

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**PLASTİK ENJEKSİYON KALIP TASARIMI VE SOĞUTMA
SİSTEMİNİN ANALİZİ**

SELİN TUNA

KOCAELİ 2021

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PLASTİK ENJEKSİYON KALIP TASARIMI VE SOĞUTMA
SİSTEMİNİN ANALİZİ

SELİN TUNA

Prof.Dr. Elif ÖĞÜT

Danışman, Kocaeli Üniv.

.....

Prof.Dr. Oktay HACIHAFIZOĞLU

Jüri Üyesi, Trakya Üniv.

.....

Dr.Öğr. Üyesi İsmet TİKİZ

Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 25.06.2021

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında önerileri, eleştirileri ve yol göstericiliğiyle desteğini esirgemeyen, akademik gelişimimde yanımda olan danışman hocam sayın Prof. Dr. Elif Öğüt'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında teknik desteğini esirgemeyen kalıp tasarım uzmanı çok değerli çalışma arkadaşım Ersin Alkan'a teşekkürü borç bilirim.

Çalışmam boyunca bilgilerini esirgemeyen, manevi olarak yanımda olan can dostum Makine Yüksek Mühendisi Sevgi Aydın'a ve manevi desteğini esirgemeyen diğer tüm yüksek lisans öğrencisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmamın tüm aşamalarında manevi desteğini esirgemeyen, benim için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan babam ve anneme teşekkür ederim.

Haziran-2021

Selin TUNA

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
GİRİŞ	1
1. LİTERATÜR ÇALIŞMASI	3
2. PLASTİKLER	4
2.1. Genel Bilgi	4
2.2. Plastiklerin Sınıflandırılması	5
2.2.1. Termoplastikler	5
2.2.1.1. Akrilonitril bütadien stiren (ABS)	6
2.2.1.2. Polietilen (PE)	7
2.2.1.3. Polivinil klorür (PVC)	8
2.2.1.4. Polistiren (PS)	8
2.2.1.5. Naylon (Polyamid)	9
2.2.1.6. Polipropilen (PP)	10
2.2.2. Termosetler	11
2.3. Plastiklerin Genel Özellikleri	12
2.4. Plastiklere Uygulanan Katkılar	12
2.4.1. Dolgu maddesi	12
2.4.2. Alev giderici	13
2.4.3. Kaydırıcı	13
2.4.4. Pigmentler	13
2.4.5. Yumuşatıcılar	13
2.4.6. Plastik malzeme kuvvetlendiricileri	13
2.5. Plastik Çekme Payı	13
2.5.1. Çekme payı miktarına etki eden faktörler	14
3. PLASTİK ÜRETİM YÖNTEMLERİ	15
3.1. Plastik Enjeksiyon Yöntemi	15
3.1.1. Enjeksiyon makineleri	16
3.1.1.1. Pistonlu enjeksiyon makineleri	16
3.1.1.2. Vidalı enjeksiyon makineleri	16
3.1.1.2.1. Enjeksiyon sistemi	17
3.1.1.2.2. Tahrik ve Hareket Sistemi Ünitesi	18
3.1.1.2.3. Kontrol ünitesi	19
3.1.1.2.4. Mengene Ünitesi	20
3.1.1.2.5. Kalıp	21
4. KALIP	22
4.1. Kalıp Elemanları	23
4.1.1. Dışı çelik (Plaka)	23
4.1.2. Erkek çelik (Plaka)	23
4.1.3. Dayama plakası	23
4.1.4. Paraleller (Takozlar)	23
4.1.5. İtici destek plakası	24
4.1.6. İtici plakası	24

4.1.7. Erkek arka bağlantı plakası.....	24
4.1.8. Dişi arka bağlantı plakası.....	24
4.1.9. Merkezleme bileziği	24
4.1.10. Yolluk çekici.....	24
4.1.11. Dayama pimleri.....	24
4.1.12. Sütunlar (Baba)	24
4.1.13. İtici pim	25
4.1.14. Geri vurucu pim	25
4.1.15. Kılavuz pim (Kolon).....	25
4.1.16. Burç.....	25
4.2. İtici Pim Sistemleri	25
4.2.1. Pimler.....	26
4.2.2. İtici bilezik	27
4.2.3. Valf başlıklı itici	27
4.2.4. Sıyırıcı sistem itici.....	27
4.2.5. Boru itici.....	28
4.2.6. Havalı itici	28
4.3. Maça Sistemleri.....	28
4.4. Yolluk Sistemleri.....	30
4.4.1. Yolluk biçimleri.....	31
4.4.2. Yolluk giriş çeşitleri	32
4.4.2.1. Kenar yolluk	32
4.4.2.2. Tünel yolluk.....	32
4.4.2.3. Muz yolluk	33
4.4.2.4. İğne yolluk.....	33
4.4.2.5. Sıcak yolluk sistemleri	34
4.4.2.5.1. Manifold.....	35
4.4.2.5.2. Rezistans.....	35
4.4.2.5.3. Sıcaklık kontrol cihazı	35
4.4.2.5.4. Sıcak yolluk nozzle (Memesi).....	35
4.4.2.5.5. Termokupl.....	35
4.5. Soğutma Sistemi	36
4.6. Kalıp Malzemesi	38
4.6.1. 2738 çeliği	38
4.6.2. 2312 çeliği	38
4.6.2. 2316 çeliği	39
4.6.3. 2344 çeliği	39
4.6.4. İmalat çelikleri.....	39
4.7. CAD ve Analiz Programları.....	39
4.8. Ürün ve Kalıp Tasarımı.....	40
4.8. Parçada Oluşabilecek Hataların Nedenleri ve Çözümleri.....	41
4.8.1. Eksik dolum	41
4.8.2. Çapak oluşumu.....	41
4.8.3. Çarpılma.....	41
4.8.4. Akış çizgileri	42
4.8.5. Kalıp açılmaması	42
4.8.6. İtici problemi	42
4.8.7. Soğuk birleşme.....	42
5. BİR ÜRÜN TASARIMI VE KALIP TASARIMI	43
5.1. Kalıp Tasarımı	46
6. KALIP MOLDFLOW ANALİZİ.....	53
6.1. En Uygun Giriş Yeri Belirleme	53
6.2. Akış Analizi.....	54

6.3. Dolu Zamanı Analizi	55
6.4. Dolu Kalitesi	55
6.5. Eriyik Sıcaklığı.....	56
6.6. Kaynak Çizgileri.....	57
6.7. Hava Kapanı	57
6.8. Enjeksiyon Basıncı	58
6.9. Basıncı Düşüşü	59
6.10. Soğutma Kalitesi	60
6.11. Yüzey Sıcaklık Dağılımı.....	60
6.12. Donma Zamanı Dağılımı	61
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR	67
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER	70
ÖZGEÇMİŞ	71



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Günümüz plastikleri.....	4
Şekil 2.2. Plastiklerin sınıflandırılması.....	5
Şekil 2.3. Termoplastiklerin Yapısı.....	6
Şekil 2.4. ABS Kullanım Alanları.....	7
Şekil 2.5. PE Kullanım Alanları.....	7
Şekil 2.6. PVC Kullanım Alanları.....	8
Şekil 2.7. PS Kullanım Alanları.....	9
Şekil 2.8. Naylon Kullanım Alanları.....	10
Şekil 2.9. PP Kullanım Alanları.....	11
Şekil 2.10. Termoset.....	12
Şekil 2.11. Sık kullanılan plastiklere ait çekme payları.....	14
Şekil 3.1. Vidalı Enjeksiyon Makinesi.....	16
Şekil 3.2. Enjeksiyon ünitesi vida sistemi.....	18
Şekil 3.3. Tahrik Sistemi.....	19
Şekil 3.4. Kontrol Ünitesi.....	20
Şekil 3.5. Mengene Ünitesi.....	20
Şekil 4.1. Kalıp Seti.....	22
Şekil 4.2. Silindir Başlı İtici Pim ve Havşa Başlı İtici Pim.....	26
Şekil 4.3. Sıyırıcı Sistemli Kalıp.....	27
Şekil 4.4. Boru İtici Pim.....	28
Şekil 4.5. Maçalı Kalıp.....	30
Şekil 4.6. Kenar Yolluk.....	32
Şekil 4.7. Tünel Yolluk.....	33
Şekil 4.8. Muz Yolluk.....	33
Şekil 4.9. İğne Yolluk.....	34
Şekil 4.10. Sıcak Yolluk Sistemi.....	34
Şekil 5.1. Palet Ürün Taslağı.....	43
Şekil 5.2. Palet Çizim Taslağı.....	44
Şekil 5.3. Ürün Katılama.....	44
Şekil 5.4. Palet Sulu Boya Haznesi.....	45
Şekil 5.5. Sulu Boya Haznesi Extrude ve Radyüs İşlemi.....	45
Şekil 5.6. Hazne İç Boşaltması.....	46
Şekil 5.7. Ürün Son Hali.....	46
Şekil 5.8. Kalıp Göz Sayısı.....	47
Şekil 5.9. Erkek Çelik.....	48
Şekil 5.10. Dişi Çelik.....	49
Şekil 5.11. Kalıp Kolon Çapları.....	49
Şekil 5.12. İtici Destek ve İtici Plakalar ve Baba.....	50
Şekil 5.13. Tünel Yolluk.....	51
Şekil 5.14. Dişi Çelik Su Yolluğu.....	51
Şekil 5.15. Kalıp Genel Görüntüsü.....	52
Şekil 6.1. En İyi Giriş yeri Belirleme.....	54
Şekil 6.2. Plastik Akış Analizi.....	54
Şekil 6.3. Dolum Zamanı Analizi.....	55
Şekil 6.4. Dolum Kalitesi.....	56
Şekil 6.5. Eriyik Sıcaklığı.....	56
Şekil 6.6. Kaynak Çizgileri.....	57

Şekil 6.7.	Hava Kapanı	58
Şekil 6.8.	Enjeksiyon Basıncı	59
Şekil 6.9.	Basınç Düşüşü	59
Şekil 6.10.	Soğutma Kalitesi	60
Şekil 6.11.	Yüzey Sıcaklık Değişimi-1	61
Şekil 6.12.	Yüzey Sıcaklık Değişimi-2	61
Şekil 6.13.	Dolum Sonu Katman Donma Dağılımı	62



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

ABS	: Akrilonitril Bütadien Stiren
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
CAD	: Computer Aided Design, (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CAM	: Computer Aided Manufacturing, (Bilgisayar Destekli Üretim)
FeCuNi	: Demir Bakır Nikel
NASA	: National Aeronautics and Space Administration, (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
PE	: Polietilen
PID	: Proportional Integral Derivative, (Oransal İntegral Türev)
PP	: Polipropilen
PS	: Polistiren
PVC	: Polivinil Klorür

PLASTİK ENJEKSİYON KALIP TASARIMI VE SOĞUTMA SİSTEMİNİN ANALİZİ

ÖZET

Plastik malzeme, otomotivden beyaz eşyaya, kırtasiye malzemelerinden oyuncaklara, mutfak eşyalarından ofis malzemelerine kadar her sektörde yerini almıştır. Plastik enjeksiyon yöntemi, plastik parça üretiminde en çok kullanılan imalat yöntemidir. Üretimi talep edilen plastik malzemeler için, plastik enjeksiyon kalıpları tasarlanmaktadır. Bu kalıplar tasarlanırken, ilk aşamada ürün tasarımı göz önüne alınır. Üretime uygun, kısa sürede ve kaliteli bir imalat yapmak için en önemli faktör tasarlanan ürünün, üretilebilir olmasıdır.

Bu çalışmada plastik bir kırtasiye-oyuncak sektörü diyebileceğimiz bir sulu boya paletinin ürün tasarımı ve kalıp tasarımı aşama aşama incelenecektir. Ürün ve kalıp tasarımına geçmeden önce, plastik malzemeler tanıtılacak, literatürde konuyla ilgili yapılan benzer çalışmalar özetlenecektir. Bir kalıbı tasarlamak için gerekli kalıp elemanları tanıtılacak ve plastik enjeksiyon sistemlerinden bahsedilecektir. Kalıp ve ürün tasarımında kullanılan üç boyutlu tasarım programları ve analizde kullanılan program hakkında kısaca bilgilendirme yapılacaktır. Kalıp çeliği malzemeleri kısaca anlatılacaktır. Kalıbı tasarlanan palet, Moldflow programında analiz edilerek eksik yanları, olumlu tarafları aktarılacaktır. Sonuç kısmında ise olabilir alternatifler öneri niteliğinde sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Plastik, Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı, Ürün Tasarımı ve Analizi.

ANALYSIS OF PLASTIC INJECTION MOLD DESIGN AND COOLING SYSTEM

ABSTRACT

Plastic material has taken its place in every sector from automotive to white goods, from stationery to toys, from kitchenware to office supplies. Plastic injection method is the most used manufacturing method in the production of plastic parts. Plastic injection molds are designed for the requested plastic materials. While designing these molds, the product design is taken into consideration at the first stage. The most important factor for making a quality production suitable for production in a short time is that the designed product can be produced.

In this study, the product design and mold design of a watercolor palette, which we can call a plastic stationery-toy industry, will be examined step by step. Before moving on to product and mold design, plastic materials will be introduced and similar studies on the subject in the literature will be summarized. The mold elements necessary to design a mold will be introduced and plastic injection systems will be mentioned. Brief information will be given about the three-dimensional design programs used in mold and product design and the program used in analysis. Mold steel materials will be briefly explained. The pallet, whose mold is designed, will be analyzed in the Moldflow program and its deficient and positive aspects will be conveyed. The end part, possible alternatives will be presented as suggestions.

Keywords: Plastic, Plastic Injection Mold Design, Product Design and Analysis.

GİRİŞ

Plastikler yaşamımıza yeni giren malzemelerdir. Artık buna rağmen yaşamımızın birçok alanında geniş yelpazede yer kaplamaktadırlar. Gün geçtikçe endüstriyel uygulamalarda kullanım alanı oldukça artmıştır. Günümüzde havacılık, elektrik-elektronik, kalıpcılık gibi sektörlerde kendine yer edinmiştir. Günlük yaşamda oldukça geniş yer edindiğinden, birçok malzeme plastik olarak üretilmektedir. Plastikler atomların zincir halkaları gibi birbirine bağlanıp, büyük molekülü sentetik polimer malzemeler olarak tanımlanmaktadır [1]. Plastikler hayatımıza girdikçe yeni üretim teknikleri ve yöntemleri gelişmiştir. Bunların en yaygını plastik enjeksiyon ile üretimdir. Bu üretim yöntemlerinin bizi götürmeye çalıştığı nokta, kısa zamanda ve kaliteli malzeme üretimini sağlamaktır. Plastikler birçok özelliği üzerinde barındırmaktadır. Bu özellikleri sayesinde tasarımcılar ve üreticilere merak konusu olmuştur, bu dönem plastik dönemi olarak adlandırılmıştır. Plastik teknolojisi gelişmiştir ve plastikleri araştırmaya yönelim artmıştır.

İlk gelişim döneminde kalıp tasarımları daha ilkel yöntemlerle ve teknik datalar baz alınarak yapılmaktaydı. Gelişen teknolojisi sayesinde computer aided design (CAD) ve computer aided manufacturing (CAM) yazılımları ortaya çıkmıştır. Bu yazılımlarla birlikte tasarım yapmak daha pratik hale gelmiştir. Artık ürün tasarımı, kalıp tasarımı, üretilmesi istenen ürünün programının yapılması, işlenmesi ve sonrasında plastik enjeksiyon yöntemiyle materyalin elde edilmesi önem kazanmıştır. Enjeksiyon parametreleri plastik enjeksiyon esnasında kullanılacak hammadde, parçadan istenen özellikler, parça boyutuna göre önem kazanmaktadır. Bir ürünü üretmek için gerekli tüm prosesler değerlidir. İyi tasarlanmış bir kalıp iyi bir programla ve özenle işlenmelidir. Aynı şekilde kalıp tasarımı ideal olan bir ürüne ait kalıp, doğru parametrelerle ve doğru seçilmiş bir hammadde ile üretilmelidir.

Eğer bir ürün üretecekseniz bunun ilk aşaması tasarımıdır. Üretime uygun tasarlanmış bir ürün ve işleme mantığına uygun bir kalıp tasarımı mutlak önemli noktalardandır. Şimdilerde tasarımı daha önce yapılmış parçaların tersine mühendislik yöntemiyle arge çalışmaları yapılabilmektedir.

Tez kapsamında yapılan çalışmanın anlaşılır olması için tezin içeriği aşağıdaki sırayla işlenmiştir.

Birinci kısımda konuyla ilgili araştırmacıların yapmış olduğu çalışmaları literatür çalışmaları olarak sunulmuştur.

İkinci kısımda plastik malzemeler tanıtılmıştır.

Üçüncü kısımda plastik enjeksiyon sistemleri teknik olarak anlatılmıştır.

Dördüncü kısımda kalıpcılık sektörü, kalıp elemanları, kalıp tasarım mantığı, kalıp tasarımı ve üretimini kapsayan tüm makinalar, malzemeler ve sistemlerden bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde seçilmiş bir ürün tasarımı ve bu ürünün kalıp tasarımı yapılmıştır. Tasarım aşamaları tek tek görsellerle desteklenerek anlatılmıştır.

Altıncı bölümde yapılan tasarımdaki alternatifler Moldflow programında analiz edilerek değerlendirilmiş ve konuyla ilgili sonuçlara göre önerilerde bulunulmuştur.

1. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1862 senesinde İngiltere'nin Londra şehrinde düzenlenen bir fuarda Alexander Parkes tarafından ilk yapım plastik ve bununla aynı anda Parkesine adı verilen kalıp sergiye sunulmuştur. 1868 yılında Amerikalı bir mucit olan John Wesley Hyatt Celluloid aslı bir plastik malzeme geliştirmiştir. İlk enjeksiyon kalıp makinesinin patentini kardeşi olan Yeşaya ile birlikte almışlardır [2].

1946 yılında Amerikalı mucit olan J.W Hendry günümüzdeki makinelerin temelini oluşturan ilk vidalı enjeksiyon makinesini üretmiştir [2].

Topçu [3] bilgisayar destekli plastik enjeksiyon kalıp tasarımı çalışmasını yapmıştır. Çalışmasında endüstriyel bir parçanın üretimini anlatmıştır. Parça modelleyip erkek ve dişi olarak ayırmıştır. Ek olarak çalışmada ısı transfer sistemine değinmiştir.

Kafalı [4] tarafından plastik enjeksiyon kalıp tasarımı çalışması yapılmıştır. Parçaya ait kalıbı modelleyip, üretim öncesi oluşabilecek problemleri görmek adına analizler yapmıştır.

Ceritbinmez [5] çalışmasında plastik enjeksiyon kalıp tasarımı ile imalatı yapılan ürünlerde çapaklanma oluşumuna etki eden etmenleri incelemiştir.

Kucur [6] plastik enjeksiyon kalıbı tasarım imalat ve analizi üzerine çalışma yapmıştır. Çamaşır makinelerinde kullanılan deterjan koyma haznesini kalıplayıp, Moldflow programında analizini yapmıştır.

Şahin [7] çalışmasında tersine mühendislik temassız data toplama metodunu kullanarak istediği modelin bilgisayar destekli tasarımını elde etmiştir ve sonra kalıba ait akış analizini yapmıştır.

2. PLASTİKLER

2.1. Genel Bilgi

Plastik enjeksiyon kalıp tasarımı ve analizine geçmeden önce plastikler, plastiklerin çeşitleri, kullanım alanları ve plastiklerin genel özelliklerini bilmek gerekmektedir. Atomlar zincir halkaları gibi birbirine bağlandığı, büyük moleküllü sentetik olan polimer materyallerdir [1]. Polimer adı verilen yapılar, mer adı verilen molekül zincirlerinin birleşmesiyle oluşmaktadır. Poli kelimesi ise çok anlamını ihtiva etmektedir. Burada merlerin oluşturduğu zincirlerin yapısı plastiklerin çeşidini belirler. Merler ise polimerizasyon işlemiyle birleştirilirler. Zincirler arasında zayıf van der wals bağları vardır ve bağlar ısıtma işlemine tabi tutulduğunda aradaki bağlar kopar, plastik esneklemeye ve bir süre sonra akmaya başlar [8]. Yani plastikler çalışma sıcaklığında katı halde bulunurlar, ısı ve basınca maruz bırakılarak şekillendirilebilirler [7]. Plastik malzemelere çeşitli şekillerde ve yapılarda rastlamak mümkündür. Plastik malzemeleri birbiriyle karıştırarak yeni özellikli malzemeler elde etmek mümkündür. Kompozit malzemeler bunlara örnek verilebilir. Metal, seramik gibi malzemeler uzun sürelerdir kullanılıyor olsa da, plastiklerle tanışma daha sonraları gerçekleşmiştir. 40000'e yakın sayıda plastik çeşidi mevcuttur. Isıl özellikleri bakımından plastikleri ikiye ayırmak mümkündür [1].



Şekil 2.1. Günümüz plastikleri [18]

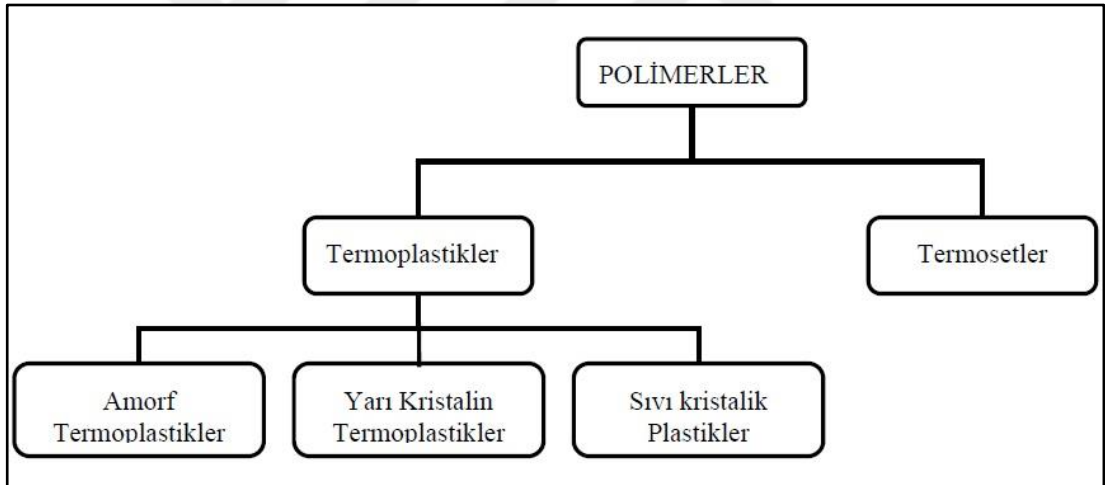
Termoplastikler

Termoset plastikler

Plastiklerin yapısı hakkındaki bu bilgiler plastikle ilgili üretim yapan ve plastik enjeksiyon kalıp tasarımı yapan birçok tasarımcıya yol göstericidir. Günümüz plastikleri Şekil 2.1' de verilmiştir.

2.2. Plastiklerin Sınıflandırılması

Plastikler ısı özellikleri bakımından ikiye ayrılır. Aslında aralarında bulunan kimyasal bağlara göre de iki kısımda toplanabilir. Termoplastik adını verdiğimiz plastikler arasında çapraz bağlar yoktur. Isıya ve basınca maruz bırakıldıklarında şekil alabilir ve hatta akabilirler. Şekil aldıklarında kimyasal yapılarında değişiklik olmaz, fakat fiziksel özelliklerinde değişim meydana gelir. Termosetler ve elastomerler ise çapraz bağ yapısındadır [8]. Plastiklerin sınıflandırılması Şekil 2.2' de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Plastiklerin sınıflandırılması [8]

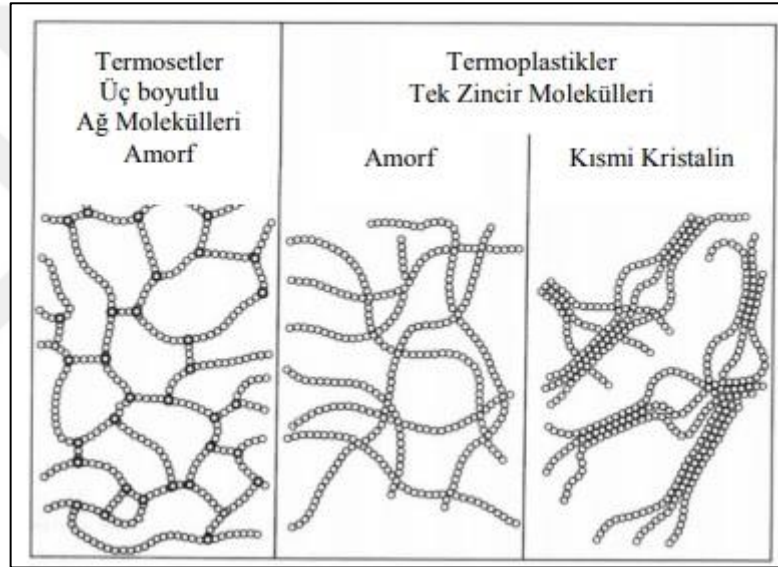
2.2.1. Termoplastikler

Termoplastikler, polimerizasyon metoduyla makro moleküllere sayısız şekilde küçük olan moleküllerin katılmasıyla elde edilmektedir. Kimyasal yapılarında değişme olmayıp, sadece fiziksel özelliklerinde değişiklik olmaktadır. Bu sebeptendir ki ısıtılabilme, toz haline getirilip tekrar öğütülebilme imkanı sunmaktadır ve buna bağlı olarak termoplastiklere geri dönüşebilen malzemeler de denilmektedir. Termoplastiklerin birçok artı ve aynı zamanda birçok eksi yönleri mevcuttur. Termoplastiklerin pozitif yönlerini şöyle sıralayabiliriz:

- Birden fazla sayıda ısıtma ve soğutmaya tabii tutulabilirler.
- Kolay şekil alabilirler.
- Kolay renklendirilebilir.
- Farklı elektrik iletkenlikleri mevcuttur.
- Mukavemet kazandırılabilir.
- Hafiftirler.

Termoplastiklerin pozitif yönleri olduğu gibi negatif yönleri de vardır:

- Dayanıklılıklarının az olması
- Yüksek bir ısı genleşme katsayısına sahip olmaları [1].



Şekil 2.3. Termoplastiklerin Yapısı [9]

Sektörel olarak da karşımıza birçok termoplastik çıkmaktadır. Akrlonitril bütadien stiren (ABS), polietilen (PE), polivinilklörür (PVC), polipropilen (PP), politetrafloretilen (Teflon), naylon 6,6, polistiren (PS) en çok kullanılan termoplastiklerdir. Termoplastiklerin yapısı Şekil 2.3' de gösterilmektedir.

2.2.1.1. Akrlonitril bütadien stiren (ABS)

Sanayide en çok kullanılan termoplastik malzemeler arasında akrlonitril bütadien stiren yer almaktadır. ABS düşük sıcaklıklarda dahi rijit, tok, sert ve oldukça parlak bir malzemedir. Suda dibe çöker, magnezyum kloritte yüzer. Kendi rengi beyaz ya da fil dişi diye tabir edilen renktir. ABS 'ye çeşitli katkı malzemeleri eklenerek mekanik özelliklerinde iyileştirmeler yapılabilir. Boyanabilir veya kaplanabilirler. Çeşitli

renklerde üretilebilirler. Enjeksiyon, şişirme veya ekstrüzyon yöntemleriyle şekil verilebilirler. Beyaz eşya, otomotiv, tükenmez kalem, kapılar, bavullar, ofis gereçleri gibi sektörlerde kullanım alanı bulmuştur.



Şekil 2.4. ABS Kullanım Alanları [19]

2.2.1.2. Polietilen (PE)

Endüstride çok geniş kullanım alanına sahip bir diğer termoplastik malzeme polietilendir. Elektrik yalıtımı oldukça iyidir. 80-85 °C aralıklarına kadar iyi çalışır. Bu sıcaklıktan yukarı çıktıkça PE yumuşama eğilimine girer. Darbe dayanımı yüksek olan PE, aynı zamanda açık hava ve ışığa dayanıklı değildir. Şişe, bidon, seralarda kullanılan örtüler, beyaz eşya gibi kullanım alanı mevcuttur. PE kullanım alanları Şekil 2.5' de gösterilmiştir.



Şekil 2.5. PE Kullanım Alanları [20]

2.2.1.3. Polivinil klorür (PVC)

Polivinil klorür malzemelere çeşitli katkı maddeleri vasıtasıyla yüksek sıcaklıklarda biçim verilerek plastikleştirilir. Dış hava koşullarına dayanımı iyidir. Kimyasal imalat alanlarında, inşaatlarda, elektrik süpürgesi parçalarında, dosya kapaklarında kullanılır. Şekil 2.6 'da görülebilir. Tek başlarına kullanılmazlar, işlemeyi uygulanabilir kılmak için katkı malzemeleri ve dolgu maddeleri eklenir.



Şekil 2.6. PVC Kullanım Alanları [21]

2.2.1.4. Polistiren (PS)

Sanayi sektöründe kristal olarak isimlendirilir. Hammaddesi petroldür. 25°C'de katı halde bulunur. Enjeksiyon işlemi esnasında yüksek sıcaklığa maruz kaldığı için eriyik hale geçer. Soğuduğunda ise tekrar katılaşır. Hafiftir. Suya dayanıklıdır. Üretimi ucuzdur. Optik özelliklerinin iyi olduğunu söylenebilir. Tadı ve kokusu yoktur. İyi bir yalıtıcıdır. Çok yavaş bir şekilde yanarlar. Kolayca biçim alabilirler. Şekil 2.7'de görüldüğü gibi ayakkabı topuklarında, ambalaj malzemelerinde, plastik çatal, bıçak ve tabak üretiminde, CD kutuları üretiminde, tarak üretiminde, şişe imalatında kullanılırlar.



Şekil 2.7. PS Kullanım Alanları [22]

2.2.1.5. Naylon (Polyamid)

Hammaddesi petroldür. Su geçirmezdir. Çürüme özelliği yoktur. Enjeksiyon ve ekstrüzyon ile biçim verilebilir. Mekanik özellikleri iyidir. Aynı zamanda tribolojik özellikleri de oldukça iyidir. Kaymalı yataklarda, dişli çarklarda, makinelerde yaygın olarak kullanılırlar. Şekil 2.8' de kullanım alanları gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Nylon Kullanım Alanları [24]

2.2.1.6. Polipropilen (PP)

Polipropilen, yaygınlığı dünyada ikinci sırada yer alan önemli termoplastiklerdendir. Yüksek mukavemetli olması, neme ve ısıya karşı dirençli olması, sağlam oluşu ve maliyet açısından avantajlı olduğundan çok tercih edilir. Çok iyi elektrik yalıtımı, kaynakla birleştirilebilirliği ve en önemlisi gıda ile temasa müsait olması da tercih sebepleri arasında yer alır. Otomobil parçaları, oyuncak sektörü, elektrik kabloları, ev eşyaları, hastanede kullanılan araç ve gereçlerde kullanım alanı bulmaktadır. Şekil 2.9' da gösterilmiştir. Fakat ölçü toleranslarının hassas olması, ağır yanması gibi özellikleri de dezavantajdır. Bu çalışmada da polipropilen malzemeden tasarlanmış bir palet ve kalıbından bahsedilecektir.



Şekil 2.9. PP Kullanım Alanları [23]

2.2.2. Termosetler

Termosetler, çok dayanıklı ve sert malzemelerdir. Rijit olmaları, mukavemetleri, dış faktörlere karşı olan dirençleri yönüyle, termoplastiklerden daha iyi ve üstün malzemelerdir. Ancak tekrar tekrar kullanılamazlar. Sıcaklık sonucu kalıcı hasarlar meydana gelir ve bunlar plastikleşemezler. Termosetleri beş ana başlıkta toplamak mümkündür. İsimlerini şöyle sıralayabiliriz; fenoplastlar, polieterler, poliüretanlar, aminoplastlar ve poliesterler. Termosetlere ait görsel Şekil 2.10' daki gibidir.



Şekil 2.10. Termoset [25]

2.3. Plastiklerin Genel Özellikleri

- İyi elektrik yalıtkanlığı
- Isı yalıtkanlığı
- Korozyona karşı direnci iyi
- Ucuzluğu
- Kaplama yapılabilirliği
- İşlenebilme kolaylığı sağlaması
- Oldukça iyi yüzey kalitesi elde edilebilmesi
- Hava tesiriyle kimyasal yapısında bozulma
- Kolay alevlenebilirliği

Plastiklere ait avantajlı ve dezavantajlı özellikler bu şekilde ifade edilebilir [10].

2.4. Plastiklere Uygulanan Katkılar

Plastiklere birçok nedenle çeşitli katkı maddeleri ilave edilir. Nedeni dış ortam etkilerinin plastikte oluşturacağı istenilmeyen etkilerini oluşturmamak içindir.

2.4.1. Dolgu maddesi

Bazı dolgu maddeleri vardır ki plastiklerin mekanik özelliklerini geliştirir. Örnek olarak silikat hacim genişletici olarak kullanılır [1].

2.4.2. Alev giderici

Plastik malzemelerin birçoğunun alevle yandığı göz önünde bulundurulursa, bunu önleyebilmek için plastik malzemeye çeşitli katkı maddeleri ilave edilir. Örneğin; bromin, klorin gibi malzemeler eklenir [1].

2.4.3. Kaydırıcı

Kaydırıcı katkı malzemeleri plastik eriyiğin akmaya olan direncini azaltmaya yardımcı olur ve buna bağlı olarak plastik hammaddenin biçim alma karakterini değiştirir ve daha iyi bir hale getirir [1].

2.4.4. Pigmentler

Bunlar plastik hammaddeye renk vermede kullanılır [1].

2.4.5. Yumuşatıcılar

Plastik hammaddenin biçimlenmesini iyileştirir, aynı zamanda plastik malzemelerin yapısında değişiklik meydana getirerek farklı çeşitteki malzemeleri üretmeye yardımcıdır [1].

2.4.6. Plastik malzeme kuvvetlendiricileri

Malzemelerin kuvvet ve sertlikleri iyileştirirler. Örneğin plastik bir malzemeye karbon fiber ya da cam fiber ilave edilerek sertliği artırılır [1].

2.5. Plastik Çekme Payı

Bütün plastik malzemeler çeşitli katkı maddeleriyle yeni ve iyileştirilmiş özelliklere sahip olurlar. Baskı esnasında kalıp ısıtılır, malzeme katılaşması soğutma sistemleri vasıtasıyla gerçekleşir. Soğuyan ürün zamanla küçülür. Kalıplama mantığı gereği ve baskı işlemi sırasında gerçekleşecek bu proseslerden dolayı plastikler, teknik resimlerinden daha büyük yapılırlar. Çünkü sıcaklık ve basınç farkı gereği parçada iç gerilmeler meydana gelir. Çarpılma oluşur.

Isıl genleşme katsayısı, bir malzemenin birim sıcaklık değişimi sonucu olan hacimsel değişikliğidir. Bütün malzemeler özellikle plastiklerin ısı genleşme katsayısı yüksektir. Yapılan birçok araştırma çekmenin baskı bittikten sonra da devam ettiğini ve kalıp kullanıldııkça, kalıp ömrü boyunca çekmenin devam ettiği yönündedir.

Çekme payı verilmeden tasarlanan bir ürünün, diğer parçalara uyum sağlamama ve hurda kategorisine ayrılma olasılığı oldukça yüksektir [2]. Plastiklere ait çekme payı Şekil 2.11' de verilmiştir.

2.5.1. Çekme payı miktarına etki eden faktörler

- Enjekte sıcaklığının artması soğuması süresini uzatır, enerji maliyeti artar.
- Plastik enjeksiyon için kullanılan çekme miktarları, ürün çekme miktarına etki etmektedir.
- Enjekte basıncının artırılması sonucunda enerji sarfiyatı artar.
- Aynı zamanda basınç artışı, kalıba ve makineye uygulanan basıncı artırır. Bu da kullanım ömrünü kısaltır [2].

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

Şekil 2.11. Sık kullanılan plastiklere ait çekme payları [26]

3. PLASTİK ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Plastiklerin üretilmesi için bazı koşulların sağlanması gerekmektedir. Bu koşullar basınç ve sıcaklık değerlerinin belli olması anlamına gelir. Birçok yöntem ile plastiklere şekil vermek ve üretmek mümkündür. Ekstrüzyon, enjeksiyon, döküm, haddeme, talaşlı imalat gibi birçok yöntemle plastikleri şekillendirmek mümkündür. Bu çalışmada ekstrüzyona kısaca değinilip, asıl olarak enjeksiyon yöntemi detaylandırılacaktır. Enjeksiyon komple bir sistemdir. Birçok etkeni üzerinde barındırır. İyi ve doğru bir imalat için kalıp elemanları, kalıp tasarımı, makine parametreleri ve tüm bu konularda optimum seviyeyi yakalamak gerekir.

Plastik enjeksiyon yöntemiyle üretilen birçok malzeme günlük hayatımızda kullanılmaktadır. Oyuncaklar, mutfak araç ve gereçleri, çeşitli elektronik parçalar günlük hayatımızda kullandığımız malzemelere örnek olarak verilebilir.

3.1. Plastik Enjeksiyon Yöntemi

Plastik enjeksiyon yöntemi en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Bir enjeksiyon sistemini seçerken kullanım amacına göre seçmek gerekmektedir. Bir kalıp tasarlanırken, makineye uygunluğu göz önünde bulundurulmalıdır. Parçanın kullanım yeri, seçilen plastiğin özellikleri, maliyet, parçadan istenilen kalite standartları ve parçanın hassasiyeti seçim noktasında önem arz etmektedir.

Plastik enjeksiyon, hammaddenin, burada bahsi geçen plastiğin eriyik haline gelmesi ve kalıp içine dolup, baskı yapılması işlemidir. Plastik soğur ve kalıp boşluğundaki şekli alır.

Enjeksiyon makineleri baskı işlemini gerçekleştiren ana parametrelerden biridir. Kalıp enjeksiyon makine sistemine bağlıdır. Eriyik hammadde kalıp boşluğuna akar. Kalıp içinde hammadde soğur, katılaşıyor ve formu verilen modelin halini alır. Seçilmiş olan hammaddeye göre enjeksiyonda, hammaddenin eriyik haline gelmesi için belirli bir sıcaklığa ısıtılması gerekmektedir.

Bir malzemenin baskısını almak için enjeksiyon makinelerindeki önemli faktörlerden biri de kapama kuvveti ve kullanılacak plastik malzemenin miktarıdır. Enjeksiyon makinesinin tonajını seçerken bu faktörler dikkate alınmalıdır.

Bir plastik malzemeyi üretirken sadece plastik parçanın özellikleri değil, plastik hammaddenin basılacağı makine, makinenin o plastik için optimum baskı parametreleri, kalıp tasarımı, kalıp malzemelerinin özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

3.1.1. Enjeksiyon makineleri

Plastik malzemeyi akışkan hale getirip, kalıp boşluğuna akmasına sağlayan ve sonra kalıptan itme vasıtasıyla ürünün ayrılmasını sağlayan makinelere enjeksiyon makinesi adı verilir. Makine akışkanlığı verirken kontrollü bir şekilde gerçekleştirilir.

Parçanın kalitesine birçok faktör etki eder. Enjeksiyon ünitesi, kalıp, kapama ünitesi, sıcaklık kontrol ünitesi parçanın kalitesine doğrudan tesir eder.

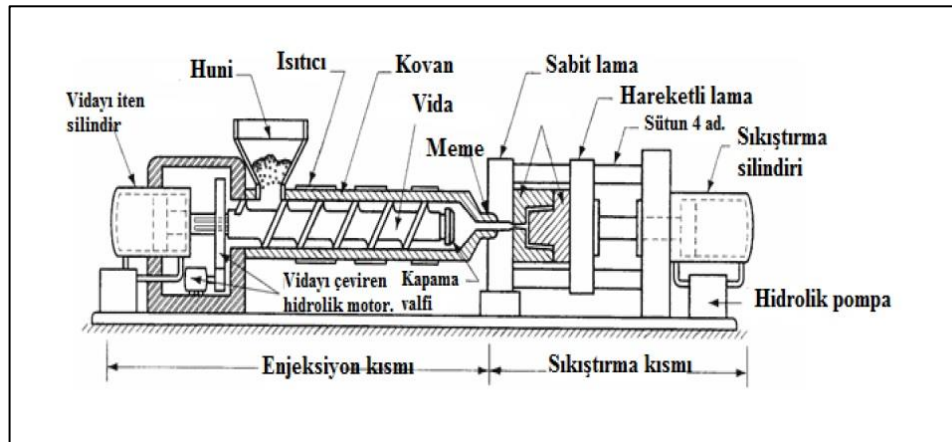
Enjeksiyon kalıplamada kullanılan 2 türlü sistem vardır. Vidalı ve pistonlu olarak ikiye ayrılır. Basit parçalı sistemlerde pistonlu, daha komplike parçalarda vidalı sistemler tercih edilmektedir [11].

3.1.1.1. Pistonlu enjeksiyon makineleri

Pistonlu makineler, malzemeyi homojen olarak ısıtmadıkları için, çok küçük gramajlı ürünlerin üretimine uygundur. Bu nedenle günümüzde çokta fazla kullanılmamaktadır.

Pistonlu enjeksiyon makinelerinin çalışma prensibi şöyledir: ilk aşamada kalıp kapanır, kalıba malzeme enjekte edilir, piston geri hareket eder, yolluk memeden ayrılır, kalıp açılır ve ürün kalıptan itilerek çıkarılır.

3.1.1.2. Vidalı enjeksiyon makineleri



Şekil 3.1 Vidalı Enjeksiyon Makinesi [12]

Plastik enjeksiyonda en sık kullanılan sistem vidalı enjeksiyon sistemleridir. Burada piston görevini vida sistemi yapmaktadır. Şekil 3.1' de vidalı enjeksiyon makinesi görseli gösterilmiştir.

Vidalı enjeksiyon makinelerinin çalışma prensibi şöyledir: besleme ünitesine eklenmiş olan polimer malzeme, yerçekimi etkisiyle vidanın olduğu bölgeye gelir. Burada önemli olan nokta malzeme nemden uzaklaştırılmış olması gerekmektedir. Aksi durumda oluşan su buharı malzeme yapısını bozabilir. Bu sebeple malzeme mutlaka kurutulmalıdır. Bu işlem fırınlarda gerçekleştirilir.

Vida döndüğü esnada malzemeyi içine alır ve aynı anda silindir bölgesinde ısıtma işlemi gerçekleşir. Vidaya alınmış olan malzemenin bir sınırının olması gerekir. Bunun için limit şalteri vardır. Limit şalteri, huniden silindire gelen hammaddenin miktarını ayarlar. Enjeksiyonun miktarı ise üretimi yapılacak olan malzemenin gramajı kadardır. Makineye enjekte etme komutu verildiğinde, vida durur, enjeksiyon basıncı vasıtasıyla vida öne doğru hareket eder. Hammadde kalıp boşluğuna basılır. Vidanın uç kısmında bilyalı bir valf vardır. Bu valf hammaddenin geri hareketini engeller [11]. Geri tepme hareketi basınç kaynaklıdır. Basınç malzemenin geri hareketine neden olur. Bunu engellemek için geri tepme valfleri kullanılır.

Enjeksiyon makineleri 5 ana bölümde incelenebilir.

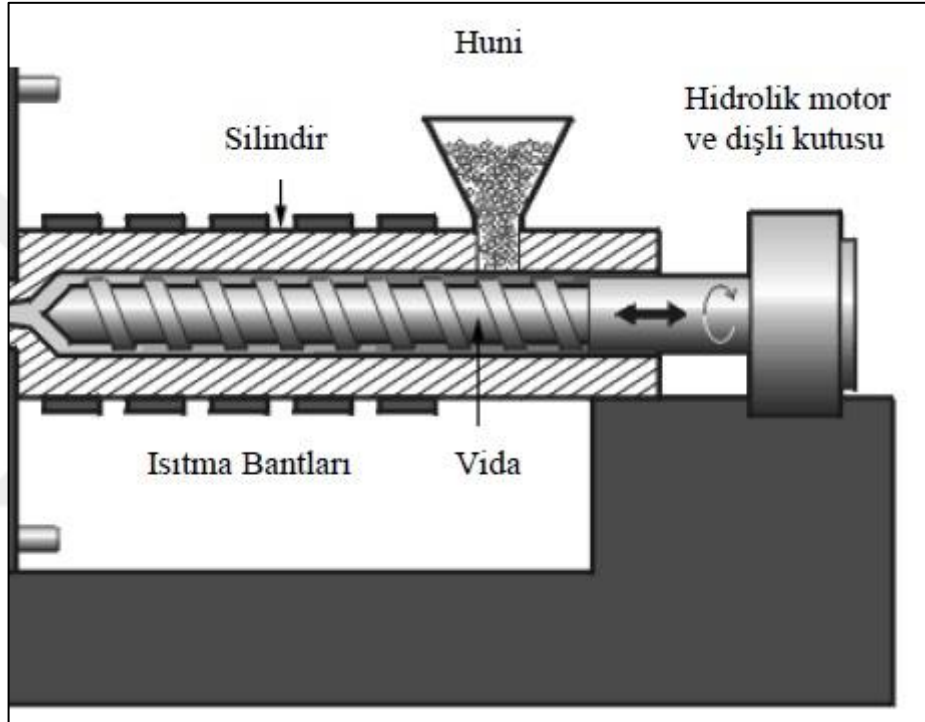
1. Enjeksiyon sistemi
2. Tahrik sistemi
3. Kontrol ünitesi
4. Mengene ünitesi
5. Kalıp

3.1.1.2.1. Enjeksiyon sistemi

Enjeksiyon sistemlerinin amacı, plastik malzemeyi eritmek ve kalıp boşluğuna aktarmaktır. Burada önemli olan husus, baskı esnasında her enjeksiyonda kalıp boşluğuna aynı oranda malzeme akmasıdır. Aynı miktarda ve aynı sıcaklıkta malzeme enjekte etmek, enjeksiyon sistemlerinin ana görevidir.

Enjeksiyon sistemlerinde vida yapısı mevcuttur. Bu vida sistemi, kendi etrafında rotasyon hareketi yapar. Hem malzemeyi huniden alıp, dönme hareketi ile ileri iter, hem de etrafında bulunan ısıtıcılar vasıtasıyla ve dönme hareketinin oluşturduğu

sürtünme ısı ile malzemenin erimesi sağlanır. Burada vida sistemi, piston görevi yapmaktadır. İtilen hammadde, meme boşluğuna iletilmiş olur. Meme boşluğu malzeme gramajı kadar yani kalıp boşluğu stabil dolana kadar geri hareketine devam eder. Piston geri hareket esnasında oluşacak olan basıncı ise belli bir değerde tutar. Burada helezon sisteminin hızı azaltır ki homojen bir karışım sağlanabilsin. Meme boşluğuna madde tam miktarında dolduktan sonra, vida piston görevi görür ve plastiği kalıp boşluğuna yüksek bir basınçla enjekte eder. Meme ucu çıkışında oluşan bu basınca enjeksiyon basıncı adı verilir [13]. Enjeksiyon ünitesi Şekil 3.2'deki gibidir.



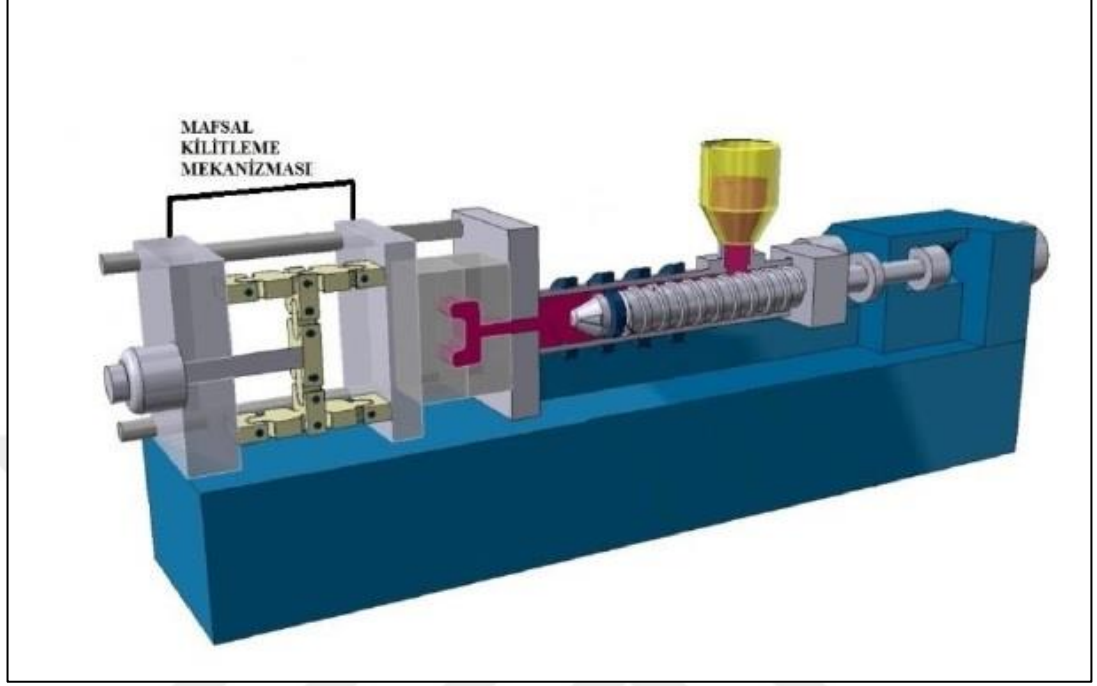
Şekil 3.2. Enjeksiyon ünitesi vida sistemi [9]

3.1.1.2.2. Tahrik ve Hareket Sistemi Ünitesi

Kalıbı üzerinde taşıyan, kalıbın açılmasını ve kalıbın kapanmasını sağlayan, itici sisteminin hareketini sağlayan ve soğutma suyu tahliyesini gerçekleştiren sistemdir.

Kalıbın kapanmasını sağlayan kilitleme silindiridir. Kilitleme silindirinde mafsallar vardır. Artı yönü hızlı hareketten yavaş harekete geçmeyi sağlar. Kilitleme silindiri istavroz adını verdiğimiz parçaların dönmesini sağlayan aparata hareket kazandırır. Mafsal bağlanma noktaları yatay hale gelir. İlk hareket hızlı, kalıp kapanmaya yaklaştığı esnada yavaşlama gerçekleşir. Kalıp hareketinin yavaşlaması kalıp kilitleme esnasında darbe görmesini engellerken, mekanik bir kazanç oluşturur. Kalıp kapalı olduğu sürece basınç elde edilir. Sonra mafsallar geri basınç etkisiyle yavaş bir

şekilde açılır. Kalıp açıldığında, plastik malzeme erkek tarafında kalır. İtme silindiri itici plakayı tahrik eder. Plakaya bağlı itici pimler, parçanın dışarı çıkmasını sağlar [1].

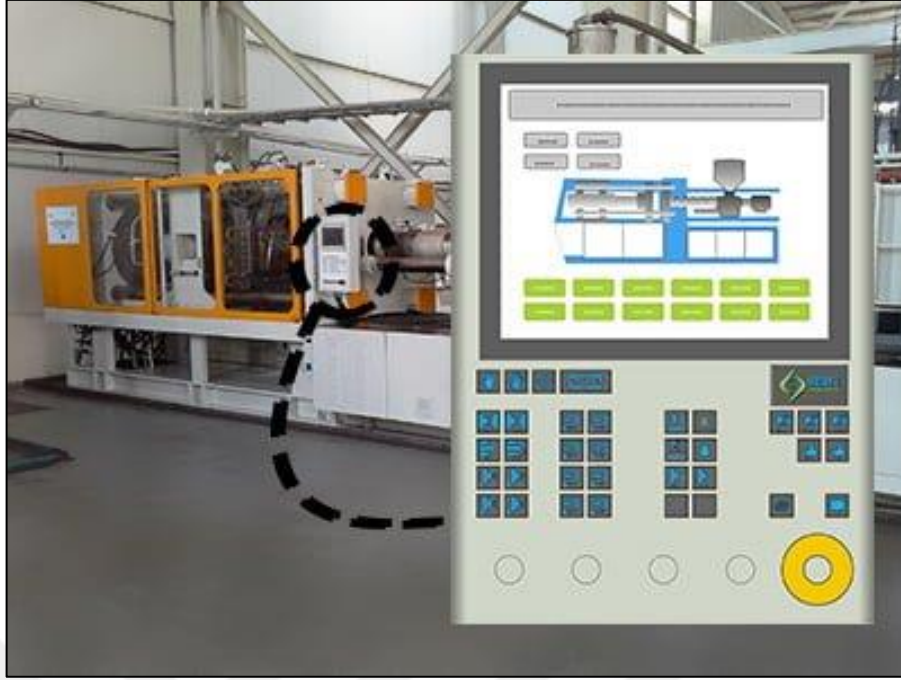


Şekil 3.3.Tahrik Sistemi [7]

3.1.1.1.3. Kontrol ünitesi

Enjeksiyon makinesinin fonksiyonlarının takip ve kontrol edilir olması gerekmektedir. Çalışma koşulları çevrimin her aşamasında kontrol sistemi yardımıyla kontrol edilmelidir. Bugünlerde bunu gerçekleştirmek için merkezi sistemler yani CPU kullanılmaktadır. Bilgisayar kontrollü makinelerde kalıba ait tüm parametreler, sonra kullanılmak üzere kayıt yapmaktadır, hafızada saklanabilmektedir. Enjeksiyon makinesi için şu parametreler oldukça önemlidir [1]. Kontrol ünitesi Şekil 3.4' deki gibidir.

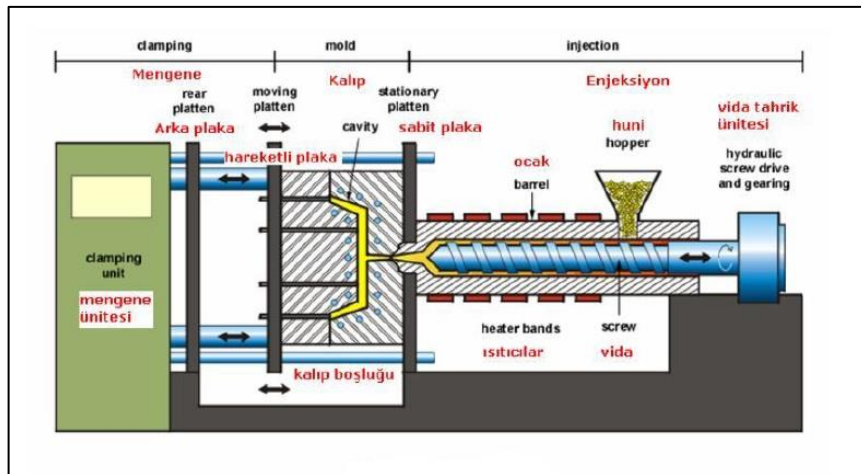
- Eriyik hammadde sıcaklığı
- Kovana ait sıcaklık
- Enjeksiyon hızı
- Vidanın dönüş hızı
- Basınç



Şekil 3.4. Kontrol Ünitesi [32]

3.1.1.2.4. Mengene Ünitesi

Bir ürünün baskı işleminin gerçekleştirilebilmesi için, kalıp kapanmalı hammadde kalıp içine enjekte edilmeli ve sonra tekrar kalıp açılmalıdır. Kalıbın mengene ünitesinde sabit plaka ve hareketli plakalar bulunmaktadır. Kalıbın dışı tarafı sabit plakaya, erkek tarafı ise hareketli plakaya bağlanmaktadır. Kalıp içi basıncı, dış basınçtan daha büyük olduğunda çapak problemi oluşur. Bunu engellemek için, enjeksiyon makinesinin mengene ünitesi, kalıbı yeterli ve doğru kapama kuvvetinde kapamalıdır [1]. Mengene ünitesi Şekil 3.5' de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Mengene Ünitesi [14]

3.1.1.2.5. Kalıp

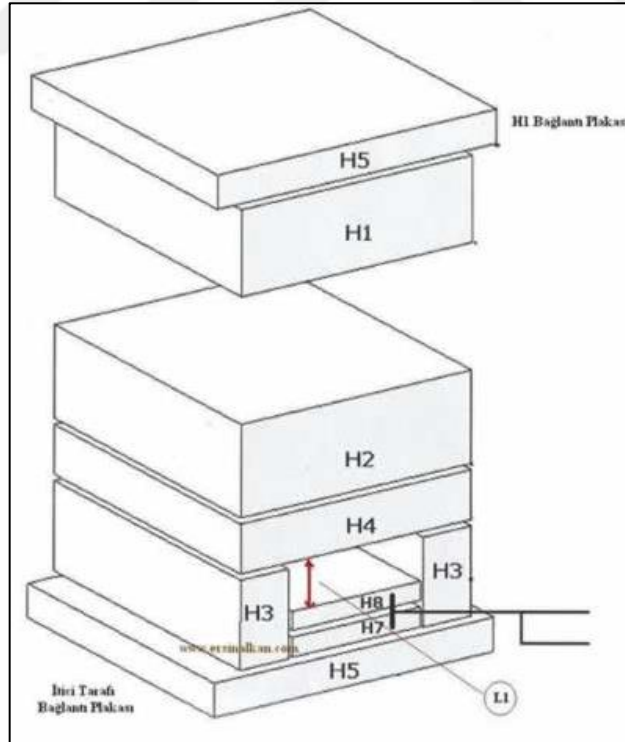
Plastik enjeksiyon yönteminde bir parçanın üretilebilmesi için, kalıp sistemine ihtiyaç vardır. Kalıp boşluğuna malzeme enjekte edilir. Enjekte işlemi belirli bir sıcaklık ve basınçta gerçekleşir. Kalıp iki yarımdan oluşur ve kalıp ayrılma çizgisinden açılır. Malzeme bu yolla üretilir. Kalıp ve kalıp elemanlarıyla ilgili detaylı bilgiler bir sonraki bölümde açıklanacaktır.



4. KALIP

Günümüzde var olan malzemeler oldukça önemli bir kısmı plastik maddelerden üretilmektedir. Plastik enjeksiyon kendi başına ayrı bir alandır. Oldukça yaygındır. Mobilya sektörü, otomotiv sektörü, elektronik sektörü gibi sanayi sektöründe geniş yer kaplamaktadır. Plastik enjeksiyon ve plastik enjeksiyon kalıp tasarımları yöntemleriyle istenilen ölçülerde ve şekillerde ürünler elde etmek mümkündür.

İnsan gücünün minimum olduğu, takım tezgahları vasıtasıyla çalışan, istenilen şekillerde ve ölçülerde olabilen teknik mekanik sistemlere kalıp adı verilir. Kalıbı toplayan, hazırlayan, üreten kişiye kalıpcı denilir. Kalıbın tasarımı, kalıbın yapılması, çalıştırılmasını sağlayan meslek dalına kalıpcılık mesleği denir. Kalıbı tasarlayan kişilere kalıp tasarımcısı denir. Kalıplama boşluğu bulunan, bir kalıplama yoluyla parçanın imalatını sağlayan mekanik sisteme hacim kalıbı, bu meslek dalına da hacim kalıpcılığı adı verilir. Kalıp seti Şekil 4.1 'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Kalıp Seti [16]

4.1. Kalıp Elemanları

Kalıp adını verdiğimiz mekanik sistem, birçok parçadan oluşur. Dişi çelik, erkek çelik, itici ve itici destek plakaları, itici pimler, kılavuz pimler, burçlar, paraleller, geri vurucu pimler, imbus civatalar gibi birçok kalıp elemanı sayılabilir.

4.1.1. Dişi çelik (Plaka)

Dişi çelik genelde kalıplaması yapılacak ürünün dış hatlarını çıkarır. Dişi plaka olmadan erkek çelik tek başına kalıplama işlemini gerçekleştiremez. Tasarımı yapılan kalıplar, kasalı kalıp olabilir. Plastik enjeksiyon kalıp tasarımlarında genelde kasalı kalıpları görürüz. Yani bir dişi hamil ve içerisinde dişi lokma ya da dişi çekirdek adını verdiğimiz kısım bulunur. Ama kasalı sisteme gerek olmayıp, sadece çeliklerden oluşan sistemleri de görebiliriz. Eğer sistem dışında hamil, içinde lokma ya da çekirdek adını verdiğimiz sistemde olursa, dış hamil ya ön sertleştirilmiş çelik ya da imalat çeliği tercih edilir. İçteki çekirdek ise ısı işlem görür.

4.1.2. Erkek çelik (Plaka)

Erkek çelik kalıbın diğer yarısı olup, çıkıntıları, federleri, delikleri çıkaran diğer bir temel kalıp elemanıdır. İtici sistemi erkek tarafındadır. Dişi plakada belirttiğimiz gibi kasalı sistem olup dış kısım erkek hamil olup, iç kısım erkek lokma ya da erkek çekirdek adını verdiğimiz sistemde olabileceği gibi, sadece dişi erkek çelik sistemi de yapmak mümkündür.

4.1.3. Dayama plakası

Hacimce büyük olan kalıpların erkek çeliğini desteklemek, üretilen parçanın kalıptan çıkarılmasında itici pimplere burçlara yardımcı olan kalıp elemanıdır. Enjeksiyon makinelerinde kalıp kapama kuvveti yüksek olduğunda pimler ve plakalar çarpılma riskiyle karşı karşıya kalır. Konumu değişen pimler ve plakalar parçanın kalıptan kırılarak çıkmasına neden olur. Bu nedenle bu tür kalıplarda erkeğe destek olan dayama plakası kullanılır.

4.1.4. Paraleller (Takozlar)

Erkek arka bağlantı plakasının üstüne konumlandırılır. İstenilen ürünün kalıptan çıkarılabilmesi için, itici pimlerin ihtiyaç duyduğu hareket mesafesini sağlar.

4.1.5. İtici destek plakası

İtici pimler, yolluk çekicinin ve geri vurucu pimlerin bağlandığı kalıp elemanıdır.

4.1.6. İtici plakası

Paralellerin arasında belli bir çalışma boşluğunda hareket eden, dayama plakası ile itici destek arasında bulunan kalıp elemanıdır. İtici pimlerin konumu ve adedi üretilecek olan parçanın büyüklüğüne göre belirlenir.

4.1.7. Erkek arka bağlantı plakası

Kalıbın erkek çeliğinin, plastik enjeksiyon makinesinin hareketli tablasına bağlantı için kullanılan kalıp elemanıdır.

4.1.8. Dişi arka bağlantı plakası

Kalıbın dişi çeliğinin, plastik enjeksiyon makinesinin sabit tablasına bağlantı için kullanılan kalıp elemanıdır.

4.1.9. Merkezleme bileziği

Enjeksiyon memesi ve yolluk burcunun aynı eksen etrafında çalışmasını sağlar.

4.1.10. Yolluk çekici

Enjeksiyon esnasında kalıp açıldığında, salkımın yolluk memesinden ayrılıp, erkek tarafında kalmasını sağlar.

4.1.11. Dayama pimleri

İtici plaka için destek görevi görür.

4.1.12. Sütunlar (Baba)

Erkek arka bağlantı plakası ile dayama plakası arasında bulunan ve paraleller ile aynı ölçüde olan elemanlardır. Plastik enjeksiyon esnasında itici pim ve geri vurucu pimler de olabilecek sehimi önlemek için sisteme eklenirler.

4.1.13. İtici pim

Kalıpta genel olarak erkek tarafında bulunan, plastik enjeksiyonda baskı esnasında kalıp açıldığında erkek tarafında kalan ürünü iterek kalıptan ayrılmasını sağlayan kalıp elemanlarıdır.

4.1.14. Geri vurucu pim

Kalıp açılır, ürün itici pimler vasıtasıyla kalıptan ayrılır. Plastik enjeksiyon işlemi devam ettiğinden dolayı kalıp tekrar kapanır. İşte tam bu esnada, yani kalıp kapandığında itici plakası eski konumuna getiren kalıp elemanı geri vurucu pimlerdir. Geri vurucu pimler seçilirken; parça boyutlarına uygun geri vurucu pim olmalıdır. İtici plakaların eski konumuna gelmesine imkan verecek sayıda olmalıdır.

4.1.15. Kılavuz pim (Kolon)

Kalıp setinin açılıp kapanma esnasında plakaların kaçmasını, sağa sola hareket etmesini önler. Burç ve kılavuz pimi sürtünerek çalışır. Bu sayede kalıp setini uygun konumuna getirir. Sürtünme ile çalıştıkları için aşınma meydana gelir. Kalıp eğer sürekli ve seri çalışıyorsa, mutlaka kolon ve burçlar değiştirilmelidir.

4.1.16. Burç

Burç ve kolon ikilisi kalıp setine ve büyüklüğüne uygun seçilir. Görevini gerçekleştirmeye müsait olacak şekilde tasarımcı ya da kalıp yapımcısı gerçekleştirir. Burç plakanın birine montelenmiştir. Kolonlar ise burçlara yataklık yapar.

4.2. İtici Pim Sistemleri

Kalıpta itici sistemi tayin edilirken birçok faktör göz önüne alınmalıdır. Bunun için birkaç soru sormak gerekmektedir.

1. Parça görsel bir parça mıdır, çıkan itici izleri tolere edilebilir mi ya da giderilebilir mi?
2. Parça tasarımı nasıl?
3. İmalatın beklentileri nelerdir?

Bu soruları sorarak kalıbı tasarlarken fikir sahibi oluruz. Parça eğer görsel bir ürün ise itici izlerinin minimize edilmesi gerekir. Parça kalıptan ayrılırken erkek tarafında zorlanmamalıdır. Bunun için kalıba uygun çıkış açısının verilmesi gerekmektedir.

Parçanın boyutlarına uygun olacak sayıda ve konumda itici konulmalıdır. Parçada ölçüsel bozukluk olmaması için bu şarttır. Kalıp koşulları kadar kalıbın bağlanacağı enjeksiyon makinesinin uygunluğu da önemlidir. Makine tonajı ve çalışma koşulları o kalıba ait itici sistemi karşılayacak kapasitede olmalıdır. Kalıp tasarımındaki itici pim sistemi kullanılan enjeksiyona uygun olmalıdır. Enjeksiyonda ek bir hareketlendirici sisteme ihtiyaç duyulup duyulmadığı tayin edilmelidir. Enjeksiyon makinesine bağlanmış olan kalıp baskı esnasında açıldığında ürünü düşürecek yeterli boşluk mevcut olmalıdır.

4.2.1. Pimler

En basit ve en sık kullanılan itici elemanıdır. En sık kullanılanları; silindirik başlı itici, havşa başlı iticidir ve Şekil 4.2'deki gibidir.



a)



b)

Şekil 4.2. a) Silindir Başlı İtici Pim b) Havşa Başlı İtici Pim [27,28]

4.2.2. İtici bilezik

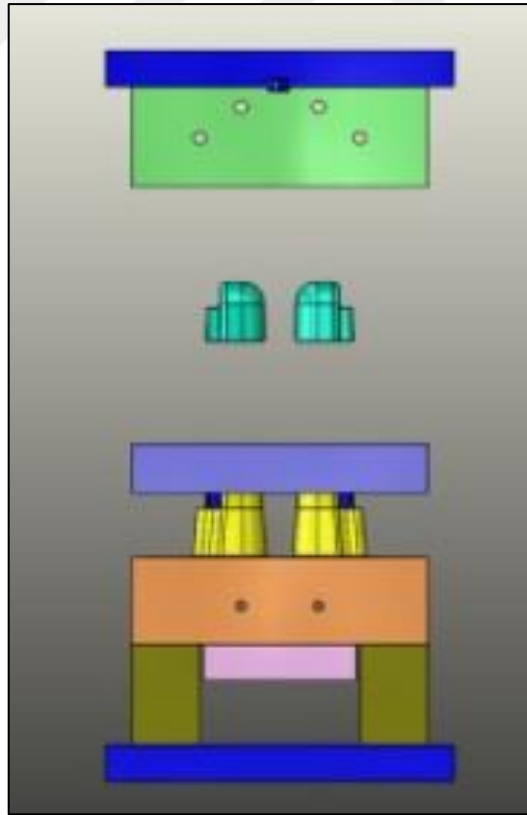
Bu sistem, çıkması zor ve aynı zamanda içi boş deliklerin çıkması için kullanılır.

4.2.3. Valf başlıklı itici

İnce etli ürünlerde biçim bozukluğunu önler. Kuvveti transfer etmede geniş imkan sunar.

4.2.4. Sıyırıcı sistem itici

İtici pim kullanılan sistemlerde kalıp açıldığında, erkek tarafında kalan salkım itici pimler yardımıyla dışarı itilip parçanın kalıptan kurtulması sağlanır. Sıyırıcı plakalı iticilerde itici pim sistemi yoktur. Ürün girintili çıkıntılıdır. Örneğin bir bardak ya da bir kapak düşünülebilir. Burada hareketli bir sıyırıcı plaka mevcuttur. Hareketli plaka yardımıyla parça, sıyırılma yoluyla kalıptan ayrılır. Sıyırıcı sistemli kalıp görseli Şekil 4.3' deki gibidir.



Şekil 4.3. Sıyırıcı Sistemli Kalıp [29]

4.2.5. Boru itici

İtici pimlerin işlevlerini düzeltmek, deliği bozulmuş ve artık itici çapını yükseltmeyeceğimiz delik çaplarındaki uyumsuzluğu gidermek için kullanılır. Boru itici pim Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Boru İtici Pim [30]

4.2.6. Havalı itici

Genellikle büyük ve ince cidarlı olan ürünlerde kullanılır. Böyle parçaların kalıptan çıkarken hasar görmeden çıkması istenir. Genel anlamda geniş, büyük yüzey alanına sahip ve kalıp açıldığında salkımın erkek tarafında kalıp, vakum yapan ürünlerde itici sistemlerine yardım etme görevini üstlenir. Kalıp açılınca erkek tarafında vakum yapmış haldeki subaplardan hava verilir, vakum kaldırılır. Sonra iticiler parçayı erkekten ayırır. Subap bazen kendiliğinden, bazen plastik basıncı vasıtasıyla, bazen de bir yay vasıtasıyla eski konumuna geri gelir [1].

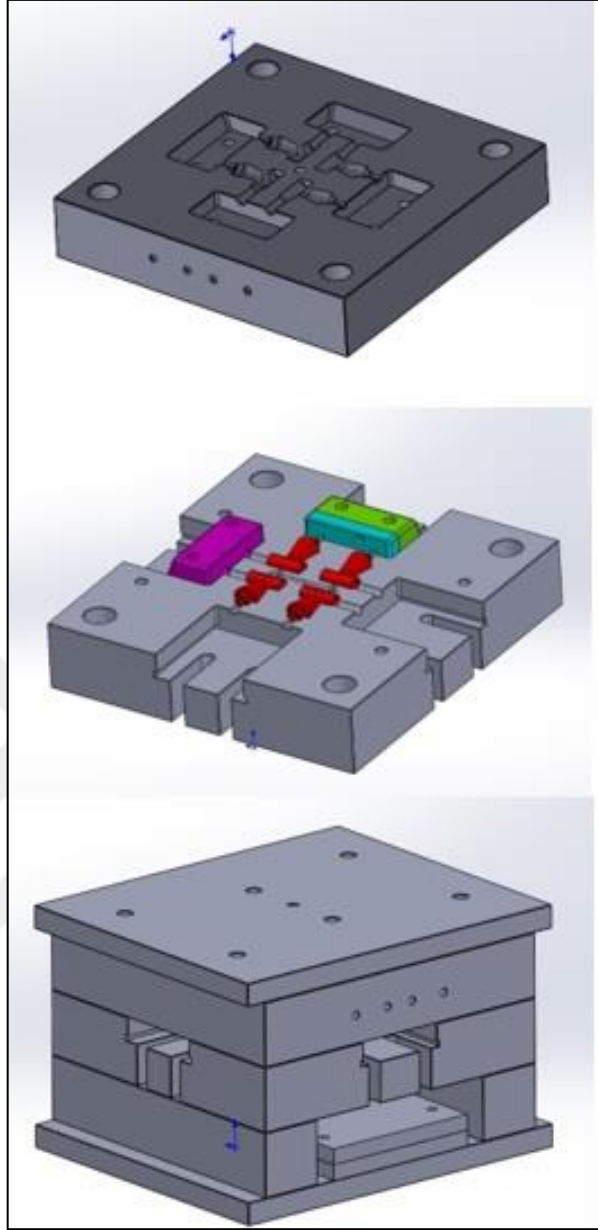
4.3. Maça Sistemleri

Maça sistemleri meşakkatli, pahalı sistemlerdir. Kalıbı başka türlü tasarlama imkanımız olmadığında, maça kullanırız. Bir parçada yan delik mevcutsa, parça girinti

çıkıntılara sahipse veya üründe ters açı varsa ürünü kalıptan çıkarmak için maça sistemleri kullanılır.

Değişik çeşitte maça sistemli kalıplar mevcuttur. Boynuzlu maçalı kalıplar, maça hareketini sağlamakta yaygın kullanılan sistemdir. Maça, boynuzun açısına bağlı olarak açılıp kapanma hareketi yapar. Hareket mesafesi küçük olan ürünlerde bu sistem tercih edilebilir. Şekil 4.5'de boynuzlu maçalı kalıp tasarım örneği bulunmaktadır. Hareket mesafesi uzun olan parçalarda ise hidrolik ve pnömatik sistemler vasıtasıyla çalışan maça sistemleri kullanılır. Piston silindiri basınçlı yağ vasıtasıyla hareket ettirilir. Piston ileri hareket edince maça bulunduğu merkezde ilerler. Basınçlı yağ ters yöne doğru hareket ettiğinde maça dışarı açılır. Kalıp boşluğunun dolması ve soğuma süresinde maça yerinde hidrolik kuvvet uygulanarak sağlanır. Enjeksiyon sırasında maçanın geri çıkmasına engel olmak için yeteri kadar basınç uygulamak gerekir. Hidrolik ile çalışan maçalı kalıplarda, kalıp emniyet devresi biri maçanın ön, diğeri arka bloğunda olmak üzere çift switch kullanılarak sağlanmalıdır. Kontrol edilebilirliği, ayarlanabilmesi ve istenilen yüksek kapama güçlerine ulaşabilmesi yönüyle bu sistemin avantajlı olduğunu söyleyebiliriz. Basınç yüksek olduğu için kapama esnasında yavaşlatılır ve hidrolik sistemler kirli olması sebebiyle dezavantaj oluşturur. Pnömatik ile çalışan maça sistemleri ucuz diyebiliriz. Fakat önemli bir detay vardır. Çoğu fabrika 80 psi basınçlı hava kullanır. Bu değer üzerinde bir sıkıştırılmış hava istendiğinde maliyet oldukça artar. Aslında burada yapılması gereken çıkarım, düşük kapatma gücünün varlığıdır. Birçok durumda pnömatikle çalışan maça geri açılır. Aynı zamanda düşük enjeksiyon basıncı olan durumlar da pnömatik kullanmak mantıklıdır. Temiz olması, hızlı baskıya uygun olması, pnömatik parçaların ucuz olması artı yönleriyken, düşük kapama kuvveti, gürültülü çalışması, oluşabilecek basınç dalgalanması negatif yönleridir [8].

Redüktör ile çalışan maça sistemleri genel olarak iç kısmında vida olan parçalarda kullanılır. Şişe kapakları buna örnek olarak gösterilebilir. Redüktörlü kalıplarda bir elektrik motoru bulunur. Motor dişli sistemine hareket verir. Dişli sistemi maçayı hareket ettirir. Bu durum kalıp maliyetini arttırdığı gibi, kalıbın komplike olmasına, ürünün kalıptan çıkış zamanının uzamasına neden olur. Başka sistemde maça ile çalışan kalıplar olmakla birlikte bunlar en çok karşımıza çıkan çeşitleridir.



Şekil 4.5. Maçalı Kalıp

4.4. Yolluk Sistemleri

Bir yolluk sistemi ergiyik plastiğin, plastik ünitesi tarafından gelip, kalıp boşluğuna dolmasını sağlayan yapıdır. Yolluk sistemlerinin parçanın kalitesi üzerinde önemli bir etkisi vardır. Doğru olmayan bir yolluk sistemi parça ile ilgili istenmeyen sorunlar oluşturabilir. Yolluk sistemi, kalıp tasarımı yapılan parçadan beklenen özellikler göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır. Bir yolluk sisteminde kalıp yolluk girişi, yolluklar, parçaya yolluk giriş yeri bulunmaktadır. Yolluklar, yolluk giriş yerini parça giriş yerlerine bağlar. Yolluklar, hammaddeyi eşit basınç ve sıcaklıkta kalıp boşluğuna doldurur. Yolluklarda bulunan parça giriş bölgeleri yolluk vasıtasıyla gelen malzemeyi

parça girişinden parçaya dolmasını sağlar. Parça girişleri yolluğa göre et kalınlığı incedir. Sebebi, salkımı ayırırken kolay ayrılmasını sağlamak, parçanın bu bölgelerindeki izleri minimize etmektir. Eriyik malzemenin kalıba girişi sürekli akış sağlayacak şekilde olmalıdır.

Genel anlamda şunu söyleyebiliriz ki ürün boyutu ve kalınlığı arttıkça yolluk ara kesitinde de bir artış olması gerekmektedir.

Erimiş plastik malzeme kalıp boşluğuna dolarken yüksek basınçla dolar. Fakat basınç zamanla azalır. Bu durumda plastik malzeme kalıp boşluğuna, basınç dış basınca yani atmosfer basıncına düşene kadar dolmalıdır [1]. Yolluk sistemi tasarlanırken bu hususa dikkat edilmez ise basınç düşüşü nedeniyle eksik dolum gerçekleşebilir ya da fazla basınç sebebiyle çapak oluşumu gözlenebilir.

Yolluk sistemleri tasarlanırken yuvarlak hatlar ile desteklenmelidir. Bu akışın stabil olmasını ve bu sayede keskin basınç düşüşlerinin önüne geçerek, oluşabilecek hataları engeller.

Yolluk boyutları parçanın boyutları göz önüne alınarak ve üretilecek plastik hammadde cinsine göre seçilmelidir [1]. Yolluk kalıp açılma yani kalıp ayırım hattının olduğu çizginin üzerinde yuvarlak, trapez, dikdörtgen ve yarı yuvarlak olabilir. Akışın en iyi olduğu en uygun kesit dairesel kesittir. Bu yolluk kesitinin yarısı dışı tarafında yarısı erkek tarafında kalacak şekilde işlenmelidir. Bu durumda kalıbın işlenmesi güçleşmektedir. En uygun seçenek trapez kesittir. Ucuzdur. Trapez yolluk yüksekliği enin %80'i kadar olmalıdır. Bu da akışta direnç oluşturur. Direnç yüksek basınç gerektirir. Dikdörtgen kesit ve yarı yuvarlak tercih edilmezler.

4.4.1. Yolluk biçimleri

Bir kalıp tasarımında parçanın kalitesine ve kullanılacak olan hammadde miktarını doğrudan etkileyen faktörlerden biri yolluk şekilleridir. Eğer bir parçanın akışında düzen yoksa, akış kararsızdır. Bu da kalitesi kötü bir parça elde etmek demektir. Gereğinden uzun ve gereğinden zayıf tasarlanmış yolluklar, basınç düşüşüne neden olur. Basınç düşüşü, parçadan baskı alınabilmesi için daha büyük bir enjeksiyon ihtiyacını doğurur.

Yolluk tasarımı yapılırken, kalıp boşluğuna eşit oranda basınç iletilmesi, hafif olmasına, mümkün olduğunda kısa olmasına dikkat edilmelidir.

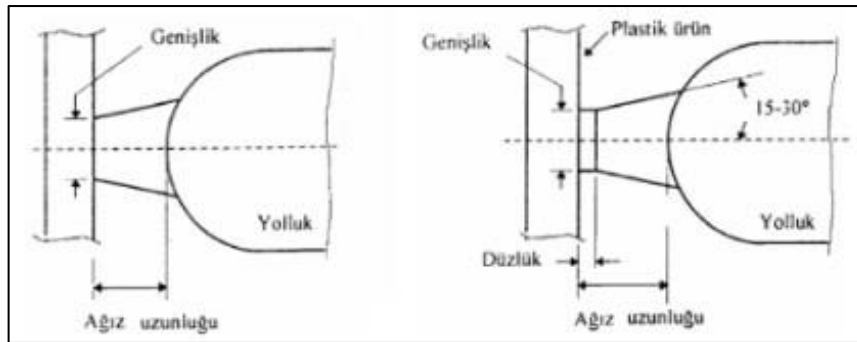
Balanslı ve balanssız yolluk tasarımları mevcuttur. Balanssız yolluk ilk olarak kalıp boşluğuna dolma eğilimine sahiptir. Kalıp girişine yakın olan gözler çabuk dolarken, diğer gözlerde eksik dolum meydana gelir. Stabil ürün elde edilemez. Gözler farklı dolduğu için soğutma süreleri farklıdır. Balanslı yolluk tasarımında, tüm kalıp gözlerine eşit miktarda ve aynı anda dolum gerçekleşir.

4.4.2. Yolluk giriş çeşitleri

Yolluk giriş tipleri, parçadan ne istediğimize bağlıdır. Eğer parça görsel ise istenilen her bölgeden yolluk vermek uygun değildir. Plastik malzeme seçimi, parçada soğuk birleşme gibi oluşabilecek hatalar yolluk tarzını değiştirmektedir. En temel kullanılan yolluk çeşitleri iğne yolluk, tünel yolluk, muz yolluk, kenar yolluktur.

4.4.2.1. Kenar yolluk

En basit yolluk tasarımıdır ve Şekil 4.6'de verilmiştir. Kenar yolluk uygulamasında dikkat edilmesi gereken önemli bir husus mevcuttur. Yolluk girişinin yüksekliği, genişliğinden küçük olmalıdır. Bu daha çok hammaddenin kalıp boşluğuna dolmasını sağlar. Küçük bir giriş, eriyik maddenin kalıp gözleri dolmadan donmasına neden olabilir. Bu durumda enjeksiyon basıncı artırılmalıdır. Enjeksiyon basıncının artması çapak oluşumuna sebep olmaktadır. İnce et kalınlığına sahip bir ürüne gereğinden büyük bir giriş yapılması, yetersiz basınç oluşturur ve eksik dolum meydana gelir.

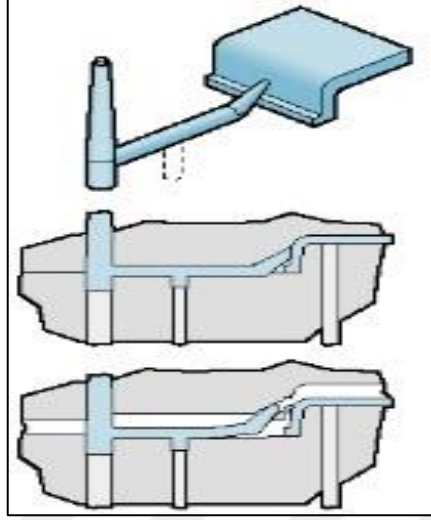


Şekil 4.6. Kenar Yolluk [17]

4.4.2.2. Tünel yolluk

Ürün kalıptan çıktığı esnada, yolluğun otomatik bir şekilde kopması istendiğinde kullanılır. Parçaya iç ve yan kenarlardan girmek gerektiğinde tercih edilir. En önemli faktör ise akıcılığı yüksek plastik hammaddelerde tercih edilir. Tünel yolluk tercih

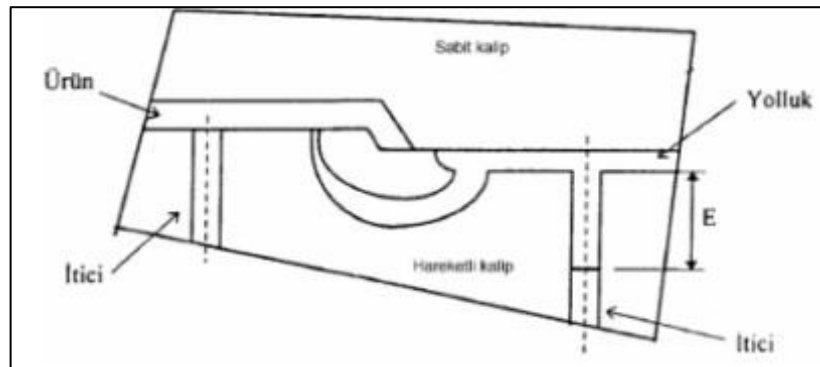
edilecek kalıplarda, uç kısma verilen açılı parçanın rahat çıkmasına imkan vermelidir. Yolluk çekici kullanılmalıdır. Yolluk yerleri parlak olmalıdır. Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Tünel Yolluk [17]

4.4.2.3. Muz yolluk

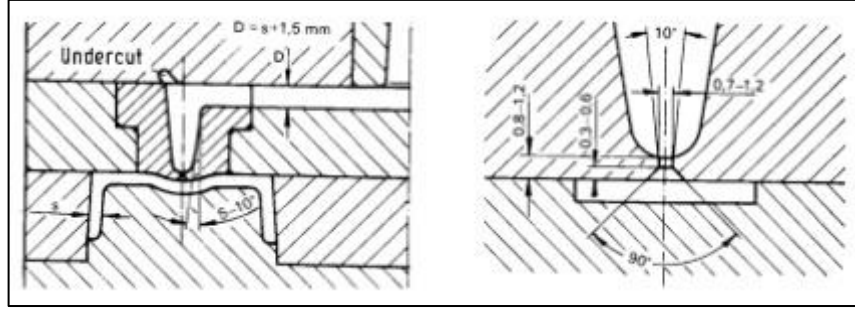
Tünel yolluğun farklı bir çeşidi kabul edilebilir. Şekil 4.8’de görseli verilmiştir. Parçada yan yüzey giriş yeri mevcut değilse kullanılır. Bu sistem için, malzemenin muz yolluktan dışarı atılabilecek kadar esnek olması gerekir. Ayrıca maliyeti yüksektir. Çünkü ilave bir lokma kullanımı gerektirmektedir [17].



Şekil 4.8. Muz Yolluk [17]

4.4.2.4. İğne yolluk

Yolluk vermenin güç olduğu, hassas olan parçalarda tercih edilir. Yolluk üründen koparıldığı için üründe yolluk izi kalmaz. Yolluk kopması, yolluğun arkasında bulunan çekici pimler vasıtasıyla yapılır. Hassas, ince etli ve geniş yüzeye sahip ürünler için oldukça uygun bir sistemdir. İğne yolluk sistemi Şekil 4.9’de gösterilmektedir.

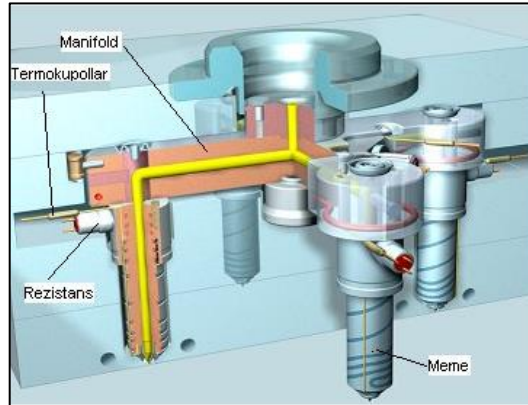


Şekil 4.9. İğne Yolluk [17]

4.4.2.5. Sıcak yolluk sistemleri

Sıcak yolluk sistemi, plastik enjeksiyon memesinden kalıp memesine kadar geçen sürede, eriyik hammaddede herhangi bir basınç ve sıcaklık kaybı yaşanmadan kalıp boşluğuna enjekte edilmeyi sağlayan yolluk sistemidir. Bugünlerde normal yolluk sistemlerine göre tercih edilme sıklığı artmıştır.

Bu yolluk sisteminde manifold ve nozzle yani sıcak yolluk memesi bulunmaktadır. Eriyik malzeme 180-400°C sıcaklıklarında, kalıp sıcaklığı ise genel olarak 20-120°C arasındadır. Manifold enjeksiyon memesinden gelen hammaddeyi, kendi içerisinde bulunan rezistanslar ile sıcaklığı korur ve nozzle (meme) girişine iletir. Normal yolluktan farklı olarak, malzeme sıvı olarak kalır. Sıcak yolluk kısa sürede iş yapması ve daha iyi ve kaliteli ürün getirmesi sebebiyle soğuk yolluğa göre daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır. Sıcak yolluk sistemi birçok elemandan oluşur. Manifold, rezistans, sıcak yolluk için nozzle, termokupl, sıcaklık kontrol cihazları sıcak yolluk sistemi elemanlarıdır. Sıcak yolluk sistemi elemanları Şekil 4.10'daki gibidir.



Şekil 4.10. Sıcak Yolluk Sistemi [31]

4.4.2.5.1. Manifold

Genel olarak kalıp gözü fazla olan kalıplarda, termoplastik malzemeyi yolluk burcundan alıp sıcak yolluk memesine iletir. Bunu yaparken minimum sıcaklık ve basınç kaybıyla yapar. Amaç, hammaddeyi eşit basınç ve sıcaklıkta ve eşit miktarlarda kalıp gözlerine doldurmaktır.

4.4.2.5.2. Rezistans

3 çeşit rezistans mevcuttur. Spiral, fişek ve flexible ısıtıcılar.

Spiral ısıtıcılar sıcak yolluk nozzle üzerinde bulunur. Plastik malzemeyi ısıtmak için kullanılır. Fişek rezistanslar, değişik boyut, çap ve güçte bulunur. Görevi manifoldu ısıtmaktır. Flexible ısıtıcılar fişek rezistanslara bir alternatiftir. Flexible rezistans da manifoldu ısıtır. Daha homojen bir ısıtma yapması yönüyle fişek rezistanstan daha avantajlıdır.

4.4.2.5.3. Sıcaklık kontrol cihazı

Isı kontrolü sağlar. Bu sistemler mutlaka PID kontrollü olmalıdır. Toplam rezistans gücünü kaldıracak güçte ve FeCuNi termokupl uygun olmalıdır. Sistem hassasiyeti ± 1 olmalıdır. Cihaz ısıyı bir anda değil, yavaş yavaş yükseltmelidir. Sebebi, ısıtıcılarda kullanılan yalıtım malzemesi magnezyum oksit tozu üzerine nem çekmeye meyilli bir malzemedir. Hava koşulları kış olduğunda, bu madde nem oluşturur. Ani ısıtma nem partiküllerini hızlıca buharlaştırır, bu da basınç uygulanmasına neden olur. Fazla basınç ısıtıcı ömrünü kısaltır. İdeal ısıtma için her kalıp gözünde bir sıcaklık kontrol cihazı bulunmalıdır.

4.4.2.5.4. Sıcak yolluk nozzle (Memesi)

Düz ve iğne uçlu olmak üzere iki çeşittir. Düz uçlu memelerin montajı kolay olup, baskı sonrasında üründe itici izi gibi bir iz bırakır. İğne uçlu memede kalan iz estetikdir. Ama tıkanması durumunda sökmesi zordur.

4.4.2.5.5. Termokupl

Manifold ve memedeki ısıyı ölçmek için kullanılır.

Sıcak yolluklar piyasada birçok avantaj sağlamaktadır. Örneğin, normal yolluk sistemlerinde oluşan yolluk ve hava cepleri hurdaya ayrılmaktadır. Bu maliyetli bir iştir.

Aynı zamanda üretimde verimlilik azalmaktadır. Bazı firmalar geri dönüşüm olarak kullanmaktadır. Ama bazı firmalar kullanılmasına müsaade etmemektedir. Bu durum maliyeti arttırmaktadır. Normal yolluklarda kavitasyon problemi olmaktadır. Sıcak yolluklar normal yolluklardan farklı olarak yolluk kaybını yok etmektedir. Kalıp sistemi daha verimlidir. Çünkü normal yolluklarda olduğu gibi yolluk katılaşması olmaz. Plastik malzeme sürekli sıvı haldedir. Bu da çevrim süresini kısaltır. Kalıp boşluklarının dolması daha rahat olduğu için stabil bir dolum gerçekleşir. Daha kaliteli parçalar elde edilir. Normal yolluk sistemi olan plastik enjeksiyon bölümlerinde yolluğu alan bir robot kolu sistemi, parçanın operatöre oluşmasını sağlayan konveyör ve salkımları ayırması için her enjeksiyon için bir operatör gerekmektedir. Sıcak yollukta yolluk izi en düşük seviyededir. Parça daha estetikdir. Manifold sistemi olduğu için ısı eşit olan ve her kalıp gözüne eşit dağılan ideal sıcaklık ve basınç buna bağlı olarak eşit oranda dolum gerçekleşir.

Sıcak yolluk sistemi kullanabilmek için, iyi bir kalıp tasarımı, tasarlanmış olan kalıbın hassas olarak üretilmiş olması ve kullanılan hammaddenin geri dönüşümlü malzeme değil, temiz bir malzeme olması gerekmektedir.

4.5. Soğutma Sistemi

Kalıp tasarımının her aşamasında göz önünde bulundurulması gereken kriterler vardır. Özellikle soğutma, kalıp baskı esnasında en geniş alanı kapladığı için soğutma sistemi tasarlarken de birçok kriteri göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Ürün şekli, ürün hassasiyeti ve görseelliği, ürünün kullanılacağı alan, personel sayısı, kullanılan enjeksiyon makinesi, kalıp malzemesi, ürün için kullanılan plastik malzeme cinsi, yapılan kalıbın seri üretime uygunluğu, beklenen verim gibi faktörler önemsenmelidir. Kalıbı tasarlamak yeterli değildir. Üretimi yapılan malzemenin üretildiği kalıphanenin imkanları da önem teşkil eder. Soğutma sistemi tasarımı kalıbın çalışmasını doğrudan etkiler. Çevrim zamanını etkiler. Bu da maliyete yansır.

Eriyik malzeme kalıp boşluğuna dolduğunda ürün elde edilir. Fakat parçanın kalıptan çıkması için, iticilerin uyguladığı basınca karşı parçanın deforme olmadan çıkması gerekir. İtme esnasında plastik sıcaklığı kalıp enjeksiyon sırasındayken olan sıcaklığından daha düşük bir sıcaklığa sahip olmalıdır. Buna ek olarak soğutma sistemi de buna yardımcı olur. Kalıp tasarımcısı soğutma sisteminin önemini idrak etmelidir. Kullanılan malzeme için tavsiye edilen malzeme sıcaklığı değerlerine önem

gösterilmelidir. Çok hızlı soğuma ya da düşük kalıp sıcaklığı parçada istenmeyen hatalara sebep olabilir [8].

Kalıplar soğutulurken genelde sıvı olarak su kullanılır. Kullanılan su kireçli ise soğutma suyu borularının tıkanmasına neden olur. Bu da kalıp soğumasına olumsuz olarak yansır. Isı transferini zorlaştırır [8].

Su ile soğutmanın uygun olmadığı kalıplarda basınçlı hava ile soğutma yapılır. Kalıp sıcaklığının çok fazla değişmesi istenmeyen ve ince etli parçalarda tercih edilebilir.

Soğutma kanalı tasarlarken kalıbı soğutması beklenirken, aynı zamanda itici pim, geri vurucu pim gibi diğer boydan boya olan deliklere denk gelmemesine dikkat edilmesi gerekir. Boydan boya delinen su yollukları için önemli olan bazı hususlar vardır. Bu şekilde olan uzun kanallar delinirken, emniyetli ilerlemek gerekir. Çünkü derin delik delinmektedir. Aynı zamanda yakınlarında itici pim gibi delikler mevcuttur. Derin delik delme işlemi radyal matkapta gerçekleştirilir. Bu esnada matkabın sağa sola kaçma, salgı yapma olasılığı yüksektir. Bu yüzden soğutma kanalları diğer deliklere belirli bir mesafede açılmalıdır. Bu ölçü ortalama bir kalıpta en az 3 mm, daha derin kalıplarda ise en az 5 mm olmalıdır. [8]. Soğutma kanalları yüzeye uzak olursa yeterli soğutma olmaz. Çok yakın olursa da hızlı soğuma gerçekleşir. İkisi de iyi değildir.

Parçanın kalıptan çıkması için, yeterli debide su geçmesi ve bu sebeple soğutma kanallarının çaplarının uygun ölçülerde açılması gerekir.

Granülleri eriyik halindeki bir akışkana dönüştürüp, kalıp gözlerine enjekte edebilmek için, belirli bir miktar ısı verilir. Enjeksiyondaki vida çevresinde bulunan ısıtıcılar yardımıyla desteklenir. Vidadaki mekanik enerji ısı enerjisine dönüştürülür. Malzeme sıvı hale geçer. Eriyik malzeme oldukça yüksek sıcaklığa erişir. Fakat parçanın kalıptan çıkabilmesi için soğutulması gerekir. Kalıp ilk bağladığında, oda sıcaklığında bulunur. Kalıp çalıştırıldığında yavaşça soğutma suyu sıcaklığına ulaşır. Sıcak haldeki plastik eriyik enjekte edilene kadar bu sıcaklıkta kalır. Enjeksiyon gerçekleşirken, soğutma suyu ısıyı uzaklaştırır. Kalıp sıcaklığı yükselir. Burada soğutma sistemiyle birlikte iticiler vasıtasıyla kalıptan çıkan parça da bir miktar ısıyı uzaklaştırır. Parça ele alındığında sıcaklık hissedilir. Soğutma zamanı çok kısa ise kalıp oldukça sıcak olur. Parça kullanılamaz bir durumda olur. Soğutma zamanı çok uzun olursa çevrim süresi gereksiz şekilde artar. Soğutma zamanı optimum düzeye getirilmelidir.

Kalıp içerisinde dolaşan suyun akışına etki eden faktörler vardır. Kalıp içinde dolaşan su sirkülasyon halinde olmalıdır. İçerisinde temiz ve soğuk su dolmalıdır. Kalıba giriş ve çıkış basınçları arasındaki fark akışı sağlar. Giriş basıncının, çıkış basıncından daha yüksek olması tercih edilir. Soğutma kanalı kesitinin büyük olması da daha fazla debide su akışı sağlamaktadır. Kalıp tasarımcısının su akışını engelleyecek olan ve ısı transferini engelleyecek faktörleri göz önüne alarak tasarım yapması gerekmektedir.

Yolluk sistemleri de kalıp soğutmasında etkilidir. Normal (soğuk) yolluk sistemlerinde, yolluk kanalını dolduran plastik, kalıp gözlerini dolduran plastik gibi soğur. Normal yolluk, itici pimler vasıtasıyla, parçayla birlikte kalıptan ayrılır. Sıcak yolluk sistemli kalıplarda, sıcak yolluk manifoldunun sıcaklığı, plastik sıcaklığından düşük olmamalı, aynı zamanda kalıptan fazladan ısı transferine fırsat vermeyecek şekilde sabit bir sıcaklıkta kalabilmelidir. Isı transferi olma ihtimali, soğutma ihtiyacı doğurabilir [15].

4.6. Kalıp Malzemesi

Plastik kalıp çelikleri, plastik parçaların şekillendirilmesinde kullanılan enjeksiyon, ekstrüzyon, şişirme gibi tekniklerde kullanılır. Üretici kalıptan ne bekliyor sorusu sorulup, bu pusulada seçim yapmak gerekir. Üretici, işlenebilirlik, parlaklık, kaynak yapılabilirlik gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Plastik parça üretimi için kalıplarda genellikle 2738, 2312, 2316 ve imalat çeliği kullanılır. 2344 çeliği ise çoğunlukla metal enjeksiyon kalıplarında tercih edilir.

4.6.1. 2738 çeliği

Piyasada impaks olarak bilinir. Ön sertleştirme yapılmış bir çeliktir. Yüksek işlenebilirlik kabiliyeti vardır. Sertlik değeri 30-35 HRC 'dir. Kalıp işlendikten sonra ısıl işlem görmesi gerekmez. Nitrasyon uygulanabilir. Yüzeyden çekirdeğe kadar stabil ve homojen sertlik dağılımı göstermektedir.

4.6.2. 2312 çeliği

Kükürt içeriklidir. Ön sertleştirme yapılmış bir çeliktir. Sertlik değeri 30-35 HRC' dir. Kükürt işlenebilirlik kabiliyetini arttırmıştır. Parlaklık önemli değilse, bir kalıpta tercih edilebilir. Genelde kalıpların dişi ve erkek hamillerinde kullanılır.

4.6.2. 2316 çeliği

Piyasada ramaxs olarak bilinir. 340 HB sertliğe sahip olmasına rağmen kolay işlenir. Parlatılabilir. Aşınmaya dirençli ve paslanmaya dayanıklıdır. Nitrasyon için uygun değildir. Sebebi yüksek krom içeriyor olmasıdır. Şişe kalıplarında kullanılabilirler.

4.6.3. 2344 çeliği

Piyasada orvar olarak anılır. Yüksek tokluğa sahiptir. Sektörde geniş kullanım vardır. En çok metal enjeksiyon kalıplarında kullanılır. Isıl işlem uygulanabilir. Karşılaşacağı ısı etkilere karşı dirençlidir.

4.6.4. İmalat çelikleri

Genelde piyasada kalıp setlerinde, civata, dişli, mil gibi elemanlarda tercih edilir. Karbon çeliği ya da alaşımsız çelik olarak anılır. Sertliği karbon miktarına bağlı olarak artar, ters orantılı olarak da tokluğu azalır. Piyasada kükürt ilaveli hali daha çok tercih edilir. Çünkü kalıplarda talaşlı imalattan geçer. Bu da işlenebilirlik özelliğinin önemli olduğunu gösterir.

4.7. CAD ve Analiz Programları

Solidworks bilgisayar destekli üç boyutlu tasarım ve katı modelleme programıdır. Özellikle kalıpcılık sektöründe kalıp tasarımı yapmak gerektiğinden, çok sık kullanılan bir programdır. Piyasada kalıpcılık ile ilgili en çok kullanılan programların başında Solidworks gelmekle birlikte, NX, Creo parametric, Catia gibi programlar da kullanılmaktadır. Creo parametric programı da tıpkı Solidworks gibi üç boyutlu tasarım programıdır. Creo parametric programı NASA'da da kullanılmaktadır. Hem Solidworks hem de Creo parametric programlarının part, assembly ve drawing ara yüzleri mevcuttur. Hatta bu programlarda ayrı bir lisans olarak mold ara yüzü de satın alınabilmekte ve birçok firma tarafından kullanılmaktadır.

Moldflow ise bilgisayar destekli plastik enjeksiyon kalıplama için kullanılan bir simülasyon programıdır. Program fazla işçiliği engellemeyi, maliyeti azaltmayı, zamandan tasarruf için oldukça yol gösterici bir programdır. Program dolum analizi, plastik akış analizi, giriş yeri belirleme, kalıp soğutma analizi ve yolluk yerlerinin belirlenmesi gibi birçok işlemi yapabilmektedir.

4.8. Ürün ve Kalıp Tasarımı

Plastik enjeksiyon kalıbını tasarlamadan önce, ürün tasarımına bakmak gerekir. Başarılı bir ürün tasarımı, işçiliği kısaltır. Zaman tasarrufu sağlar. Üreticinin beklediği kalitede ürünler elde edilmesine katkıda bulunur.

Ürün tasarlarken dikkat edilmesi gereken en önemli husus, ürün kalıplamaya uygun olup olmadığı faktörüdür. Tamamen görselliğe dayalı tasarlanmış ürünler, kalıp tasarımcısına iletildiğinde tasarımcı, kalıplamaya uygun olmaması sebebiyle oldukça zorlanmakta ve ürünü revize etmek durumunda kalmaktadır. Başarılı bir ürün, kısa sürede tasarlanmış bir kalıp demektir. Üreticiler, tedarikçilerinden bazı beklentiler içindedirler. Hem istedikleri ürünü onlara sunabilmek hem de en az maliyetle süreci tamamlamak üreticileri oldukça mutlu edecektir.

Ürün ihtiyaçları üretici taleplerini karşılamalıdır. Fakat Pazar araştırması yapmak, müşteri beklentilerini de göz önüne almak gerekir. Bu doğrultuda plan oluşturulur. Hammadde seçimi, renk seçimi, güvenlik, estetik, kalite gibi faktörler belirlenmelidir. Tüm bunlara bağlı olarak, detaylı malzeme listesi, kalıp adedi, kaç gözlü bir kalıp tasarlanacağı, işçilik, kalıp imalat süresi, personel sayısı, kalıbın maruz kalacağı işlemler listelenir. Tüm şartlar sağlandıktan ve olur onayı aldıktan sonra, ürün tasarlanır. Gerekli revize işlemleri yapılır. Prototip çalışması yapılır. Prototip onaylanırsa, kalıp tasarımına başlanır. Onaylanmaz ise istenen değişiklikler yapıp, tekrar sunulur. Onaydan sonra yine tasarıma başlanır. Kalıp tasarımcısına iletilen parça, bilgisayar ortamında tasarım programlarında tasarlanır. Kontrol mekanizması oluşturabilmek için kalıp tasarımcısı, tüm süreçleri dosyalar. Tasarımı biten kalıplara, kalıphanede CAM programı yazılır. İşleme sürecine hazır olan çelikler CNC dik işleme merkezlerinde işlenir. İlk aşamada kaba işleme yapılır. Metal enjeksiyon kalıplarında, kaba işlemden sonra kalıp ısıtma işlemi gönderilir. Plastik enjeksiyon kalıplarında genelde seçilen çelik malzemesi sertliği uygun olduğu için, ısıtma işlemi gerek duyulmaz. Kaba işleme biten çeliklere radyal matkap tezgahlarında su yollukları delme işlemi uygulanır. Genelde derin su kanalına sahip kalıplarda bu işlem uygulanır. Bu işlemden sonra manuel freze tezgahlarında itici pim delikleri, geri vurucu pimler, bağlantı delikleri delinir. Hem erkek plakaya hem de erkek destek plakası, itici plaka ve itici destek plakalarına bu işlemler uygulanır. Paralel, erkek ve dişi arka bağlantı plakalarına ise bağlantı delikleri delinir. Erkek tarafına ek olarak makine iticileri açılır. Dişi tarafına meme yuvası açılır. Kullanılacak erkek ve dişi meme çap malzemeler oldukları için universal torna tezgahlarında teknik resme göre şekillendirilir. Plastik

enjeksiyon kalıp memeleri genel olarak hazır memelerden temin edilir. Bunlar da hırdavatçuların kataloglarından kalıba uygun olacak şekilde seçilir. En son CNC dik işleme merkezlerinde finish işleme yapılır. Parça en son ölçüsüne getirilir. Kalıp toplanır. Enjeksiyon makinelerinde deneme yapılır. Kalıp çalıştırılır. Çıkabilecek hatalar baskı esnasında gözlemlenir. Buna göre seri üretime uygunsu devam edilir. Sıkıntı mevcutsa kalıp kalıphaneye alınır ve problem odaklı çözüm üretilir. Problem çözüldükten, parçadan beklenen özelliklere önemsenmelidir. Aksi takdirde gereksiz zaman kaybı, işçilik ve maliyet doğacaktır.

4.8. Parçada Oluşabilecek Hataların Nedenleri ve Çözümleri

Parçada çeşitli sebeplerle sorunlar oluşabilir. Aşağıda oluşabilecek en sık karşılaşılan problemlerin bazıları anlatılacak ve çözüm önerileri sunulacaktır.

4.8.1. Eksik dolum

Kalıbın tam olarak doldurulamaması sonucu oluşur. Hatalı mal alma, hatalı mal alma kapasitesi, hava kanalı yetersizliği gibi sebeplerle oluşabilir. Önlemek için, mal alma miktarı ayarlanmalıdır. Enjeksiyon süresi arttırılmalıdır. Giriş sayısı arttırılmalıdır. Yetersiz ise hava kanalı açılmalıdır. Akışkanlığı arttırmak için yağlayıcı kullanılmalıdır. Huni içindeki malzeme ısıtılmalıdır.

4.8.2. Çapak oluşumu

Kalıp ayırma çizgisi boyunca oluşan fazla hammaddedir. Oluşma sebebi, kalıp içi basıncı yüksek olabilir. Malzeme sıcak olabilir. Proses parametreleri optimum olmayabilir. Kapama basıncı, enjeksiyon basıncından düşük olabilir. Makine kolonlarında esneme olmuş olabilir. Önlemek için, enjeksiyon basıncı azaltılmalıdır. Kalıp sıcaklığı düşürülmelidir. Kapama basıncı yükseltilmelidir. Kalıp dökümhanede bulunan bir üst tonajlı enjeksiyon makinesine alınmalıdır. Kalıp içindeki kirlenme giderilip, hava kanalları temizlenmelidir.

4.8.3. Çarpılma

Parça üzerinde oluşan stres sonucu meydana gelir. Sebepleri, parça tasarımı hatalı olabilir. Parçanın her farklı kesitinde farklı çekmeler olabilir. Üniform olmayan bir kalıp soğutma sistemi olabilir. Önlemek için, parçanın soğutma sistemi optimize edilmelidir. Parçanın iticiden çıkması anında yaşanan sıkıntılar giderilmelidir. Enjeksiyon basıncı

düşürülmelidir. Parça güçlendirmesi için feder takviyesi yapılmalıdır. İtici sistemi tekrar gözden geçirilmelidir.

4.8.4. Akış çizgileri

Akış rotasında oluşan çizgilerdir. Sebebi, malzeme yeterince kurutulmamış ya da nem almıştır. Çözümü, kurutucu filtresi temizlenmelidir. Kurutulacak malzeme bir gün önceden ortam sıcaklığında olan bölgeye alınmalıdır.

4.8.5. Kalıp açılmaması

En yüksek düzeyde kalıp açılma kuvveti uygulanmasına rağmen kalıp açılmıyorsa birkaç sebebi olabilir. Parça kalıptan çıkmadan, ikinci enjeksiyona geçilmiştir. Kalıp içi basıncı oldukça yüksektir. Malzeme miktarı fazla olabilir. Çözümü, kalıp içi basıncı düşürülmelidir. Tutma basıncı düşürülmelidir.

4.8.6. İtici problemi

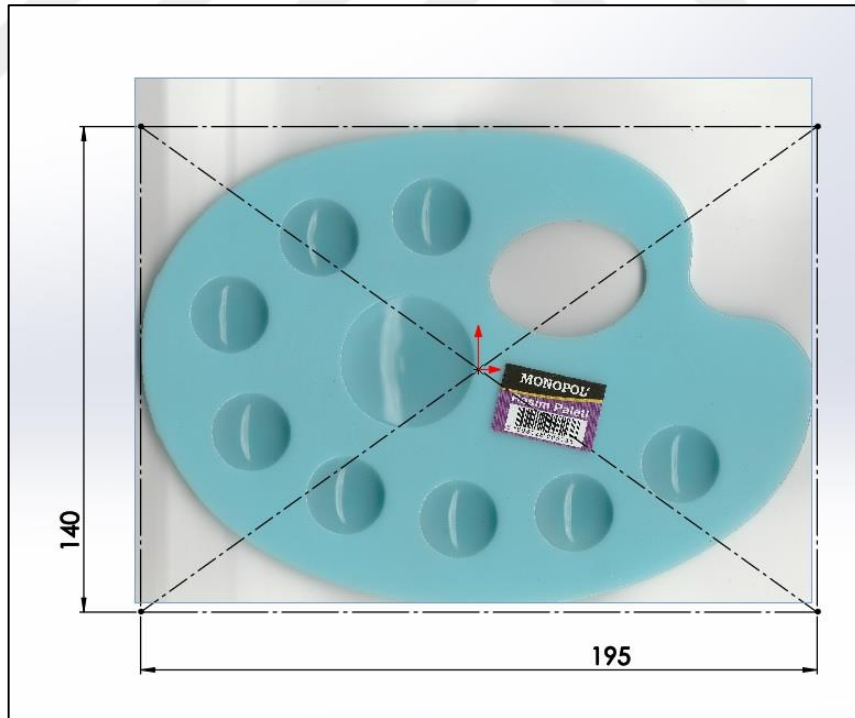
Parça kalıpta kalabilir. Bunun için soğutma süresi arttırılmalıdır. Enjeksiyon hızı düşürülmelidir. İtici sayısı arttırılmalıdır. İtcinin çalışacağı taraftaki kalıp sıcaklığı düşürülmelidir. Hava kanalları arttırılmalıdır.

4.8.7. Soğuk birleşme

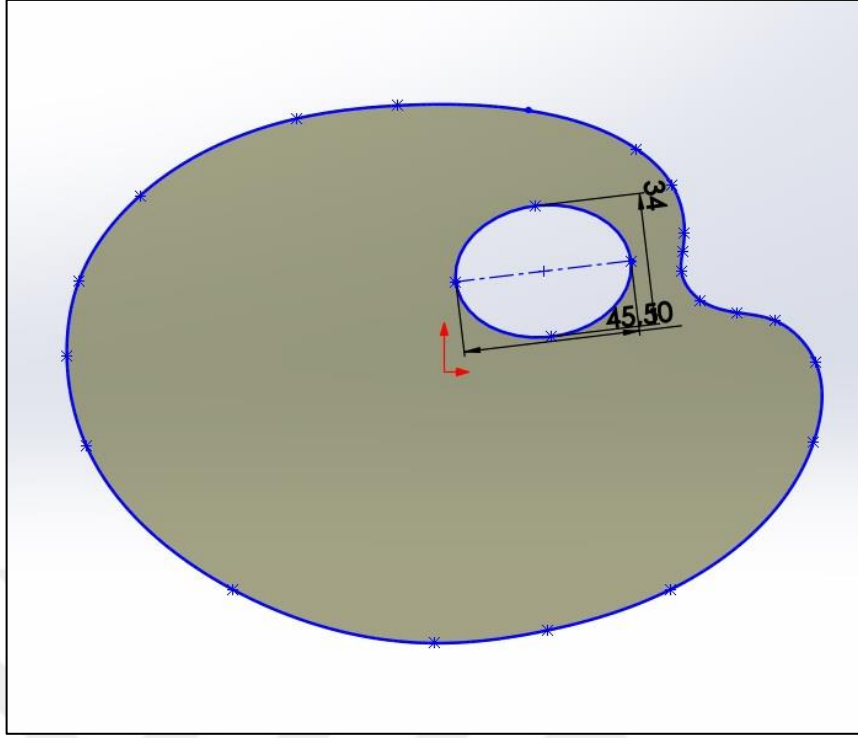
Eriyik plastik malzeme, kalıbı değişik yönlerden doldurmaya çalışır. Soğuma nedeniyle, sıvı malzeme kaynayamaz. Yolluk sistemi yanlış olabilir. Yolluk sistemi revize edilmelidir. Hammaddenin akıcılığının iyi olmaması sebep olabilir.

5. BİR ÜRÜN TASARIMI VE KALIP TASARIMI

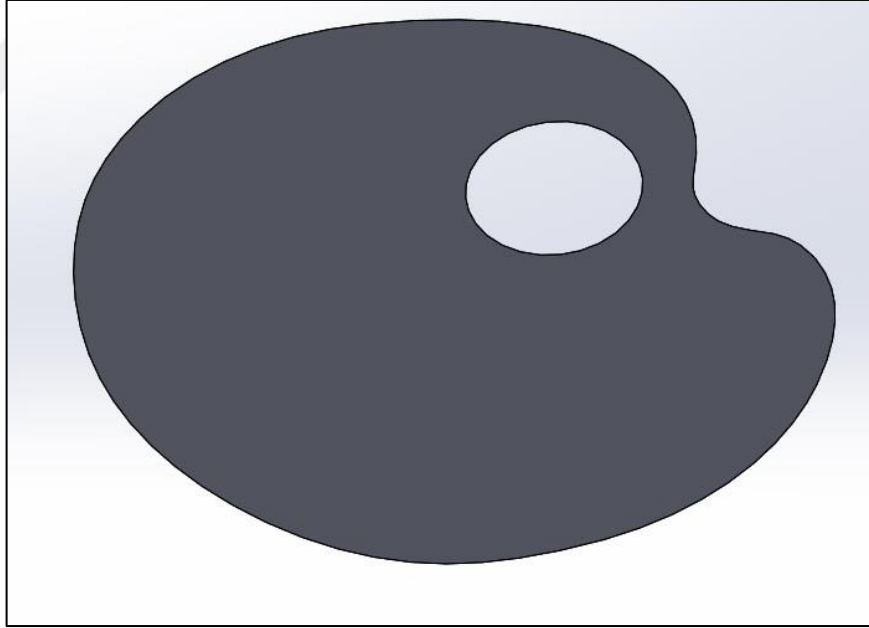
Bu bölümde tez kapsamında incelenen ürün tasarımı, baştan sona tasarlanmıştır. İstenilen hedefler doğrultusunda seçilen palet ürün taslağı Şekil 5.1’ de görüldüğü gibidir. Ürünle ilgili gerekli kritik bilgiler edinilmiştir. Ürün fonksiyonu tanımlanmıştır. Ürün sulu boya yapmak için kullanılan bir palettir. Görsel bir parça değildir. Kalıp göz sayısı, yıllık baskı sayısına göre belirlenir. Ürün büyüklüğü, maliyet, kalıpcının kafasında oluşturmuş olduğu yolluk, soğutma sistemi gibi faktörlerle birlikte düşünülüp belirlenmiştir. Palet kalıbı 4 gözlü olarak tasarlanmıştır. Fakat kalıp tasarımından önce ürün tasarımından bahsedilecektir. Ürün için bir taslak resim formatında alınıp, Solidworks programı içine aktarılmıştır. Ana taslak oluşturulup, extrude komutuyla katılama yapılmıştır. Palette bulunması gereken sulu boya haznesi çizilmiştir ve katılama işlemi yapılmıştır. Radyüs işlemi uygulanmıştır. Hazne boşaltma işlemi yapılmıştır ve ürün oluşturulmuştur.



Şekil 5.1 Palet Ürün Taslağı

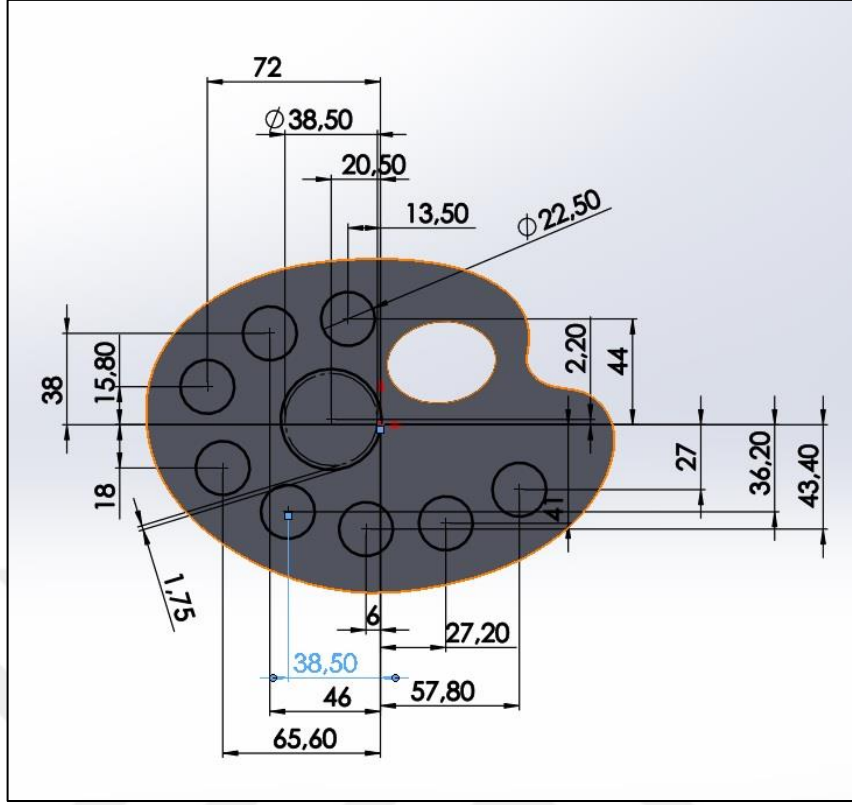


Şekil 5.2. Palet Çizim Taslağı

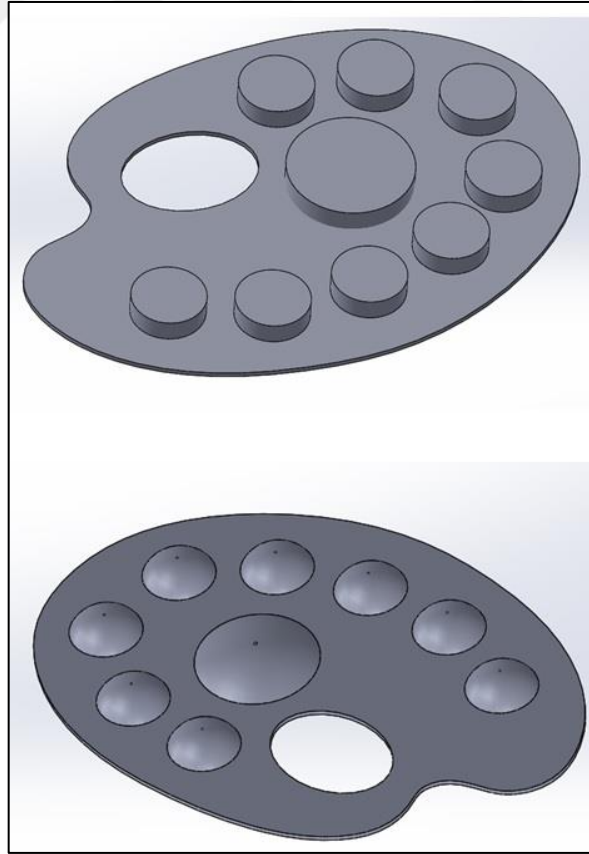


Şekil 5.3. Ürün Katılama

Palet çizim taslağı Şekil 5.2'de ve ürün katılama Şekil 5.3'de verilmiştir. Palet sulu boya haznesi Şekil 5.4'de görüldüğü gibi çizilmiştir.

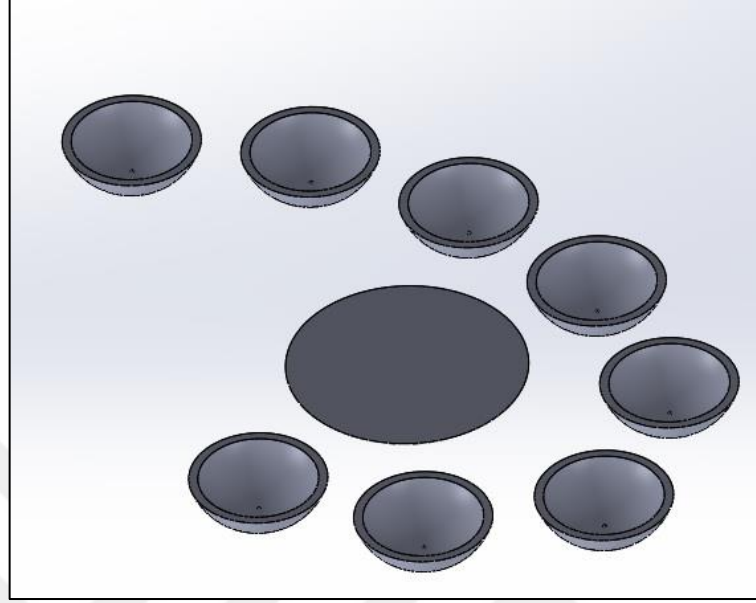


Şekil 5.4. Palet Sulu Boya Haznesi

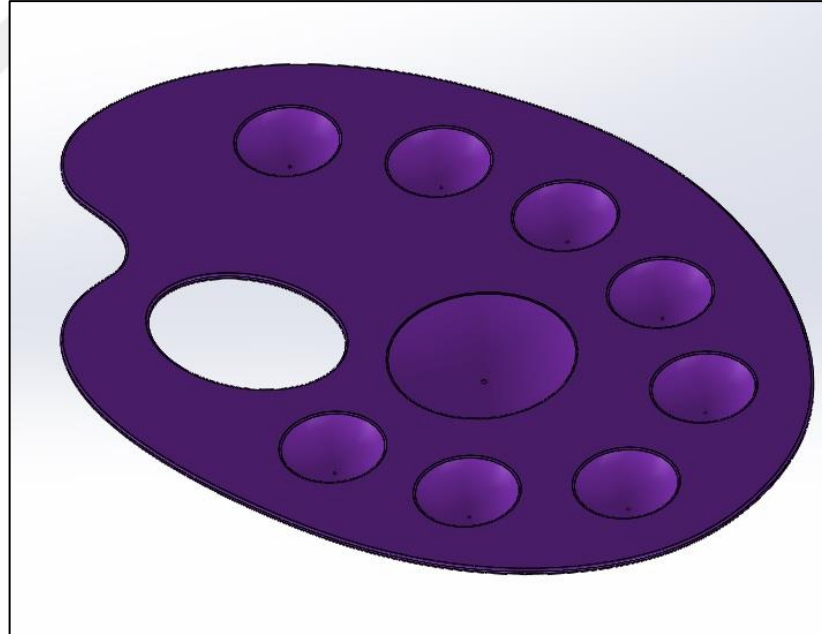


Şekil 5.5. Sulu Boya Haznesi Extrude ve Radyüs İşlemi

Sulu boya extrude ve radyüs işlemleri Şekil 5.5’de gösterilmektedir. Hazne içi boşaltması Şekil 5.6’deki gibi olup, ürün tasarımının son hali Şekil 5.7’de gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Hazne İç Boşaltması



Şekil 5.7 Ürün Son Hali

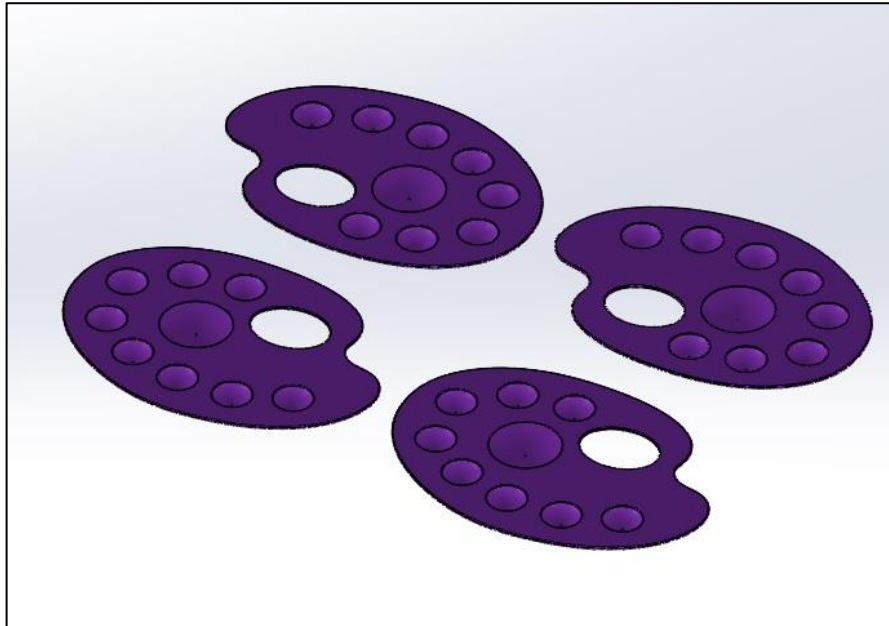
5.1. Kalıp Tasarımı

Kalıp tasarımı yapılırken birtakım faktörleri göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Üretilmesi istenen parçanın süresi, parçanın yıllık adedinin yüksek olması, enjeksiyon makinelerinin uygunluğu önemlidir. Bu sayılan faktörler ilk aşamada olmasa da sonra

olumsuz olarak geri dönüşü olacaktır. Üretimi engellemeyecek tercihler yaptıktan sonra kalıp göz adedi belirlenir.

Ürün incelenip, kalıp tasarımına uygun olup olmadığına karar verildikten sonra, kalıp tasarım aşamalarına başlanır. Kalıp tasarımının ilk aşamasında, parça üretiminde kullanılacak olan malzemeye göre çekme payı verilir. Oyuncak ve kırtasiye sektöründe çok tercih edilen malzemelerden biri olan polipropilen tercih edilmiştir. Bu malzemenin 0.014-0.025 arasında değişen çekme payı 0.015 seçilmiştir. Parçada kalıpta çıkış açısı verilmesi gereken bölgelere açı verilir. Tasarım üretime uygun dizayn edilmiştir. Komplike bir ürün olmadığı için draft açısı gerekmemektedir. Bu haliyle parça kalıptan rahatça çıkabilecektir.

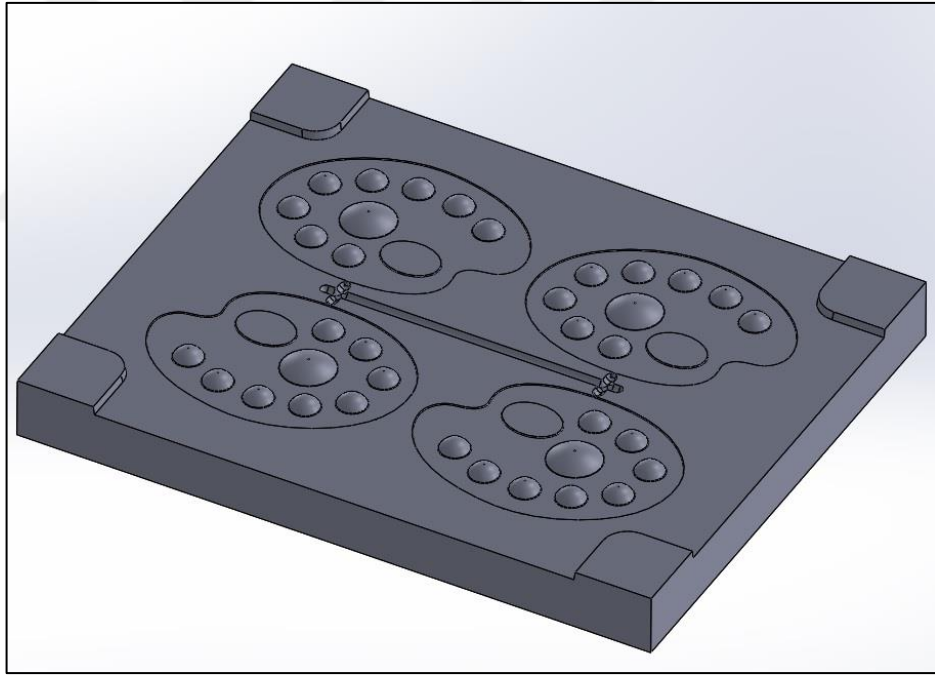
Kalıpta herhangi bir yan delik veya feder yoktur. Bu nedenle maçalı kalıp değildir. Numune yapısı incelenerek, en uygun ürün dağılımı ve yolluk sistemi seçilmelidir. Sonra itici tasarımı yapılmalıdır. İtici parça itme esnasında, gelen kuvveti eşit bir şekilde dağıtmalıdır. İtici bırakacağı iz önemli ya da önemsiz olabilir. Olabildiğince iç tarafta konumlandırılması gerekir. İtici tasarımı yapılırken, yolluğun tutma etkisi de göz önüne alınmalıdır. Derin kalınlıklı ürünlerde, kasılma oluşturabilir. Bu da iticilerin parçaya zarar vermesi anlamına gelir. Bu şartlarda ya birtakım baskı esnasında yağ spreyleri vurmak gerekir ya da enjeksiyon süresini yükseltmek gerekir. Çalışmada incelenen kalıp burada 4 gözlü dizayn edilmiştir. Şekil 5.8 'de kalıp göz sayısı gösterilmiştir. Merkezden bir meme ve eşit uzaklıklarda ürünler yerleştirilmiştir.



Şekil 5.8. Kalıp Göz Sayısı

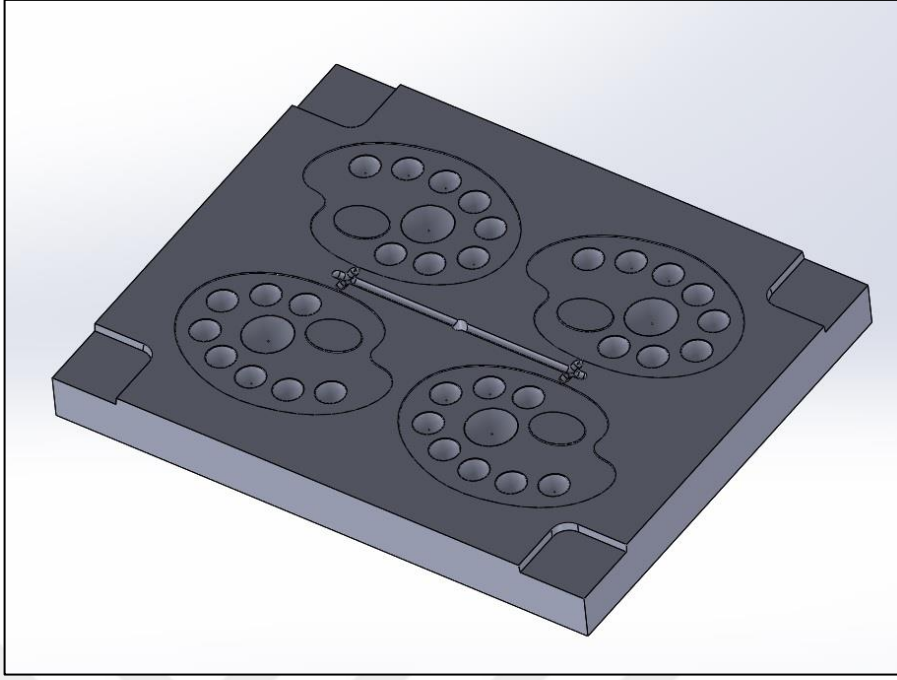
Kalıp ayırım hattı boyunca erkek ve dişi taraf olarak ayrılmıştır. Kalıp standart bir kalıptır. Kalıp malzemesi olarak birçok alternatif mevcuttur. Genellikle plastik enjeksiyon kalıp malzemesi olarak, 2738 tercih edilir. Kalıp setleri olarak imalat çeliği seçilir. Piyasada impaks olarak bilinen 2738 çeliği çekirdekten yüzeye kadar homojen sertlikte olması ve nitrasyona uygun olması yönüyle tercih sebebidir. İmalat çelikleri de ucuz olmaları, karbon miktarına bağlı istenilen sertliğe erişilebilir olmasından ve parlatmaya uygun olmalarından dolayı seçilirler. Bu çalışmada parça görsel bir parça olmadığı için, araştırma çerçevesinde imalat çeliği tercih edilmiştir.

Kalıp memesi merkezde olup, soğuk yolluk kullanılmıştır. Yolluk beslemesinin önemini de göz önünde bulundurarak yolluk tasarlamak gerekir. Bu sistem ise tamamen yolluktan beklentimize bağlıdır. Parça görsel olmamasına rağmen, yolluk izini minimize etmek için tünel yolluk tercih edilmiştir. Dişi çelik ve erkek çelik aynı boyutlardadır. Erkek çelik 400x500x58, dişi çelik 400x500x48 olarak çizilmiştir.



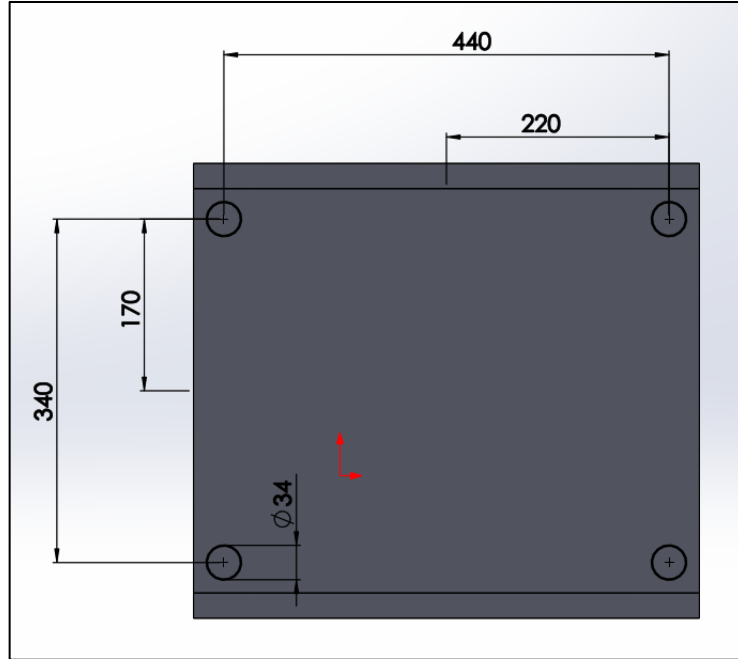
Şekil 5.9. Erkek Çelik

Erkek çelikte ürünler dikkatlice incelenirse, yönleri aynı olacak şekilde konumlandırılmıştır. Ürünler arasındaki mesafe konusunda standart bir bilgi yoktur. Bu konu tamamen ürüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Kalın etli bir üründe ürünler arasındaki mesafe, ince etli bir ürüne göre daha fazla olmalıdır. Genelde yolluğu çok uzatmayacak şekilde, itici mesafesini ayarlayarak yerleştirilir. En az 20 mm olmalıdır. Erkek çelik 5.9'de, dişi çelik 5.10'da, kolon çapları 5.11'da verilmiştir.



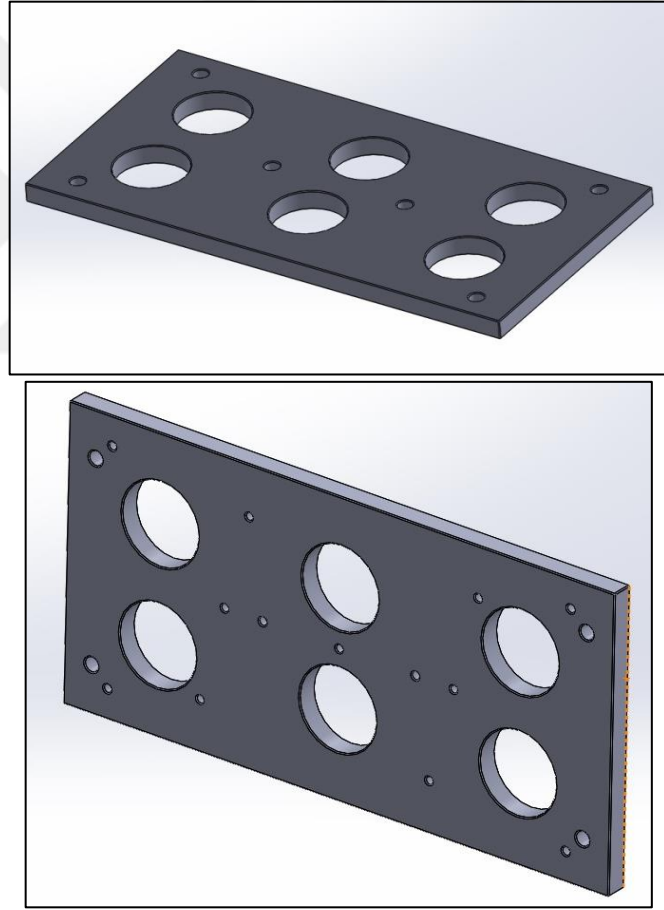
Şekil 5.10. Dişi Çelik

Dişi ve erkek çeliklerin dört tarafında kolonları karşılayacak olan burçların çakılacağı delikler bulunmaktadır. Kolon çapı 34 mm'dir. Kolon çapları, kalıp seti büyüklüğüne göre seçilir. Büyük bir kalıpta küçük bir çap açılması doğru olmaz. Çünkü kolonlar bu durumda kalıbı taşıyamaz ve sarkma meydana gelir. Aynı durum bağlantı delikleri için de geçerlidir. Bağlantı delikleri kalıp setlerini birbirine bağlamaktadır.



Şekil 5.11. Kalıp Kolon Çapları

Su yollukları tasarlanırken, itici, kolon ve geri vuruculara denk gelmeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Çelik kalınlıklarını ayarlarken de su yolluğu faktörünü göz önünde bulundurmalıyız. Eğer erkek çeliğin paylı olması istenmez ise erkek çeliği destekleyecek bir erkek destek plakası ilave edilmelidir. Tasarımcı destek plakasını koyma gereksinimi duymaz ise, itici plakalar baba adı verilen parçalar konulur. Baba aşırı yüklenme ve zorlanmaları azaltır. Parçanın sehim yapmasını önler. Çeliğin deformasyon süresini uzatır. Kalıba ait paralel kalınlığı verilirken itici destek plakası ve itici plakası baz alınır. Çünkü ancak bu iki plakanın hareketi kadar hareket mesafesi vardır. Yani takoz kalınlığı ürünün hareket mesafesine göre ayarlanır. Paralel en ve boyu ise kolonları içine alacak şekilde fakat iticilere denk gelmeyecek şekilde ölçülendirilmelidir. İtici destek ve itici plakalar ve baba Şekil 5.12'deki gibidir.

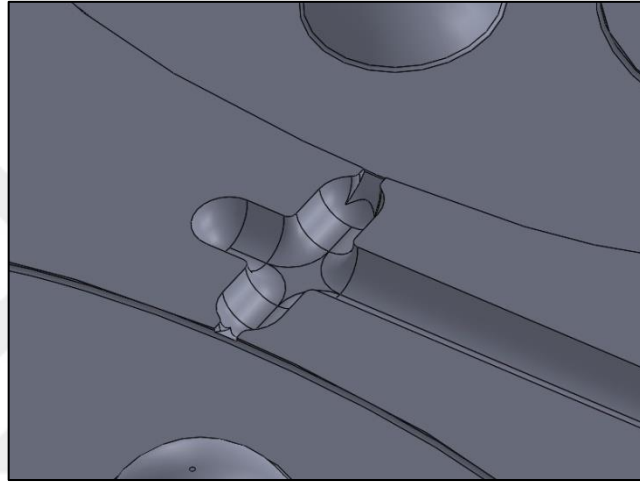


Şekil 5.12. İtici Destek ve İtici Plakalar ve Baba

Kalıpta erkek ve dişi çeliğe kilitleme sistemi konulmuştur. Kilitleme koyma sebebi, kalıp çalıştıkça zamanla kayma meydana gelir. Birleşme yerlerinde izler oluşmaya başlar. Bu kayma ise kolonlardan kaynaklanır. Kolon ve burç sürtünmeyle çalışmaktadır. Sürtünme zamanla aşınma meydana getirir. Kolon burç arası boşluk

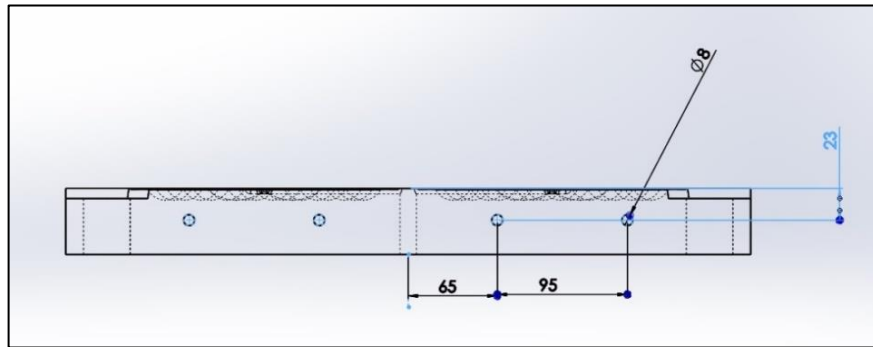
oluşur. Kolondaki yükü azaltmak ve kalıp ömrünün uzatmak için kilitleme sistemi kullanılır. Bu çalışmada da bu düşünülerek kilitleme konulmuştur. Kilitlemelere, hareket kolaylığı sağlamak için küçük bir açı verilmiştir.

Soğuk yolluk sistemi tercih edilmiştir. Şekil 5.13' deki gibi tünel yolluk kullanılarak yolluk izi azaltılmıştır. Rahat dolum sağlamak için yolluk hem erkek hem dişi yarısında kalacak şekilde tasarlanmıştır. Bu tasarım rahat dolum sağladığı gibi enjeksiyon basıncını da zorlamaz. Aksi takdirde baskı esnasında enjeksiyon basıncı arttırılır. Bu da bir süre sonra kalıpta açma oluşturur. Kalıp çapak oluşturmaya başlar.



Şekil 5.13. Tünel Yolluk

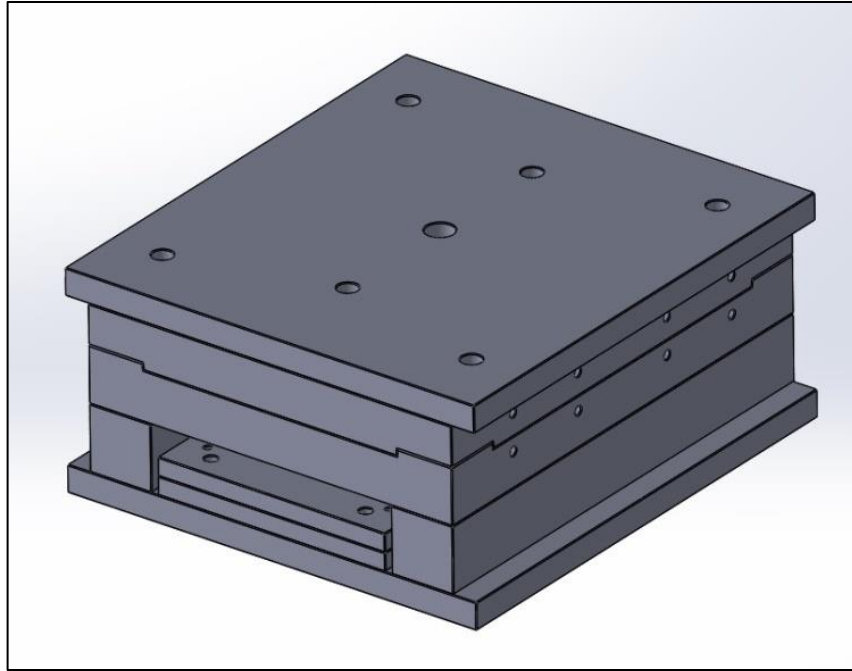
Yolluk tasarımını takip eden bir sonraki aşama su yollukları tasarımıdır ve dişi çelik su yolluğu Şekil 5.14'de görüldüğü gibidir. Baskı esnasında kalıp açıldığında, kalıptaki ürünü çıkarabilecek sıcaklığa getiren sistem su yolluklarıdır. Dizaynı kötü olan bir soğutma sistemi tasarımı, kalıpta iç gerilmeler oluşturur. Soğutma etkin değilse, çevrim zamanı uzar. Etkin bir soğutma için su yolluğu mesafesi, ürün yüzeyine olabildiğince yaklaştırılmalıdır.



Şekil 5.14. Dişi Çelik Su Yolluğu

Kalıbın dişi tarafı genel olarak parçanın görünen kısmı olmaktadır. Görsellik açısından dişi kısımlarda lokma kullanımı pek tercih edilmez. Dişi taraf genel olarak itici sistem içermemesi ve az lokmalı dizayn edilmesi soğutma sisteminin tasarımını basitleştirir. Kalıbın dişi tarafında istenilen bölgelerde su yolluğu deliği açmak mümkündür. Erkek plakada olduğu gibi bir itici pim deliğiyle, su yolluğu deliğinin çakışma olasılığı yoktur. Bu nedenle dişi tarafında etkili bir soğutma yapılması kolaydır. Kalıp konstrüksiyonu uygunsa boydan boya bir çap açılarak su yolluğu tasarlanabilir. Ürün geniş bir ürün ise bu kanalı boydan boya tek bir bölgeden değil, ürüne göre birkaç bölgeden vermek gerekebilir. Çünkü baskı esnasında kanallarda dolaşan su, giderek ısınacak ve kalıp soğutma etkinliği azalacaktır. Bundan daha etkin bir soğutma sistemi düşünülürse, bu sistem, plastik ürünün çevresini dolanan bir dizayn oldukça homojen bir soğutma sağlar.

Erkek tarafı soğutma ise her zaman daha zordur. İtici pimlerin varlığı, kalıp maçalı ise maça boynuz delikleri gibi çaplar, su yolluğu giriş yerlerini kısıtlamaktadır. Derin erkek figürlü kalıplarda, en uygun giriş çıkış bölgeleri belirlenir. Dikine seperatör ile ikiye ayrılmış delik sistemleri bu tip kalıplarda en uygun soğutma sistemidir. Bu çalışmada, kalıp konstrüksiyonu izin verdiği için boydan boya derin delik açılarak, soğutma kanalı parçaya eşit dağılacak şekilde açılmıştır. Kalıp son hali 5.15'de gösterilmiştir.



Şekil 5.15. Kalıp Genel Görüntüsü

6. KALIP MOLDFLOW ANALİZİ

Moldflow programı plastik enjeksiyon kalıplarında tasarımla ilgili bizlere yol gösterici bir analiz programıdır. Program, aşağıda sıralanan birçok soruya yanıt vermektedir.

Giriş noktası nerede olmalı?

Yolluk sistemi dengeli mi?

Soğuk birleşme mevcut mu ve nerelerde gözlemlendi?

Hava atılmayan bölgeler neresi?

Parça tamamen dolacak mı ya da eksik dolum oluşabilir mi?

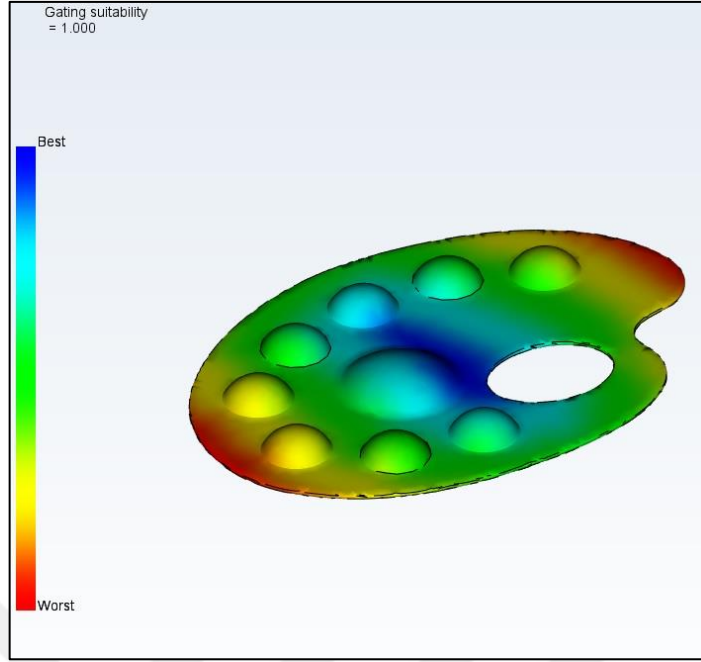
Soğutma düzenli mi?

Yüzey kalitesi iyi mi?

Çarpılma mevcut mu ve nerelerde oluştu?

6.1. En Uygun Giriş Yeri Belirleme

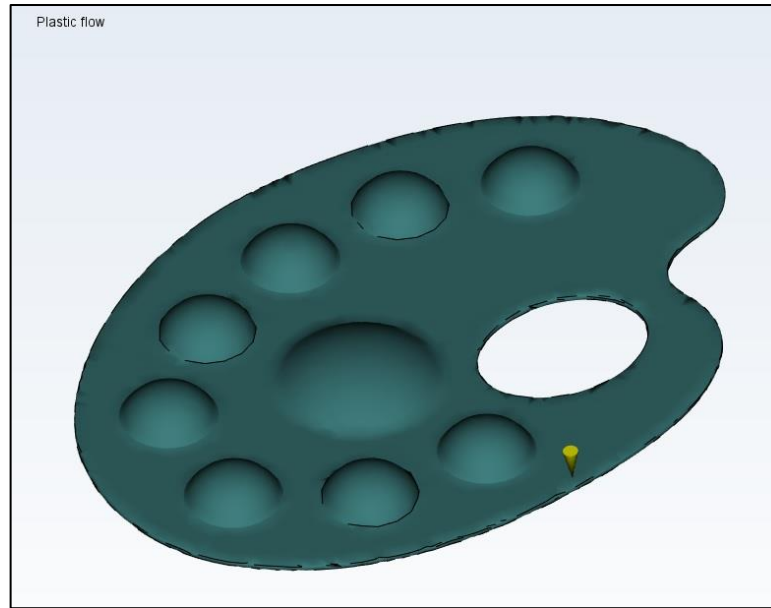
Moldflow programı, parçayı ve kullanılan malzemeyi göz önüne alarak, kalıbı doldurmak için en uygun giriş yerini belirler. Aşağıdaki tabloda en iyi giriş yeri lacivert renk ile gösterilmiştir. Fakat bu çalışmadaki giriş yeri ile önerilen bölge aynı değildir. Bu şu şekilde yorumlanmalıdır. Ürün incelendiğinde eğer programın öngördüğü giriş yeri uygulanırsa, sıcak yolluk sistemi kullanılmak durumunda kalır. Sıcak yolluk sistemi, soğuk yolluk sistemine göre birçok avantaja sahip olmasına rağmen, bu kalıpta bunu uygulamak çok uygun değildir. Zaman ve maliyet açısından bir kayıp söz konusudur. Bu çalışmada yapılan yolluk sistemi, analizdeki plastik akışından da görüleceği üzere rahat bir şekilde akmaktadır. Ayrıca yolluk hem erkek taraf hem de dişi tarafından verildiğinden akış rahattır. En iyi giriş yeri analizi Şekil 6.1'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. En İyi Giriş yeri Belirleme

6.2. Akış Analizi

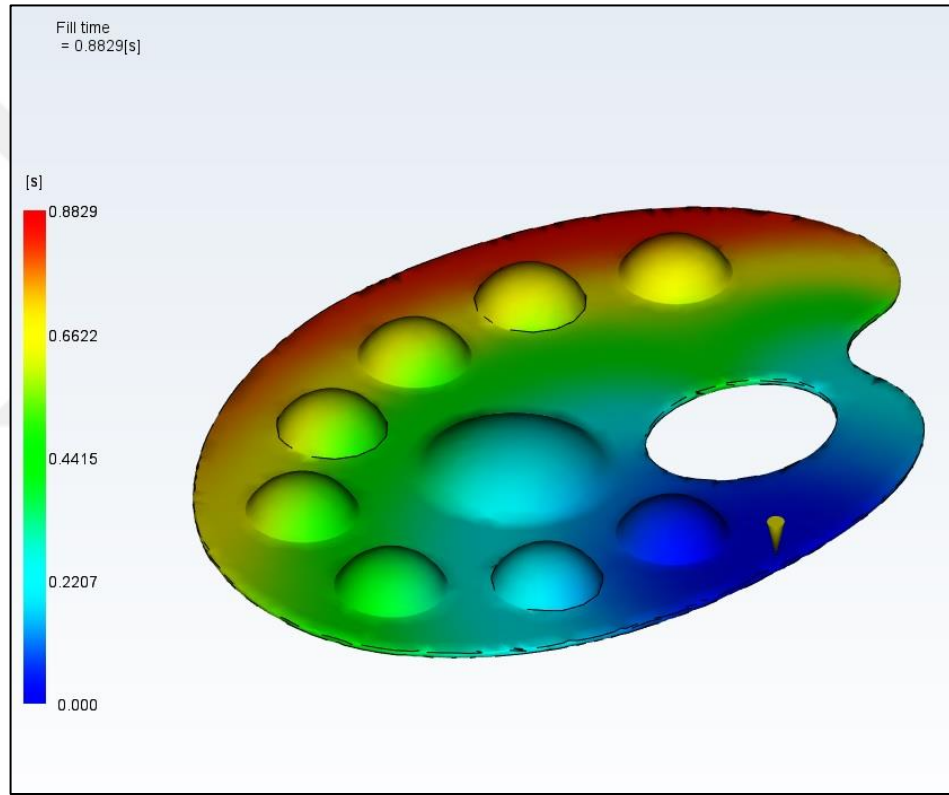
Moldflow programı, malzemenin kalıp boşluğuna nasıl dolduğunu analiz eder. Yapılan analiz simülasyonu sonucunda, plastik akışının kabul edilebilir bir kalite elde edilmesine olanak sağlayan seviyede olduğu görülmektedir. Plastik akışı analizi Şekil 6.2'de gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Plastik Akış Analizi

6.3. Dolum Zamanı Analizi

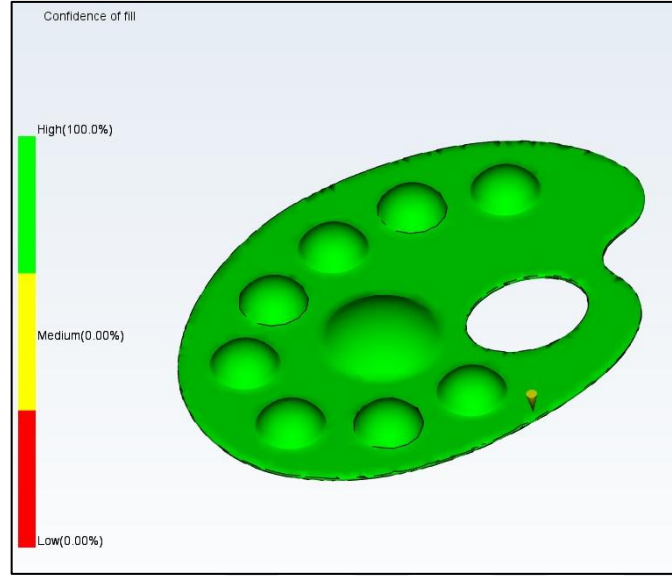
Şekil 6.3' de dolum zamanı analizi görülmektedir. Moldflow programı, parçada aynı anda dolan bölgeleri tespit etmektedir. Lacivert alan ilk ulaştığı, kırmızı alan en son ulaştığı noktayı ifade eder. Kalıp boşluğunda eğer dengesiz bir akış meydana gelirse, bir kısım çoktan dolarken, diğer kısım daha hiç malzeme alamamış olabilmektedir. Bu durum eksik dolum, soğuk birleşme, hava boşluğu gibi hatalara neden olabilir. Erken dolan bölgelerde sabit bir basınç birikmesi oluşacaktır. Bu basınç kalıp boşluğuna girecektir. Diğer bölgelere göre daha düşük çekme oluşacaktır. Bu da çarpılmalara sebep olmaktadır.



Şekil 6.3. Dolum Zamanı Analizi

6.4. Dolum Kalitesi

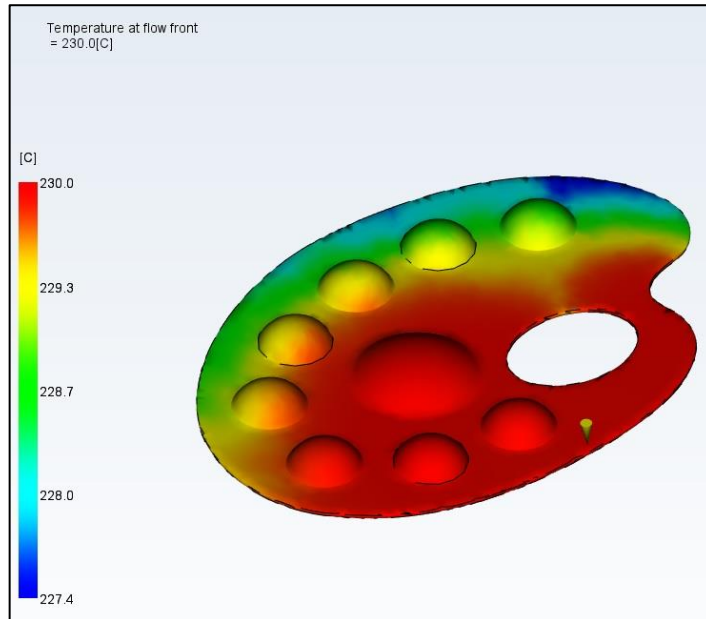
Şekil 6.4' de dolum kalitesi görseli yer almakta olup, kalıp gözlerine dolan plastiğin dolum kalitesini göstermektedir. Kalıbın iyi dolması parçanın da kaliteli olacağı anlamına gelmez. Kalıp iyi dolar; ancak homojenizasyonun sağlandığı tutma süresinde yeterli basınç ve sıcaklıkta tutulmaz ise parça kalitesi düşer. Bu çalışmada parça kalitesi oldukça yüksektir. Bu da gösteriyor ki yolluk ve soğutma sistemleri iyi dizayn edilmiştir.



Şekil 6.4. Dolum Kalitesi

6.5. Eriyik Sıcaklığı

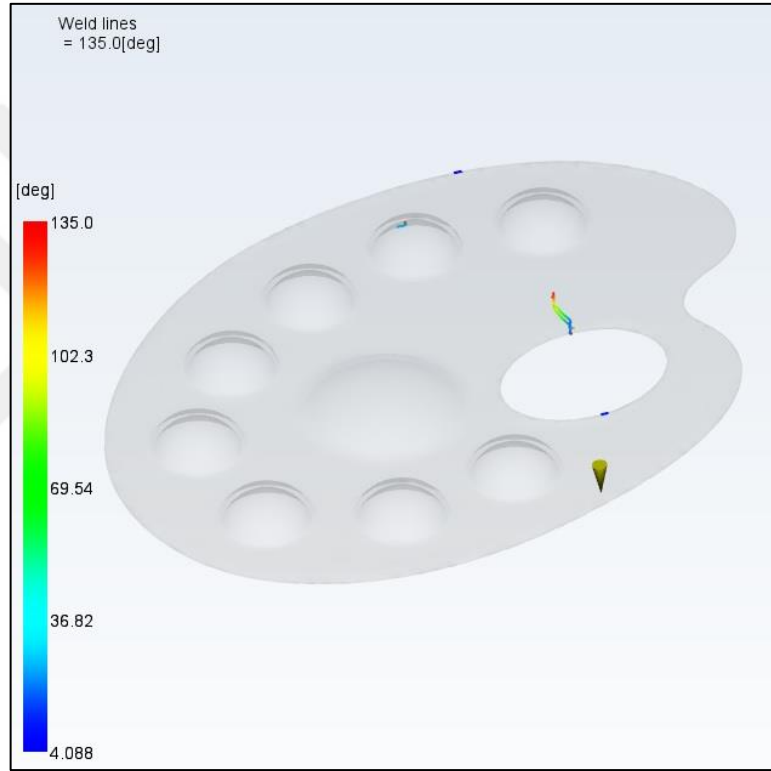
Kalıp dolumu esnasında, eriyik sıcaklığında meydana gelen sıcaklık değişimleri Şekil 6.5' de gösterilmiştir. Bu çalışmada kırmızı bölgelerin oranı oldukça yüksektir. Dolumun bitmesine yakın olan bölgelerde renk açılmaları gözlenmiştir. Parçada yüksek oranda bir kararsızlık mevcut değildir. Bu haliyle bırakılabilir. Fakat istenilirse giriş yeri arttırılabilir. Parçanın güçsüz olan kısımları da isteğe bağlı olarak arttırılabilir. Enjeksiyon süresi düşürülebilir.



Şekil 6.5. Eriyik Sıcaklığı

6.6. Kaynak Çizgileri

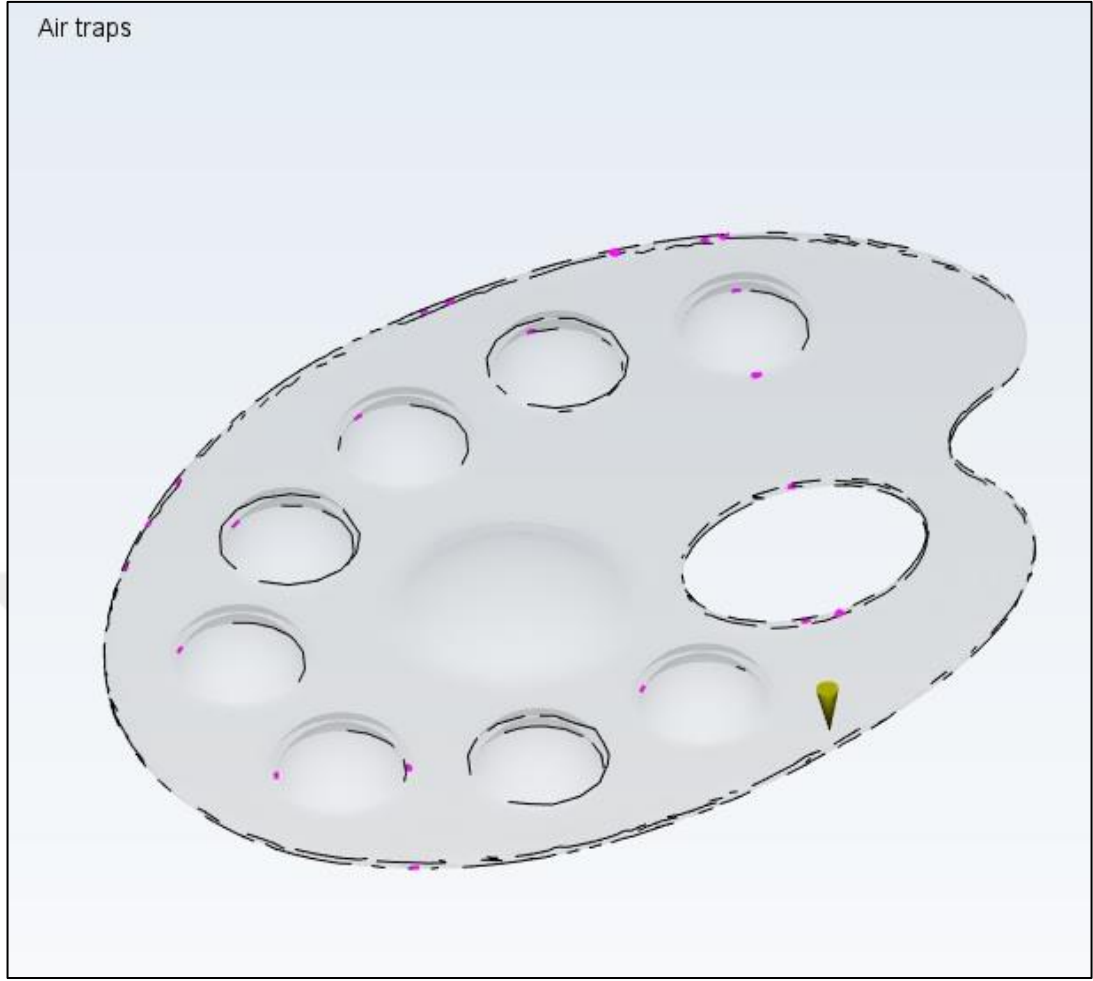
Kaynak çizgilerinin var olup olmadığını ve hangi bölgelerde yoğunlaştığını gösterir. Kaynak çizgisi güçsüz ve görünmeyen çatlakları ifade eder. Aslında soğuk birleşme olan yerleri gösterir. İki ya da daha fazla akış yolu mevcutsa kalıp dolum sırasında karşılaşılır ve eriyiğin önünde donmuş haldeki malzeme tekrar erir ve sonra tekrar soğur. Bu durum uygun bir birleşme oluşmasını önler. Bu bölgelerde dayanım azalır. Sulu boya paletinde beklenir çizgiler Şekil 6.6' da gösterilmiştir. Önlemek için giriş bölgeleri değiştirilebilir, parçanın et kalınlığı değiştirilebilir.



Şekil 6.6 Kaynak Çizgileri

6.7. Hava Kapanı

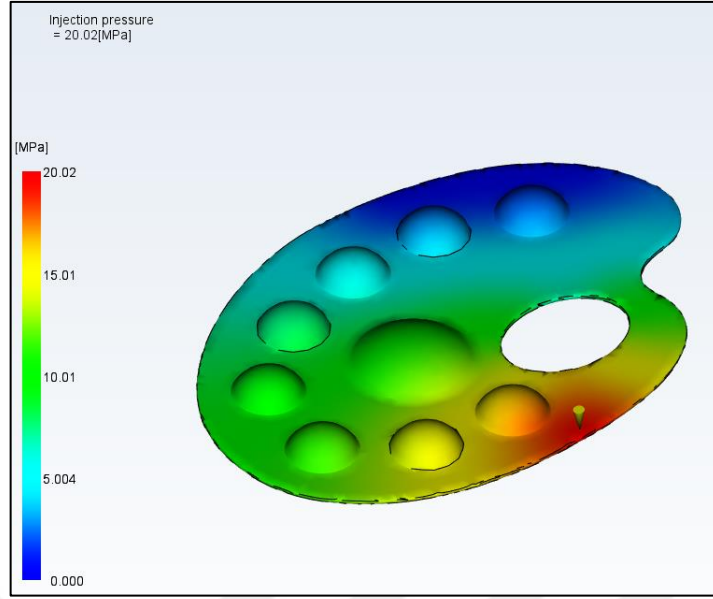
Kalıp boşluğu dolduğu esnada, akış yolu ile havanın karşılaşması sonucu meydana gelir. Genellikle farklı et kalınlıklarına geçiş yaparken oluşur. Hava kabarcıkları eriyik malzeme ile karşılaşır sıkışır ve o kısımlara dolum gerçekleşmez. Bu durum küçük boşluklara sebebiyet verir. Yani konu, kalıp boşluğundaki havanın dışarı atılmaması kaynaklıdır. Ürün çıkışına hava cepleri konulabilir. Parça et kalınlığı homojen hale getirilebilir. Kalıp boşluğu giriş yerlerine müdahale edilebilir. Hava kapanı Şekil 6.7' de gösterilmiştir.



Şekil 6.7. Hava Kapanı

6.8. Enjeksiyon Basıncı

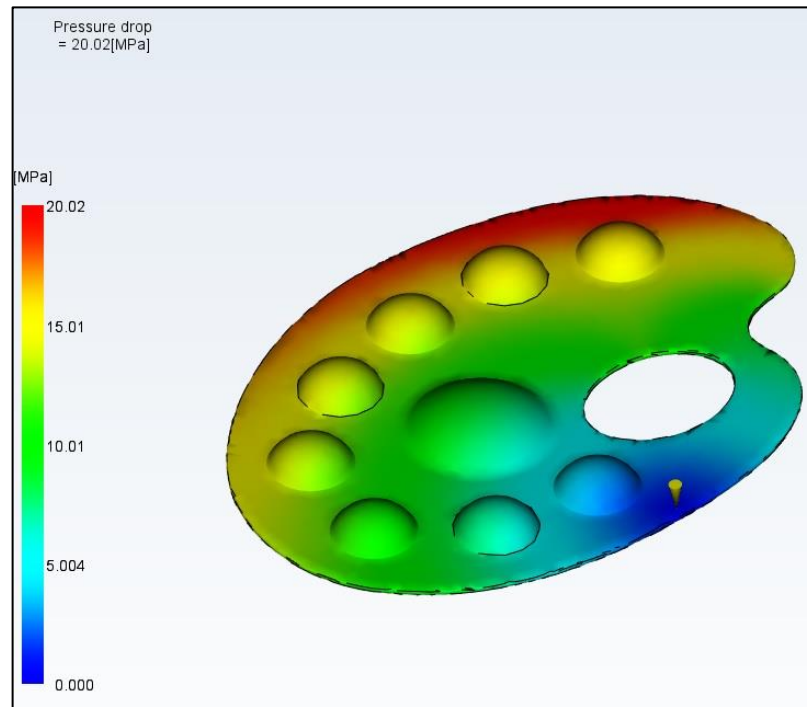
Parça plastik dolumu tamamlandıktan sonra, parça boyunca oluşan enjeksiyon basıncını gösterir. Enjeksiyon basıncı Şekil 6.8' de gösterildiği gibidir. Giriş bölgesinde basınç maximum seviyededir. Kalıp dolumu esnasında, Moldflow programı bunu aralıksız hesaplar. Basıncın yüksek olması, parçada ince olan kısımlarının önce dolmasına neden olur. Ayrıca dolum bitene kadar basınç devam ettiği için, dolan bölgeler ekstra bir basınca maruz kalırlar ve bu da o bölgelerdeki çekme oranını düşürür. Bu parametreyi etkileyen en önemli faktör süredir. Dolum süresi kısa ise bu problem ortaya çıkacaktır. Enjeksiyon basıncının oluşturduğu problemleri gidermek için enjeksiyon basıncı yükseltilebilir. Eğer tasarımcı uygun görüyorsa yüksek eriyik sıcaklığına sahip bir malzeme seçilmelidir. Malzeme değiştirilemez ise eriyik sıcaklığı artırılarak problemin önüne geçilebilir.



Şekil 6.8. Enjeksiyon Basıncı

6.9. Basınç Düşüşü

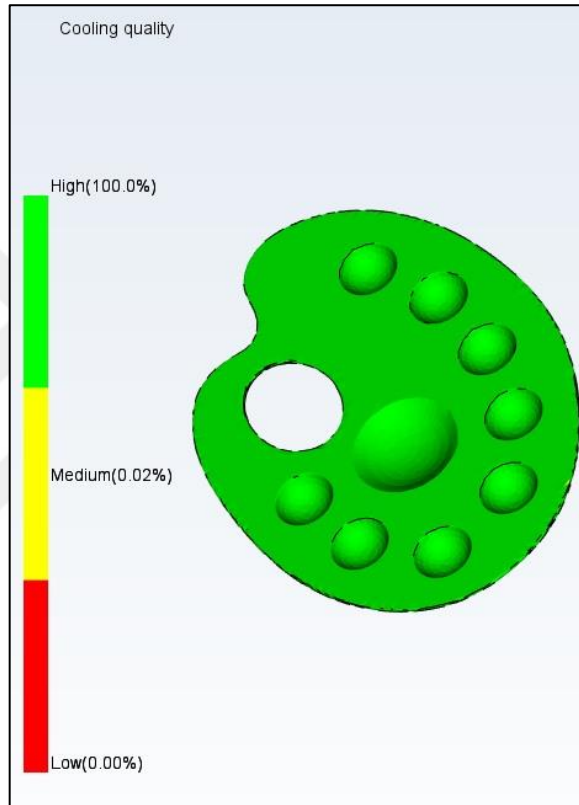
Kalıp boşluğundaki her noktada akışkanın akmasını sağlayan basınçtır. Basınç düşüşü dolum kalitesini etkiler. Basınç düşüşü arttıkça dolum kalitesi de düşecektir. Basınç düşüşü Şekil 6.9' da gösterilmektedir.



Şekil 6.9. Basınç Düşüşü

6.10. Soğutma Kalitesi

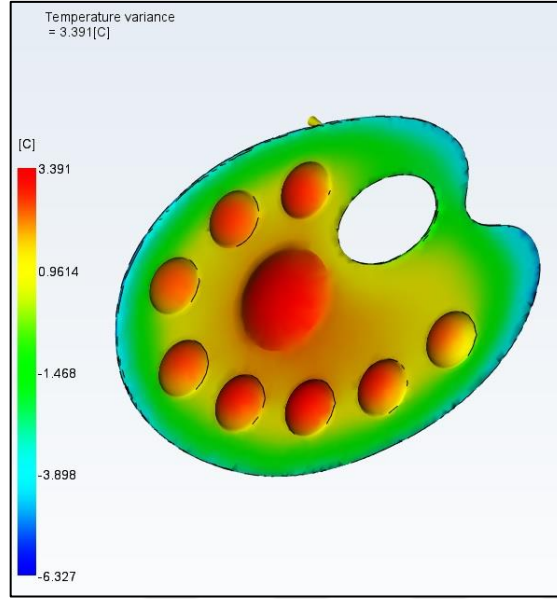
Parçanın şekli ve et kalınlığına bağlı olarak ısının kalma eğilimini inceler. Soğutma kalitesi Şekil 6.10' da ifade edilmiştir. Soğutma kalitesi düşük olan bölgelerde akış zayıflar. Parçanın tüm bölgelerinin tamamen soğuması için gerekli zamanı hesaplar. Sonuç hangi bölgenin daha fazla soğutulması hangi bölgenin daha az soğutulması gerektiğini yorumlamamızı sağlar. Hızlı soğuyan bölgeler, soğumaya devam eden bölgeler dolmaya devam ederken donacaktır.



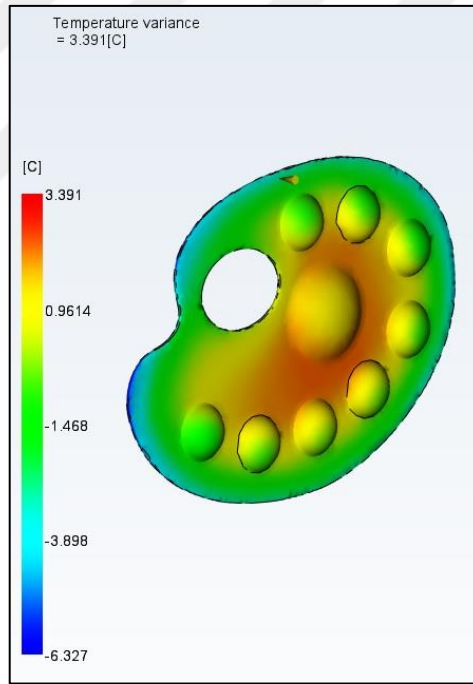
Şekil 6.10. Soğutma Kalitesi

6.11. Yüzey Sıcaklık Dağılımı

Parçadaki ortalama sıcaklıklardan sapan bölgelerin ne kadar saptıklarını yorumlamamızı sağlar. Kırmızı bölgeler ortalamadan daha sıcak, mavi tonlarındaki bölgeler ortalamanın altındaki sıcaklık bölgelerini ifade eder. Sıcak değişimi ortalama altındaysa, soğuma oranını azaltmak için, ürün kalınlığı artırılmalıdır ve soğutma sıvısı sıcaklığı yükseltilmelidir, aksi halde parça kalınlığı azaltılmalıdır ve soğutma sıvısı sıcaklığı düşürülmelidir. Yüzey sıcaklık dağılımı Şekil 6.11 ve Şekil 6.11.1 'de gösterilmiştir.



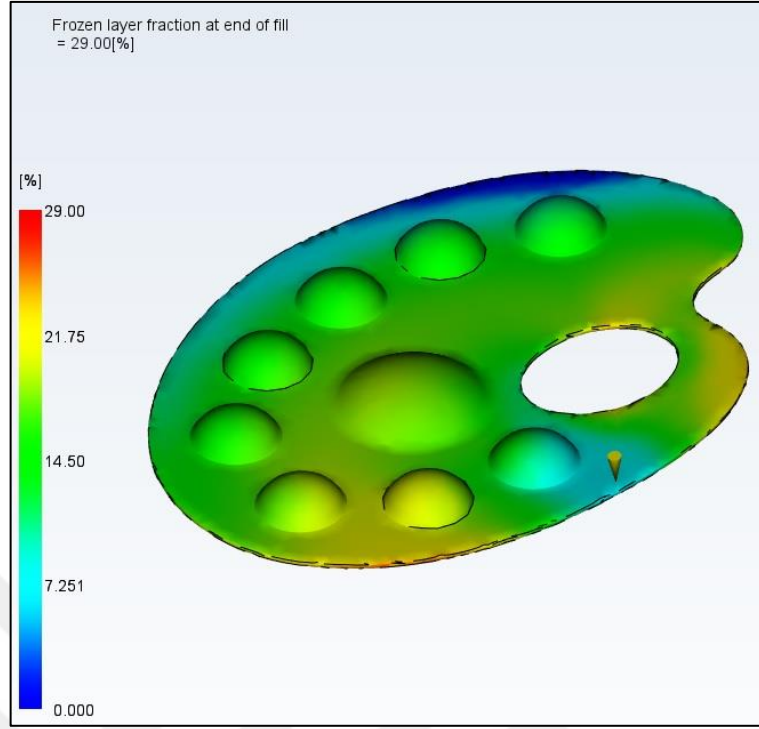
Şekil 6.11. Yüzey Sıcaklık Değişimi-1



Şekil 6.12. Yüzey Sıcaklık Değişimi-2

6.12. Donma Zamanı Dağılımı

Kalıp boşluğunda bulunan parça, bir süre sonra soğur ve katılaşma gerçekleşir. Eğer soğumaya devam ederse donma meydana gelir. Ortalama donma sıcaklığından sapmış olan parça yüzeylerini yorumlamamızı sağlar. Donma zamanı dağılımına ait analiz Şekil 6.12' de gösterilmiştir.



Şekil 6.13. Dolum Sonu Katman Donma Dağılımı

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasının amacı, sıfırdan bir ürün tasarlarırken ortaya bir bakış açısı koyup, baştan sona bir kalıp tasarımını aşama aşama incelemektir. Bir kalıp tasarlanırken nasıl başlanır ve üretim sürecine kadar neler üzerinde durulması gerekir sorularına yanıt bulmak hedeflenmiştir. Tüm bunları yaparken, parçaya ait analizler, tasarımda ve imalat sürecine geçilmeden önce yol gösterici olmuştur.

Tez sürecinde, yapılan çalışmaya hazırlık olması açısından birçok ön bilgi aktarılmıştır. Plastik malzemeler tanıtılmış, plastiklerin genel özelliklerinden bahsedilmiştir. Piyasada en çok kullanılan plastik malzemelere ait özellikler ve kullanıldıkları sektörler belirtilmiştir. Plastiklerle ilgili bilgileri somutlaştırmak için, konu resimlerle desteklenmiştir. Plastiklere verilen çekme payları detaylandırılmıştır. Çünkü bir kalıbı tasarlamadan önce, ürüne mutlaka çekme payı verilmelidir. Çekme payı verilmeden tasarlanan bir ürünün, diğer parçalara uyum sağlamama ve hurda kategorisine ayrılma olasılığı oldukça yüksektir. Kalıbın baskısının alınacağı plastik enjeksiyon makineleri tanıtılmıştır. Plastik enjeksiyon makinelerinin bölümleri ifade edilip, çalışma prensibi açıklanmıştır. Kalıp elemanları listelenmiş, görsellerle desteklenerek kalıptaki işlevleri anlatılmıştır. Bir kalıp sisteminin nelerden oluştuğu üzerinde durulmuştur. Kalıp itici sistemleri, yolluk sistemleri, soğutma sistemleri ve kalıp tipleri detaylıca anlatılmıştır. Piyasada en çok kullanılan plastik kalıp çelikleri hakkında bilgi verilmiştir. Bir sulu boya paleti, görsellerin ön plana çıktığı bir kalıp dizaynı yapılmıştır. Kalıp baskısı sonrasında oluşabilecek problemlerin sebepleri ve sonuçları anlatılmıştır.

Bir sonraki bölümde ise Moldflow analiz programı ile görsellerle desteklenen bir analiz yapılmıştır. Bu program ile üretim aşamasına geçilmeden kalıpla ilgili revizyonları yapmayı sağlamıştır. Tasarım yaparken yol göstericidir. Burada göz ardı edilmemesi gereken en önemli husus, insan faktörüdür. Çünkü yapılan analizler yol gösterici olsa da tecrübe ve personel bilgisinin ön planda tutulması gerekmektedir. Gelen her yeni parça yeni bir kalıp tasarımı anlamına gelir. Bilgisayar destekli tasarım ve analiz programları, insanların tecrübe ve bilgi birikimlerini aktaracağı araçlardır. Moldflow programında yapılan en iyi giriş yeri analizine göre, yolluk sistemi ürünün tam merkezinden verilmelidir. Bu parça için sıcak yolluk kullanılacağı anlamına gelir. Fakat

bu parça için sıcak yolluk sistemi kullanmak zaman ve maliyet kaybı olacaktır. Arz ve talebe göre sıcak yolluk sistemi de tercih edilebilir. Tasarımda belirlenen giriş yerine göre yapılan analizde ise dolum yolluk sisteminin hem erkek hem dişi çelikte verilmesinden dolayı gayet iyidir. Giriş yeri analizinin önemi yolluk sistemi tasarımının soğutma sistemini doğrudan etkiliyor olmasından kaynaklanmaktadır. Belirlenen giriş yerine göre plastik dolumu ise plastik paletin et kalınlığının stabilizasyonundan kaynaklanmaktadır. Dolum kalitesi incelendiğinde parça alanının tamamı yeşil renktedir. Bu yüksek kaliteli bir tasarım yapıldığını, soğutma ve yolluk sistemlerinin doğru olduğunu göstermektedir.

Kalıp eriyik sıcaklığı analizinde, parçada yüksek oranda kırmızı bölgenin olduğu dolum bitişine yakın sürede ise renklerde açılmalar gözlenmiştir. Parçada yüksek oranda bir kararsızlık mevcut değildir. Parçada yolluk giriş yeri artırılarak problem giderilebilir. Fakat bunu yapmak yerine tasarımda kırmızı bölgelerin olduğu bölgelerden, soğutma suyu yani su yolluğu geçirilerek, o bölgelerde eşit soğutma sağlanmıştır.

Kaynak çizgisi güçsüz ve görünmeyen çatlakları ifade eder. Aslında soğuk birleşme olan yerleri gösterir. İki ya da daha fazla akış yolu mevcutsa kalıp dolum sırasında karşılaşılır ve eriyiğin önünde donmuş haldeki malzeme tekrar erir ve sonra tekrar soğur. Bu durum uygun bir birleşme oluşmasını önler. Bu bölgelerde dayanım azalır. Kalıp boşluğu dolduğu esnada, akış yolu ile havanın karşılaşması sonucu meydana gelir. Hava kapanı analizine göre, kalıp boşluğu dolduğu esnada, akış yolu ile havanın karşılaşması sonucu meydana gelir. Genellikle farklı et kalınlıklarına geçiş yaparken oluşur. Hava kabarcıkları eriyik malzeme ile karşılaşır sıkışır ve o kısımlara dolum gerçekleşmez. Bu durum küçük boşluklara sebebiyet verir. Yani konu, kalıp boşluğundaki havanın dışarı atılamaması kaynaklıdır. Ürün çıkışına hava cepleri konularak giderilmiştir. Enjeksiyon basıncı analizinde, parça plastik dolumu tamamlandıktan sonra, parça boyunca oluşan enjeksiyon basıncını gösterir. Eriyik girişinin gerçekleştiği ilk anda basınç en yüksek ve dolum sonuna kadar azalmaktadır. Enjeksiyon basıncı dolum süresini etkilemektedir. Bu problemin önüne geçmek için eğer yolluk sisteminin değişmesi istenmiyorsa, soğutma sistemini iyi tasarlayarak bunun önüne geçilebilmektedir.

Soğutma kalitesi analizi, parçanın şekli ve et kalınlığına bağlı olarak ısının kalma eğilimini inceler. Soğutma kalitesi düşük olan bölgelerde akış zayıflar. Parçanın tüm bölgelerinin tamamen soğuması için gerekli zamanı hesaplar. Sonuç hangi bölgenin

daha fazla soğutulması hangi bölgenin daha az soğutulması gerektiğini yorumlamamızı sağlar. Hızlı soğuyan bölgeler, soğumaya devam eden bölgeler dolmaya devam ederken donacaktır. Parçadaki ortalama sıcaklıklardan sapan bölgelerin ne kadar saptıklarını yorumlamamızı sağlar. Palet kalıbında, ürün et kalınlığı ürünün hemen hemen her yerinde homojendir. Bu sebeple soğutma kalitesi yüksektir. Kalıp alıştırması fazla olan kalıplarda bunu sağlamak için çok daha komplike tasarımlar yapmak gerekir.

Yüzey sıcaklık değişimi ortalama altındaysa, soğuma oranını azaltmak için, ürün kalınlığı artırılmalıdır ve soğutma sıvısı sıcaklığı yükseltilmelidir, aksi halde parça kalınlığı azaltılmalıdır ve soğutma sıvısı sıcaklığı düşürülmelidir. Soğutma sıvısı sıcaklığını kalıba ve ürüne göre yorumlamak gerekir. Giriş sıcaklığı, çıkış sıcaklığına göre daha düşük olmaktadır. Bununla ilgili standart bir değer yoktur, kalıba ve ürüne bağlı değişkenlik göstermektedir. Çıkışta kalıpta dolaşan soğutma sıvısı ile kalıp arasında ısı transferi gerçekleşeceği için çıkış sıcaklığı yükselecektir. Plastik enjeksiyon sistemlerine ait soğutma genel olarak chiller soğutma sistemleriyle gerçekleştirilmektedir. Palet kalıbı soğutma sistemi tasarımı, kalıp konstrüksiyonu izin verdiği için boydan boya soğutma kanalları açılarak yapılmıştır. Dişi çelik tarafında herhangi bir itici sistem ya da maça sistemi olmadığı için boydan boya delikler açılması oldukça kolaydır. Erkek çelik tarafında itici pimlerin varlığı, maça sistemi ve geri vurucu pimler bu sisteme kısıt getirmektedir. Palet kalıbında iticiler olabildiğince homojen dağıtılıp, su yollukları boydan boya delinebilmiştir. Derin delik delme işlemi radyal matkapta gerçekleştirilmiştir. Bu esnada matkabın sağa sola kaçma, salgı yapma olasılığı yüksektir. Bu yüzden soğutma kanalları diğer deliklere belirli bir mesafede açılmıştır. Bu ölçü ortalama bir kalıpta en az 3 mm, daha derin kalıplarda ise en az 5 mm olmalıdır. Soğutma kanalları yüzeye uzak olursa yeterli soğutma olmaz. Çok yakın olursa da hızlı soğuma gerçekleşir. İkisi de iyi değildir. Kalıbın arka yüzeyinde ürün hattı boyunca havuz açılıp, su kanalları geçirilerek daha stabil bir soğutma alternatifi de mümkündür. Burada havuz açma süreyi uzatmaktadır ve işçiliği arttırmaktadır. Kalıpta yolluk girişinden eriyiğin ilk girdiği nokta, en sıcak, yolluktan uzaklaştıkça eriyik sıcaklığı düşmektedir. Yüzey sıcaklığı analizinde kırmızı bölgeler sıcak olan bölgeleri ve rengin açıldığı noktalar yolluktan uzaklaştığındaki eriyik sıcaklığının yüzeyde oluşturduğu sıcaklığı göstermektedir. Kararsızlık yoktur. Fakat hem itici pimlerin varlığı göz önüne alınarak hem de yüzey sıcaklığı analizi önemsenerek su yollukları boydan boya derin delik olarak açılmıştır ve soğutma kalitesi yapılan analize göre yüksektir. Enjeksiyon makinelerinde su yolluklarından

gececek olan suyun debisi ve sıcaklığı ayarlanabilmektedir. Eşit soğutma için sıcak olan bölgelerdeki soğutma suyu sıcaklığı düşürülmekte olup, soğuk olan bölgelerde sıcaklık arttırılmıştır. Parçanın kalıptan çıkması için, yeterli debide su geçmesi ve bu sebeple soğutma kanallarının çaplarının uygun ölçülerde açılması gerekir. Kalıpta su yolluklarının ürüne olan mesafesi önemlidir ve tercih edilen değer çapın yaklaşık 2,5 kat mesafesi olması iyi bir soğutma için ortalama bir değerdir. Bu çalışmada da mesafe 2.5 katı olacak şekilde ayarlanmıştır. Çalışma soğutma ve yolluk sistemi tasarım ve analizini birlikte içermesi yönüyle yol gösterici olacak bir çalışmadır.

Kalıpçılık sektörü çok değerli ve çok nitelikli olmasına karşın, yeterince yaygın değildir. Günümüzde tecrübeli kalıp ustası dahi bulmak zorlaşmıştır. Bu alanda çalışan uzman mühendislerimizin de nitelikli işlere el atması gerektiği düşüncesiyle bu tez hazırlanmıştır. Konuyla ilgili literatürde çalışmalar mevcut olsa da sayısı azdır. Her araştırmacının da konuya dair bakış açısı ve değerlendirmesi farklı perspektif sunmaktadır. Bu çalışmada da tasarlanan ürün ve kalıp, gerçek anlamda üretilmektedir. Amaç burada sadece bir kalıbı tasarlamak değil, tasarlanan ürünün kalıplanabilirliği ve kalıbın üretilmesini de göz önüne almaktır.

Bu tez çalışması konuyla ilgili çok az çalışma olması sebebiyle, bu sektöre başlayan, ya da bu konuda daha teknik bilgi sahibi olmak isteyen araştırmacılara, yardımcı bir kaynak sağlaması ümit edilerek hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Ekici E., Pazarkaya İ., Nas E., *Plastik Enjeksiyon Kalıpcılığı*, 2.Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2016.
- [2] Tugaytimur C., Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarım Kurallarının Analizi ve Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2016, 441874.
- [3] Topçu E., Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ 2010, 0035652.
- [4] Kafalı M.S., Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 2011, 317997.
- [5] Ceritbinmez F., Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı ve Üretilen Parçalarda Çapaklanmaya Etki Eden Parametreler, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, 2014, 382534.
- [6] Kucur M.Z., Plastik Enjeksiyon Kalıbı Esasları Tasarımı-İmalat ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005, 166556.
- [7] Şahin O., Tersine Mühendislik Yöntemi İle Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı ve Kalıp Dolu Parametrelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2018, 488441.
- [8] Koyun Ç., Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005, 198870.
- [9] Ozansoy O., Buzdolaplarında Yeni Bir Uygulama "Kapı İçi Kapı" Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005, 3349.
- [10] Akkurt S., *Plastik Malzeme Bilimi Teknolojisi ve Kalıp Tasarımı*, 1. Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul, S.7-13, 2007.
- [11] Şafak D., Plastik Enjeksiyon Kalıplarının Tasarım Bakımından İncelenmesi ve Uygulamalı Tasarım Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2001, 101485.
- [12] MEGEP, *Enjeksiyon Makinelerinde Kontrol*, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2015.
- [13] Akyüz Ö.F., *Plastikler ve Plastik Teknolojisine Giriş*, Pagev Yayınevi, İstanbul, S.45-89, 1998

- [14] Kocabıyık Kamış Z., Topçu Erzan E., Yüksel İ., Bir Plastik Enjeksiyon Makinesinin Hidrolik Sisteminde Değişken Hız Denetimli Motor Kullanımının Enerji Verimi Açısından Kuramsal İncelenmesi, *6. Ulusal Hidrolik-Pnömatik Kongresi*, İzmir, Türkiye, 12-15 Ekim 2011.
- [15] Esenlik M., Plastik Enjeksiyon Kalıpcılığında Karşılaşılan Sorunlar Ve Çözüm Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2001, 104645.
- [16] http://www.ersinalkan.com/kal%C4%B1p_tasar%C4%B1m%C4%B1.html (Ziyaret Tarihi : 30 Mayıs 2021).
- [17] Kaptı O.A., Kalıpcılık Tekniği Ders Notu, Sakarya Üniversitesi, 2015.
- [18] <http://www.ozdenplastik.com.tr/> (Ziyaret Tarihi : 2 Haziran 2021).
- [19] <http://www.ankafiber.com/en/acrylonitrile-butadiene-stiren-abs.aspx> (Ziyaret Tarihi : 30 Mayıs 2021).
- [20] <http://bilsenbesergil.blogspot.com/p/termoplastikler-genelticari-plastikler.html> (Ziyaret Tarihi : 30 Mayıs 2021).
- [21] <https://yefyapi.com.tr/pvc-nedir-hangi-alanlarda-kullanilir/> (Ziyaret Tarihi : 30 Mayıs 2021).
- [22] <http://www.idmaterial.com/2014/04/24/polistren/> (Ziyaret Tarihi : 30 Mayıs 2021).
- [23] <http://www.idmaterial.com/2014/04/22/polipropilen/> (Ziyaret Tarihi : 30 Mayıs 2021).
- [24] <http://www.eyasmakina.com/teknik-malzeme/pa-polyamid/> (Ziyaret Tarihi : 30 Mayıs 2021).
- [25] <https://www.plastikciyiz.biz/haberler?arama=termoset> (Ziyaret Tarihi : 30 Mayıs 2021).
- [26] <https://www.plastikciyiz.biz/bilgi-kutuphanesi/teknik-bilgi-kutuphanesi/463/enjeksiyon-yontemiyle-uretilen-plastiklerde-cekme-ve-carpilma> (Ziyaret Tarihi : 30 Mayıs 2021).
- [27] <http://www.sayteknik.com.tr/urun/goTo/121/silindir-basli-itici-pim-plastik-enjejsiyon.html> (Ziyaret Tarihi : 30 Mayıs 2021).
- [28] <https://www.guvenalshop.com.tr/urun/pls-enj-havsa-basli-itici-pim> (Ziyaret Tarihi : 30 Mayıs 2021).
- [29] <https://grabcad.com/library/mold-siyiricili-plastik-kalibi-1> (Ziyaret Tarihi : 30 Mayıs 2021).
- [30] <http://www.sayteknik.com.tr/urun/goTo/123/boru-itici-pim-plastik-enjejsiyon.html> (Ziyaret Tarihi : 30 Mayıs 2021).

- [31] <http://www.turkcadcam.net/rapor/sicak-yolluk/> (Ziyaret Tarihi : 30 Mayıs 2021).
- [32] <http://semiltd.com/urunlerimiz/enjeksiyon-kontrol/> (Ziyaret Tarihi : 2 Haziran 2021).



KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

[1] **Tuna S.**, Öğüt E., Akıllı Binalarda Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Kongresi*, Kocaeli, Türkiye, 26-28 Haziran 2019.



ÖZGEÇMİŞ

2012 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü lisans eğitimine başladı. 2017 yılında lisans eğitiminden mezun oldu. 2017 yılında başlamış olduğu Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği yüksek lisans eğitimine devam etmektedir. 2019 yılında İstanbul Gedik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü tezsiz yüksek lisans eğitimine başladı ve aynı yıl bitirdi. 2019 yılında mobilya aksesuarları üreten bir firmada 1.5 yıl üretim mühendisliği yaptı. Aynı firmada 1 yıl süredir kalıp tasarım mühendisi olarak çalışmaya devam etmektedir.

