiller) tasarlanırken öncelikle 2 göz olarak yerleştirilen plastik parça ebatları hesaplanmış bunların etrafına gerekli boşluklar verilerek, taşıyıcı ana kolon - burçlar, geri döndürücü pimler ve bağlantı elemanlar ile soğutma kanalları düşünülerek standart kalıp kataloglarından 296mm x 196mm x 37mm ölçüleri seçilerek tasarlanmıştır (Şekil 8.13.).



Şekil 8.13 Hareketli grup hamil

8.1.3.5 Hareketli Grup Destek Plakası

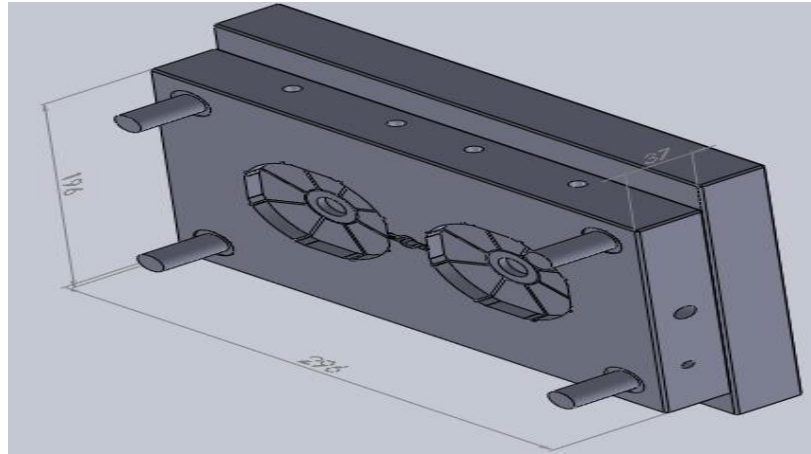
Hareketli grup destek plakası hamil plakasına destek olarak ayrıca hamile insört olarak yerleştirilen çekirdeklere dayama olarak konulmuştur. Soğutma kanalları açıldıktan sonra sızdırmazlığı sağlayacak o-ring contalar destek plakası tarafından sıkıştırılıp su rekorları bu plakadan beslenecektir. Açılacak olan soğutma kanalları, çelik maliyeti ve katalog önermesi ile 27 mm çelik kalınlığı uygun görülmüştür (Şekil 8.14).



Şekil 8.14 Hareketli grup destek plakası

8.1.3.6 Sabit Grup Hamil

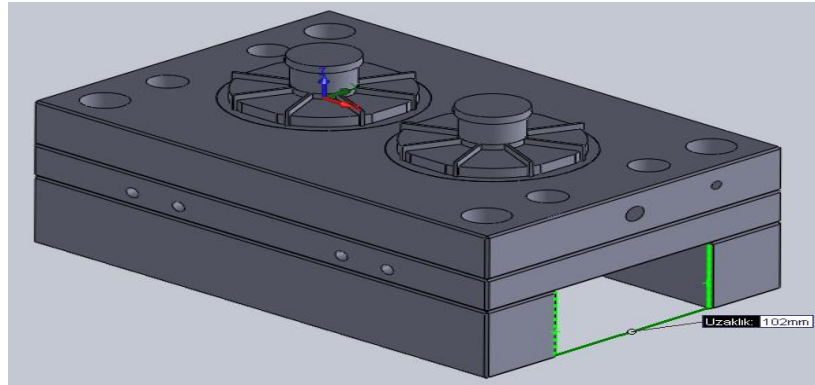
Sabit grup hamil yolluk tarafında bulunan mengenenin açılması ile hareket etmeyen ve dişi çekirdeklere yataklık yapan çeliktir. Ana kolonlara taşıyıcılık yapar ve sabit grup taşıyıcı plaka tarafından desteklenip birbirlerine cıvata ile bağlanır (Şekil 8.15).



Şekil 8.15 Sabit grup hamil

8.1.3.7 Paraleller

Paralel plakalar itici plakaların ürünleri düşürmesi için hareket etmesi gereken mesafeyi oluşturup, kalıpta itici plakalar için kolon görevi görür. 296 mm x 47 mm x 57 mm olarak hesaplanmıştır. Paralellerin yükseklikleri hesaplanırken iki adet 17 mm itici plaka ve 23 mm itici itme mesafesi (hareket mesafesi) düşünülerek 57 mm hesaplanmıştır. Paralel çeliklerin yükseklikleri gereğinden fazla olursa kalıp boyu uzar iticilerin gereğinden fazla ileri geri hareket yapmasından kaynaklı çevrim süresi artar buda üretim ve maliyeti olumsuz etkiler. Eğer paralel çelikler kısa olursa itici pimler parçayı düşürebilecek mesafeyi alamayacak ve ürünler erkek çeliklerinin üzerinde kalacak,çelik yükseklikleri hesaplanırken itici tabla kalınlıkları ve itilecek olan parça derinliği dikkat edilecek önemli ölçülerdir. Paralel plakaların kalınlığının 47 mm olarak hesaplanmasında ara mesafenin 102 mm olma gerekliliği rol oynamıştır. Yerleştirilecek olan itici plakalar ve ürünü itecek olan itici pimlerin müsaade edebileceği ölçüler göz önüne alınmıştır (Şekil 8.16).

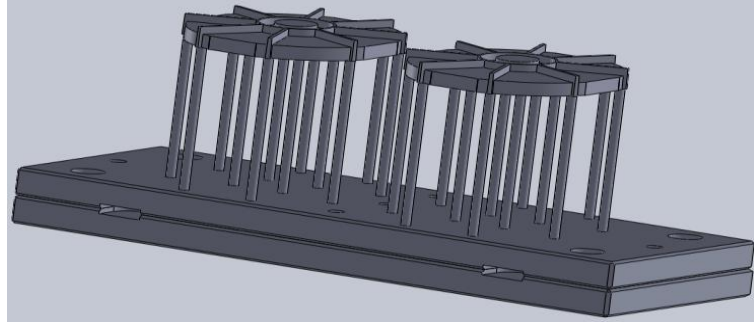


Şekil 8.16 Paralel çelikler

8.1.3.8 İtici Plakalar ve İticiler

İtici plakalar paralellerin arasına yerleştirilen, silindirik başlı itici pimlerin kafa kısımlarının çeliklerin arasına sabitlenmesi ile beraber hareket edip enjeksiyon makinasından aldığı itme kuvveti ile ürünü düşürme işleminde rol oynayan çeliklerdir. Katalog ölçüleri ve kalıp dizaynı göz önüne alınarak 17 mm kalınlığında tasarlanmıştır. İtici plakalara sabitlenen 12 adet 4 mm çapındaki silindirik başlı itici pim seçiminde parçanın yüzey alanı, yerleştirilen insörtler ve soğutma kanallarının pozisyonları

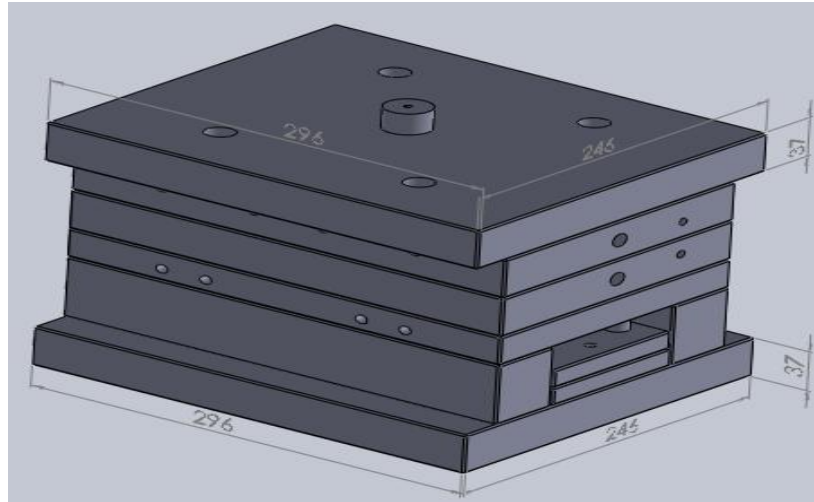
düşünülerek seçim ve konumlandırma yapılmıştır. Ürünlere temas konusunda parçaların silindirik olması sebebiyle dairesel olara 4 adet iç kısma ve 4 adet dış kısma, parçada deformasyonun olmaması için parça kalınlığının fazla olduğu ve federlerin alt kısmına denk getirilerek yerleştirilmiştir. İtici pimlerin yuvaları ürüne 8 mm mesafe kalana kadar 4.5 mm çapında boşluklu delinmiş ürün sızması ve salınımının olmaması için 8mm mesafede hassas ölçüde raybalanmıştır (Şekil 8.17).



Şekil 8.17 İtici plakalar ve pimler

8.1.3.9 Taşıyıcı plakalar

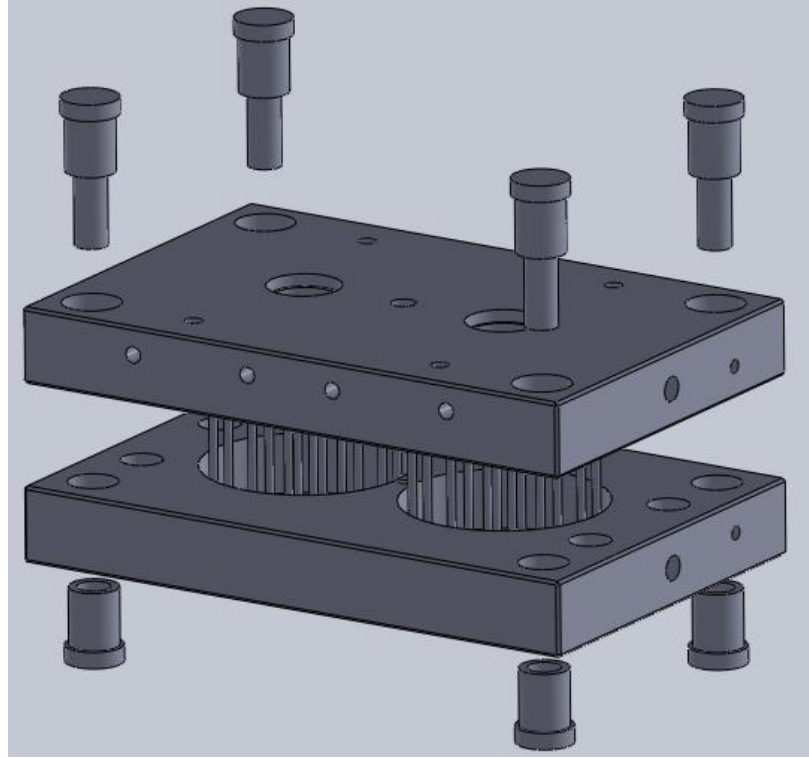
Taşıyıcı plakalar kalıbı taşımaya yarayan ana çeliklerdir, kalıp plastik enjeksiyon makinasına bu çelikler sayesinde bağlanır. Bağlantı elemanları ile bağlanan kalıp çeliklerinin yüzeyleri kalıp mengenelerine dayanır ve genelde papuç ile bağlanır ayrıca kalıbın ana kolon ve burçlarına dayama görevi görür. Kalıp standartlarına göre 246mmx196mmx37mm olarak tasarlanmıştır (Şekil 8.18).



Şekil 8.18 Sabit ve hareketli grup taşıyıcı plakalar

8.1.3.10 Kolon ve burçlar

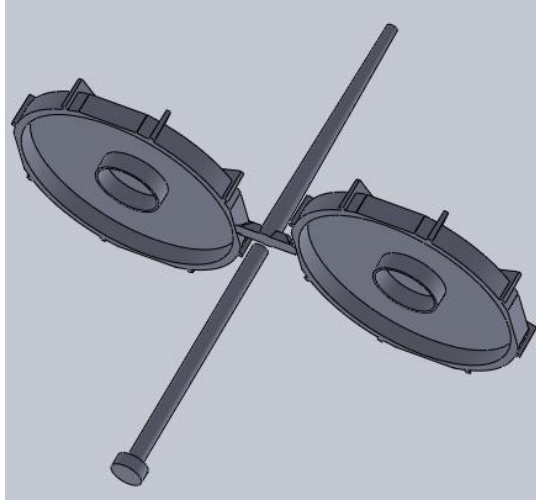
Kolon ve burçlar sabit ve hareketli grup çeliklerinin plakalarının birbirlerine göre konumlanmasını sağlar. Genellikle hareketli grup çeliklerine burçlar, sabit grup çeliklerine kolonlar yerleştirilir kalıp yarımları açıldıktan sonra iticiler tarafında ürün düşürüldüğünde kolonlara takılma riski olduğundan uygulanmaktadır. Kalıp ebatları göz önüne alınarak Ø16mm çapında kolon ve burç kullanılması uygun görülmüştür. (Şekil 8.19).



Şekil 8.19 Kolon ve burçlar

8.1.3.11 Yolluk çekme pimi

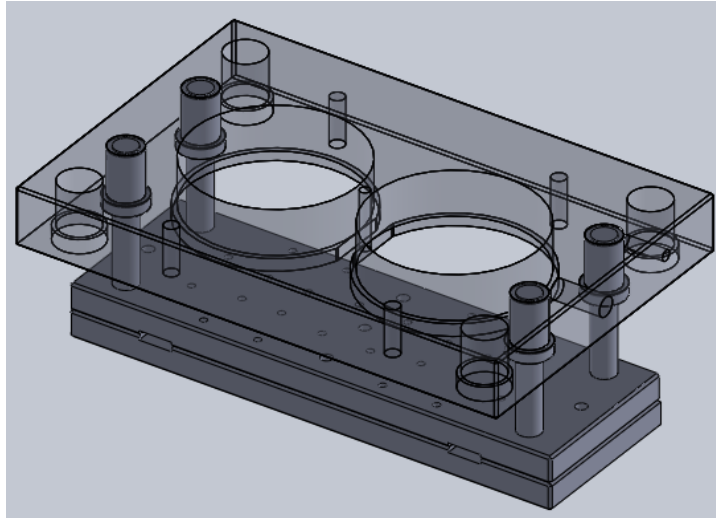
Yolluktan gelen ergimiş plastik kalıp gözlerini doldurduktan sonra memenin içinde birikir ve katılaşır kalıp açılmaya başlayınca yolluğun içinde bulunan katılaşmış plastiğin yolluğun içinden çıkması beklenir, yolluğun içinde katılaşan ürünün açılan kalıp yarımları ile gelmemesi durumunu engellemek için yolluk çekici kullanılır. (Şekil 8.20).



Şekil 8.20 Yolluk çekme pimi

8.1.3.12 Geri Döndürücü pimler

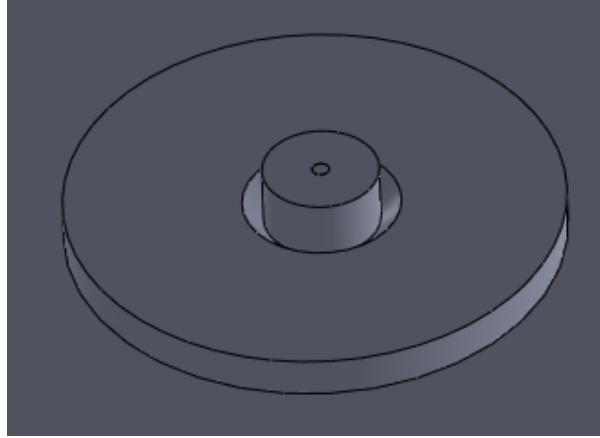
Geri döndürücü pimler itici plakalarına bağlı olarak hareket edip itici sistemin kalıp kapama anında zarar görmesini engeller. Eğer itici plakaları ve pimleri çeken sistemde aksaklık meydana gelirse kalıp kapama esnasında çelikler geri dönüş yapamayan pimplere çarpacak ve pimler, pim yuvaları ve çelikler zarar görecektir bu sebepten dolayı geri döndürücü pimler yerleştirilir itici pimler tam olarak çekilmediği takdirde çelik yüzeyi geri döndürücü pimplere baskı yapacak ve itici sistemi olması gereken konuma getirecektir bu sayede iticilerin zarar görmesi engellenmektedir (Şekil 8.21).



Şekil 8.21 Geri döndürücü pimler

8.1.3.13 Merkezleme flanşı

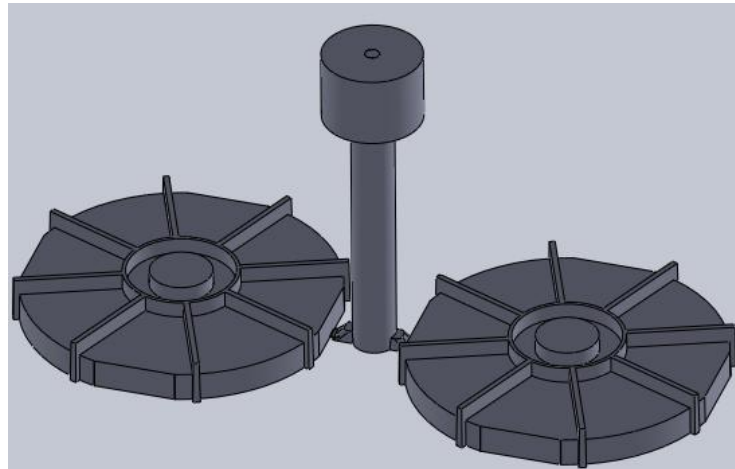
Enjeksiyon makinalarına kalıplar bağlanırken merkezlemeyi sağlar. Enjeksiyon vidasının memeyi tam olarak karşılamasına yardımcı olur. Merkezleme flanşı tasarlanırken kalıbın bağlanacağı makinanın flanş ölçüleri dikkate alınır (Şekil 8.22).



Şekil 8.22 Merkezleme flanşı

8.1.3.14 Yolluk burcu(meme)

Plastik enjeksiyon makinasından gönderilen ergimiş plastiği kalıba transferde kullanılır. Konik ve parlak iç yapısı sayesinde enjeksiyon işlemi bittikten sonra kalıp açılırken katılaşmış plastik memenin içinden kolayca sıyrılır. Ø12mm çapında meme kullanılmıştır (Şekil 8.23).



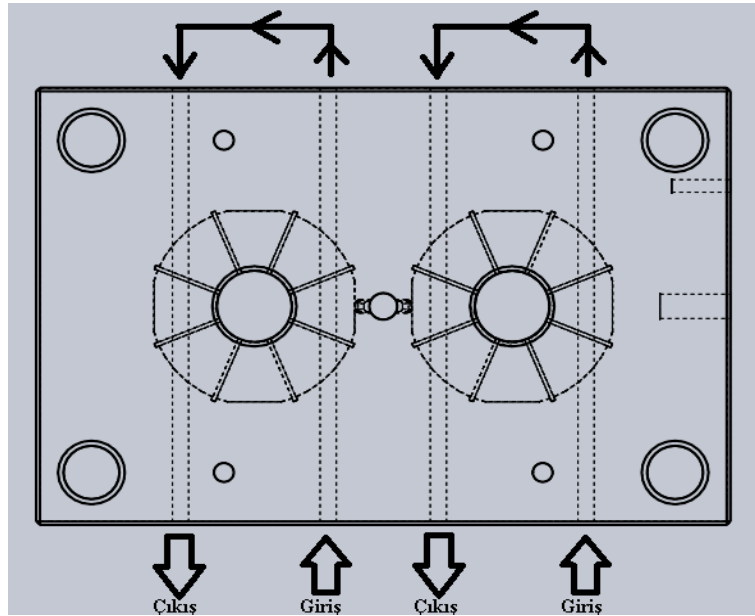
Şekil 8.23 Yolluk burcu

8.1.3.15 Soğutma Kanallarının yerleştirilmesi

Kalıp çeliklerinin soğutulması ürün kalitesi ve kalıp ömrü için hayati önem taşır. Ergime sıcaklığına getirilen termoplastik hammadde kalıp içine enjekte edilir sahip olduğu ısıyı kalıp çeliklerine aktarır ve kalıp çelikleri ısınır, ısı transferi plastiğin temas ettiği çeliklere olur ve en çok çekirdek gözler(sabit ve hareketli grup hamiller ve insörtler) ısınır. Isınan çelikler eğer soğutulmaz ise çeliklerde genleşme meydana gelir ve hareketli kısımlarda krepaj denen aşınma olayı vuku bulur. Kalıp sıcaklığının yükselmesi ayrıca çapaklanma, yüzey kalitesinin bozulması vb. enjeksiyon hatalarına da sebep olur.

8.1.3.16 Sabit grup hamilin soğutma kanalları

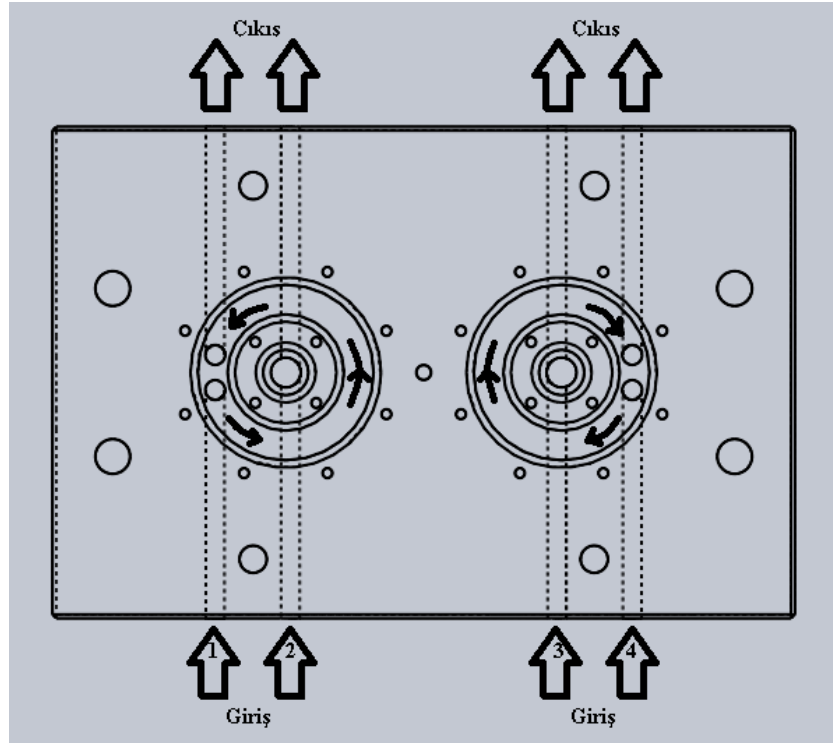
Sabit grup çeliğinin soğutma kanalları tasarlanırken her bir göz için ayrı ayrı birer giriş aynı şekilde birer çıkış düşünülmüştür, giriş ve çıkışlar birbirlerine plastik hortum ile bağlanmış ve çelikte soğutucunun gezdirilmesi düşünülmüştür. Soğutma kanallarının yerleştirilmesinde itici pimlerin konumu göz önüne alınmıştır ve parçayı en iyi şekilde ve homojen olarak soğutma esas alınmıştır (Şekil 8.24).



Şekil 8.24 Sabit grup hamilin soğutma kanalları

8.1.3.17 Hareketli grup hamilin soğutma kanalları

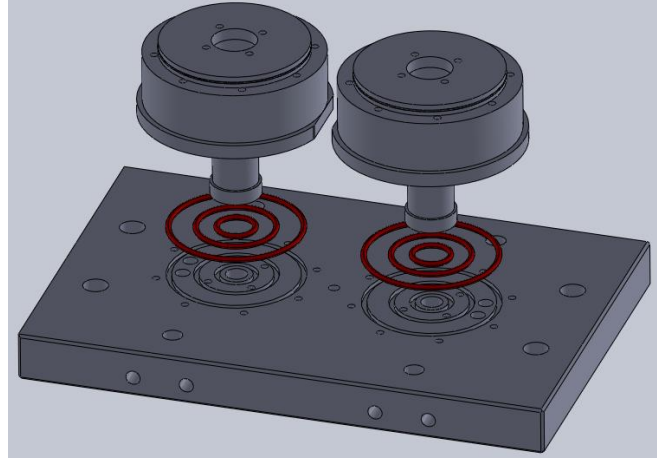
Hareketli grup hamilinde insörtler bulunduğu için her göz için ayrı iki giriş ve ayrı iki çıkış yapılmıştır. 1 ve 4 numaralı soğutucu girişleri insört çeliklerin soğutulması için tasarlanmıştır, soğutulacak olan parçalar silindirik olduğu için çeliklerin içinde soğutucunun dairesel olarak dolaşması sağlanmıştır. 2 ve 3 numaralı soğutma kanalları gözlerdeki lokmaları (çelik içindeki insörtler) soğutmak için kullanılmıştır. Soğutma kanallarının yerleştirilmesinde parçanın şekli, konumu, itici pimlerin pozisyonu dikkate alınmıştır (Şekil 8.25).



Şekil 8.25 Hareketli grup hamilin soğutma kanalları

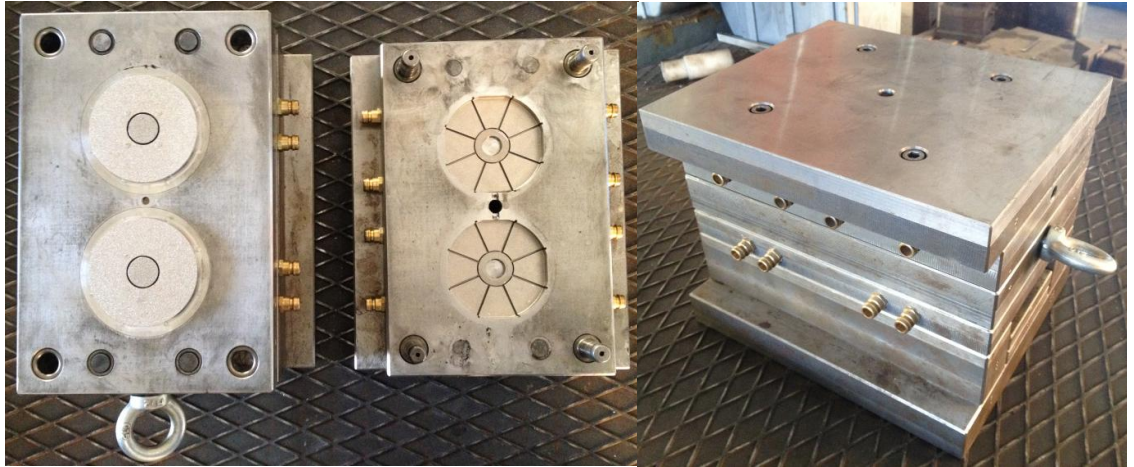
8.1.3.18 O-Ring Contalar

Öpüşen çeliklerin arasından soğutucu akışkanın sızmasını engellemek için 3mm çapında lastik contalar kullanılır. Tasarlamış olduğumuz kalıpta contalar 2.5mm derinliğinde ve 3mm genişliğinde yuvalara oturtulur ve çelikler öpüştürülüp vidalanır, bu şekilde contalar 0.5mm sıkıştırılmış olur ve sızdırmazlığı sağlar (Şekil 8.26).



Şekil 8.26 Sızdırmazlığı sağlayan 3mm O-ring Contalar

Şekil 8.26. deki tasarlanan kalıp ebatları ve aparatları standart kataloglar kullanılarak hesaplanmıştır. Kalıp ölçüleri (196x296x232)mm olarak 2 gözlü tasarlanmıştır. Ø12mm meme(yolluk) kullanılmıştır. Plastiğe temas eden çelikleri P320 ve Tolox44 (45HRc) malzeme diğer kalıp çelikleri CK45 malzemeden üretilmiştir. Kalıp çelikleri seçiminde işlenebilirlik, yüzey kalitesi, ömür (baskı sayısı) ve maliyet göz önüne alınmıştır (Şekil 8.27).

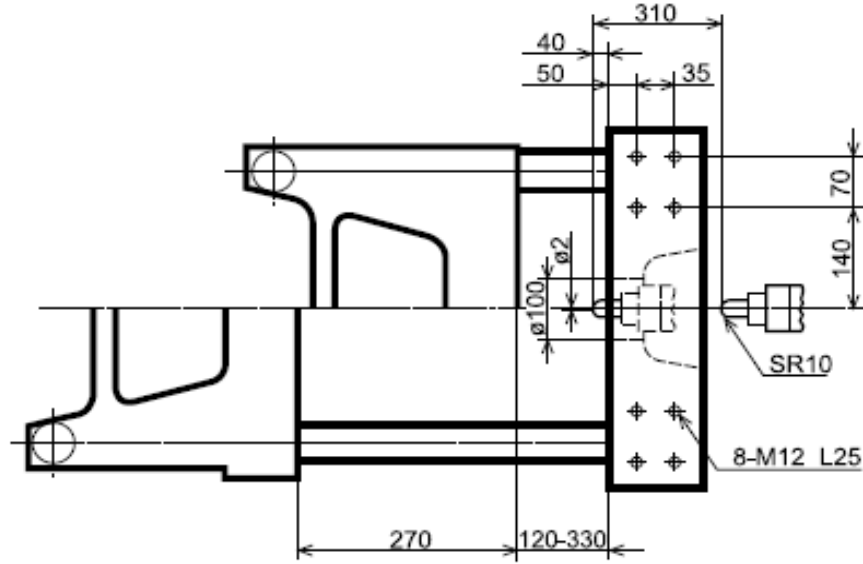


Şekil 8.27 Üretilen plastik enjeksiyon kalıbı

8.1.4 Plastik Enjeksiyon Makinası Seçimi

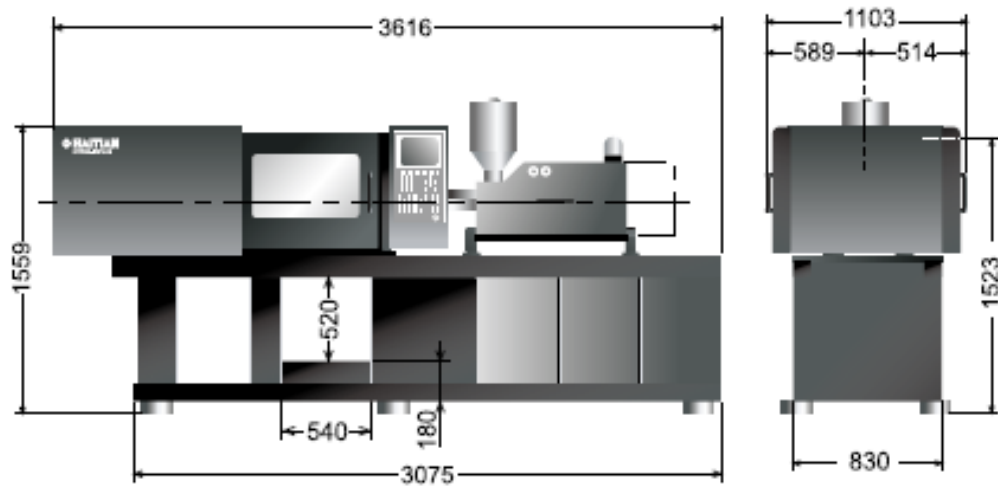
Plastik enjeksiyon kalıpları ile üretim yapımında makine seçimi çok önemlidir. Makina seçiminde sırası ile üretilecek olan parçanın ağırlığı, geometrik yapısı(ebatları) en son ise kalıbın tasarımı yani tasarlanan maçalar ve pistonların konumları etkilidir.

Resim 8.28’de Haitian mars MA600/150B enjeksiyon makinasının plaka ebatları görülmektedir. Resimde bağlanacak olan kalıbın plakalara sağlam şekilde bağlanabilmesi için kullanılacak bağlantı somunlarının(T somun) ve kızaklarının merkezleri ile ölçüleri hakkında bilgi verilmiştir.



Şekil 8.29 Plaka ebatları (Robet bağlantı delikleri sabit plakada)

Şekil 8.29.’da Seçilen enjeksiyon makinasının sabit plaka ölçüleri görülmektedir bu kısımdan enjeksiyon vidası kalıba dayanır vidanın ucundaki memeden ergimiş plastik kalıba doldurulur.



Şekil 8.30 Makine Boyutları

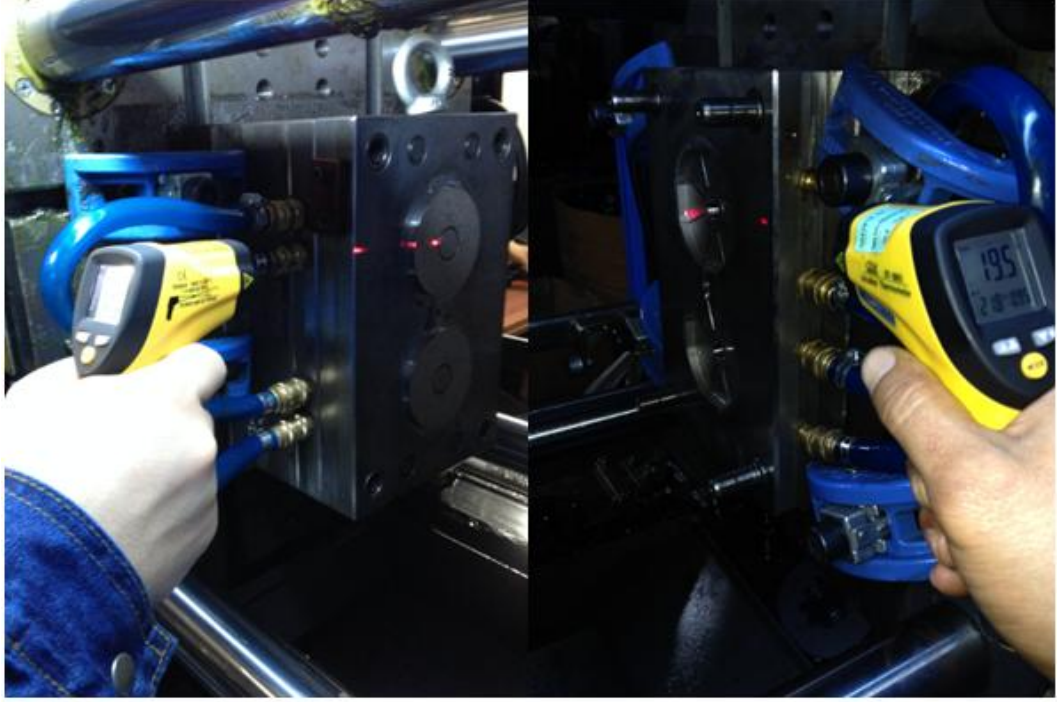
Şekil 8.30.’da Haitian Mars MA 600/150B plastik enjeksiyon makinasının en, boy, yükseklik ölçüleri görülmektedir.

8.1.5 Kalıp Sıcaklığının Ölçülmesi (Pirometre)

Sıcaklık, günlük yaşantımızda sürekli kontrol edilmesi gereken ve ölçülen parametrelerin başında gelir. Sıcaklık özellikle ürünlerin, cihazların üretimi esnasında veya kalite kontrol aşamalarında sahip olunan koşulları göstermede önemli yere sahiptir. Ölçülen sıcaklıkların doğruluğu ürünlerin kalitesinde ve verimlilikte büyük etkiye sahiptir. Ölçülecek olan ısıнын doğruluğunun yanı sıra hızlı bir şekilde reaksiyon gösteren ısı ölçerler talep edilmektedir. Söz konusu hızlılık olunca kızılötesi teknolojisi ön plana çıkmaktadır. Kızılötesi ile çalışan termometreler düşük maliyetle güvenilir sonuçlar veren pratik termometreler piyasada yerini almıştır. Pirometrelerin en büyük avantajları ürün ile temas etmeden lazer vasıtası ile ölçüm yapmasıdır (Çizelge 8.3). Kızılötesi sıcaklık ölçerlerin avantajlarını sayacak olursak kısa sürede ve ürüne belirli mesafeden, temas etmeden ölçüm yapılmasının yanı sıra 2500-3000°C'ye kadar olan sıcaklıkları ölçebilmesi ve ölçüm esnasında herhangi bir müdahalenin olmaması, ölçülecek olan maddede kontaminasyona yol açmaması ve temas edilmesi, yaklaşılması mümkün olmayan nesnelerin, bölümlerin vb. cisimlerin sıcaklıklarının ölçümünü yapması avantaj sağlamaktadır. Geniş kullanım alanlarına sahip pirometreler daha çok ; mekanik bir sistemin, parçanın veya elektrik devrelerinin sıcaklık ölçümünde ,üretim aşamasında sıcak bölge kontrolü için(haddehane, dökümhane, tav fırını çıkış sic.vb.), yangın söndürme durumlarında sıcak bölge kontrolü amacı ile, araştırma ve geliştirme çalışmalarında veya kalite kontrol aşamasında ürünün ısınma ve soğuma prosesini kontrol amacı ile kızılötesi termometreler tercih edilmektedir (Keleş, 2014).

Çizelge 8.3 DT 8865 Pirometre teknik özellikleri

Ölçüm aralığı	- 50°C +1000C°
Hassasiyet	±2°C
Lazer adedi	Çift lazerli
Hedef oranı	30:01:00
Çözünürlük	0.1°C
Ayarlanabilir emmistivity	0.10 – 1.00
High / Low alarm	Var
Arka ekran ışığı	Var
Sonuç süresi	150 ms
Güç kaynağı	9 V pil
Boyutları	146x104x43mm
Ağırlık	163gr

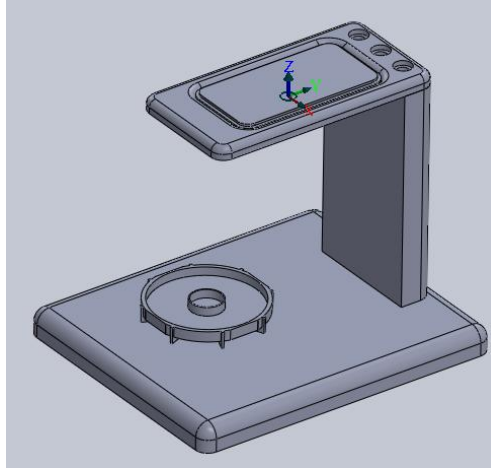


Şekil 8.31 Kalıp yarımlarında sıcaklıkların ölçülmesi

Kalıp üzerinden sıcaklık ölçümü yapılırken (Şekil 8.31.) hassasiyet ve doğruluğun sağlanması açısından değişik parametreler ile yapılan her baskıda sabit grup hamilin üzerinde bulunan 1 numaralı gözden ölçüm yapılmıştır. Birbirinden farklı ve makinaya manuel girilmiş ütüleme basıncı, enjeksiyon basıncı, ergiyik sıcaklığı vb. parametreler aynen kayıt edilmiş kalıp sıcaklığı ise yapılan baskı neticesinde kalıpta açığa çıkan sıcaklık DT 8865 çift lazerli pirometre ile ölçülerek analiz için kayıt altına alınmıştır.

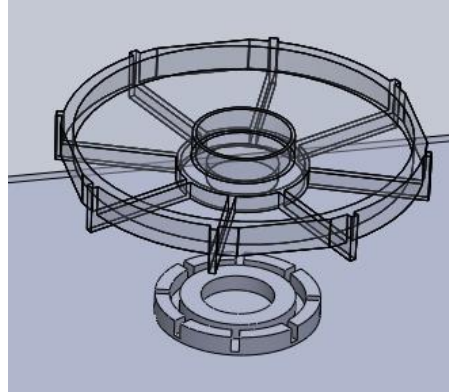
8.1.6 Görüntü Alma Düzeneği Tasarımı ve Kalibrasyonu

Plastik enjeksiyon işlem ile farklı parametreler kullanılarak üretilen deneysel numunelerin matlab görüntü işleme programında yüzey alanlarının ve çapak miktarlarının hassas bir şekilde ve homojen ölçülebilmesi için eşit mesafeden, aynı konum ve ışık altında görüntülerin alınması için sabit bir düzenek gereksinimi duyulmuş ve şekil 8.32.'deki düzenek tasarlanıp imal edilmiştir. Bu şekilde tüm numunelerin aynı şartlar altında görüntülerinin alınması hedeflenmiştir.

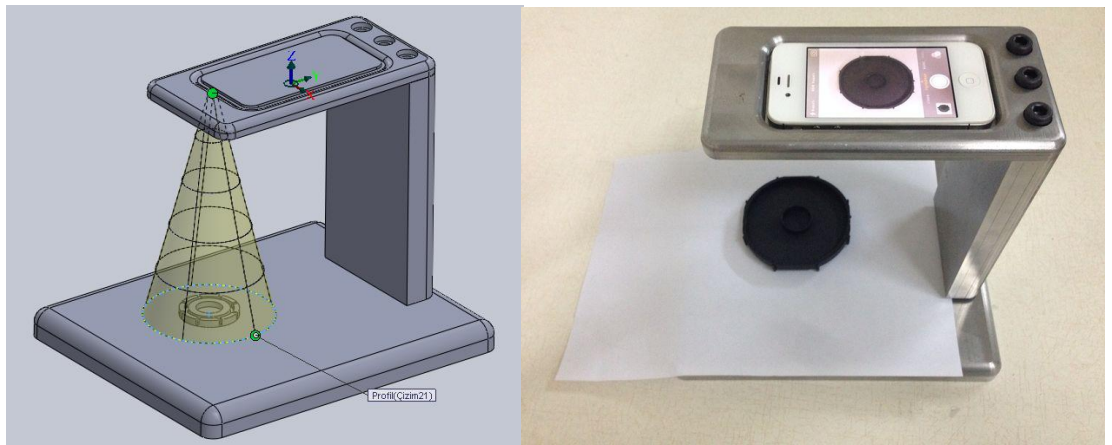


Şekil 8.32 Görüntü alma düzeneği

Ayrıca numunelerin dönmesini engellemek, merkezlenmesini sağlamak konumlandırmak için federleri ve merkezi alt tablaya sabitleyen şekil 8.33.'de görülen yatak tasarlanmıştır.



Şekil 8.33 Merkezleme yuvası(yatak)



Şekil 8.34 Tasarlanan görüntü alma düzeneği

Tasarlanmış olan düzeneğin kalibrasyonu yapılırken; 92mm ve 92.4mm ölçüde hassas tornalanan silindirik parçaların görüntüleri alınmış ve Matlab programında yüzey alanları piksel olarak sayılmıştır matematiksel olarak bilinen yüzey alanlarına tekabül eden piksel sayıları oranlanarak **1piksel 0,0025mm²** olarak hesaplanmıştır, daha sonra yüzey alanı solidworks' te hesaplanan çapaksız parçanın sahip olması gereken piksel sayısı **2422832 piksel** olarak ve $\pm 0.4\text{mm}$ genel tolerans dahilinde yüzey alanları hesaplanarak kabul edilebilir piksel aralığı **2398712≤UYGUN≤2447048** olarak hesaplanmıştır.

8.2. Metot

8.2.1 Enjeksiyon Parametreleri

Enjeksiyon makinasında üretime başlamadan önce kalıbın özelliklerine, basılacak olan parçanın gramajına, kullanılacak olan hammaddeye göre enjeksiyon ayarları yapılır. Seri üretimlerde yapılan deneme baskılarında en iyi ürün elde edilene kadar parametreler değiştirilir uygun ürün elde edilince parametreler kayıt edilir ve üretim bu parametreler ile devam eder.

8.2.1.1 Enjeksiyon ayarları

Enjeksiyon işleminde kullanmış olduğumuz Haitian Mars serisi MA 600/150 B plastik enjeksiyon makinasının Çizelge 8.4 'de enjeksiyon parametreleri görülmektedir altı pozisyonu bulunan makinada tüm kademelerde enjeksiyon hızı 35mm/sn sabit tutulmuş, enjeksiyon pozisyonu 75mm olarak sabit alınıp, enjeksiyon basıncı 105-115-125-135-145-155MPa olarak beş farklı değerde değiştirilerek deneysel numuneler elde edilip kayıt altına alınmıştır.

Çizelge 8.4 Enjeksiyon ayarları

	#6	#5	#4	#3	#2	#1	
POZİSYON	75	75	75	75	75	75	SABİT
BASINÇ	165	155	145	125	115	105	DEĞİŞKEN (Pe)
HIZ	35	35	35	35	35	35	SABİT

8.2.1.2 Ütöleme Basıncı Ayarları

Çizelge 8.5.'de makinada ütöleme işlemleri için girilen değerler tablosu görölmektedir. Alınan tüm baskılarda ütöleme süresi 2 sn olarak sabit tutulup aynı şekilde 30mm/sn sabit ütöleme hızı uygulanmıştır. Ütöleme basıncı ise 50-80-110Mpa olarak üç farklı değerlerde üretim yapılmıştır.

Çizelge 8.5 Ütöleme basıncı ayarları

	#3	#2	#1	
BASINÇ	110	80	50	DEĞİŞKEN (Pü)
HIZ	30	30	30	SABİT
ZAMAN	2	2	2	SABİT

8.2.1.3 Ocak Sıcaklıkları

Seçilen enjeksiyon makinasında granöl halindeki termoplastik malzemeyi ergitmek için dört ısıtıcı rezistans bulunan ocak vardır, çalışılmak istenilen işleme sıcaklıkları Çizelge 8.6 'de görölen istenilen sıcaklık bölümüne 260-270-280-290°C girilmiştir ve baskı alınmıştır. Aynı tabloda ocak sıcaklıkları bölümü bulunmaktadır bu satırda ocağın sahip olduğı sıcaklıklar, her ısıtıcının bulunduğı bölümdeki ısı sensörleri ile ölçölüp gösterilmektedir.

Çizelge 8.6 Ocak sıcaklıkları ayarları

	#1	#2	#3	#4	
OCAK SICAKLIKLARI	260	255	242	219	OCAKTA OKUNAN
İSTENİLEN SICAKLIKLAR	260	255	240	220	DEĞİŞKEN (Ti)

8.2.1.4 İtici Ayarları

Enjeksiyon makinalarında, bağlanan kalıpların itici veya sıyrıcı sistemlerini tahrik etmek için özel itici sistemler mevcuttur bu sistemler bağlanan kalıpta bulunan itici plakalara mil ile vidalanıp iticileri ileri ve geri hareket ettirmektedir. Çizelge 8.7'de görölen tabloda tasarlanmış olduğumuz kalıbın iticilerinin itme mesafesi göz önüne alınarak 22mm ileri ve geri hareketi sağlanmıştır. Enjeksiyon işleminin tamamlanmasının ardından kalıp yarımları açılır ve iticiler sıcak ve yumuşak olan ürüne

10mm/sn hız ve 65 MPa basınç ile vurur ürünü düşürdükten sonra geri dönüşte 30mm/sn hız ve 40 MPa basınç ile eski pozisyonuna geri döner. İtme işleminde parça sıcak ve yumuşak olduğu için iticiler yavaşta parçaya vurmuş ve delinmesi engellenmiştir, bununla beraber erkek kalıba tutunmuş olan ürünü çelikten kurtarmak için yüksek basınç uygulanmıştır. İtici sistemin geri dönüşünde güç gereksinimi fazla olmadığından basınç itme işlemine göre düşük tutulmuş hız ise çevrim süresini kısaltmak için yüksek tutulmuştur.

Çizelge 8.7 İtici sistem ayarları

	İLERİ		GERİ		
	#1	#2	#2	#1	
POZİSYON	2	22	2	22	SABİT
BASINÇ	65	65	40	40	SABİT
HIZ	10	10	30	30	SABİT

8.2.1.5 Mal alma ayarları

Çizelge 8.8’de görülen tabloda huniye çekilen mal miktarı basılacak olan ürün ve yolluk gramajı göz önüne bulundurularak 86gram olarak belirlenip, 55Mpa sabit basınçta ve 30mm/sn sabit hızla çekilmiştir geri basınç ise 5bar olarak sabit tutulmuştur.

Çizelge 8.8 Mal alma ayarları

	#1	#2	#3	#4	#5	
POZİSYON	86	86	86	86	86	SABİT
BASINÇ	55	55	55	55	55	SABİT
HIZ	30	30	30	30	30	SABİT
GERİ BASINÇ	0	0	0	0	5	SABİT

8.2.1.6 Kalıp açma ve kapama strok ayarları

Çizelge 8.9.’da mengenelerin açılıp kapanma hızlarının, basınçlarının ve konumlarının makinaya girildiği değerler görülmektedir. Pozisyon satırında kalıbın aldığı mesafe yeri gösterilmektedir, beş kademede açılan ve kapanan kalıbın açma stroğu 150mm dir. Basınç kısmında kalıp açılırken ihtiyaç duyulan basınç yüksektir bunun sebebi kalıba enjekte edilen ergiyik plastik kalıp çekirdeklerinin içinde duvarlara

tutunmuştur ve kalıbın açılması esnasında yüksek basınca ihtiyaç duyulacaktır, kalıp açılmaya başladıktan sonra basınç ihtiyacı düşecektir. Aynı şekilde kalıp kapanmaya başlayınca basınç ihtiyacı başlangıçta düşük olacaktır fakat erkek ve dişi yarım lar birbirleri ile öpüşürken kolon ve burçların yataklanması için yüksek basınca ihtiyaç duyulacaktır. Makinanın güvenliği sağlamak yani sarsılmasını engellemek ve kalıbı korumak için mengene açma kapama hızı 15mm/sn sabit tutulmuştur.

Çizelge 8.9 Kalıp açma ve kapama strok ayarları

AÇMA	#1	#2	#3	#4	#5	
POZİSYON	150	120	100	50	10	SABİT
BASINÇ	30	30	30	30	100	SABİT
HIZ	15	15	15	15	15	SABİT

KAPAMA	#5	#4	#3	#2	#1	
POZİSYON	150	150	100	50	10	SABİT
BASINÇ	20	20	30	45	100	SABİT
HIZ	15	15	15	15	15	SABİT

8.2.2 Görüntü İşleme Yöntemiyle Çapak Miktarı Ölçümü

Şekil 8.35. de görüldüğü gibi; görüntü işleme, sayısal bir resim haline getirilmiş olan dijital görüntü verilerini bir giriş resmi olarak işleyip, resmin özelliklerinin değiştirilerek yeni bir resim oluşturulmasıdır. Çapak miktarları; düzencek yardımı ile elde edilen dijital görüntüler Matlab programına aktarılarak hesaplatılmıştır. Çapak ölçüm deneylerinde, plastik enjeksiyon yöntemi ile üretilen plastik kapakların dijital görüntüleri alınarak Matlab programı kullanılarak görüntü işleme yapılmıştır.



Şekil 8.35 Dijital fotoğraf ve görüntü işleme yapılmış resmi

8.2.2.1 Matlab

Matlab yüksek performanslı bir teknik programlama dilidir, Matlab açılımı İngilizce “Matrix Laboratory”den gelmektedir. Başlangıçta Matlab özellikle mühendislik alanında, iyi grafik özelliklere sahip daha çok sayısal hesaplamalarda kullanılmak amacı ile geliştirilmiş bir paket programlama dili olarak ortaya çıkmıştır. Matlab; matrix esaslı matematik ortamında kullanılmak üzere geliştirilmiş etkileşimli bir paket programlama dilidir. İlk sürümleri Fortran diliyle hazırlanmış olmakla beraber son sürümleri (2000 yılı itibari ile 5.1) C dilinde yazılmıştır. Matlab mühendislik alanında; Matematik ve hesaplama işleri, algoritma geliştirme, verilerin analizi incelenmesi ve görüntülenmesi, veri çözümleri ve grafik işlemlerinde, modelleme, benzetim ve prototipleme konularında kullanılabilecek genel amaçlı bir program olmakla beraber özel amaçlı modüler paketlerde sahiptir. Fortran ve C dili gibi yüksek seviyeli programlama dili ile yapılabilen hesaplamaların pek çoğunu Matlab ile yapmak mümkündür. 1970’lerin sonunda Cleve Moler tarafından yazılan Matlab programının tipik kullanım alanları:

- Matematiksel hesaplama işlemleri
- Algoritma geliştirme ve kod yazma
- Lineer cebir, istatistik, Fourier analiz, filtreleme, optimizasyon, sayısal integrasyon vb. konularda matematik fonksiyonlar
- 2D ve 3D grafiklerinin çizimi
- Modelleme ve simülasyon(benzetim)
- Grafiksel arayüz oluşturma
- Veri analizi ve kontrolü
- Gerçek dünya şartlarında uygulama geliştirme şeklinde özetlenebilir.

8.2.2.1.1 Sayısal Görüntü Nitelikleri; Sayısal bir görüntünün en temel parçası piksel olarak adlandırılır. Her bir piksele ilişkin bir renk söz konusudur. En sık kullanılan renk uzaylarından biri RGB’dir. RGB renk uzayı, “Kırmızı”(Red), “Yeşil”(Green), “Mavi”(Blue) ana renklerinin belirli oranlarda karışımı ile elde edilen yaklaşık 17 milyon rengi içerir.

8.2.2.1.2 Görüntü işleme yapılması için gerekli komutların yazılması; Görüntü işleme yöntemiyle alan ölçümünün Matlab programında yapıla bilmesi için aşağıdaki program yazılmıştır.

```
clc;
close all;
clear all;
[ad yol]=imgetfile;
resim=imread(ad);
figure,imshow(resim);
resim2=rgb2gray(resim);
figure,imshow(resim2);
figure,imhist(resim2);
boyut=size(resim2);
beyaz=0;
siyah=0;

for a=1:1:boyut(1)
    for b=1:1:boyut(2)
        if resim2(a,b)<150
            siyah=siyah+1;
        else
            beyaz=beyaz+1;
        end
    end
end
diary on
diary c:\ferhat.txt
ad
siyah
beyaz
diary off
```

Programda geçen komutların açıklamaları aşağıda verildiği gibidir.

Clc : Ekranı (command window) temizler, sayfa hazır konuma gelir.

Close all : Açık olan grafik ve analiz pencerelerini kapatır.

Clear all : Matlab programının hafızasında kalan matematiksel verileri temizler, yapılan temizlikler programın daha hızlı ve güvenli işlemler yapmasını sağlar.

İmgetfile : İletişim penceresi açar, resmi seçmemiz için diyalog penceresi açar.

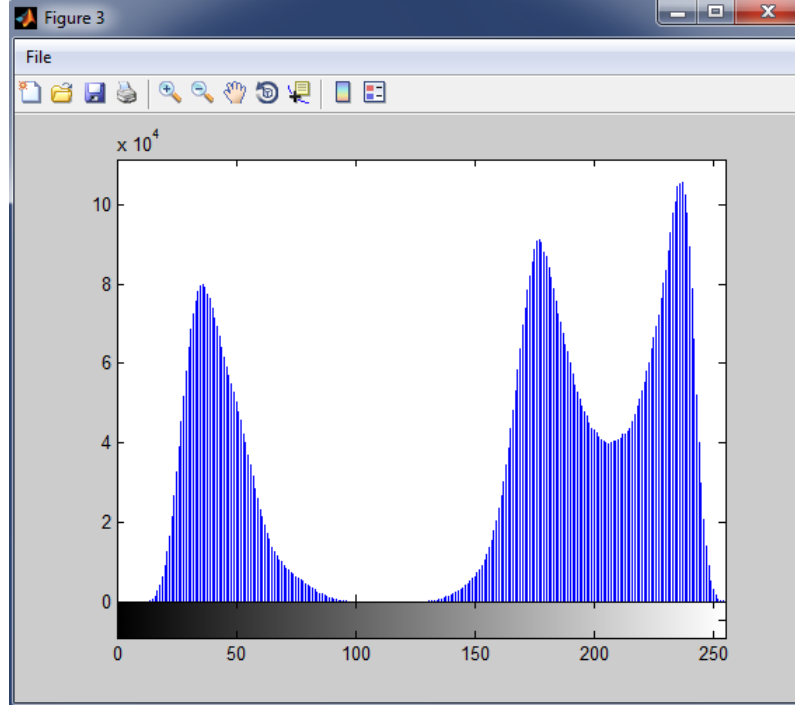
İmread : Diyalog penceresinden seçileni resim olarak okur.

İmshow : Okunan resmi ekranda renkli (RGB olarak) gösterir.

Rgb2gray : Red, green, blue tonlarındaki resmi siyah ve beyaz renk tonları aralığında 255 mertebeye ayırarak yeni resim oluşturur. Önceden bir pikselde 3 tane matematiksel değer (her değer 0-255 aralığında) varken bu değerler tek değere indirgenir.

$$0.2989 \times R(\text{red}) + 0.5870 \times G(\text{green}) + 0.1140 \times B(\text{blue}) = \text{yeni pikselin}$$
 matematiksel kodu formülü ile dönüştürülür. Böylece yeni resimde her pikselde tek matematiksel değer hesaplanmış olur, bu değer 255'e yaklaştıkça beyaz tonda, 0'a yaklaştıkça siyah tonda renk alır bu işlemler sonucunda resmimiz siyah ve beyaz tonlarına dönüşmüş olur.

İmhist : Elimizdeki siyah-beyaz resimdeki piksel değerlerinin kullanılma sıklığını grafiksel olarak bize gösterir.



Şekil 8.36 Siyah ve beyaz renk tonlarının kullanılma sıklığı

Resimde bulunan grafikte yatay eksen renk tonunun indeks değeri, düşey eksen ise renk tonunun kullanılma sıklığıdır. 0 değeri siyah, 255 değeri beyazdır.

Size : Resmin enini ve boyunu ölçer .

Beyaz = 0 : Beyaz değişken oluşturulur ve ilk değer atanır.

Siyah = 0 : Siyah değişken oluşturulur ve ilk değer atanır.

For : For döngüsü resmi x ve y koordinatlarında tarayarak indeks değerlerini atar, iç içe for döngüsü resmi piksel piksel tarar.

If : Eğer ilgili pikselin indeks değeri 150 den küçük ise siyah sayısı 1 arttırılır.

Else : Eğer ilgili piksel değeri 150 den küçük değil ise beyaz sayısı 1 arttırılır.

End : For döngüsü sonlandırılır.

Diary on : Kayıt defterini açar.

Diary of : Kayıt defterini kapatır. Diary on ve diary of komutları arasına yazılanlar belirtilen klasöre istenilen dosya formatına kayıt edilir.

8.2.2.1.3 Çapak miktarı ölçümünde kullanılan yöntem; Bu çalışmada kullanılan yöntem: Öncelikle ilgili resim Matlab programına yüklenir. Renkli resim siyah ve beyaz tonlarına çevrilir, resimde görünen siyah ve beyaz bölgelerin sayıları piksel sayısı olarak hesaplatılır, çapaksız ürünün sahip olduğu piksel sayısı çapaklı ürünün piksel sayısından çıkartılarak çapak miktarı belirlenir.

1. Resim alınır.
2. Renkli resim gösterilir ve daha sonra siyah-beyaz tonlarına çevrilir.
3. Resimde bulunan siyah ve beyaz bölümlerin matematiksel değerleri hesaplanır.
4. Sonuçlar veri tabanına kaydedilir ve yeni resim için başa dönülür.

Yukarıda sıralanan adımların Matlab programındaki uygulaması;

- I. Matlab ara yüzüne konulan bir buton yardımı ile analiz edilecek resim “imread” komutu kullanılarak yüklenir.
- II. Bu adımda “imhist” komutu ile resimde bulunan renk tonları tespit edilir. “rgbgray” komutu ile resim gri tonlarına çevrilir. Dijital görüntüler binlerce pikselin bir araya gelmesi ile oluşur ve bu piksellerin RGB değerleri vardır. R=Red(kırmızı), G=Gren(yeşil), B=Blue(mavi) anlamına gelmektedir yani her piksel üç matematiksel değerden oluşmaktadır. Griye çevirme işleminde tek bir matematiksel değer elde edilmektedir. 0-255 değerleri arasında olan gri değerlerinde 0 değeri siyah 255 değeri beyazdır. Alınan görüntülerde 150(rengi tonu bulunmadığında seçilmiştir) den küçük değerler siyah, büyük değerler beyaz olarak hesaplanmıştır.
- III. 1 pikselin 0.0025mm^2 olduğu bilinerek siyah piksel sayısı bu rakamla çarpılır ve yüzey alanı hesaplatılır, çapaksız ürünün sahip olduğu yüzey alanı çapaklı ürünün yüzey alanından çıkarılınca yüzeydeki çapak miktarı hesaplanmış olur.
- IV. Sonuçlar kaydedilir. Daha sonra yapılan tüm deneyler içerisinde en iyi sonuçları verenler seçilir ve tasarlanan plastik ürüne en yakın ölçülerde ve çapak ihtiva etmeyen üretimin yapıldığı en uygun değerler belirlenmiş olur.

8.2.3 Çapak Miktarının Tahmin Edilmesi

Plastik enjeksiyon makinasında değişik enjeksiyon parametreleri ile plastik parçalar üretilmiş ve görüntü işleme yöntemiyle çapak miktarları tespit edilmiştir. Ölçülen çapak miktarları genetik algoritma esaslı yöntemlerden birisi olan genetik programlama kullanılarak çapaklanmayı tahmin etmek için bir matematik model geliştirmede kullanılmıştır. Çapaklanma ütüleme basıncı, kalıp sıcaklığı, işleme sıcaklığı ve enjeksiyon basıncı parametrelerine bağlıdır. Geliştirilen matematik model

ile tahmin edilen sonuçlar deney sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve matematik modelin tahminlerinin ölçümlerle örtüştüğü görülmüştür.

8.2.3.1 Genetik Algoritma

John Koza 1992 yılında çeşitli amaçlara hizmet etmek için genetik algoritmayı kullanarak yeni programlar geliştirdi. (Wong ve Leung, 1999) Bu metoda Genetik Programlama adını verdi. Genetik programlama, genetik algoritmaların bir uzantısı olarak ifade edilmiştir. Aralarındaki temel farklılık, yönettikleri yapının gösterimi ve bu gösterimin taşıdığı anlamda ortaya çıkmaktadır. Genetik algoritmalar genelde sabit uzunluktaki ikili dizilere sahip popülasyonlar üzerinde çalışır. Genetik programlama ise genellikle bilgisayar programlarını barındıran ağaç yapılarına sahip popülasyonlar üzerinde çalışır. Genetik programlama bilgisayar programlarının davranışları ile ilgilendiği için, fenotip tanımı genetik algoritmalara göre daha soyut kalmaktadır (Koza, 1992).

Genetik programlamada mutasyon ve çaprazlama operatörleri ağaç yapısına uygun olarak yapılandırılmışlardır. Genetik programlamada çıktılar matematiksel değerler değil, bilgisayar programlarıdır. Bu yöntemde ağaç yapısındaki bilgisayar programları rastlantısal olarak üretilir. Üretilen programlar hiyerarşik, genel, değişik boyutlarda ve yapıdadır. Yöntemin amacı bütün muhtemel çözümlerin uzayını tarayarak problemin çözümüne en iyi uyan bilgisayar programını bulmaktır (Asbour, 2003).

8.2.3.2 Modelleme Prosedürü ve Dataların Seçilmesi

Modelleme için kullanılan GenXpro adında ticari bir programdır. Modellemede çapak miktarının tahmininde sırasıyla ütüleme basıncı, işleme sıcaklığı, enjeksiyon basıncı ve kalıp sıcaklığı değerlerinin girilmesiyle yapılmıştır. Çizelge 8.10. da değişkenler, kodları ve kısaltmaları verilmiştir. 72 deney sonucunun 18 tanesinde çapaklanma olmamakla beraber kalıp dolumu tam gerçekleşmediğinden modelleme için kullanılmamıştır.

Çizelge 8.10 Model oluşturmak için kullanılan değişkenler.

	Kodlama	Değişken	Kısaltması	Aralığı	Birimi
Girdi	d0	Ütüleme Basıncı	Pü	50-110	Mpa
Girdi	d1	İşleme Sıcaklığı	Ti	260-290	°C
Girdi	d2	Enjeksiyon Basıncı	Pe	105-155	Mpa
Girdi	d3	Kalıp Sıcaklığı	Tk	61,5-93,9	°C
Çıktı	Çm	Çapak Miktarı	Çm	57,15-1772	mm ²

Çizelge 8.11 GEP modelinin parametre listesi

P1	Fonksiyon seti	+, -, x, /, $\sqrt{}$, e^x , $\ln$, x^2 , x^3 , $\sqrt[3]{}$, $\tan$, $1/x$, $\sin$, $\cos$,
P2	Gen sayısı	3, 4, 5
P3	Başlık sayısı	8, 10, 15
P4	Link fonksiyonu	Toplama(+), Çarpma(x)
P5	Jenerasyon sayısı	0-50000
P6	Fitness Fonksiyonu	RRSE-rRAE-MSE
P7	Kromozomlar	30-50
P8	Ters çevirme oranı	0,1
P9	Tek nokta yeni kombinasyon oranı	0,3
P10	İki nokta yeni kombinasyon oranı	0,3
P11	Gen yeniden kombinasyon oranı	0,1
P12	Gen yer değiştirme oranı	0,1
P13	Mutasyon oranı	0,044

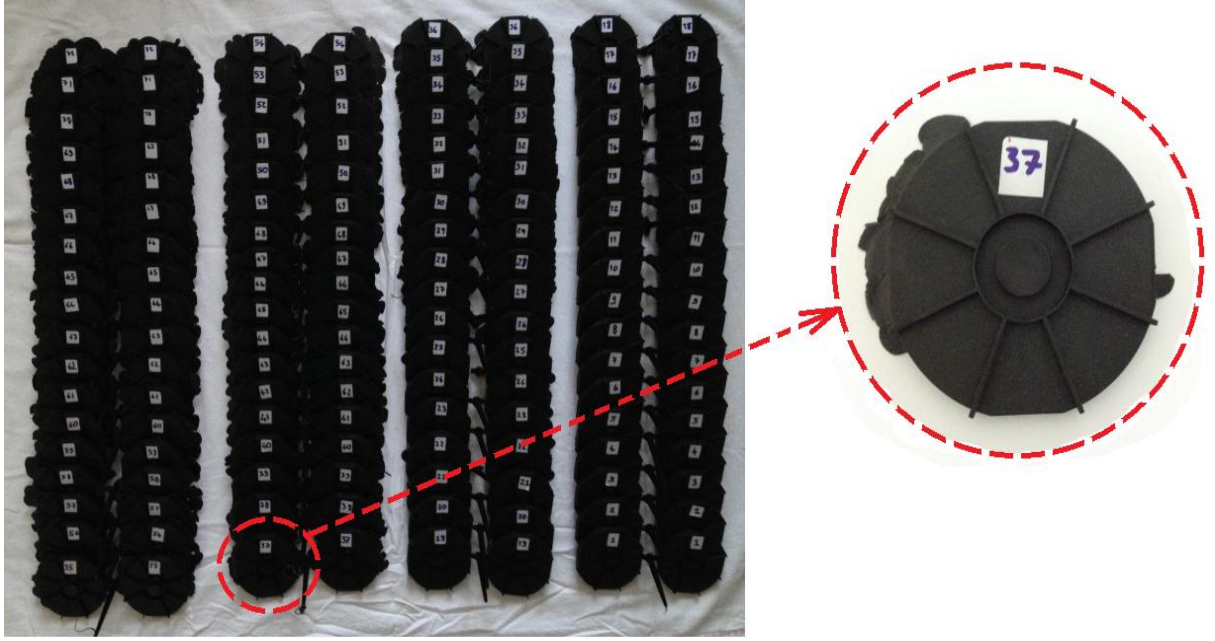
Kalan 54 taneden 8 tanesi test verisi olarak kağıt çekme yöntemiyle seçilerek test amaçlı kullanılmıştır. Bu yöntemle 54 değer bir kağıda yazılmış ve rastgele 8 tanesi seçilmiştir. Eğitim ve test veri dosyaları yüklenmiş ve programın çalışması ile ilgili çeşitli veriler seçilmiştir. Bunlar; gen sayısı, kromozom sayısı, uygun istatistiksel yöntem matematiksel fonksiyonlar, işlem sırasındaki çalışmayla ilgili çeşitli kurallardır. Eğitim ve test dataları oluşturulduktan sonra Çizelge 8.11.'de görülen GEP parametreleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu parametrelerle birlikte daha fazla deneme yapabilmek için Çizelge 8.12 'de görülen fonksiyon seti oluşturulmuştur. Bu fonksiyon seti kullanılarak her bir uygunluk denklemi ve kromozom sayısı için 60 defa program çalıştırılmıştır. Toplam deneme sayısı 360 adettir.

Çizelge 8.12 Fonksiyon seti listesi

Kod	Fonksiyon Seti
S1	+, -, x, /,
S2	+, -, x, /, x^2 , x^3 , $\sqrt{}$, $\sqrt[3]{}$,
S3	+, -, x, /, x^2 , x^3 , $\sqrt{}$, $\sqrt[3]{}$, e^x , ln,
S4	+, -, x, /, x^2 , x^3 , $\sqrt{}$, $\sqrt[3]{}$, tan
S5	+, -, x, /, x^2 , x^3 , $\sqrt{}$, $\sqrt[3]{}$, sin, cos,
S6	+, -, x, /, x^2 , x^3 , 1/x, tan,
S7	+, -, x, /, tan, ln,
S8	+, -, x, /, tan, ln, e^x ,
S9	+, -, x, /, x^2 , x^3 , 1/x, tan, e^x , ln,
S10	+, -, x, /, x^2 , x^3 , $\sqrt{}$, $\sqrt[3]{}$, 1/x, tan, sin, cos, e^x , ln, tan,

9. ARAŞTIRMA BULGULARI

Deneyde kullanılan kapaklar PA6-GF30 termoplastik polimer malzeme kullanılarak ve 0.005mm çekme payı verilerek 2 gözlü tasarlanan kalıpta, Haitian Mars serisi MA600/150 B marka plastik enjeksiyon makinası kullanılarak farklı enjeksiyon parametrelerinde baskı alınan numunelerin toplu görünümü şekil 9.1’ de olduğu gibidir. Her deneyde 3 baskı alınmıştır, kalıp 2 gözlü tasarlanmıştır ve gözlerde bulunan iticilere numaratorle numara vurulmuştur deneysel numunelerde tüm ölçümler 1 nolu gözden çıkan ürünler incelenmiştir aynı şekilde kalıp sıcaklığı ölçülürken aynı gözün insört(kalıp çekirdeğinden) DT-8865 çift lazerli pirometre kullanılarak ölçülmüştür ve datalar kayıt altına alınmıştır.



Şekil 9.1 Görüntü işleme yapılacak 72 adet deney numunesi

Deney baskıları alınırken ütüleme basıncı sırası ile 50-80-110Mpa basınçta sabit tutulmuş, işleme sıcaklığı 260-270-280-290 °C ve 105-115-125-135-145-155Mpa farklı enjeksiyon basıncında ayrı ayrı baskı alınmış üretim esnasında açığa çıkan kalıp sıcaklıkları kalıp çekirdeğinden ölçülmüştür. Üretilen kapaklara görüntü işleme yapılmak için tasarlanan görüntü alma düzeneği ile fotoğrafları çekilip matlab programına yüklenerek sahip oldukları yüzey alanları hesaplanmıştır.

9.1. Deney Verileri

Plastik enjeksiyon parametrelerinin çapaklanmaya etkilerinin incelenmesi için PA6-GF30 termoplastik polimer malzeme kullanılarak plastik enjeksiyon makinasında 72 adet değişik enjeksiyon parametreleri ile plastik kapaklar üretilmiştir. Özel tasarlanmış görüntü alma düzeneği ile görüntüleri alınıp Matlab programı kullanılarak yüzeylerinde bulunan çapak miktarları tespit edilmiştir.

Çizelge 9.1 Görüntü işleme yapıp çapak miktarları hesaplanan 72 adet deney bulguları

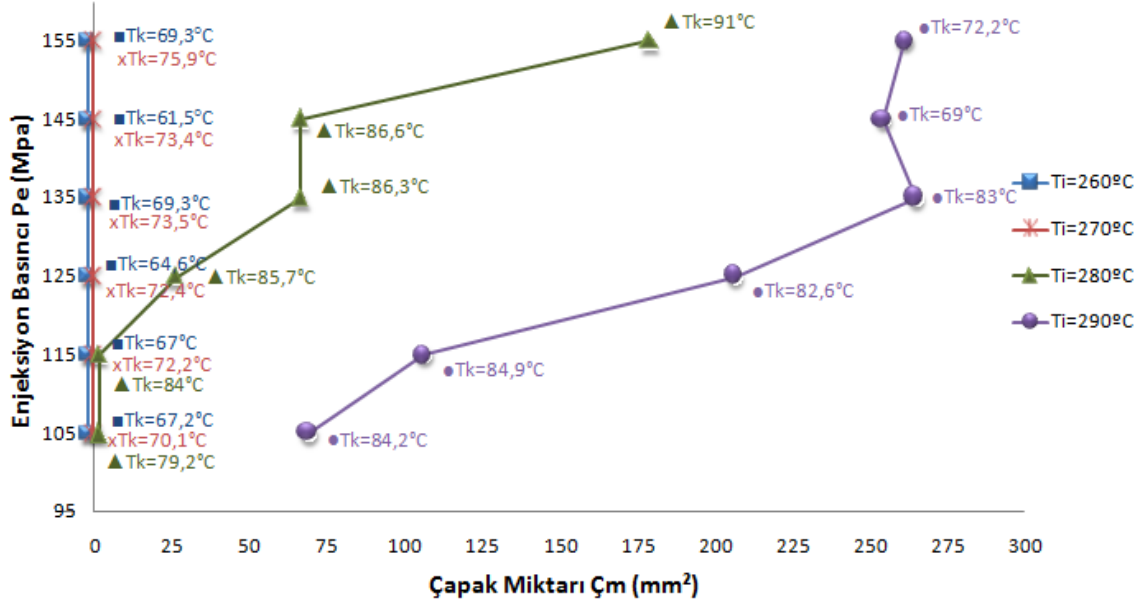
Deney No	Ütuleme Basıncı (MPa)	İşleme Sıcaklığı (°C)	Enjeksiyon Basıncı (MPa)	Kalıp Sıcaklığı (°C)	Piksel sayısı Adet	Yüzey Alanı (mm ²)	Çapak miktarı (mm ²)
1	50	260	105	67.2	2416816	6042.04	0
2	50	260	115	67	2416881	6042.20	0
3	50	260	125	64.6	2417039	6042.59	0
4	50	260	135	69.3	2419875	6049.68	0
5	50	260	145	61.5	2422343	6055.85	0
6	50	260	155	69.3	2424389	6060.97	0
7	50	270	105	70.1	2425382	6063.45	0
8	50	270	115	72.2	2425450	6063.62	0
9	50	270	125	72.4	2430902	6077.25	0
10	50	270	135	78.5	2443441	6108.60	0
11	50	270	145	73.4	2444279	6110.69	0
12	50	270	155	75.9	2456759	6141.89	0
13	50	280	105	79.2	2457394	6143.48	0
14	50	280	115	84	2457760	6144.40	0
15	50	280	125	85.7	2458488	6144.22	26.6
16	50	280	135	86.3	2473809	6184.52	66.9
17	50	280	145	86.6	2473880	6184.70	66.9
18	50	280	155	91	2518725	6296.81	179.19
19	50	290	105	84.2	2474794	6186.90	69.28
20	50	290	115	84.9	2489636	6224.09	106.47
21	50	290	125	82.6	2529674	6324.18	206.56
22	50	290	135	83	2553035	6382.58	264.96
23	50	290	145	69	2548819	6372.04	254.42
24	50	290	155	72.2	2551712	6379.28	261.66
25	80	260	105	83	2575653	6439.13	321.51
26	80	260	115	84.1	2590163	6475.40	357.78
27	80	260	125	84.7	2618204	6545.51	427.89
28	80	260	135	85.9	2661739	6654.34	536.72
29	80	260	145	76.2	2671730	6679.32	561.70
30	80	260	155	76.9	2732449	6831.12	713.50
31	80	270	105	81	2803808	7009.52	891.90
32	80	270	115	81.4	2822890	7057.22	939.60
33	80	270	125	82.1	2843993	7109.98	992.36

34	80	270	135	82.5	2854881	7137.20	1019.59
35	80	270	145	82.7	2856422	7141.05	1023.43
36	80	270	155	83	2874671	7186.67	1069.05
37	80	280	105	86.1	2878013	7195.03	1077.41
38	80	280	115	87.2	2877127	7192.81	1075.19
39	80	280	125	89.9	2876671	7191.67	1074.05
40	80	280	135	91.3	2886054	7215.13	1097.51
41	80	280	145	91.5	2886596	7216.49	1098.87
42	80	280	155	91.8	2899913	7249.78	1132.16
43	80	290	105	92	2915077	7287.69	1170.07
44	80	290	115	92.2	2924648	7311.62	1194.00
45	80	290	125	93.4	2933893	7334.73	1217.11
46	80	290	135	93.9	2936226	7340.56	1222.94
47	80	290	145	93.7	2937301	7343.25	1225.63
48	80	290	155	93.6	2938122	7345.30	1227.68
49	110	260	105	72.2	2943570	7358.92	1241.30
50	110	260	115	73.1	2946893	7367.23	1249.61
51	110	260	125	73.6	2963226	7408.06	1290.44
52	110	260	135	74.1	2970979	7427.44	1309.82
53	110	260	145	71	2974177	7435.44	1317.82
54	110	260	155	71.3	2988923	7472.30	1354.68
55	110	270	105	76.3	2984206	7460.51	1342.89
56	110	270	115	76.5	2990682	7476.70	1359.08
57	110	270	125	74.1	2995967	7489.91	1372.29
58	110	270	135	73.2	3002763	7506.90	1389.28
59	110	270	145	70	3016166	7540.41	1422.79
60	110	270	155	75.2	3032772	7581.93	1464.31
61	110	280	105	79.4	3041457	7603.64	1486.02
62	110	280	115	78.3	3065833	7664.58	1546.96
63	110	280	125	78.9	3080887	7702.21	1584.59
64	110	280	135	76	3104800	7762.00	1644.38
65	110	280	145	81.1	3129178	7822.94	1705.32
66	110	280	155	83	3155980	7889.95	1772.33
67	110	290	105	87.4	3222279	8055.69	1938.07
68	110	290	115	87.9	3359692	8399.23	2281.61
69	110	290	125	88.1	3483003	8707.50	2589.88
70	110	290	135	82.6	3726894	9317.23	3199.61
71	110	290	145	91.2	3877360	9693.40	3575.78
72	110	290	155	89.9	3991542	9978.85	3861.23

Çizelge 9.1. 'de farklı enjeksiyon parametrelerinde üretilip görüntü işlemleri yapılarak yüzey alanları hesaplanmış ve çapak miktarları tespit edilmiş 72 deney çalışması görülmektedir. Çapaksız parçanın sahip olması gereken piksel sayısı **2422832 piksel** olarak ve $\pm 0.4\text{mm}$ genel tolerans dahilinde yüzey alanları hesaplanarak kabul edilebilir piksel aralığı **2398712≤UYGUN≤2447048** olarak hesaplamıştık, genel toleranslar dahilinde olup çapak ihtiva etmeyen kapakların çapak miktarı 0 olarak kabul

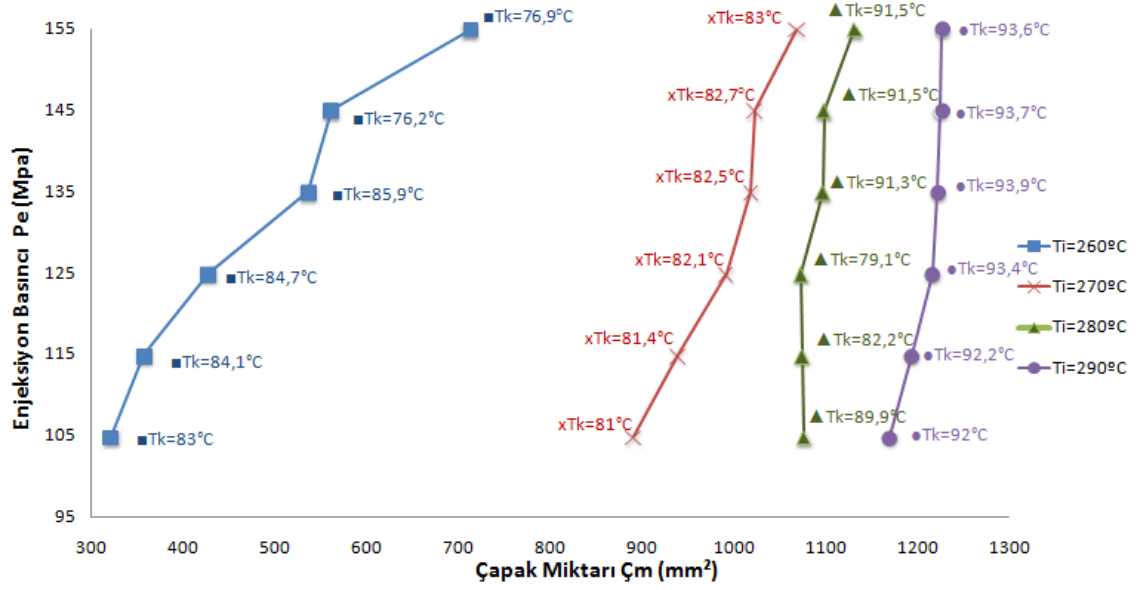
edilmiştir. İlk 11 deney numunesinin analizi sonucunda yüzey alanları kabul edilebilir toleranslar dahilinde ve görsel olarak çapaksız olduğu görülmüştür. Tasarlanmış olan ürüne en yakın ölçülere sahip üretim beş numaralı deneyde elde edilmiştir. 12, 13 ve 14 numaralı deney numuneleri incelendiğinde görsel olarak çapak tespit edilmemiştir fakat ölçüsel kontroller yapıldığında uygun olmadığı görülmüştür. 15 ve 72 numaralı deneyler ve aralığında üretilen tüm kapaklarda çapak gözlemlenmiştir. Plastik enjeksiyon işleminde kullanılan termoplastik hammadde PA6-GF30 için belirlenmiş olan işleme parametrelerinin üzerine çıkıldıkça çapak miktarında artış gözlemlenmiştir.

9.2. Enjeksiyon Parametrelerinin Çapaklanmaya Etkileri



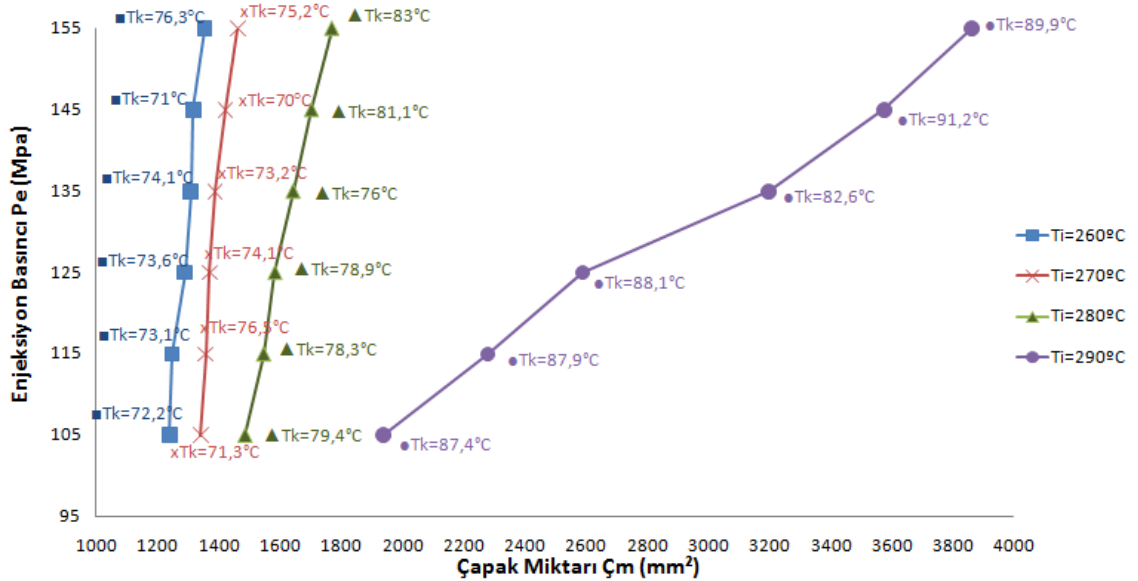
Şekil 9.2 50MPa sabit ütüleme basıncında çapaklanma miktarı

Şekil 9.2.'de 260-270 °C işleme sıcaklığı aralığı 105-155 Mpa enjeksiyon basıncı aralığında çapaklanmanın olmadığı, işleme ve kalıp sıcaklığının artışı ile çapaklanmanın arttığı görülmektedir.



Şekil 9.3 80MPa sabit ütüleme basıncında çapaklanma miktarı

Şekil 9.3'te Enjeksiyon basıncı ve işleme sıcaklığının artması ile çapaklanmanın doğrudan arttığı görülmektedir, işleme değerleri PA6-GF30 hammaddenin işleme değerlerinin üstündedir.



Şekil 9.4 110MPa sabit ütüleme basıncında çapaklanma miktarı

Şekil 9.4.'de kullanılan termoplastik maddenin işleme parametrelerinin tamamen üzerinde çalışılan değerler görülmektedir, arttırılan enjeksiyon parametrelerine bağlı olarak çapak miktarlarında ciddi artışlar ölçülmüştür.

9.3. Çapaklanma Miktarının GEP ile Tahmin Edilmesi

Deneyler sonucunda genetik algoritma programından alınan sonuçlar sırasıyla şu şekilde değerlendirilmiştir. Öncelikle R^2 hata fonksiyonları her bir deney için eğitim ve test dataları için tek tek çıkarılmıştır. Bu değerlerden bir kısmı çizelge 9.2.'de görülmektedir. Çıkarılan bu değerlerden en yüksek olanı yani Çizelge 9.2.'de koyu olarak yazılmış uygunluk fonksiyonu MSE olan, 50 kromozomlu, 5 genli, 15 başlıklı ve 10. fonksiyon setini kullandığımız genetik çözümdür. Deneyde alınan sonuçla programda çıkan sonuç arasında eğitim datalarında %99.435, test datalarında ise %99.445 oranında uyuma sağlanmıştır. Bu değerlerin daha iyi anlaşılabilmesi için Çizelge 9.2 ve Çizelge 9.3'te her bir deney parametresi için oluşan çapak miktarı, genetik formülasyon sonucu oluşan çapak miktarı ve ikisi arasındaki farklar eğitim ve test dataları için sırasıyla ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 9.2 GEP programının çeşitli seçeneklerle çalıştırılmasıyla elde edilen bazı sonuçlar

P1	P2	P3	P4	P5	P6	R^2 HATA		P1	P2	P3	P4	P5	P6	R^2 HATA	
						EĞİTİM	TEST							EĞİTİM	TEST
S1	8	3	30	+	RRSE	0,86874	0,87206	S6	8	3	50	+	RRSE	0,95126	0,97805
S1	8	3	30	*	RRSE	0,88462	0,85718	S6	8	3	50	*	RRSE	0,94354	0,93504
S1	10	4	30	+	RRSE	0,78735	0,78147	S6	10	4	50	+	RRSE	0,91615	0,94647
S1	10	4	30	*	RRSE	0,78277	0,7879	S6	10	4	50	*	RRSE	0,95699	0,93218
S1	15	5	30	+	RRSE	0,85816	0,86578	S6	15	5	50	+	RRSE	0,97064	0,96454
S1	15	5	30	*	RRSE	0,89981	0,90646	S6	15	5	50	*	RRSE	0,95973	0,97446
S2	8	3	30	+	RRSE	0,82391	0,85684	S7	8	3	50	+	RRSE	0,95062	0,95293
S2	8	3	30	*	RRSE	0,76937	0,79349	S7	8	3	50	*	RRSE	0,90201	0,90075
S2	10	4	30	+	RRSE	0,87	0,87963	S7	10	4	50	+	RRSE	0,80746	0,81515
S2	10	4	30	*	RRSE	0,86846	0,86401	S7	10	4	50	*	RRSE	0,9444	0,92316
S2	15	5	30	+	RRSE	0,85037	0,84257	S7	15	5	50	+	RRSE	0,86714	0,89786
S2	15	5	30	*	RRSE	0,86456	0,85951	S7	15	5	50	*	RRSE	0,84867	0,68339
S3	8	3	30	+	rRAE	0,70619	0,77613	S8	8	3	50	+	MSE	0,88986	0,92247
S3	8	3	30	*	rRAE	0,64781	0,71727	S8	8	3	50	*	MSE	0,80601	0,93352
S3	10	4	30	+	rRAE	0,67417	0,78491	S8	10	4	50	+	MSE	0,953	0,95341
S3	10	4	30	*	rRAE	0,76947	0,74165	S8	10	4	50	*	MSE	0,91755	0,92585
S3	15	5	30	+	rRAE	0,50855	0,55379	S8	15	5	50	+	MSE	0,88902	0,8928
S3	15	5	30	*	rRAE	0,66308	0,81667	S8	15	5	50	*	MSE	0,92853	0,89274
S4	8	3	30	+	rRAE	0,95044	0,85082	S9	8	3	50	+	MSE	0,91747	0,9193
S4	8	3	30	*	rRAE	0,82287	0,67112	S9	8	3	50	*	MSE	0,91434	0,87456
S4	10	4	30	+	rRAE	0,95482	0,89979	S9	10	4	50	+	MSE	0,93077	0,95792

S4	10	4	30	*	rRAE	0,86029	0,7494	S9	10	4	50	*	MSE	0,95862	0,91546
S4	15	5	30	+	rRAE	0,95901	0,55054	S9	15	5	50	+	MSE	0,88291	0,78204
S4	15	5	30	*	rRAE	0,91851	0,75369	S9	15	5	50	*	MSE	0,87899	0,87636
S5	8	3	30	+	rRAE	0,58958	0,78447	S10	8	3	50	+	MSE	0,90235	0,90779
S5	8	3	30	*	rRAE	0,72737	0,68804	S10	8	3	50	*	MSE	0,91251	0,93611
S5	10	4	30	+	rRAE	0,65442	0,75625	S10	10	4	50	+	MSE	0,95013	0,95093
S5	10	4	30	*	rRAE	0,73984	0,78307	S10	10	4	50	*	MSE	0,86545	0,7961
S5	15	5	30	+	rRAE	0,80906	0,56823	S10	15	5	50	+	MSE	0,99435	0,99445
S5	15	5	30	*	rRAE	0,57782	0,62781	S10	15	5	50	*	MSE	0,94997	0,92903

Çizelge 9.3 GEP eğitim modeli sonuçlarının deneysel verilerle karşılaştırılması

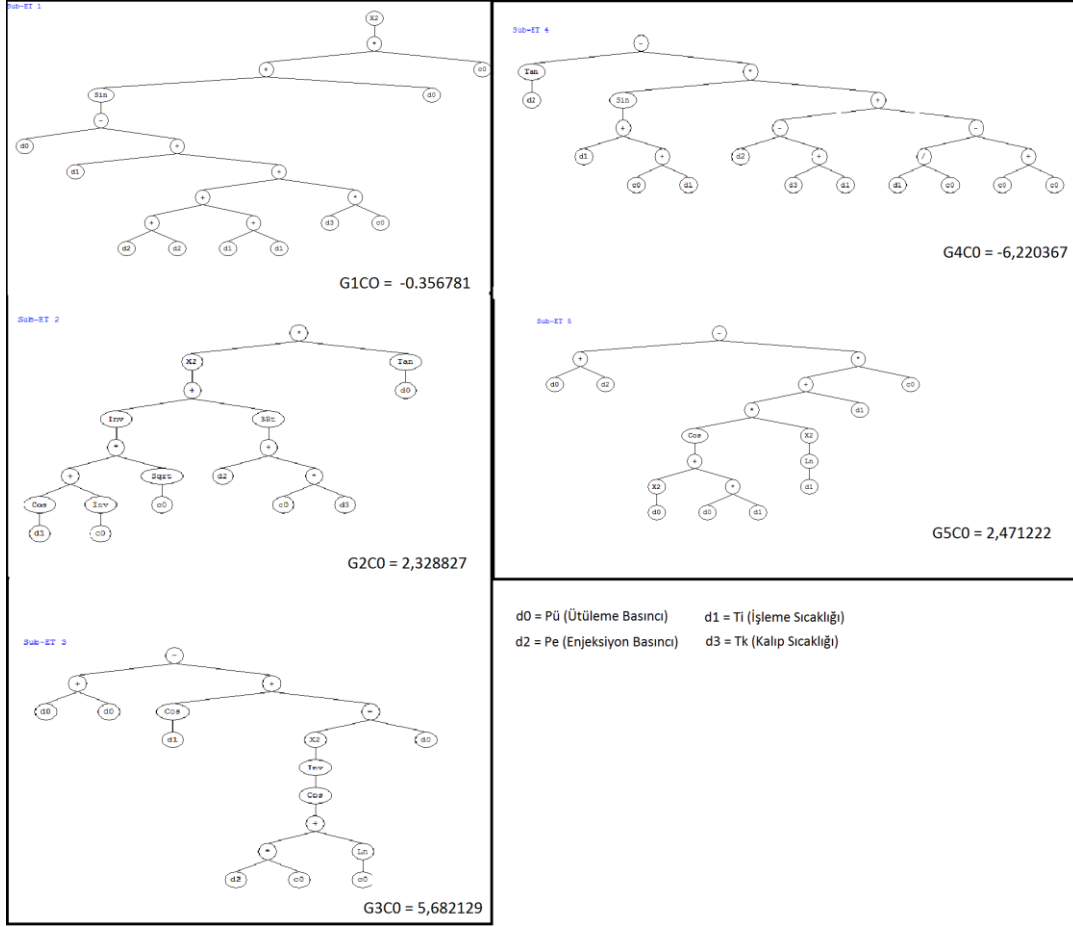
Deney No	Enjeksiyon Basıncı	İşleme Sıcaklığı	Kalıp Sıcaklığı	Ütüleme Basıncı	Hedef	Model	Fark
1	105	280	79,2	50	57,15	3,72	53,43
3	125	280	85,7	50	62,00	81,42	19,42
4	135	280	86,3	50	66,1	89,57	23,47
5	145	280	88,8	50	66,9	93,60	26,70
6	155	280	91	50	69	95,69	26,69
7	105	290	84,2	50	69,28	133,37	64,09
8	115	290	84,9	50	106,47	165,60	59,13
9	125	290	86,4	50	206,56	207,39	0,83
11	145	290	89,3	50	276,18	231,72	44,46
12	155	290	91,1	50	295,74	239,90	55,84
13	105	260	83	80	321,51	350,26	28,75
14	115	260	84,1	80	357,78	403,19	45,41
15	125	260	84,7	80	427,89	472,16	44,27
16	135	260	85,9	80	536,72	515,99	20,73
18	155	260	89,9	80	713,5	587,84	125,66
19	105	270	81	80	891,9	911,91	20,01
20	115	270	81,4	80	939,6	951,44	11,84
21	125	270	82,1	80	992,36	1009,61	17,25
22	135	270	82,5	80	1019,59	1051,65	32,06
24	155	270	83	80	1069,05	1122,77	53,72
25	105	280	80,4	80	1077,41	1004,75	72,66
26	115	280	82,2	80	1075,19	1045,41	29,78
28	135	280	85,8	80	1097,51	1093,18	4,33
29	145	280	83,6	80	1098,87	1090,92	7,95
30	155	280	83,9	80	1132,16	1121,79	10,37
31	105	290	80,5	80	1170,07	1129,18	40,89
32	115	290	81,1	80	1194	1185,05	8,95
33	125	290	81,6	80	1217,11	1226,01	8,90
34	135	290	81,7	80	1222,94	1219,55	3,39
35	145	290	81,9	80	1225,63	1220,08	5,55
36	155	290	82	80	1227,68	1242,10	14,42
38	115	260	73,1	110	1249,61	1211,93	37,68

39	125	260	73,6	110	1290,44	1254,08	36,36
40	135	260	74,1	110	1309,82	1288,69	21,13
41	145	260	74,7	110	1317,82	1334,45	16,63
42	155	260	76,3	110	1354,68	1367,83	13,15
43	105	270	71,3	110	1342,89	1329,18	13,71
44	115	270	72,4	110	1359,08	1363,34	4,26
45	125	270	74,1	110	1372,29	1397,34	25,05
46	135	270	74,2	110	1389,28	1388,21	1,07
47	145	270	74,8	110	1422,79	1401,16	21,63
49	105	280	77,8	110	1486,02	1511,97	25,95
50	115	280	78,3	110	1546,96	1550,32	3,36
51	125	280	78,9	110	1584,59	1610,86	26,27
52	135	280	79,6	110	1644,38	1640,41	3,97
54	155	280	83	110	1772,33	1656,27	116,06

Çizelge 9.4 GEP test modeli sonuçlarının deneysel verilerle karşılaştırılması

Deney No	Enjeksiyon Basıncı	İşleme Sıcaklığı	Kalıp Sıcaklığı	Ütöleme Basıncı	Hedef	Model	Fark
2	115	280	84	50	61,15	36,92	24,23
10	135	290	88,6	50	264,96	217,90	47,06
17	145	260	87,4	80	561,7	555,68	6,02
23	145	270	82,7	80	1023,43	1095,39	71,96
27	125	280	84,1	80	1074,05	1086,55	12,50
37	105	260	72,2	110	1241,3	1182,16	59,14
48	155	270	75,2	110	1464,31	1436,96	27,35
53	145	280	81,1	110	1705,32	1652,45	52,87

Genetik programlamada formülün oluşturulması seçilen gen sayısına bağlıdır. Bu yüzden Çizelge 9.4’te ideal sonucu veren formülasyona bakıldığında 5 adet ağaç yapısı oluşturması gerekmektedir. Şekil 9.5’te bu ağaç yapıları görülmektedir.



Şekil 9.5 Çapaklanma miktarı formülünün ağaç yapısı

Yukarıdaki ağaç yapıları düzenlenerek çapaklanma miktarı için aşağıdaki formüller elde edilmiştir.

$$\mathbf{\text{Çm1}} = [(\sin(Pü - (3 * Ti + 2 * Pe + (Tk * (-0,356781)) + Pü)) * (-0356781))]^2 \quad (9.1)$$

$$\mathbf{\text{Çm2}} = \tan(Pü) * \left[\frac{1}{1,5260 * Ti + 0,6552} + \sqrt[3]{Pe + 2,328827 * Tk} \right]^2 \quad (9.2)$$

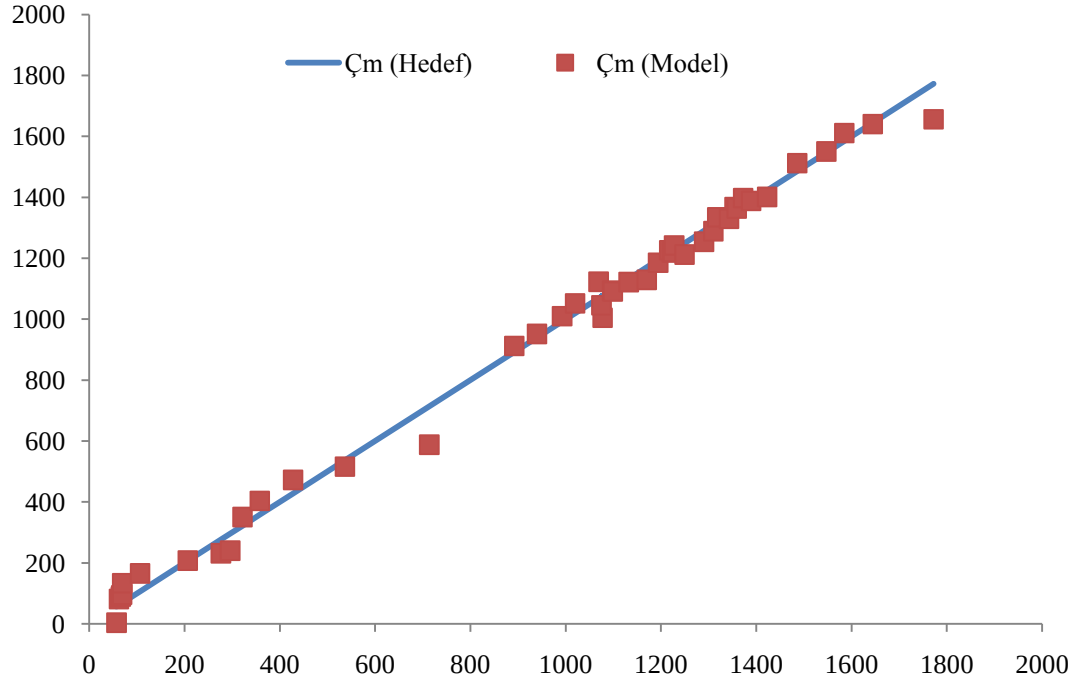
$$\mathbf{\text{Çm3}} = 3 * Pü - \cos(Ti) - \left[\frac{1}{\cos[(5,682129 * Pe) + 1,7373]} \right]^2 \quad (9.3)$$

$$\mathbf{\text{Çm4}} = \left[\tan(Pe) - \left[\left(\sin \left(Ti + ((-6,220367) + Ti) \right) \right) * \left((Pe - (Tk + Ti)) + \left(\left(\frac{Ti}{-6,220367} \right) + (12,44) \right) \right) \right] \right] \quad (9.4)$$

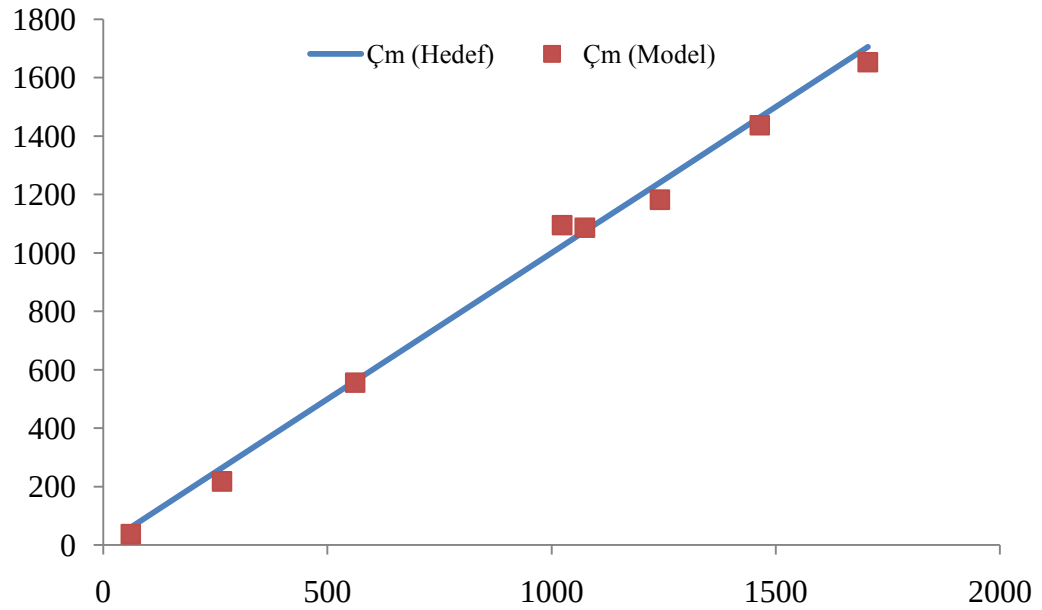
$$\mathbf{\text{Çm5}} = [(Pü + Pe) - ((\cos(Pü^2 + (Pü * Ti)) * (\ln(Ti))^2) + Ti) * 2,471222] \quad (9.5)$$

$$\mathbf{\text{Çm}} = \mathbf{\text{Çm1}} + \mathbf{\text{Çm2}} + \mathbf{\text{Çm3}} + \mathbf{\text{Çm4}} + \mathbf{\text{Çm5}} \quad (9.6)$$

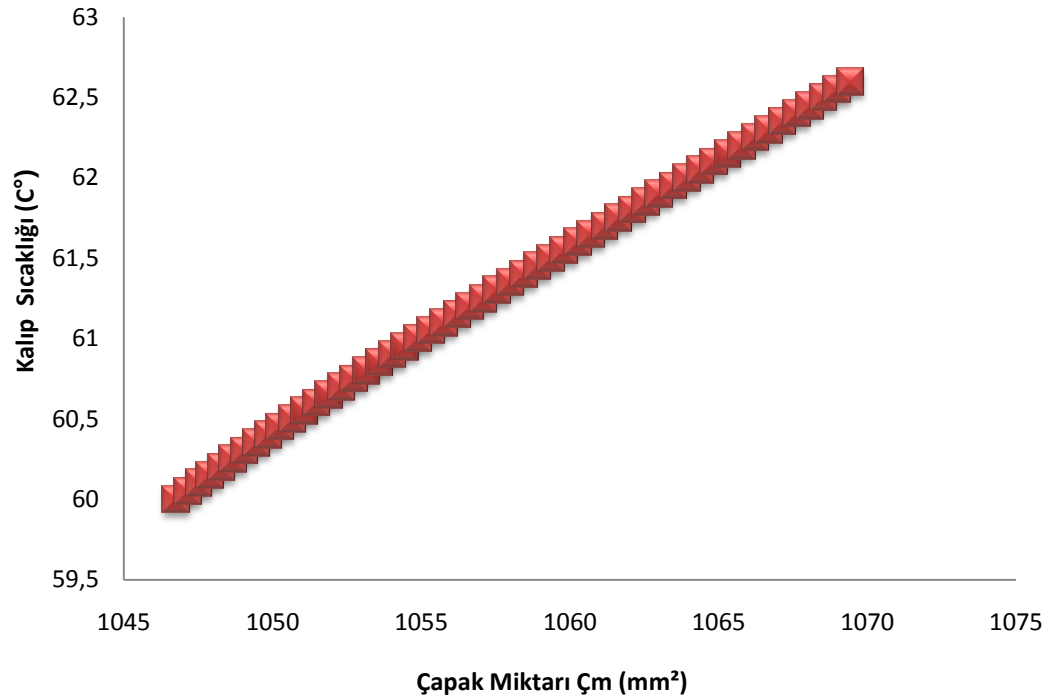
Modellerden elde edilen değerlerin dağılımının hedef değerlerle karşılaştırılması Şekil 9.6’da eğitim için Şekil 9.7.’de ise test dataları için görülebilmektedir. Grafikler incelendiğinde model değerlerinin çoğunlukla hedef değerler etrafında kümелendiği görülmektedir.



Şekil 9.6 GEP modellerinden elde edilen $\dot{C}_m$ değerlerinin dağılımı (Eğitim)



Şekil 9.7 GEP modellerinden elde edilen $\dot{C}_m$ değerlerinin dağılımı (Test)



Şekil 9.8 Kalıp sıcaklığının çapak miktarına etkisi

Deney sonuçları irdelendiğinde İşleme Sıcaklığı ve Enjeksiyon Basıncının artışının Kalıp Sıcaklığını arttırdığı gözlenmiştir. Diğer parametrelerin etkisiyle de kalıp sıcaklığında artışlar olmuştur. Kalıp Sıcaklığındaki bu artış çapaklanmayı da arttırmıştır. Ergiyik halde kalıbın içine giren plastik viskozitesini arttıramadığından çapak oluşumu gözlenmiştir. Bu durum çıkan formülasyona uygulandığında da Şekil 9.8’deki grafik elde edilmiştir. Grafikte Ütuleme Basıncı 80 MPa’da, İşleme Sıcaklığı 270 °C’de, Enjeksiyon Basıncı 155 MPa’da sabit tutularak yalnızca kalıp sıcaklığını artırılmasıyla çapak miktarındaki artış gösterilmiştir.

Bu çalışmada plastik enjeksiyon kalıpcılığında çapaklanmaya etki eden parametrelerden ütuleme basıncı, işleme sıcaklığı, enjeksiyon basıncı ve kalıp sıcaklığı değerleri kullanılarak tahmini çapaklanma miktarını tahmin edebilmek için genetik programlama kullanılarak bir matematik model oluşturulmuştur.

Çıkarılan matematik modelden elde edilen sonuçlar plastik enjeksiyon kalıpcılığında çapaklanma miktarının tahmininde GEP’ in etkili bir metot olduğunu göstermiştir. Bu sayede ölçüm yapmaya gerek kalmadan bu çalışmada kullanılan parametrelerin sınırları içerisinde olması şartı ile çapaklanma miktarı yeterli doğrulukta tahmin edilebilecektir.

10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada farklı enjeksiyon parametreleri ile PA6-GF30 termoplastik hammadde kullanılarak üretilen plastik parçalardaki çapak oluşumu gözlenmiş ve çapak miktarlarına enjeksiyon parametrelerinin etkisi incelenmiştir.

✓ Tasarlanmış olan görüntü alma düzeneğinde bulunan merkezleme ve sabit görüntü alma mesafesi tüm görüntülerin homojen olmasını sağlamıştır.

✓ Matlab programında görüntü işleme yapılan tüm resimlerde okunan siyah ve beyaz toplam piksel sayıları eşit çıkmıştır.

✓ Yapılan deneylerde 260-270 °C işleme sıcaklığı aralığı, 105-155 MPa enjeksiyon basıncı aralığında üretilen kapaklar görsel ve ölçüsel olarak uygundur çapak rastlanmamıştır.

✓ Tasarlanan numuneye en yakın üretim 50 MPa ütüleme basıncı, 260 °C işleme sıcaklığı, 145 MPa enjeksiyon basıncı ve 61.5 °C kalıp sıcaklığında elde edilmiştir.

✓ 50 MPa sabit ütüleme basıncında, 270-280 °C işleme sıcaklığı, 155 MPa enjeksiyon basıncı, 75-84 °C kalıp sıcaklık aralığında yapılan deneylerde çapak gözlenmemiştir fakat üretilen kapaklar ölçüsel olarak toleransın üstünde çıkmıştır ve uygun değildir. İşleme sıcaklığının üst sınır değerlerde olması ve kalıp sıcaklıklarının yüksek olması çapaklanmaya sebep olmuştur.

✓ Genel olarak işleme sıcaklığı(Ti) arttıkça çapak miktarında artış görülmüştür. Malzeme ergiyik sıcaklığının artışı viskoziteyi azalttığından ergiyik akışkan hale gelmekte ve çapak oluşumu arttırmaktadır.

✓ Kalıp sıcaklığının(Tk) artışı çapaklanmayı arttırmıştır. Ergiyik halde kalıbın içine giren plastik viskozitesini arttıramadığından çapak oluşumu gözlenmiştir.

✓ Ergiyik sıcaklığından sonra en etkili parametrenin enjeksiyon basıncı (Pe) olduğu görülmüştür. Genel olarak enjeksiyon basıncı arttıkça çapaklanma artmakta fakat bu artışa kalıp sıcaklığının artışı ve azalışının da etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

✓ Ütüleme basıncı(Pü) hammaddenin ütülenmesi gereken aralığın üstüne çıkınca çapak miktarı artmış fakat ütüleme basıncına ergiyik sıcaklığı ve kalıp sıcaklığı da etki etmiştir. Ergiyik sıcaklığı ve kalıp sıcaklığı yüksek iken ütüleme basıncı arttırılınca çapak kaçınılmaz olmuştur.

✓ Deneyde alınan sonuçla programda çıkan sonuç arasında eğitim datalarında %99.435, test datalarında ise %99.445 oranında uyuma sağlanmıştır.

✓ GEP modellerinden elde edilen $\dot{C}_m$ değerlerinin dağılımını içeren grafikler incelendiğinde model değerlerin çoğunlukla hedef değerler etrafında kümелendiği görülmektedir.

✓ Bu çalışmada plastik enjeksiyon kalıpcılığında çapaklanmaya etki eden parametrelerden ütüleme basıncı, işleme sıcaklığı, enjeksiyon basıncı ve kalıp sıcaklığı değerleri kullanılarak tahmini çapaklanma miktarını ölçebilmek için genetik programlama kullanılarak bir matematik model oluşturulmuştur.

✓ Çıkarılan matematik modelden elde edilen sonuçlar plastik enjeksiyon kalıpcılığında çapaklanma miktarının tahmininde GEP' in etkili bir metot olduğunu göstermiştir. Bu sayede ölçüm yapmaya gerek kalmadan bu çalışmada kullanılan parametrelerin sınırları içerisinde olması şartı ile çapaklanma miktarı yeterli doğrulukta tahmin edilebilecektir.

KAYNAKLAR

- Koyun Ç**, Bilgisayar destekli plastik enjeksiyon kalıp tasarımı ve analizi, İstanbul, 2005.
- Aslan G**, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Farklı Malzemelerden Plastik Enjeksiyon Yöntemi İle Makina Parçası Üretimi, Tekirdağ, 2011.
- Özçelik B, Erzurumlu T**, Minimization of Warpage and Sink Index in Injection Molded Thermoplastic Parts Using Taguchi Optimization Method ,Materials and Design, 2005 p:853-861.
- Gu Y, Li H**, Numerically Simulation of Thermal Induced Stres and Warpage in Injection- Molded Thermoplastics, Advances in Polymer Technolgy, 2001, p:14-21.
- Young WB**, Effect of Process Parameters on Injection Compression Molding of Pickup Lens, Applied Mathematical Modeling, 2005, p:955-971.
- Chiang KT**, The Optimal Process Conditions of an Injection –Molded Thermoplastic Part with a Thin Shell Feature Using Grey-Fuzzy Logic, A Case Study on Machining the PC/ABS Cell Phone Shell, Materials and Desingn, 2006, p:1851-1860.
- Chen X, Lam YC, Li DQ**, Analysis of Thermal Residual Stres in Plastic Injection Molding, Journal of Materials Processing Technology, 2000 p: 275-280.
- Ferreira JC, Mateus A**, Studies of Rapid Soft Tooling with Conformal Cooling Channels for Plastic Injection Moulding Parameters of Materials:EX-PIMM, Journal of Materials Processing Technology, 2002, p:113- 122.
- Can. C.** Plastik Enjeksiyon Kalıplamada Termoplastik Malzemelerin Modelleme ve Analizleri’’ T.Ü. Fen Bil. Enst. Yüks. Lis. Tezi, Edirne, (2008).
- Bitirgiç.Ç.** Plastik enjeksiyon kalıpcılığında PP malzemeye katılan ABS ve CAM ELYAFIN mekanik özelliklere etkisi ’’ G.Ü. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yüks. Lis. Tezi, Gebze,2010.
- Topal. M.M.** ‘‘Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Üründeki Kaynak Yeri Hatalarının Mukavemet Özelliklerine Etkisi’’ Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Yüks. Lis. Tezi, Gebze, (2010).

- Türk. R.** Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Ergiyik Plastik Akış Hatlarında Kesit Biçimi ve Ölçü Değişiminin Kalıplanabilirliğe Etkileri” G.Ü Fen Bil. Enst. Yüks. Lis. Tezi, Ankara, (2010).
- Dursun. V.** Plastik enjeksiyon kalıpcılığında kalıp içi ve eriyik sıcaklıklarının mekanik ve boyutsal özelliklere etkisi” Gebze Yüks. Teknoloji Enst.Müh ve Fen Bil. Enst. Yüks. Lis. Tezi, Ankara, (2010).
- Erdem.V.** Geometrik Mamül Spesifikasyonu ve Doğrulanması Çerçevesinde Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı, İmalat ve Kontrolü D.E.Ü Fen Bil. Enst. Yüks. Lis. Tezi, İzmir, (2007).
- Ozçelik, B.; Erzurumlu, T.** “Comparison of the Warpage Optimization in the Plastic Injection Molding Using ANOVA, Neural Network Model and Genetic Algorithm”, Journal of Materials Processing Technology 171 (2006) 437-445.
- Akyürek A,** Plastik Enjeksiyon Süreci Süreci Optimizasyonunda Yapay Zeka Tekniklerinin Kullanımı, Bursa, (2009).
- Alp.S.** İstanbul Ticaret Odası, Kalıpcılık Sektör Araştırması, Ekim 2005
- Çakır, Y** “I 20-3 Polietilen Plastik Ürünlerde Çekme Miktarına Etki Eden Enjeksiyon Parametrelerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, (2000)14-22
- İçten,B..** “Plastik Enjeksiyonda Basınç,Sıcaklık,Zaman,Hız Gibi Faktörlerin Parça Kalitesi Üzerine Etkilerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2004) 16-71
- Kamber,Ö.Ş:** “Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Basınç Ve Sıcaklık Parametrelerinin Ürün Kalitesine Etkileri Ve Taguchi Yöntemi İle Optimizasyonu”, *Doktora Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul,Türkiye,(2008)
- Akyüz, Ö.F.** “Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş”, Pagev Yayınları, II. Baskı, İstanbul, Türkiye, (2001) 195-217 Hugh, J. “Injection Molding”,Manufacturing Engineer on a disk(2001) 1-7
- Tsai, C.C.; Lu, C.H.:** “Multivariable Self-Tuning Temperature Control for Plastic Injection Molding Process”, Ieee Transactions On Industry Applications,34(1998) 310-318 Turaçlı, H.. “Enjeksiyon Kalıpları İmalatı”, Pagev Yayınları, İstanbul,Türkiye,(2000) 17-39

- Fischer, J.M.:** ‘‘Handbook of Molded Part Shrinkage and Warpage’’Plastics Design Library Handbook Series, Norwich, USA(2003) 105-170’’
- Topal. M.M.** ‘Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Üründeki Kaynak Yeri Hatalarının Mukavemet Özelliklerine Etkisi’’ *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Yüks. Lis. Tezi, Gebze, (2010).*
- Yelkenci Ş.** ‘‘Plastik Enjeksiyon Kalıplama Teknikleri Ve Özel Uygulamalar ’’ Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü *Yüks. Lis. Tezi, Bursa, (2008).*
- Wong Ml, Leung Ks,** Data Mining Using Grammar Based Genetic Programming Applications, London, 1999. Koza JR, Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection,MIT Press, Cambridge, 1992.
- Asbour A f, Alvarez Lf, Toropov Vv,** Comput Struct, 2003, p:331–338.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar, 1988 yılında İskenderun'da doğdu. İlköğretim ve liseyi İskenderun'da tamamladı. 2006 yılında Niğde Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü kazandı, 2009 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi'ne Yatay Geçiş yaptı. Üniversite yaz tatillerinde 2008 yılında 3ay Süper Kok Kömür Fabrikasında, 2009 yılında 3ay Net Haddecilik, 2010 yılında 3ay Baştuğ Çelik Sanayi A.Ş de çalıştı aynı zamanda stajlarını tamamladı. 2011 yılında vatani görevini Piyade Asteğmen olarak Tekirdağ Çerkezköy'de tamamladı. 2012 yılında Türkiye'nin ilk Filtre Fabrikası olan Fil Filtre' de Ar-Ge mühendisi olarak çalışmaya başladı aynı zamanda Mustafa Kemal Üniversitesinde Yüksek Lisansa başladı. İyi derecede Solidworks, unigraphics, autocad ve mastercam bilgisine sahip. Plastik enjeksiyon kalıbı, karosel makinası kalıpları, sıvama kalıpları , alüminyum panel ve radyal kalıplar, eko makinası kalıpları uzmanlık alanları olmakla beraber transfer pres ve otomatik hidrolik pres makinaları için kalıp yapımında kendini geliştirmektedir. 2014 haziranda yüksek lisansını tamamladı ve şuan halen Fil Filtrede Atölye Amiri olarak çalışmaktadır.