

**T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**POLİPROPİLENDEN İMAL EDİLEN FARKLI HACİMLERDEKİ
ÜRÜNLERİN KALIP TASARIMI VE İMALATI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali Berat ÖZTEMEL

Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. HÜSEYİN ÜNAL

Ocak 2023

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

POLİPROPİLENDEN İMAL EDİLEN FARKLI HACİMLERDEKİ
ÜRÜNLERİN KALIP TASARIMI VE İMALATI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali Berat ÖZTEMEL

Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 18/01/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ	BAŞARI DURUMU
Jüri Başkanı: Prof. Dr. HÜSEYİN ÜNAL	BAŞARILI
Üye: Prof. Dr. FEHİM FINDIK	BAŞARILI
Üye: Prof. Dr. AHMET ÖZEL	BAŞARILI

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Ali Berat ÖZTEMEL

18/01/2023

TEŞEKKÜR

Eğitimim süresince tecrübelerinden ve ilgisinden, bütün olumsuzluklara rağmen desteğini almaktan çekinmediğim, tez yazım süresince bütün aşamalarında yardım edip tecrübesiyle destek olan, teşvik eden, samimiyeti ile bana yol gösteren değerli danışman hocam Prof. Dr. Hüseyin ÜNAL’a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamı hazırlama sürecimde bana maddi, manevi olarak destek olan aileme teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan ERKOÇ Plastik ve Kalıp Sanayi Tic. Ltd. Şti. ailesine teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR	iv
SİMGELER	v
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	x
SUMMARY	xi
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Araştırması	2
BÖLÜM 2. PLASTİK HAKKINDA BİLGİLENDİRMELER.....	1
2.1. Genel Tanım.....	1
2.1.1. Termoplastikler	6
2.1.2. Termosetler	7
2.1.3. Plastiklerde Kalıpta Çekme.....	8
2.1.4. Plastiklerde Çarpılma	10
2.2. Plastik Ürün Tasarımı.....	10
BÖLÜM 3. PLASTİK ENJEKSİYON HAKKINDA BİLGİLENDİRMELER. 12	12
3.1. Plastik Enjeksiyon Makinesi	12
3.1.1. Enjeksiyon Ünitesi	13
3.1.2. Mengene Ünitesi	14
3.1.3. Kontrol Ünitesi.....	15
3.2. Enjeksiyon Makinesi ile Kalıp Tasarımı Arasındaki İlişki	15
BÖLÜM 4. PLASTİK ENJEKSİYON KALIBI HAKKINDA	
BİLGİLENDİRMELER.....	17
4.1. Kalıbı Oluşturan Elemanlar Hakkında Bilgiler	18
4.2. Kalıbın Diğer Elemanları Hakkında Bilgiler.....	20
4.2.1. Yolluk Sistemi.....	20
4.2.1.1. Yolluk flanşı.....	22
4.2.1.2. Yolluk kesitleri.....	23
4.2.1.3. Yolluk bağlantı şekilleri.....	23

BÖLÜM 5. KALIP TASARIMI HAKKINDA BİLGİLENDİRMELER	26
5.1. Genel Olarak Dikkat Edilmesi Gerekenler.....	26
5.2. Malzemenin Akış Özelliği	27
5.3. Proses Sıcaklığı	27
5.4. Malzeme Sıcaklığı.....	27
5.5. Parça Tanımlanması	28
5.6. Kalıp Çevrim Süresi	29
5.7. Tasarım Prosedürü.....	29
5.7.1. Kalıp ölçülerinin belirlenmesi.....	29
5.7.2. Kalıp kuvvetinin belirlenmesi.....	30
5.7.3. Kapama kuvveti alanı.....	30
5.7.4. Enjeksiyon açılma mesafesi	31
5.7.5. Ürün kalınlığı ve akış uzunluğu	31
5.7.6. Kalıp içerisinde çekme.....	32
5.8. Kavite Sayısı Hesabı	32
5.9. Kalıp Gözlerinin Konumlandırılması.....	32
5.10. Kalıp Ayrılma Hattı.....	33
5.11. Malzeme Tercihi	33
BÖLÜM 6. KALIP TASARIMI VE ANALİZ UYGULAMASI.....	35
6.1. Tasarım ilkeleri.....	35
6.1.1. Parça Bilgileri	35
6.1.2. Kullanılacak Enjeksiyon Makinesi Hakkında Bilgiler.....	35
6.1.3. Kalıp Hakkında Temel Bilgiler.....	35
6.1.4. Kalıp Tasarımı.....	35
6.1.5. Akış Analizi	36
6.1.6. Yapısal Analiz.....	37
6.2. Kalıp Tasarımı Uygulaması.....	38
6.2.1. Kalıplama Prosesinde Kullanılacak Ürün	38
6.2.2. Kalıp Tasarımının Süreci	42
6.2.3. Ürün Dolum Analizi Süreci	46
BÖLÜM 7. KALIP İMALATI VE ENJEKSİYON UYGULAMASI.....	55
7.1. Kalıp İmalatının Uygulanması	55
7.2. Kalıp Enjeksiyon Denemelerinin Yapılması.....	64
BÖLÜM 8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	71
8.1. Tartışma ve İyileştirme Önerisi.....	74
KAYNAKLAR	75
EKLER.....	77

KISALTMALAR

NC	: Numeric Control
CAD	: Computer Aided Design
CAM	: Computer Aided Manufacturing
CAE	: Computer Aided Engeineering
CNC	: Computer Numerical Control
MFI	: Melt Flow Index
BDT	: Bilgisayar Destekli Tasarım
PIM	: Plastic Injection Molding
PLC	: Programmable Logic Controller
PP	: Polipropilen

SİMGELER

K_1	: Kavite sayısı (cm^3)
A_v	: Makinenin en fazla malzeme miktarı (cm^3)
M_v	: Ürün ve yolluk hacmi (cm^3)
P	: Hammaddenin plastikleşme hızı ($\text{cm}^3/\text{dak.}$)
F	: Kapama kuvveti
t	: Zaman
V_f :	: Akış hızı
Δp	: Maksimum enjeksiyon basıncı

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1: Termoplastiklerin öne çıkan özellikleri ve kullanım alanları [8].	7
Tablo 2.2: Termoset plastiklerin özellikleri ve kullanım alanları [8].	8
Tablo 6.1: Kullanılacak hammaddenin teknik özellikleri [23].	40
Tablo 6.2: Bazı plastiklerin kalıpta çekme payları[24].	43



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Günlük hayatta ambalajda kullanılan plastik ürünler [13].....	1
Şekil 2.2 : Plastik hammaddenin granül hali [14].....	2
Şekil 2.3: Plastik hammaddenin torbalanmış hali [15].	3
Şekil 2.4: Polimer zincirleri [16].....	4
Şekil 2.5: Polimerlerin sınıflandırılması [12].....	5
Şekil 2.6: Plastiklerin performans üçgeni ve yeri	6
Şekil 2.6: Termoplastik yapılarının sınıflandırılması [17].....	6
Şekil 2.7: Termoset ısı ile enerji verilmesi sonucu bozulması [18].	8
Şekil 2.8: Plastik enjeksiyonda P-V-T grafiği [19].....	9
Şekil 2.9: Enjeksiyonla kalıplama sonucu malzemede çarpılma örneği [20].	10
Şekil 3.1: Enjeksiyon makinesi.....	13
Şekil 3.2: Plastik enjeksiyon ünitesi.....	13
Şekil 3.3: Vidali mil örnekleri.....	14
Şekil 3.4: Mengene ünitesi.....	14
Şekil 3.5: Enjeksiyon kontrol ünitesi.	15
Şekil 4.1: Kalıp seti [21].	17
Şekil 4.2: Enjeksiyon kalıbının kesiti	18
Şekil 4.3: Örnek kalıpta takoz ve destek parçaları gösterimi.....	19
Şekil 4.4: Kolon pimi ve burç örneği.....	20
Şekil 4.5: Yolluk sistemi örneği.....	21
Şekil 4.6: Örnek bir üründe kaynak çizgisi.....	22
Şekil 4.7: Flanş örneği.	23
Şekil 4.8: Yolluk kesitlerine örnek.....	23
Şekil 4.9: Tünel giriş yolluk [22].	24
Şekil 4.10: Sıcak yolluk ve bağlantısı.....	25
Şekil 5.1: Malzemenin MFI değeri ölçümü.	27
Şekil 5.2: Örnek yolluk dağılımı.....	33
Şekil 6.1: 1 numaralı numunenin 3D modeli.	38
Şekil 6.2: 2 numaralı numunun 3D modeli.....	39

Şekil 6.3: 3 numaralı numunenin 3D modeli.	39
Şekil 6.5: Ürünlerin uzun kenarları yatay olarak konumlandırılan itici tasarımı.....	41
Şekil 6.6: Üç numaralı ürünün uzun kenarı dikey olarak konumlandırılan itici tasarımı.	42
Şekil 6.5: Ürünlerin açı analizi ile 3D görünümü.	42
Şekil 6.7: Ürünlerin soğuk yolluk ile beraber itici sistemi için konumlandırılması. .	43
Şekil 6.8: Soğuk yolluk çalışması.	44
Şekil 6.8: Soğuk yolluk tasarımı.	45
Şekil 6.9: Ürün üzerinde mesh gösterimi.	47
Şekil 6.10: Analiz prgramında tanımlanan hammadde.	48
Şekil 6.11: Enjeksiyon ayarlarının programda gösterilmesi.	48
Şekil 6.12: Tercih edilen giriş ile analiz sonucunda görülen dolum süresi.....	49
Şekil 6.13: İtici sisteminin ileri hareket ile son konumu.....	50
Şekil 6.14: İtici pimlerin konumlandırılması.	51
Şekil 6.15: Test numunelerinin itici grubu.....	52
Şekil 6.16: İtici grubu şeffaf görünüm.	53
Şekil 6.17 : Çekirdek plakarı üzerinde açılan su delikleri	54
Şekil 6.18: Kalıpta enjeksiyon tarafında bulunan konik kilitler.	54
Şekil 7.1: Kullanılan DIN 1.2344 ve DIN 1.2085 teknik özellikleri [25].....	56
Şekil 7.2: Parçaların CAM programı ile takım yolunun oluşturulması.	57
Şekil 7.3: Kütük malzemenin ölçülerine getirilmesi.....	57
Şekil 7.4: Parça üzerinde gerekli deliklerin delinmesi.....	58
Şekil 7.5: Kütük parçadan arka plakanın işlenmesi.	58
Şekil 7.6: İtici taraf arka plakasının CNC frezede işlenmesi sonrası görüntüsü.....	59
Şekil 7.7: İtici pimlerinin montajı.	60
Şekil 7.8: İtici grubu ve itici taraf çekirdek plakası.	60
Şekil 7.9: İtici taraf arka plakasının montaj öncesi hali.	61
Şekil 7.10: İtici pimlerinin, kalıp birleşik halde iken son işlemlerinin yapılması.....	62
Şekil 7.11: Enjeksiyon tarafı plakanın işlenmesi.	63
Şekil 7.12: Kalıbın montajlanmış son hali.	63
Şekil 7.13: Denemelerde kullanılan PP-kopolimer plastik hammaddesi.	65
Şekil 7.14: Kalıp denemesi yapılan enjeksiyon makinesi.....	66
Şekil 7.15: Enjeksiyon makinasına kalıbın enjeksiyon tarafının bağlı hali.	66
Şekil 7.16: İtici ileri hareketinde kalıp görünümü.	67
Şekil 7.17: Analiz programı dolum sonucu.	67

Şekil 7.18: Analiz programında ütüleme sonucu.	68
Şekil 7.19: Enjeksiyon makinesi mengene ayarları.	68
Şekil 7.20: Makine enjeksiyon ayarları parametreleri.	69
Şekil 7.21: Makine sıcaklık ayarları.	69
Şekil 7.22: Enjeksiyon itici sistemi ayarları.....	70
Şekil 7.23: Kalıpta basılan ürünün tam dolum görüntüsü.....	70
Şekil 8.1: Enjeksiyon makinasında ürünün eksik baskı alınmış hali	72
Şekil 8.2: Analiz programında gözlenen eksik dolum	73
Şekil 8.3: Ürün dolduktan sonraki donma yapısı	74
Şekil A.1: Kalıp soğutma su giriş sıcaklığı.....	77
Şekil A.2: Ürünün çapaklanmaya başlama durumu.....	77



POLİPROPİLENDEN İMAL EDİLEN FARKLI HACİMLERDEKİ ÜRÜNLERİN KALIP TASARIMI VE İMALATI

ÖZET

Bu çalışmada, plastik sektöründe farklı hacimlerdeki test numunelerinin enjeksiyonla kalıplama yöntemi ile imalatının tek bir kalıpta tasarımı, akış analizinin yapılması ve imalatının gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Kalıp tasarımı için Siemens NX tasarım programı kullanılmıştır. Ürünler 8900, 3200 ve 1131 mm³ hacme sahip mekanik ve tribolojik test numuneleri belirlenmiştir. Ürünlerin sadece farklı hacimlerde olması dikkate alınarak analiz programının eşit dolumunu gözlemleyip, gerçekte yaşanan durum ile kıyaslama yapmak için uygulamalı olarak çalışma yapılmıştır. Ürünler farklı hacimlerde olduğundan her bir ürüne farklı kesitlerde yolluk girişi sağlanarak eşit sürede dolum sağlanarak tasarımın ve analizin önemi gösterilmeye çalışılmıştır. Aynı anda kalıplanabilmesi ve kalıbın doldurulabilmesi için ürünlerin konumlandırılması ve beraberinde soğuk yolluk tasarımının yapılması gerekmektedir. Analiz öncesi ürünlerin yolluk girişleri malzemelerin uç kısımlarından verilecek şekilde tasarlanmıştır. Dağıtıcı kanal girişleri kenardan giriş (yan yolluk) olarak tercih edilmiştir. Ürünlerin yolluktan el ile kopartılmasına imkan sunacak şekilde tasarımı yapılmıştır. Bu amacı gerçekleştirebilmek için tasarlanan yolluk ile birlikte Moldflow programı kullanılarak ürünün dolum analizine bakılmıştır. Analiz programının eşit dolum çıktısıyla birlikte oluşan ürünün kalıplanmasına başlanmıştır.

Kalıp tasarımında ürünlerin kontrolü yapılıp konumlandırılmasına ve kalıptan çıkmasına dikkat edilmiştir. Önce sabit ve hareketli çekirdek plakaları oluşturulmuştur. Tasarlanan çekirdek plakalarda oluşan ürünün kalıp açılmasıyla birlikte enjeksiyon makinesinin hareketli tarafında kalması planlanmıştır. Ürünlerin kalıptan düşmesini sağlamak için enjeksiyon makinesinin itici mekanizmasını kullanarak hareketli tarafa itici pimler ile itici sistemi kurgulanmıştır.

Kalıp tasarımı yapıldıktan sonra kalıbın imalatı gerçekleştirilmiştir. Kalıp için gerekli parçaların imalatı yapılmış, parçaların gerekli hassasiyetleri de montaj yapılarak kalıp oluşturulmuştur. İmalatı yapılan kalıp analiz programında yapılan koşullarda enjeksiyon makinesine bağlanarak test edilmiştir. Farklı parametreleri gözlemlemek için hammadde sıcaklığı ve ütüleme prosesi değişken olarak kabul edilmiş ve numuneler üretilerek enjeksiyon sonuçları gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Moldflow akış analizi, kalıp tasarımı, enjeksiyon, enjeksiyon makinesi, mekanik, test numunesi

MOLD DESIGN AND MANUFACTURE OF POLYPROPYLENE PRODUCTS IN DIFFERENT VOLUMES

SUMMARY

In this study, it is aimed to design, flow analysis and manufacturing of test specimens of different volumes in the plastics industry by injection moulding method in a single mould.

Siemens NX design programme was used for mould design. Mechanical and tribological test specimens with 8900, 3200 and 1131 mm³ volumes were determined. Considering only the different volumes of the products, a practical study was carried out to observe the equal filling of the analysis programme and to make a comparison with the actual situation. Since the products are of different volumes, it was tried to show the importance of design and analysis by providing equal filling time by providing different cross-sectional runner inputs to each product. In order to be able to mould and fill the mould at the same time, it is necessary to position the products and design the cold runner. Before the analysis, the runner inlets of the products were designed to be given from the end parts of the materials. Distributor channel inlets were preferred as side inlet (side runner). It was designed to allow the products to be removed from the runner by hand. In order to realise this purpose, Moldflow software was used with the designed runner to analyse the filling of the product. With the equal filling output of the analysis programme, the moulding of the product was started.

In the mould design, attention was paid to the control, positioning and removal of the products from the mould. First, fixed and movable core plates were formed. It is planned that the product formed in the designed core plates will remain on the moving side of the injection machine when the mould is opened. In order to ensure that the products fall out of the mould, a pushing system was designed with pushing pins on the moving side using the pushing mechanism of the injection machine.

After the mould design was made, the mould was manufactured. The necessary parts for the mould were manufactured and the mould was created by assembling the necessary precision of the parts. The manufactured mould was tested by connecting to the injection machine under the conditions made in the analysis programme. In order to observe different parameters, raw material temperature and ironing process were accepted as variables and injection results were observed by producing samples.

Keywords: Moldflow flow analysis, mould design, mould design, injection, injection machine, mechanical, test specimen

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Plastik enjeksiyon kalıbı, boya-yağ kovaları, mutfak ürünleri, çöp kovaları, aparatlar gibi içeriğinde plastik hammadde bulunan ürünlerin seri üretimini gerçekleştirmek için çeliklerden imalatı yapılan oluşturulan mekanik sistemdir.

Her gün kullandığımız ürünlerde bile tüm plastik parçaların her birinin ayrı ayrı kalıplanması ve üretilmesi düşünüldüğünde kalıp üretiminin teknolojiye ve ekonomideki yerini anlamayı kolaylaştırır.

Eski zamana kıyasla imalat sektöründe "Numeric Control" (NC) yani sayısal kontrollü tezgahların kullanılmaya başlanması ile basit parçaların üretiminden çıkılmış ve yapılması imkansız gibi görünen birçok yüzeyi serbest formlardan oluşan parçalar bile yüksek kalitede üretilmeye başlanmıştır. Bundan dolayı eski teknikler yetersiz kalmış ve NC tezgahlara yazılan kodlamalar sayesinde formu yüzeylerin işlenmesi, bu teknolojinin üzerinde durmasını sağlamıştır.

NC tezgahlar bilgisayar sektöründeki gelişmeler dahilinde, eş zamanlı olarak uygulamaya dökülmesi ile yeni üretim süreçleri başlamıştır. Sürekli gelişen programlar ve bilgisayarlar aracılığı ile imalatın basitleştirilmesine, hızlandırılmasına katkıda bulunmuştur. CAM programları aracılığı ile gerekli takım yolu stratejisi oluşturup tezgahlar için gerekli kodları hazırlanır. Oluşturulan bu kod defteri tezgah içerisine gönderilir ve operatör bu takım yolu stratejisine göre gerekli işlemler için takımını hazırlar ve programda hazırlanan takım yolunun merkez eksenlerine göre operatör parçayı aynı eksenlerde referanslara konumlandırarak imalat işlemine alınır.

Bununla birlikte asıl olarak üretim öncesinde oluşan belirsizliklerin ve oluşabilecek hataların önceden bilgisayar ortamında görülerek bu hataların tasarım aşamasında engellenmesi ile oluşacak zararlar ortadan kaldırmıştır. Eski imalata göre daha kompleks parçaların üretiminin fiyatlarını düşürmesine katkı sağlamıştır. Günümüzde CAD/CAM/CAE programlarının yardımı üretim sürecinde vazgeçilmez olmuştur.

Bununla birlikte , plastik hammaddesinin yaygın olarak kullanılmasına başlanılmıştır. Laboratuvar ortamında geliştirilen suni plastikler bir çok alanda gün geçtikçe demir esaslı malzemenin yerini doldurmalarını sebep olmuştur. Plastikteki bu ilerleme sayesinde ucuzluk, yüksek yüzey kalitesi, yüksek korozyon direnci, gıda sektörüne uygunluk gibi özellikleriyle tercih edilebilir olmuştur.

Günümüzde üretilen kalıp sisteminde CAD programları sayesinde önce bilgisayar üzerinde parça tasarlanır. Üretim sürecine başlanmadan önce CAE programları aracılığıyla analizler yapılır ve incelemeye başlanır. Uygun görülmeyen durumlar oluşmuş ise tekrardan tasarım aşamasında, analiz sonuçlarından dikkate alınarak bu hataların oluşmasına sebep olacak tasarımların düzeltilmesi sürecine gidilir. Yapılan değişiklikler sonucu tasarım minimum hata payı ile uygunluğuna karar verilmesi ile üretim sürecine başlanır. Tasarlanan parçalar bu kez CAM programlarına aktarılarak CNC tezgahları için gerekli işleme mantığı oluştururlar. CAM programları aracılığı ile oluşturulan takım yolu dosyası dosyası içerisinde tezgahın komutları okuması için kodlamalar bulunur. Bu kodlardan oluşturulmuş data CNC makineleri içerisine aktarılarak parçaların imalatına başlanır. CNC tezgahlarından çıkan parçalar, kalıp elemanları ile birlikte bir araya toplanıp, gerekli alıştırma ve parlatma işlemleri sayesinde kalıp üretim prosesi tamamlanmaktadır.

Bu üretim prosesinde görüldüğü üzere ilk yatırımın yüksek olmasına sebebiyet vermektedir. Bundan dolayı firmalar ağırlıklı olarak üretim proseslerinin bir alanında uzmanlaşmış olan firmalardan yardım alarak üretim sürecinin belli bölümlerini kendileri gerçekleştirerek daha verimli olmayı tercih etmektedirler.

Ülkemizde kalıp sektöründe oluşan bu gelişim oldukça etkilemiş ve üretim prosesleri bu teknolojiye ayak uydurmuştur. Ülkemiz, kalıp sektörü açısından diğer sektörlerden daha iyi bir durumdadır. Beyaz eşya, plastik mutfak eşya ürünleri, ambalajlı gıda ürünlerinin kutuları gibi bu alanlarda ülkemizin yatırımları oldukça artmıştır.

1.1. Literatür Araştırması

Alexander Parkes tarafından 1862 yılı içerisinde İngiltere Londra’da düzenlenen fuar içerisinde kendisi tarafından yapılan ilk plastik malzeme ve Parkesine ismini verdiği kalıp ile fuara katılım sağlamıştır. Bu kalıp soğutma ve ısıtma sistemine de sahiptir. 1868 yılında ise mucit olan Amerikalı John Wesley Hyatt, ‘Celluloid’ adında plastik

hammadde geliştirmiştir. 1872 yılında ise kardeşi Yeşaya ile beraber ilk kez enjeksiyon makinesinin patentini almışlardır. Bu makineye plastik enjeksiyon kalıbı kullanarak günümüz makinelerine göre çok basit bile olsa bu makinede d ğme, tarak gibi ürünler basmıştır.  rettiği enjeksiyon makinesinde ısıtılmış silindiri kalıp içerisine basarak üretim sağlanıyordu. 1946 yılına gelindiğinde ise Amerikalı mucit olan J.W Hendry günümüzdeki enjeksiyon makinelerin temelini oluşturan daha verimli ve hassas olan ilk vidalı enjeksiyon makinesini üretmiştir. 1970 yıllarına gelindiğinde ise Hendry enjeksiyon makinesine gaz ve sıvı desteği eklenip, soğutma sistemine sahip enjeksiyon makinesinin üretimini sağlamıştır [1].

Topçu E., yaptığı çalışmada BDT ile plastik enjeksiyon kalıp tasarımı yapmaya çalışmıştır.  alışmasında endüstriyel bir parçanın üretim proselerini anlatmıştır. Bu parçanın modellenip erkek ve dişi olarak ayırma işlemine detaylandırmıştır. Ayrıca bu çalışmasında ısı transfer sistemine değinerek literatüre katkı sağlamıştır [2].

Kafalı M. S., yaptığı çalışmasında plastik enjeksiyon ve proseleri hakkında bazı detaylardan bahsedilmiştir. Plastik enjeksiyon kalıbı hakkında yolluk, itici mekanizmaları, soğutma sistemleri üzerinde durmuştur. Bu anlatımlarına örnek olarak BDT yardımı ile kalıp tasarımı ve akış analizi yapmıştır. Analizi ile birlikte karşılaştığı sorunları tespit etmiştir. Bu tespitler sonucunda da kendi önlemlerini alarak sonuçlarını desteklemiştir [3].

Ceritbinmez F. yaptığı çalışmasında benzinli ve dizel araçlarda kullanılan filtre elemanından bahsetmiş, bu ürünün plastik enjeksiyon kalıbından üretildiğini ve bununla ilgili dikkat edilmesi gerek durumları ele almıştır. Araçlardaki filtre elemanının enjeksiyon ile kalıplanması ele almış ve enjeksiyon sonrası oluşan ürün üzerinde  apak olması durumunda oluşabilecek hasarları açıklamıştır. Enjeksiyonda değişik parametreler kullanılıp elde ettiği ürünlerin görüntüsünü alarak  apak ölçümlerini almıştır. Bu  apaklanmayı tahmin edebilmek için matematiksel bir modelleme oluşturulmaya çalışmıştır. Bu durumu sağlayabilmek için, kalıp sıcaklığı  t leme basıncı, enjeksiyon basıncı gibi durumları değişken parametre olarak kullanıp girdilerini tanımlamıştır. Modelleme sayesinde en uygun enjeksiyon parametrelerini elde etmeyi tespitini amaçlamıştır [4].

Kucur M. Z., yaptığı çalışmada plastik enjeksiyon süresinin günümüzdeki önemini ve gelişiminden bahsetmiştir. Kalıbın imalatının zorluğunu, hassasiyetini, tecrübe ve özen gösterilmesi gerektiğinden bahsedilmiştir. Çalışmasında ilk önce kalıp elemanları ve makineler hakkında bilgi verilmiş olup çamaşır makinesinde bulunan deterjan çekmesini modelini ele alarak BDT aracılığı ile en gelişmiş kalıp sistemlerini bir araya getirip tasarım yapmıştır. Yaptığı tasarımı sonlu elemanlar mantığının yardımı ile Moldflow programında analiz yapılarak sonuçlarının gerçekler ile uyumunu göstermiştir [5].

Şahin O., yaptığı çalışmada tasarım aşamalarını anlatmış, modellemenin öneminden bahsetmiştir. Mevcut olan bir parçayı ise tekrardan üretebilmek için en baştan başlamak yerine tersine mühendislik yönteminin gerekli olduğundan bahsetmiştir. Tersine mühendislik sayesinde sayısal verilerin elde edilmesi ve BDT yardımı ile katı modelleme yapılarak harcanan zamanın kısaltılmış olduğuna değinmiştir. Çalışmasında ise önceden üretilen bir ürünü seçip, tersine mühendislik yardımı ile nokta bulutunu elde etmiştir. Bu nokta bulutu ile Catia programı aracılığı ile katı modelleme yapmıştır. Ardından bu modelin plastik enjeksiyon kalıp tasarımı yapılmış ve akış analizi yapılarak karşılabilecekleri problemleri analiz etmişlerdir. Bu çalışmasının ardından tasarlanan kalıbın sorunsuz olarak üretilebilmesini göstermiştir [6].

Tuna S., yaptığı çalışmada plastik malzemelerin günümüzdeki yerinden bahsedip bununla birlikte enjeksiyon kalıbının imalat sektöründe olan öneminden bahsetmiştir. Kalıp tasarımı için gerekli olan parçaları ve dikakt edilmesi gerek durumlardan bahsedip örnek olarak, çalışmasında kırtasiye-oyuncak sektörü diyebileceğimiz bir sulu boya paletinin ürün tasarımı ve kalıp tasarımı aşamalarını inceleyip daha sonra Moldflow programında analizini yapmıştır [7].

Kayalı O., [8] yaptığı çalışmasında plastik enjeksiyon prosesinde meydana gelen proses şartlarının etkilerin malzemenin mekanik davranışı ve statik ömrünün hesaplanması üzerine çalışma yapmıştır. Bilgisayar destekli proses analizi ile elde edilen sonuçları gerekli ölçümler ile doğrulayıp analiz sonuçlarının gerçek durumu yansıttığını teyit eden çalışma sunmuştur.

Ahmet, Hakan G. ve Hakan D. [9] yaptıkları çalışmada plastik enjeksiyon kalıpları için bilgisayar destekli tasarım sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen program sayesinde, tasarlanan kalıpla ilgili hesaplamaları otomatik olarak oluşturulmuşlardır. Yaptıkları

Çalışma ile plastik enjeksiyon kalıplarının tasarımı ve imalat sürecindeki zaman kayıplarını en aza indirmeyi amaçlamışlardır.

Yılmazoban İ. K., Enjeksiyon kalıplarında akış analizi ve kavite iyileştirmesi için gerekli yöntemlerinden bahsetmiştir. Bu gibi mühendislik yöntemlerinin analiz ve tasarım açısından daha kısa sürede yapılmasını sağladığını açıklamıştır. alışmasında PIM metodundan bahsederek enjeksiyon makinesi, malzemeler ve kalıplamada dikkat edilmesi gereken durumları açıklayıp, bilgisayar desteğinin avantajlarından bahsedilmiştir. rnek olarak ise klips ürünün bilgisayar desteği ile modellenmesini sağlamıştır. Üç farklı polimer kullanıp bu polimerlerin kalıp boşluklarını doldurmaları incelemiştir. İncelemelerinin sonucunda tekrar analiz yapılp, deneysel yolla yapılan veriler gözden geirilmış ve ürünün hangi malzeme ile kaç adet göz sayısı ise üretilmesinin tespit çalışmasını yapmıştır [10].

Yukarıda ifade edildiği gibi kalıp tasarımı, polimer malzemeleri, akış analizleri üzerine literatürde çok sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Ancak farklı hacimlere sahip test numunelerinin dolum analizi, yolluk tercihi, akış analizi ve kalıp imalatının yapılp denenmesi üzerine bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılan tez çalışması bu konu üzerinden zgn bir çalışmadır.

Bu tez çalışmasında ise farklı hacimlerde olan test ürünlerinin tek bir kalıptan çıkması için dolum analizi yapılmıştır. Bunun için gerekli kabuller tespit edilip, tasarım yapılmış, oluşturulan ürünün kalıp içerisinde dolum analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda ürünlerin eşit dolum sonucu ile birlikte kalıp üretimi yapılp üretim prosesleriyle birlikte kalıp imalatı tamamlanmıştır. Üretilen kalıp, analiz programıyla olan doğruluğu kontrol edilmek üzere plastik enjeksiyon makinesinde kalıp denemeleri yapılmış ve görseller kullanılarak anlatılmaya çalışılmıştır. Sonuçlar kısmında ise başta verilen şartların değiştirilmesi ile yapılabilecek daha iyi optimizasyonlar tartışılmıştır.

BÖLÜM 2. PLASTİK HAKKINDA BİLGİLENDİRMELER

2.1. Genel Tanım

Plastik kelimesinin kökeni şekillendirilebilen veya kalıplanabilen anlamına gelen plastikos ve kalıplanmış anlamına gelen plastos kelimelerine dayanmaktadır [11]. Polimer adı verilen yapılar, mer adı verilen molekül zincirlerinin birleşmesiyle oluşmaktadır. Poli kelimesi ise çok anlamını ifade 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 [12]. Anlamı bakımından şekil verilebilen veya kalıplanabilen malzemeleri ifade etse de günümüzde plastik ürünlerden oluşan belirli bir malzeme grubunu ifade etmektedir.



Şekil 2.1: Günlük hayatta ambalajda kullanılan plastik ürünler [13].

Plastikler günümüzdeki şeklini alması için birçok proseslere maruz kalmıştır. Gündelik hayatta ilk olarak örnek plastik doğada bulunan sakız ve şellak ile başlangıcı olmuştur. İlerleyen süreçte doğada bulunan kalojen, nitroselüloz ve kauçuk gibi malzemelerin kimyasal modifikasyonu ile elde edilen yarı sentetik malzemelerin kullanımıyla daha da ileri süreçlere geçilmiştir.

Plastikler, tek yapıli grupların kimyasallar yardımı sayesinde polimerlere dönüşmesi ile oluşurlar. Bunun sonucunda granül, toz, çözelti ve flake yapısında oluşabilirler. Polimerin molekül yapısı hammaddenin özelliklerini belirler. Plastikler, genel olarak doğalgaz ve petrolden elde edilen hidrokarbonlarla üretilirler fakat selüloz ve kömür gibi diğer kaynaklardanda plastik üretimi oluşturulabilir.



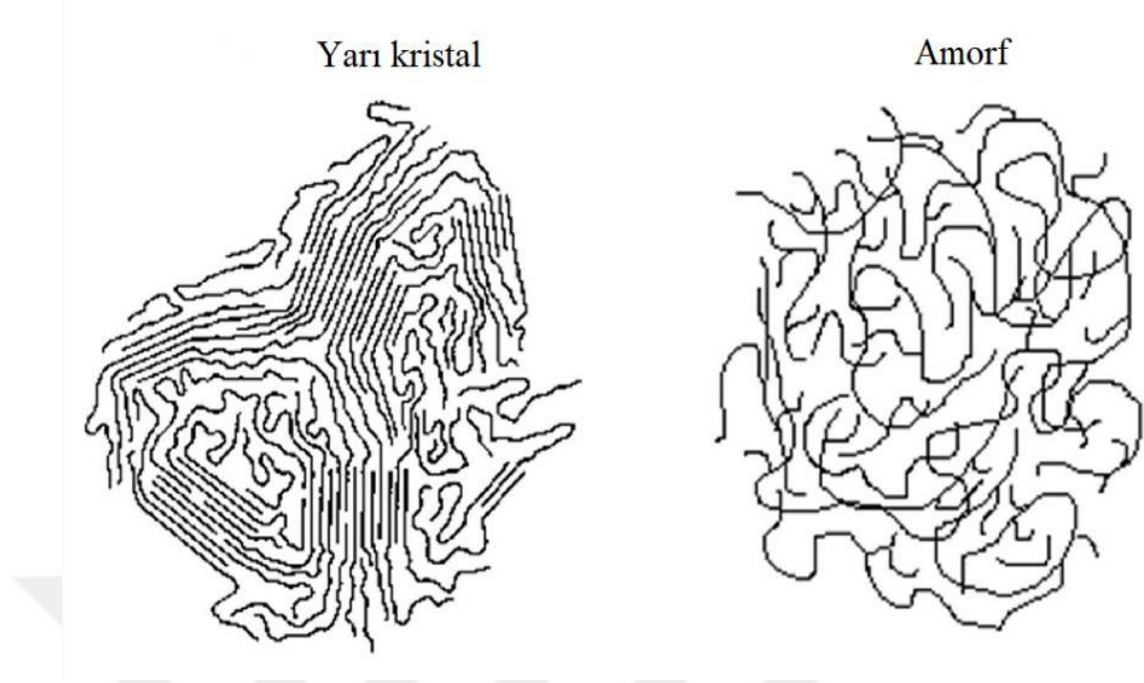
Şekil 2.2 : Plastik hammaddenin granül hali [14].



Şekil 2.3: Plastik hammaddenin torbalanmış hali [15].

Plastikler sentetik ve yarı sentetik olarak adlandırılan ,karbon tabanlı uzun zincirlerden oluşan polimerlerdir. Karbon atomu yapısı itibarı ile dört farklı atom ile bağ kurabilir. Bundan dolayı nitrojen, oksijen, kükürt ,klor gibi farklı elementleride içerir. Bu polimer zincirlerinin ilişkisi itibariyle birbirlerinden farklı özellikleri sergilemesi başlıca etkindir. Örnek olarak, alev geciktirici, plastikleştirici, dengeleyici, dolgu ve üfleme gibi katkı maddelerininde oluşacak üründe fiziksel ve kimyasal etkenlere sebep olur.

Plastikler amorf ve yarı kristal yapıya sahiptirler. Bu yapılar belli sıcaklığın üstünde hal değişimi olmasa bile sünek yapıda davranış sergilerler. Bu görülen duruma camsı geçiş sıcaklığı adı verilir. Bu sıcaklıkta erime gerçekleşmese bile maddenin birbiri arasındaki bağ kuvveti azalır ve maddenin hareketi kolaylaşır. Bu sebeple malzemede mekanik özelliklerin değişimi meydana gelir. Camsı geçiş sıcaklığında malzemenin şekil verilebilmesi ve yumuşaklığı artar. Maddenin molekülleri arasındaki bağ ve molekül zinciri ne kadar kuvvetli ise camsı geçiş sıcaklığıda bu oranda doğrudan ilişkili olarak artar. Kristal yapıda bulunan plastikler ise sıcaklığın artması ile herhangi bir camsı geçiş sıcaklığı göstermezler. Yarı kristal yapıda bulunan plastikler ise camsı geçiş sıcaklığında yumuşaklık gösterebilir , viskoz olarak davranış göstermezler.



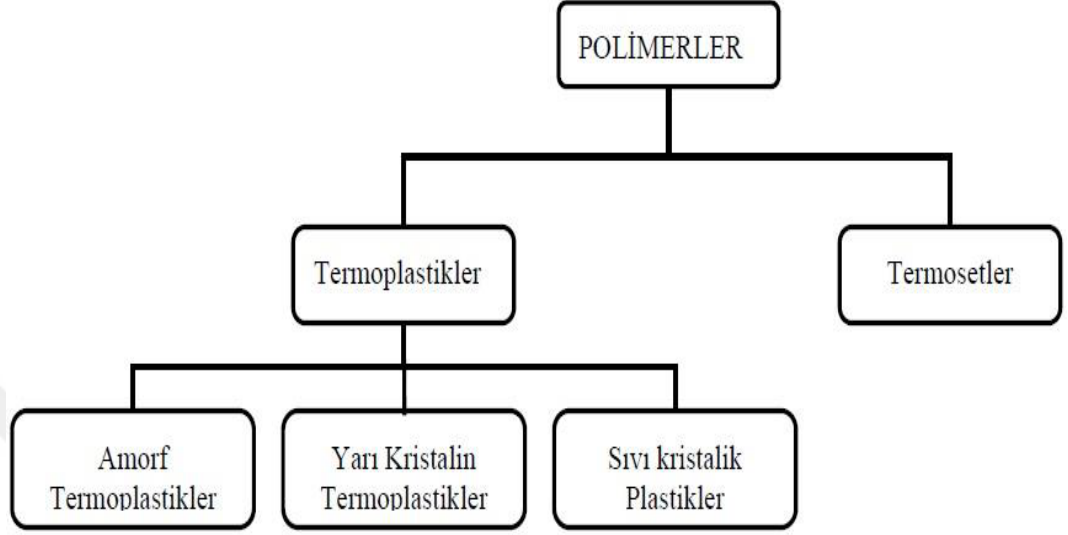
Şekil 2.4: Polimer zincirleri [16]

Plastikleri kapsamlı bir şekilde sınıflandırma için tek bir yapıya göre sınıflandırmak yeterli değildir. Bu sınıflar:

- Termoset, termoplastik (tersinebilirlik)
- Kristal, yarı kristal, amorf (polimer zincirlerinin yapısı)
- Çapraz-bağlama, çoklu bağlama, kondenzasyon (sentez yöntemi)
- Sentetik, yarı sentetik (ana birleşen yapısı)

Bu tezde en yaygın olan termoplastik ve termoset sınıflandırılması esas alınarak plastikler açıklanılmaya çalışılacaktır. Tersinebilirlik kavramı ısı ile verilen enerji sayesinde yeniden şekil verebilmeyi açıklamaktadır. Bu kavram doğrultusunda termoplastik ve termoset olarak 2 farklı kavramda plastikler incelenecektir. Termoset yapıları plastiklerde ısı ile enerji verildiğinde içerisinde kimyasal tepkimeler meydana gelir. Bu durumdan dolayı termosetler ısıtıldığında tekrar şekil verme olayı gerçekleşmez. Termoplastik yapıya sahip malzemelerde ise ısı enerjisi verildiğinde termoset yapının askine kimyasal tepkime meydana gelmez. Bundan dolayı termoplastikleri ısı enerjisi ile yeniden şekillendirme imkanı oluşur. İki farklı yapının ısı

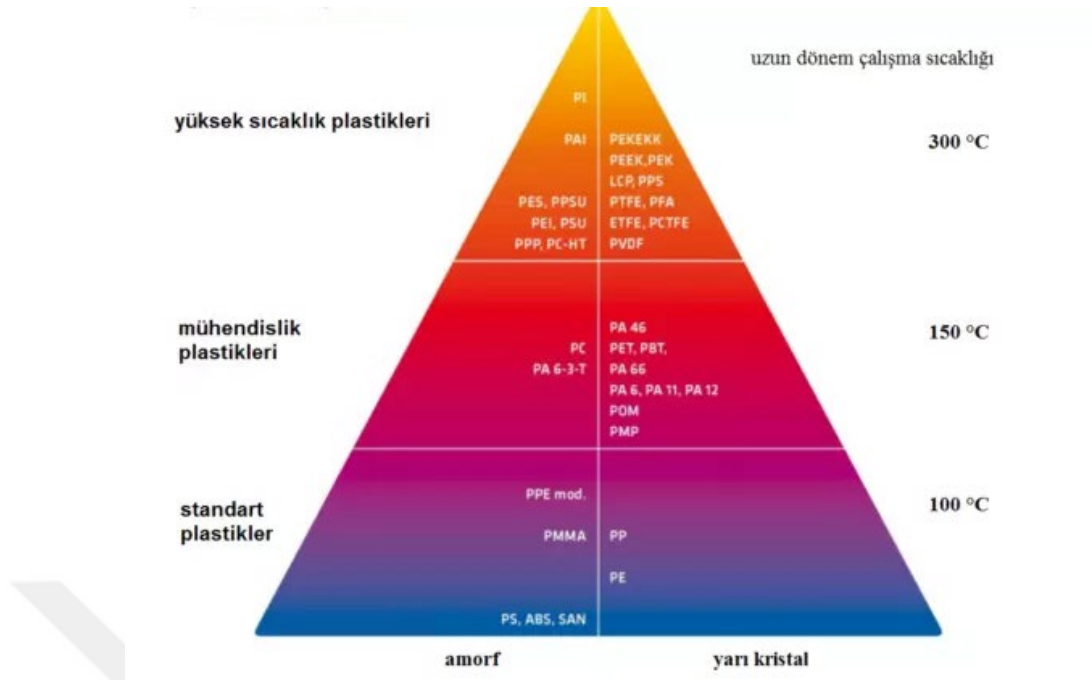
enerjisene karşı verdikleri tepkinin farklı olmasının en büyük sebebi, moleküllerinin arasında ki bağ yapısındaki etkileşimlerinin farklı olmasıdır.



Şekil 2.5: Polimerlerin sınıflandırılması [12]

Plastiklerin genel olarak özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

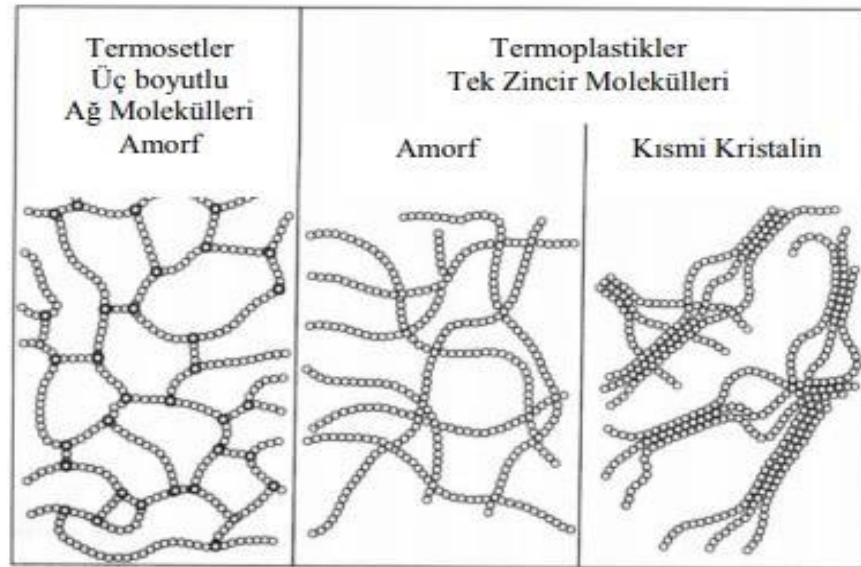
- Farklı mekanik özellikler
- Hafiflik
- Şekil verilebilme ve işlenebilirlik kolaylığı
- Yardımcı maddeler ile özelliklerinin değiştirilebilmesi
- Şeffaflık imkanı
- Ucuzluk
- Tekrar işlenip, geri dönüşüme imkan verebilmeleri
- Kimyasal maddelere karşı dayanıklılık ve korozyona karşı dirençlidir



Şekil 2.6: Plastiklerin performans üçgeni ve yeri

2.1.1. Termoplastikler

Bu polimerlerin kimyasal yapısı incelendiğinde çapraz bağları bulunmayan ince-uzun yapıdaki moleküllerden meydana gelmiştir. Camsı sıcaklığının üzerinde olduklarında yumuşarlar ve kimyasal yapılarını bozmadan sıvılaşır. Bu sayede plastik enjeksiyon yapılmasına imkan sağlanır.



Şekil 2.6: Termoplastik yapılarının sınıflandırılması [17]

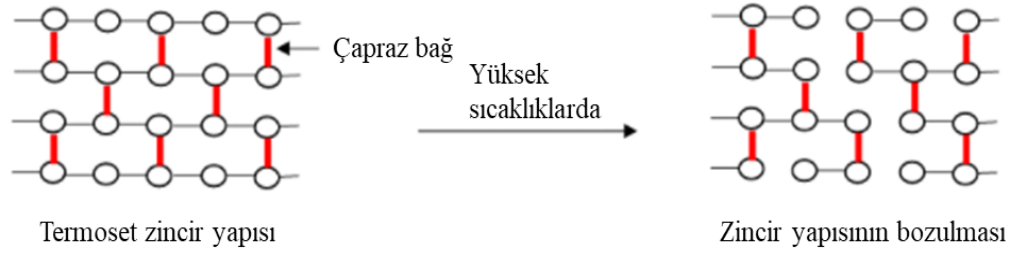
Camsı sıcaklığının altında olduklarında ise haddeleme, ekstrüzyon ve basma ile şekillendirilebilirler. Ucuzluğu, kolay şekillendirilmesi, geri dönüşüme uygun olması, ağırlığına kıyasla yüksek mukavemetli olması ve darbelere karşı mukavemetli olması sayesinde sanayi sektöründe sıkça tercih edilmiştir.

Tablo 2.1: Termoplastiklerin öne çıkan özellikleri ve kullanım alanları [8].

Termoplastik	Özellikleri	Kullanım alanları
Poliamid (PA)	Yüksek sertlik ve mukavemet	Perde rayları, rulmanlar, dişliler ve tekstil sektörü
Polimetilmetakrilat (PMMA)	Yüksek sertlik ve rijitlik, parlak	Tabelalar, uçak gövdeleri, lavabolar ve küvetler
Polipropilen (PP)	Hafif, yüksek dayanım, iyi korozyon direnci	Tıbbi laboratuvar ekipmanları, mutfak gereçleri, elektronik ekipmanlar
Polietilen tereftalat (PET)	Yüksek mukavemet ve rijitlik, mükemmel nem direnci, iyi kimyasal direnç	Filmler, ambalajlar, tekstil sektöründe kullanılan iplikler, içecek ve yiyecek kapları, bantlar, yüksek dayanımlı kayışlar
Polistiren (PS)	Hafif, yüksek dayanım ve sertlik, neme dirençli	Sert ambalajlama, ince cidarlı kaplar, otomobil parçaları, elektronik ekipmanlar
Politetrafloroetilen (PTFE)	Esnek, yüksek mukavemet, iyi korozyon ve ısı direnci	Pişirme gereçleri kaplamaları, ısıya dayanıklı contalar, kablo yalıtkanları, kimyevi maddelere dayanıklı borular
Polietilen (PE)	Hafif, esnek, iyi nem ve korozyon direnci	Hafif ambalajlar, mutfak gereçleri, oyuncaklar, kablo yalıtkanları, kaplamalar
Akrilonitril bütadien stiren (ABS)	Yüksek mukavemet, darbe dayanımı, sertlik, iyi yüzey kalitesi, iyi yalıtkan	Elektronik ekipmanların gövdeleri, dayanıklı tüketim ürünlerinin görünüm parçaları, otomobil ayna ve farları, oyuncaklar, duş tekneleri
Polivinil klorür (PVC)	Mükemmel dayanım ve sertlik	Borular, döşemeler, pencereler ve endüstriyel bağlantı elemanları

2.1.2. Termosetler

Termosetler, uzun polimer zincirli, karbon tabanlı moleküllerden oluşurlar. Temel farkları, moleküllerinin arasındaki bağlantı farkından dolayıdır. Termosetlerin aralarındaki bağ çapraz bağlarla ve 3 boyutlu ağ yapısını oluşturan zincirlerin meydana gelmesiyle oluşmuştur. Bundan dolayı genel olarak termoplastiklere göre daha fazla sertliğe, şekil kararlılığına, ısıl dayanımına ve korozyon direncine sahiptirler.



Şekil 2.7: Termoset ısı ile enerji verilmesi sonucu bozulması [18].

Şekil 2.7’de görüldüğü üzere zincir yapısının ısıya maruz kalmasıyla kimyasal reaksiyonlar gerçekleşir ve zincir yapısında bozulma meydana gelmektedir. Bu yapısından dolayı termosetler, ısıtılıp yeniden şekillendirilemezler.

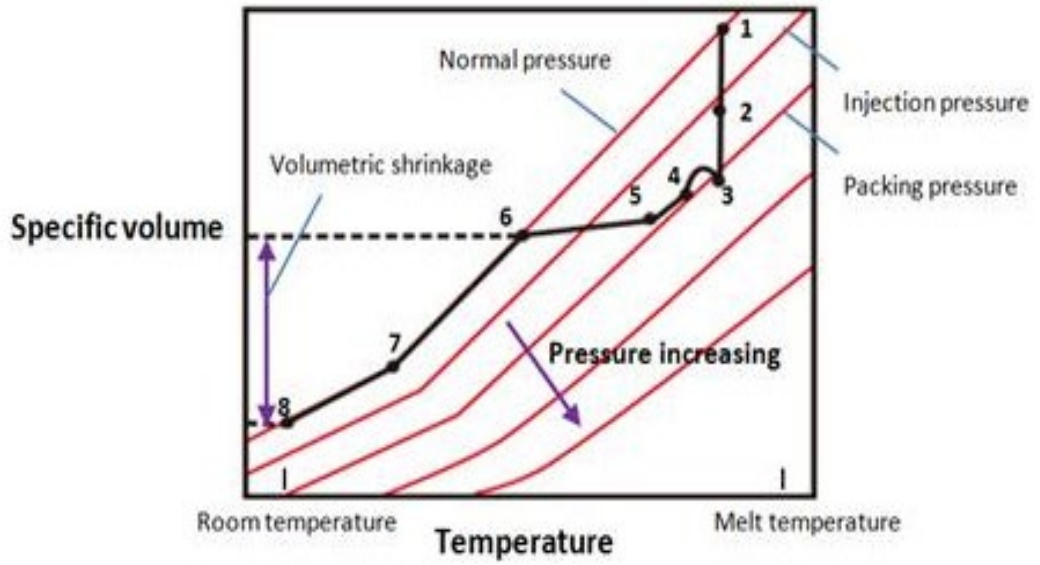
Tablo 2.2: Termoset plastiklerin özellikleri ve kullanım alanları [8].

Termoset	Öne çıkan özellikleri	Kullanım alanları
Epoksi	İyi bağlayıcı, mükemmel kimyasal ve ısı direnç, yüksek mukavemet	Kompozit matrisleri, boyalar, kaplamalar, yapıştırıcılar, elektronik devre kartları
Melamin formaldehit	Yüksek mukavemet, iyi korozyon direnci	Laminant döşemeler, mutfak eşyaları, mobilyalar, mutfak dolapları
Polyester	Hafif, yüksek mukavemet, iyi korozyon direnci	Kompozit matrisleri, bağlayıcılar, deniz taşıtları gövdeleri, filmler, dekoratif ürünler
Üre formaldehit	Mükemmel mukavemet, rijitlik, sertlik, ısı direnç, iyi nem direnci	Döşemeler, tekstil sektöründe kırışmayan kumaşlar, izolasyon köpükleri, yapıştırıcılar, tarım sektörü
Poliüretan	Yalıtkan, esnek, hafif bağlayıcı, korozyon direnci yüksek	İzolasyon köpükleri, kaplamalar, yapıştırıcılar, elektronik ekipmanlar, koltuk süngerleri,
Fenol formaldehit	Yüksek kimyasal ve ısı direnç, yalıtkan, hafif, kolay şekillendirilebilir	Laboratuvar tezgâhları, bilardo topları, kaplamalar, yapıştırıcılar, devre kartları,
Vinil ester	Mükemmel mukavemet, darbe direnci, rijitlik, iyi korozyon direnci	Kompozit matrisleri, kaplamalar, deniz taşıtları gövdeleri, korozyona dayanıklı borular, su tankları

2.1.3. Plastiklerde Kalıpta Çekme

Plastikler de diğer bütün malzemeler gibi termal genişleme oranlarına sahiptir. Bu değerlere genişleme katsayı denir. Plastikler metaller ile kıyaslandığında daha yüksek çekme oranına sahiptirler.

Plastikler enjeksiyon ile kalıplama yapıldıktan sonra üretilen parçalarda çekme görülmesinin sebebi termodinamik davranmasıdır. Bu durumu P-V-T davranışı olarak yorumlanır ve malzemenin termal genişlemesi ile sıkıştırmaya göre davranışır.



Şekil 2.8: Plastik enjeksiyonda P-V-T grafiği [19].

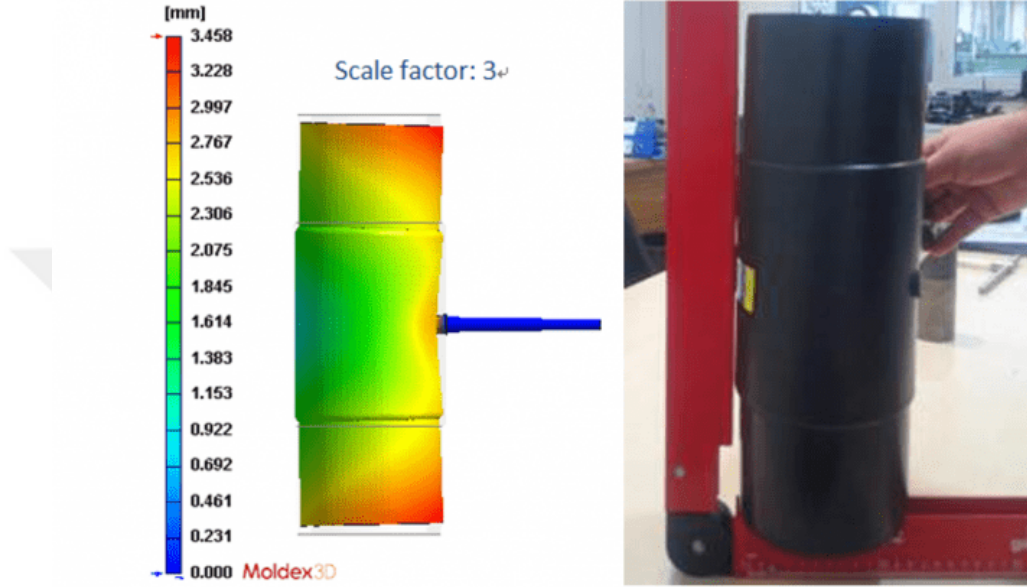
Yukarıda gösterilen şekil Şekil 2.8’ de gösterilen enjeksiyon çevrimine göre;

- 1 numaralı kısım malzemenin kalıba girişi,
- 1 ve 2 numaralı kısım arasında kalıp doldurulması,
- 2 numaralı kısımda kalıp boşluğunun tamamen doldurulması,
- 2 ve 3 numaralı aralıkta ise malzemenin ütülenme prosesi,
- 3 numarada kalıp içinde göz içerisinde en fazla iç basınca ulaşılması ve tutma basıncına düşürülerek geçiş prosesi,
- 4 numara tutma basıncının başlangıcı,
- 5 numara da malzemede donmalar olduğu için basınç düşer ve yolluk kısmının donması ile tutma basıncı prosesinin sonuna gelinmesi,
- 6 numara çekme ve soğumadan dolayı basınç düşüşü ile çekme sürecinin başlangıcı,
- 7 numara kalıp açılması ile parçanın düşmesi,
- 8 numara parçanın son hali

şeklinde yorumlanır. Plastik üzerinde çekme durumuna etkisi olan faktörler ele alındığında kalıp ve eriyik sıcaklığı, ütüleme ve tutma basınçları, kristalleşme, soğutma hızı, parçanın et kalınlığı, kalıplama öncesi nemin alınması, akış yönü, malzeme katkıları çekme durumuna etkilidir (Akkaya, 1998).

2.1.4. Plastiklerde Çarpılma

Çarpılmanın oluşması için ürün üzerinde düzensiz soğumasından kaynaklı, ürün tasarımında bulunan farklı kalınlıklarından dolayı düzensiz oranlarda oluşan çekme durumunun parça üzerinde boyutsal farklılıklara sebep olmasıdır.



Şekil 2.9: Enjeksiyonla kalıplama sonucu malzemede çarpılma örneği [20].

Çarpılma durumuna sebep olan etkenler ise akış yönünün malzemenin moleküler yönlenmesiyle olan uyumsuzluk, homojen olmayan soğutma sistemi, ürünün kalıp içerisinde eşit dolumunun sağlanılamamasından ürün içerisinde düzensiz iç basınç dağılımı ve malzeme etkenlerinden dolayı malzemede çarpılmaya sebep olur.

2.2. Plastik Ürün Tasarımı

Plastik bir ürünün kalıplanmasından önce ürünün tasarımı büyük önem taşımaktadır. Ürün tasarımı yapılma sürecinde kalıplamaya uygun olarak tasarım devam ederse kalıplama sürecinde aynı şekilde kısılp kolaylaşacaktır. Ürünün kalıplama aşamasında ürün üzerinde bulunabilecek sorunlar, tasarım aşamasına tekrar geri gelmemize ve işlem süremizin uzamasına sebep olur. Ürünün tasarım aşamalarında bazı durumlara dikkat edilmelidir. Bunlar;

- Ürünün amacına dikkat edilmelidir. Ürünün hangi ihtiyaca bağlı olarak tercih edildiği bilinmelidir.
- Planlama,
- Ürün için temel parametrelerin belirlenmesi: Renk, kullanılacak hammadde, boyut toleransları, fonksiyonel özellikleri, kozmik özellikleri, performans, kullanım amacı, referans tasarımlar, ürünün test standartları gibi bu temel parametrelerin alınması veya belirlenmesi,
- Fizibilite raporu çıkarılmalıdır. Bu rapora göre belirlenecek olan maliyete göre tasarım sürecinin devam etmesi gerekmektedir.
- Prototip oluşturulmalıdır. Ürün tasarım üzerinde çizilmiş olması bazı durumlarda yetersiz kalabilir. Müşterinin ürünü gerçeğe yakın bir şekilde el ile tutulur bir sonuç istemesi durumunda prototip çalışması yapılır.
- Ürünün resimleri hazırlanmalıdır. Prototip sonucu onaylanan ürünün son halinin teknik resimleri hazırlanarak ürün tasarım süreci bitirilir.
- Ürün onayı ile kalıp tasarım süreci başlatılır. Kalıp tasarımı başlangıcı ile kalıbın dosyası oluşturulur. Bu dosya da kalıp için verilen standartlar, istekler, bağlı olduğu parametreler oluşturulur. Tasarım bu sınırlamalar doğrultusunda devam ederek tasarım süreci tamamlanır.
- Tasarımı onaylanan kalıp üretimine geçilir ve biten kalıbın deneme baskısı alınır. Gerekli kontrollerin yapılması ile uygunsuzluk var ise düzenleme yoluna gidilir.

BÖLÜM 3. PLASTİK ENJEKSİYON HAKKINDA BİLGİLENDİRMELER

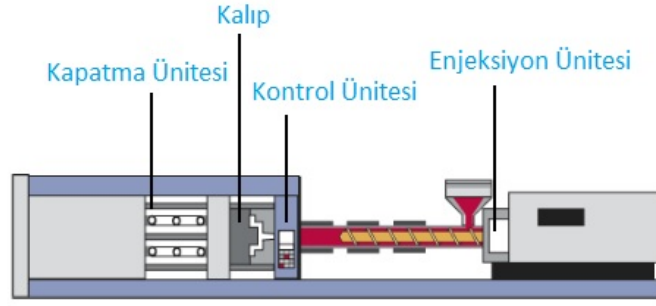
Plastik malzemelerin üretimi sağlanması için sıcaklık ve basınç koşulları belirli olması gerekmektedir. Farklı yöntemler ile plastiklere şekil verilebilir. Bunlar haddeleme, talaşlı imalat, ekstrüzyon, enjeksiyon gibi yöntemler mevcuttur. Bu tez çalışmasında, enjeksiyon sistemi üzerinde detaylar verilecektir. Enjeksiyon prosesi geniş bir süreci barındırır. Tüm bu süreç içerisinde optimum enjeksiyon parametrelerini bulmak büyük önem taşır.

3.1. Plastik Enjeksiyon Makinesi

Enjeksiyon yöntemi genellikle düşük maliyet, son işleme gerek duyulmama, malzeme kaybının az olması, yüksek hassasiyetle çalışabilmesi, farklı katkı maddelerinin eklenebilirliği, otomasyona uygunluk gibi etkenlerinden dolayı avantajları mevcuttur. Kar oranının düşük olması, makine fiyatlarının yüksek olması, kalıp fiyatlarının yüksek olması, yedek parçalarının fiyatlarının yüksek olmasından dolayı yüksek ilk yatırıma ihtiyaç duymaktadır. Bu şartlarda da süreklilik sağlanma gereksinimi, enjeksiyon ile üretim yönteminde dezavantaj olarak görülebilir.

Enjeksiyon sistemi, temel olarak dört farklı durumda gözlemlenir. Hammaddeyi eritme bölümü, malzemeyi kalıp içerisine aktarma, kalıp içerisindeki hammaddeyi soğutma ve kalıp içerisinde oluşan ürünün çıkartılması işlemlerini içerir.

Plastik malzeme granül veya toz olarak enjeksiyon makinesinin hunisi içerisinden doldurulur. Silindir içerisine gelen plastik burada ısıtılır ve ergimiş hale gelir. Silindir içerisinde bulunan vidalı mil yardımıyla eriyen plastik kalıp içerisine yüksek basınçla doldurulur. Son olarakda kalıp içerisinde ürün oluştuğundan sonra makinenin mengesi açılır ve itici sistemi yardımıyla ürün düşürülür.

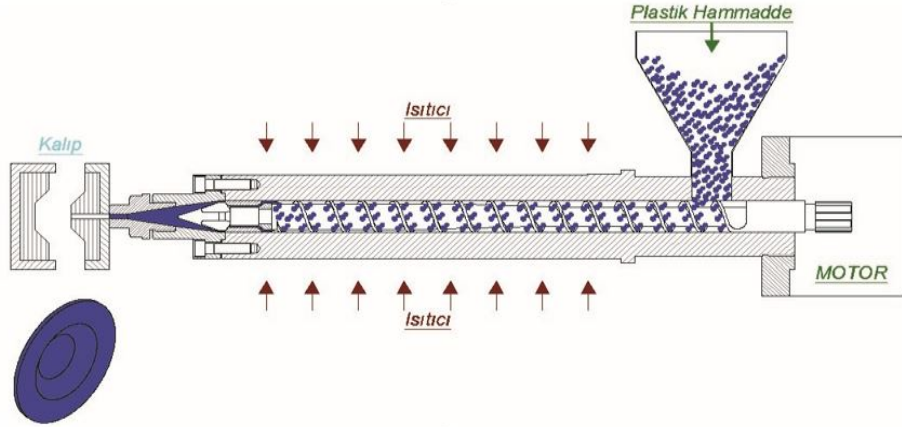


Şekil 3.1: Enjeksiyon makinesi.

Enjeksiyon makinesini dört kısımda incelenir. Şekil 3.1’ de görüldüğü gibi enjeksiyon ünitesi, kontrol ünitesi, kalıp veya makine gövdesi ve mengene bölümü olmak üzere incelenir.

3.1.1. Enjeksiyon Ünitesi

Bir ünitenin temel fonksiyonları, hammaddeyi ısıtarak malzemeyi eritmek, erimiş malzemeyi kalıp içerisine basınç ile aktarmak, kalıp içerisine malzeme dolduktan sonra belirli basınçlarda ürünün oluşum sürecinde gereken yükte tutmak, hammadde aktarıldıktan sonra vidanın geri gelerek sistemin tekrar hazırlanmasını sağlamaktır.



Şekil 3.2: Plastik enjeksiyon ünitesi.

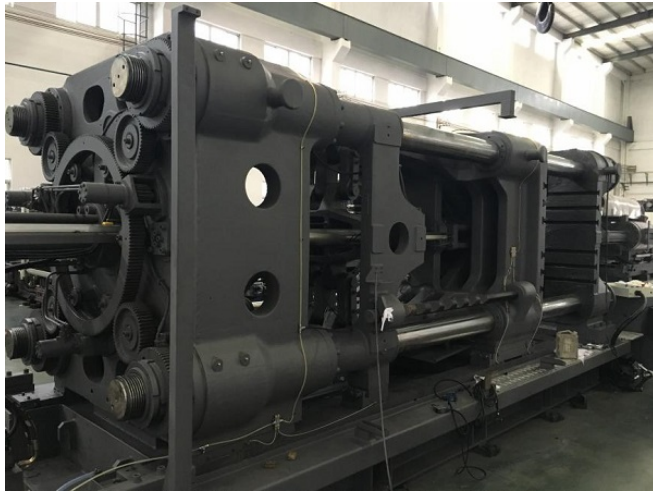
Enjeksiyon ünitesinde, huni, vidalı mil, enjeksiyon ucu ve resistans bulunur. Bu ünite de vidalı mil en önemli parçasıdır. Malzemeyi homojen eritmesi, hızlı malzeme aktarımı ve kendini temizleyebilmesi gerekmektedir.



Şekil 3.3: Vidali mil örnekleri.

3.1.2. Mengene Ünitesi

Enjeksiyon ünitesi aracılığı ile kalıp içerisine plastik doldurultuktan sonra oluşan ürünün dışarı çıkarılması için mengene ünitesine ihtiyaç vardır. Kalıbın bir tarafı enjeksiyon tarafına bağlanırken bir tarafıda hareketli tarafa bağlanır. Kalıp içerisinedeki ürün boşluğunun doldurulması için, eriyik hammaddenin yüksek basınç ile doldurulmasına ihtiyaç vardır. Dolum süresince kalıp yüzeyinde açılma meydana gelmemesi için mengene ünitesinin yüksek kapatma gücüne ihtiyaç vardır. Eğer mengene ünitesinin yeteri kadar kapama gücü yok ise eriyik plastic, kalıp içerisindeki basıncın yüksek olmasıyla kalıp açma yaparak ayırım yüzeylerinden çapaklanmaya yönelir.



Şekil 3.4: Mengene ünitesi.

3.1.3. Kontrol Ünitesi

Makinenin tüm kritik fonksiyonlarının tek bir alanda görülmesini sağlamak için toplanan kısımdır. Bu kısımda ocak sıcaklıkları, vidalı mil hareketi, ütüleme basıncı, enjeksiyon, itici hareketi, hidrolik ayarları gibi enjeksiyon makinesinin ayarları bu üniteden ayarlanır. Temel olacak PLC sistemini kullanarak çalışır. Ölçümlemesi yapılması gereken kısımlara gerekli sensörlerin ve ölçüm cihazlarının konumlandırılarak makine için güncel parametrelerinin gösterilmesini ve ayarlanmasının mümkün olmasını sağlar.



Şekil 3.5: Enjeksiyon kontrol ünitesi.

3.2. Enjeksiyon Makinesi ile Kalıp Tasarımı Arasındaki İlişki

Ürün onayı verilir iken enjeksiyon makinesinin parametrelerine bakıldığı şekilde kalıp ile enjeksiyon makinesinde arasındaki uyuma da dikkat edilmesi gerekir. Çizilen bir ürünün enjeksiyon makinesi tarafından doldurulabilirliğine bakılmalıdır. Enjeksiyon makinelerinde tezgahlar farklı opsiyonlarda satılmaktadır. Örnek olarak vidalı mil için birkaç çeşit vardır. Bu çeşitlerden biri örnek verilecek olursa, ince cidarlı ürünlerin olduğu kalıplar kullanılacak ise daha az hacimde hammadde doldurulup daha yüksek enjeksiyon basıncına sahip olarak bu yapıdaki ince ürünlerin doldurulmasını amaçlamaktadır. Çeşitli amaçlara göre enjeksiyon makinesinde farklı opsiyonlar mevcut olabilir. Bunun için ürün çizilirken ve kalıp tasarımı yapılırken, enjeksiyon makinesi için bütün parametrelerinin opsiyonları ile bilinmesi önemlidir.

Kalıp tasarımı süresince ürün için istenilen sistemlerden dolayı kalıp kalınlığı artabilir. Örnek olarak ürünün derin bir kova olduğunu ele alırsak ve bu ürün içi itici mekanizması kullanılarak ürünün düşürülmesi şartı tanımlandığında, kalıp kalınlığı önemli bir parametreye dönüşür. Enjeksiyon makinelerinde mengene ünitesinin belirli açılma ve kapanma mesafesi bulunmaktadır. Bu mesafeler ise makine alınırken opsiyon olarak değiştirilebilir. Kalıp tasarımı yaparken en fazla ve en az kalıp kalınlıkları değerlerine dikkat edilmesi gerekir.



BÖLÜM 4. PLASTİK ENJEKSİYON KALIBI HAKKINDA BİLGİLENDİRMELER

Aralarında boşluk olan iki veya daha fazla plaka bulunduran sistemlere kalıp denir. Bu plakalar kapalı konumda iken içerisindeki boşluğa ergimiş plastik doldurulur ve plakaların açılması ile ürün oluşturulur. Esasen bu imalat yönteminde ısı ve basınç yardımı ile plastik kalıp içerisine doldurulur. Ürün ölçülerininin kararlılığı için kalıpta belli soğutma ve ısıtma işlemleri uygulanır.



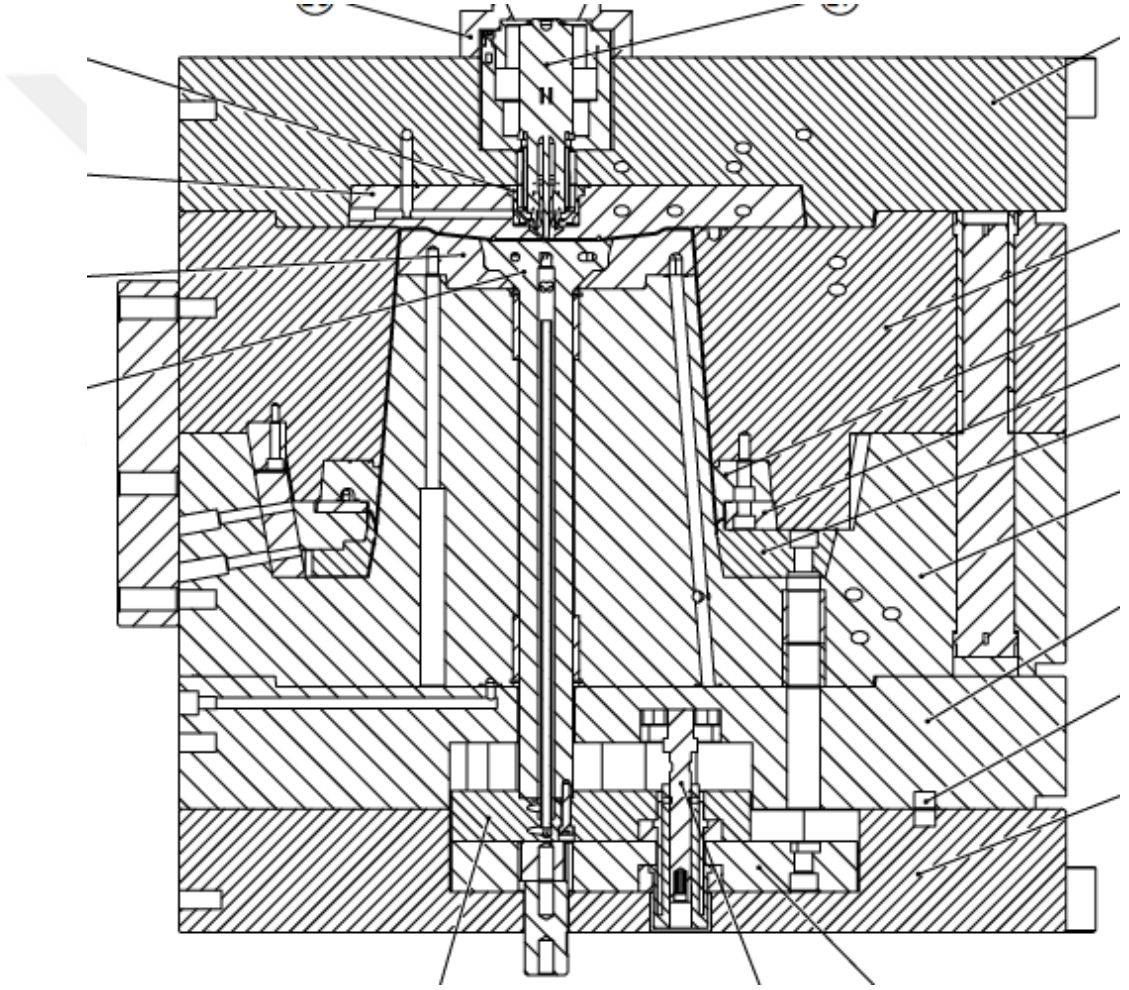
Şekil 4.1: Kalıp seti [21].

Kalıbın temel görevleri ise yüksek sıcaklıktaki ve basınçtaki plastiğin kalıp içerisinde eşit bir şekilde dağılımını sağlamak, dağılımın ardından ürünün son şeklini almasını sağlamak, içeride oluşan ürünün homojen ve hızlı bir şekilde soğutulmasını sağlamak ve son halini alan ürünün kalıp içerisinden çıkmasını sağlamaktır.

Kalıpları sınıflandırılmak istendiğinde temel olarak iki plakalı, üç plakalı, hareketli maçalı kalıplar, sıcak yolluklu kalıplar, otomatik kalıplar ve aile kalıp olarak sınıflandırılabilir.

4.1. Kalıbı Oluşturan Elemanlar Hakkında Bilgiler

Plastik enjeksiyon kalıbının doğru bir şekilde çalışabilmesini sağlamak için bir çok malzemeye ihtiyaç vardır. Kalıp elemanlarında günümüzde bir çok çeşit ve çözümlere ulaştırılan elemanlar mevcuttur. Bu bölümde bazı temel kalıp elemanlarından bahsedilmiştir.



Şekil 4.2: Enjeksiyon kalıbının kesiti

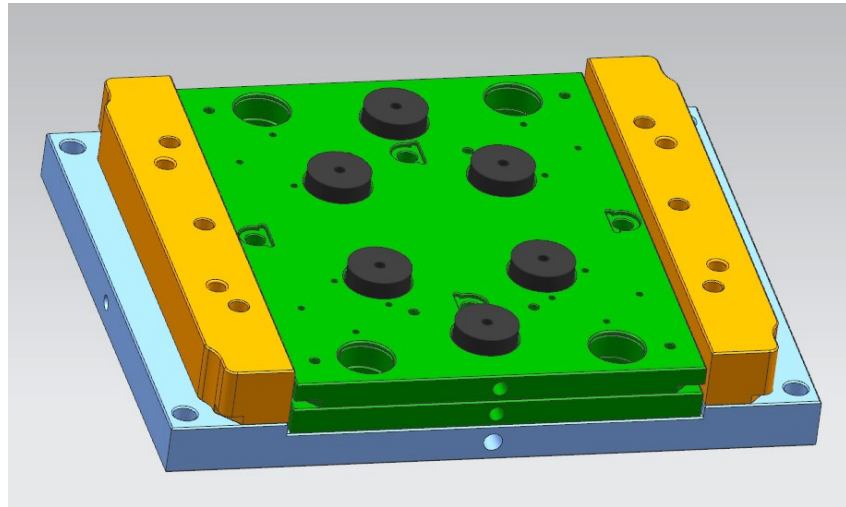
Dişi çekirdek lokması ürün üzerinde genellikle oluşan ürünün dışarıdan görünen tarafta olduğu için kozmetik kısımların olduğu temel elemandır. Genellikle yüksek dayanıklılıkta ve yüzeyi iyi parlatılabilir malzemeler tercih edilerek asıl yüklere maruz kalan parçalardır.

Erkek çekirdek lokması ise dişi çekirdek ile aynı öneme sahip parçalardan biridir. Yüksek sertlikte ve uzun ömürlü olmasını sağlayacak çelikler yardımıyla içerisinde gerekli ise feder, delik, itici sistemlerinin yataklamasını sağlayacak bölümleri barındırır.

Çekirdek lokmaların arkalarına gelen plakalarda bulunabilir. Bu plakalar çekirdek lokmalarının soğutma sistemi için gerekli giriş ve çıkışlarının bulunduğu, çekirdek parçalarının üzerine merkezleme yapıldığı, maça-kolon-burç gibi hareketli parçalara yataklık yapan, itici sistemi için geri çekilmesini sağlayan yay gibi elemanlarında yataklık yaptığı plakalardır.

Arka plakalarda gerekli ise kalıpta bulunabilir. Bu arka plakalar kalıbın enjeksiyon makinesine bağlanmasına yardımcı olur. Enjeksiyon tarafındaki arka plakaya, makineden gelen enjeksiyon ucunun merkezlemesini sağlamak için flanş yapılır. İtici tarafına gelen arka plakada ise taşıyıcılar, takozlar, kalıp bağlantıları için gerekli olan yuvalar işlenerek bu plakalara ihtiyaç duyulur.

Takozlar ise kalıp üzerinde itici tarafında bulunan itici sisteminin hareketli plakalarının çevresinde bulunarak kalıp üzerinde sehim yapmasını engeller ve kalıp çalışırken üzerindeki yükün bir kısmını takozlar sayesinde dağıtarak kalıbın ömrünü uzatır. İtici sistemi içerisinde boş kısımlar mevcut ise takozlara destek olması için kalıp merkezine yakın destek parçaları ile kalıp içerisindeki yükün iletilmesini dengeler. Şekil 3.8’ de görüldüğü üzere turuncu renkli, kalıbın kenarlarında olan iki parçaya takoz denilir. İtici sisteminin içerisinde bulunan altı adet siyah parça ise destek parçaları olarak örnek görselde gösterilmiştir.



Şekil 4.3: Örnek kalıpta takoz ve destek parçaları gösterimi.

Kolon pim ve burçları kalıpta bulunan çekirdek lokmaların, kalıp açılıp kapatıldığında tekrardan merkezleme yapılmasını sağlayarak ürün üzerinde kalıp ayırım hattından kalan izleri düşük seviyede tutulmasını ve kalıp üzerinde merkezleme sağlayarak oluşabilecek kaçıklıkları engelleme amaçlı kalıp elemanlarıdır.



Şekil 4.4: Kolon pimi ve burç örneği.

Merkezleme pimleri ise kalıp içerisinde hassas parçaların sökölüp takıldığı zaman parçaların aynı merkezde montaj yapılmasına imkan sağlayarak plakalar arasında alıştırma yüzeylerine ihtiyaç duyulmadan merkezleme imkanı sağlar.

Kalıp bağlantı yuvaları, kalıp enjeksiyon makinesinde mengenerine bağlanılacağı zaman mengene içerisinde bulunana deliklere civata yardımı ile bağlanabilmesi veya pabuç yardımı ile bağlantı sağlanabilmesi için gerekli olan yuvalardır. Şekil 4.3'te görüldüğü gibi kalıbın arka plakasının uç kısımlarında enjeksiyon makinesine bağlanması için dört adet civata boşluğu açılmıştır.

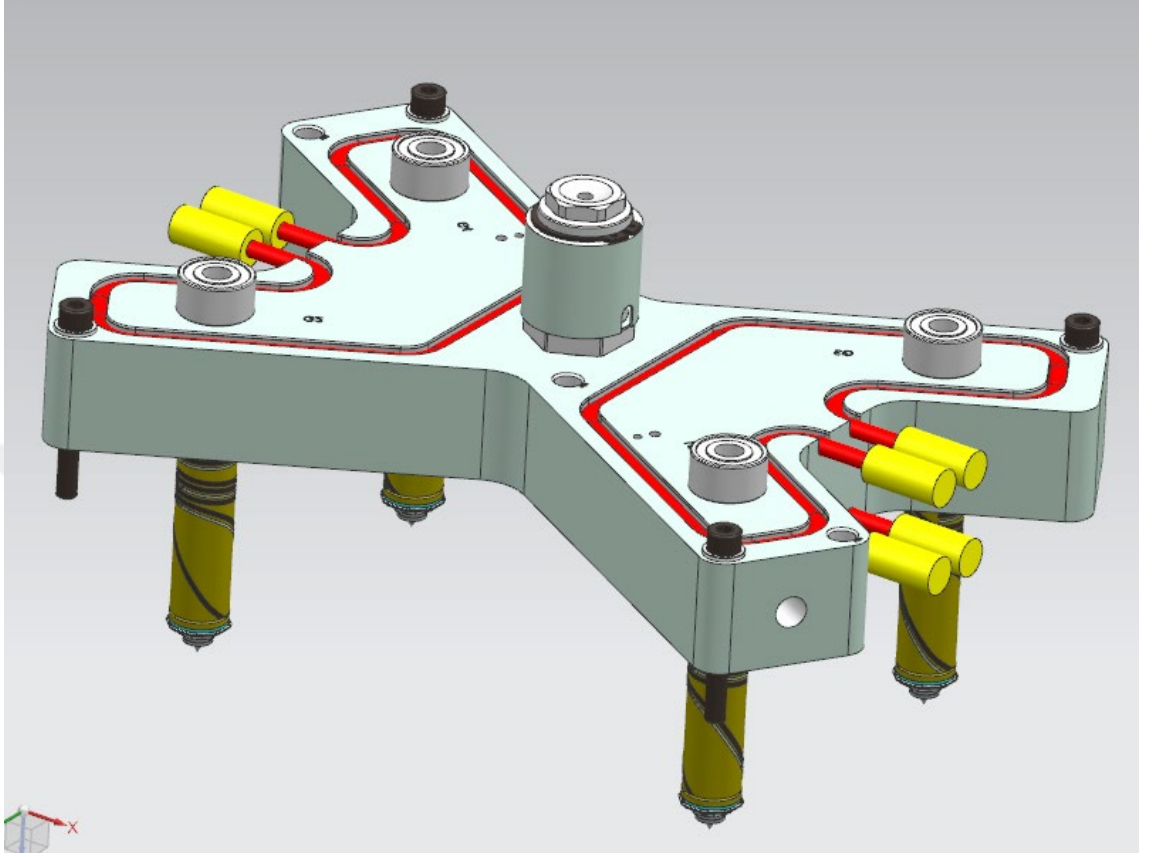
Mapa delikleri, Şekil 4.3' te görüldüğü üzere kalıpta mümkün ise dört tarafına ağırlık merkezlerinde açılmalıdır. Kalıp imalat sürecinde iken ağır parçalarının kaldırılması için gerekli olan deliklerdir. Kalıp toplandıktan sonra ise ağırlık merkezine göre mapa delikleri açılarak kalıbın taşınmasına yardımcı olur.

4.2. Kalıbın Diğer Elemanları Hakkında Bilgiler

4.2.1. Yolluk Sistemi

Yolluk, enjeksiyon makinesi içerisinde eriyik olan plastic malzemeyi kalıp içerisinden ürün boşluğuna kadar olan bölümdür. Bu bölümde birden fazla göz sayısı olduğu

durumda enjeksiyon makinesinden gelen ana hattın parça konumlarına göre dağıtılarak parçalara bağlantısını sağlar.



Şekil 4.5: Yolluk sistemi örneği.

Bu sistem, ürün oluşumu ile doğrudan ilgilidir. Yolluk tasarımına ve imkânlarına göre parçada kaynak çizgisi, ürünün kalıptan kolayca çıkması, ürün kalitesi, basınç düşmesi gibi etkenlerin bu sistemin tasarımıyla çözülmesini sağlamaktadır.

Plastik enjeksiyon kalıbının doğru bir şekilde çalışabilmesini sağlamak için birçok malzemeye ihtiyaç vardır. Kalıp elemanlarında günümüzde birçok çeşit ve çözümlere ulaştıran elemanlar mevcuttur.

Ürün üzerindeki kaynak çizgileri, iki veya daha fazla eriyik haldeki plastiğin birbirleri ile birleşme durumundan kaynaklanır. Bu durumdan kaçınmak gereklidir. Kozmetik olarak etkisi belirgin olarak gözükmemektedir. Tasarımın getirdiği şartlardan dolayı kaynak çizgilerinin oluşmasını önlemek için ürün üzerinde yolluk girişini konumlandırmak ve giriş tasarımını yapmak büyük önem taşımaktadır.



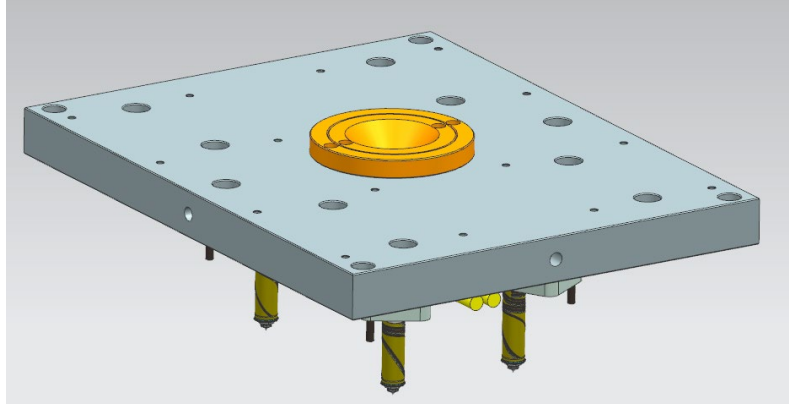
Şekil 4.6: Örnek bir üründe kaynak çizgisi.

Yolluğun tasarımında ve ürün tasarımında farklı kalınlıklardan kaçınılması gerekmektedir. Yolluk hacminde minimum seviyede tutarak ve en kısa yolu tasarlayarak en az kayıplarla giderilmesi tercih edilmelidir.

Yolluk sisteminde tasarlanan yolluğun kesitinin büyük olması basınç farklarını azaltmak için çözümdür, fakat kesit alanı büyük yolluk tasarımında malzeme kaybının çok fazla olacağından bu durumu optimum seviyede ayarlamak gerekmektedir. Yolluk kesit alanlarının ürüne patlama çaplarının malzemenin dolum sonrasında ütüleme basıncından en iyi şekilde yararlanması için gereklidir. Ürünlere mümkün olduğundan et kalınlığının fazla olduğu kısımlara yolluk girişlerinin verilmesi sayesinde ütüleme basıncını en verimli şekilde iletilmesini sağlar.

4.2.1.1. Yolluk flanşı

Kalıp, enjeksiyon makinesine bağlanırken merkezlemenin yapılması gerekir. Enjeksiyon makinesinin yüksek basınçta ilettiği malzemenin, kalıp içerisine iletiildiği aşamada dengesiz bağlantı olmaması için yolluk sistemini ile makine arasında merkezleme flanşı tasarlanır. Flanş kalıp enjeksiyon makinesine bağlantısı yapılacağı zaman cıvataların merkezlemesinden daha hassas olarak makineye bağlantısını gerçekleştirir. Enjeksiyon makinelerinde ise merkezlemenin sağlanabilmesi için mengene içerisinde belirli standartlarda flanş için gerekli boşluğu bulundurlar.

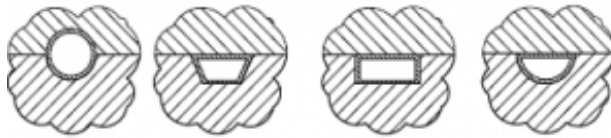


Şekil 4.7: Flanş örneği.

4.2.1.2. Yolluk kesitleri

Yollukların kesit şekilleri parabolik, trapez, dikdörtgen, yarı dairesel ve dairesel kesit olarak sınıflandırılabilir.

Dairesel kesitte tasarlanan yolluklar, basınç düşünü ve ısı kaybını optimum seviyede tutarlar. En son çekirdek kısmı soğumaya kaldığı için ütüleme basıncını ideal şekilde iletirler. Parabol yapıda bulunan kesitler dairelesel kesitler ile yakın özellikleri gösterirken daha kolay işlenebilirlik sağlar. Trapez kesitte ise ısı kaybı ve geri dönüştürülecek malzeme yüksektir. Maçalara çakışmaması için üç plakalı parçalarda tercih edilir. Dikdörtgen kesitli yolluk tasarımlar ise basit kalıplarda tercih edilmektedirler.



Şekil 4.8: Yolluk kesitlerine örnek.

4.2.1.3. Yolluk bağlantı şekilleri

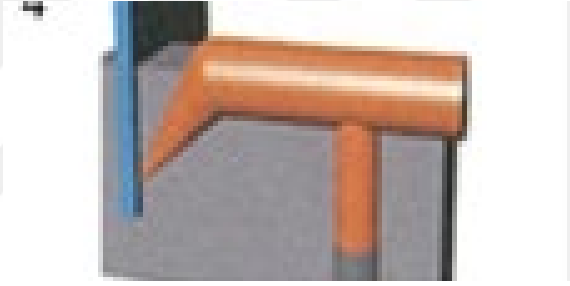
Yolluk sisteminde dağıtılan kanalların ürün içerisine giriş şekilleri kolaylık, temizlenebilirlik, mümkün olduğunda ince bir yapıda olması gerekliliği üzere çeşitlere ayrılır.

Direkt giriş, ürün üzerine bağlatısı yapılırken herhangi bir kısıtlama olmadan bağlantı şeklidir. Bu sayede kaliteli ve ürün ölçülerinde daha hassas toleransların alınmasına imkan sağlayan şekildir. Bununla beraber yolluğun koparılması için son işlem ihtiyacı

ve yolluğun giriş yapılan kısmında kozmetik olarak iz bırakması önemli sorunlarıdır. Film giriş, ürünün bir kenarı şeklinde hat boyunca dolum sağlar. Kaynak çizgilerini meydana getirmemesi, eşit dolum ve ütüleme basınçlarında etkili öneme sahiptir.

Disk giriş, simetrik parçalarda tercihen kullanılır. En yaygın örneği boru kalıplarında kullanılmasıdır. Bu giriş şekline dolaylı ürün oluştuktan sonra son işlem gerekmektedir. Kenar ve fan giriş ise ürünü üst veya alt kısımdan doldurulmasını sağlar. Büyük parçaların hızlı doldurulmasını sağlar. Homojen akış yapısına sahiptir. Ölçüsel kararlılıkta tercih edilir.

Tünel giriş, birden çok gözlü kalıplarda genel olarak kullanılır. Yolluk kalıp ayırım hattı üzerinde giderken ürüne yakın kısımda ürüne doğru açıyla kıvrılarak konik olarak ürüne bağlanır. Bu sayede kalıp açılırken ürün ile yolluk bağlantısı kalıp açılması ile kopar. Bununla beraber basınç kayıplarına ve uzun yolluk sistemine sahip olur.



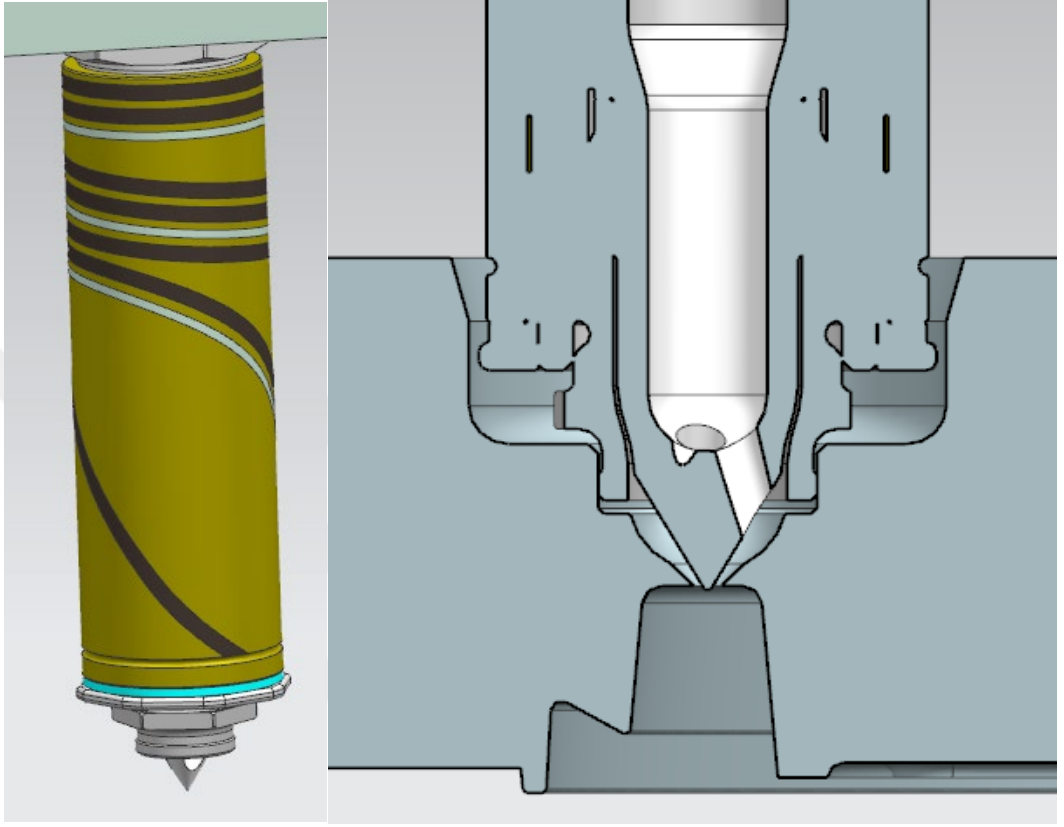
Şekil 4.9: Tünel giriş yolluk [22].

İğne giriş ise tünel giriş mantığına benzer fakat üç plakalı kalıplarda kullanılır. Kalıp açıldığı zaman yolluk enjeksiyon tarafında kalır ve yolluk direk ürün üzerinden kopar. Yüksek hammadde sarfıyatı ve iç basınçta dengesizlik yapması ise dezavantajlarındandır.

Sıcak yolluk sistemi ise ürün tek gözlü veya çok gözlü olsun enjeksiyon makinesinden gelen yüksek sıcaklıktaki plastiği ürüne ulaşana kadar sıcaklığını kaybetmeden ilerlemesini sağlar. Bunun için rezistanslar aracılığı ile malzemenin geçtiği yolları ısıtıp tüm akış boyunca enerjisini kaybetmemesini sağlamaktadır.

Sıcak yolluk sistemi, soğuk yolluk sistemleri ile kıyaslandığında hammadde kaybı neredeyse yoktur. Çıkan ürün üzerinde yolluktan kalan parça bulunmaz. Küçük boyutlara sahip ürünler için kolaylık sağlar. İşçilik ve hammadde tasarruf sağlar.

Sıcak yolluk sistemlerinde ek olarak valfgate sistemide bulundurabilir. Bu sistemde sıcak yolluğun içerisinde iğne bulunur ve yeterli miktarda plastic aktarıldıktan sonra iğnenin ileri hareketiyle yolluk ucu kapatılır ve ürün üzerinde kozmetik olarak minimum iz bırakarak avantaj sağlar.



Şekil 4.10: Sıcak yolluk ve bağlantısı

BÖLÜM 5. KALIP TASARIMI HAKKINDA BİLGİLENDİRMELER

5.1. Genel Olarak Dikkat Edilmesi Gerekenler

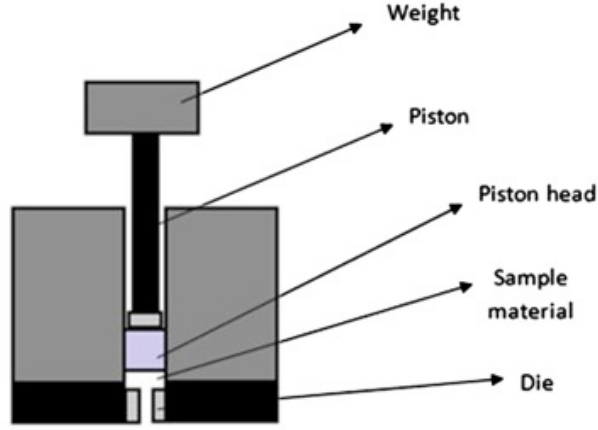
Tasarım süreci genel olarak bir ürün ve kalıp için istenilen detayların verilmesi ile başlar. Bu bilgiler gerekli olmasına rağmen yeterli değildir. Bunun için aşağıdaki bazı verilerde ihtiyaç duyulabilir.

- Verilen ürünün kalıplanabilir özelliklerine bakılması,
- Ürün için hedef baskı sayısı,
- Çevrim süresi,
- Ürünün amacı ve birlikte çalışacağı ürün var ise ürünlerin detayları,
- İstenilen çekme oranı,
- Ürünün kalıptan çıkmasını kolaylaştırmak için gerekli çıkış açıları,
- Yolluk sistemi,
- Ürün üzerinde yolluk bağlantı noktası ve kozmetik yüzeylerin belirlenmesi,
- Yüzey pürüzlülüğü,
- Ürün üzerinde yazı, logo, mühür gibi istekler ve konumları,
- Kalıp için kullanılacak eleman çeşitleri
- Bağlanılacak olan enjeksiyon makinesinin detayları,
- Ürünün kalıptan çıkma şekli,
- Proje süresi.

Bu soruların cevabının belirginliğine göre kalıp tasarım süreci netleşir.

5.2. Malzemenin Akış Özelliği

Plasik hammaddeler çeşitli akışkanlıklara sahiptirler. Akışkanlık hakkında fikir veren bu ifade MFI (Melt Flow Index) olarak adlandırılır.



Şekil 5.1: Malzemenin MFI değeri ölçümü.

MFI değereinin ölçülebilmesi için ilk olarak hammadde için belirlenen sıcaklıkta yuva içerisinde malzeme ısıtılır. Isınan hammadde üzerine ağırlık koyularak yuvanın altında bulunan belirli çaptaki uçtan çıkması sağlanır. Malzeme eriyik halde üzerinde bulunan serbest ağırlık sayesinde yuvanın alt kısmında bulunan boşluk akmaya eğilimi gösterir. Bu akmanın uzunluğuna göre MFI değeri belirlenir.

Malzemelerin akış özelliği kalıplama için gerekli ipuçlarını verir. Akışkanlığı yüksek olan hammadde kalıplama sürecinde daha az probleme sebebiyet verir. Akışkanlığı az olan malzeme ise enjeksiyon esnasında yüksek basınç verilmesi ile kalıp içerisinde yorulmaların daha fazla olmasına, yolluk tasarımlarının seçimine ve çeliklerin bağlantılarının dahada dikkat edilmesi gerekmektedir.

5.3. Proses Sıcaklığı

Kalıp çevriminin kısa sürede gerçekleştirilmesi için hammaddenin standartları ölçüsünde yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyulur. Bu sayede enjeksiyon süresi kısaltılır. Yüksek sıcaklığın korunması için kalıpta gerekli görülürse yalıtım plakası koyulur.

5.4. Malzeme Sıcaklığı

Plastiklerin enjeksiyonu için belirli ısıya ihtiyaçları vardır ve belli sıcaklıklarda uzun sürede kalması halinde bozulmalar meydana gelir.

Her malzeme için teknik detaylar üreticiler tarafında verilir. Sıcaklık-zaman ilişkisinin bilinmesi kalıp tasarımcısı için önemlidir. Tasarlanan yolluk ve ürün yapısı kalıp konstrüksiyonunu etkiler.

Malzeme, eğer yüksek sıcaklıklarda uzun süre kalması ile yüzeyde sararma meydana gelir. Bununla birlikte malzeme yanmaya maruz kaldığından dolayı mekanik özelliklerinde düşüş görülür.

5.5. Parça Tanımlanması

Tasarımcının parçayı tanıması ile gerekli gördüğü çözümleri bulabilmektedir. Örneğin bir mutfak eşyasında günlük kullanımını ve çalışma şeklini bilmesi ile ürünün kalıplaması sürecinde kalıp ayırım yüzeyinin daha az görünür ve eli rahatsız etmeyecek şekilde konumlandırır.

Tasarlanacak ürün hakkında detaylı belirginliğe sahip olması gerekir. Ürünün kullanım amacı, nasıl kullanıldığı, ihtiyaçları ne kadar giderebildiği, gerekli iyileştirmelerin yapılabilirliğine kadar ürün üzerinde detayları bilmesi gerekir.

Ürün için gerekli toleransların belirtilmesi gerekmektedir. Örneğin bir bardak ürününün tasarımı yapıldığında ürüne ait bir kapak var ise ürünün gerçeği ve varsa tasarımı tedarik edilip uygun toleransların bilinmesi gerekmektedir. Benzer şekilde bir gıda ürününün plastik kutusu ve kapağı yapıldığında bu ürün ilişkisinde sızdırmazlık şartı verilebilir. Bunun için ürünün model ile uygunluğu, gerçekte kalıptan çıktıktan sonra aldığı halini tecrübe edilmesi gerekir.

Ürünün nasıl kullanılacağı ve kullanım yerinin önemi tasarımcıya verilmesi, ürünün fiziksel dayanımlarını, yüzey kalitelerini, ürün üzerindeki yolluk giriş noktasını, iticilerin konumu ve izlerinin kabul edilebilirliğine karar verilmesini sağlar. Bu bilgiler dahilinde tasarımcı ürün üzerinde gerekli feder, köşe yuvarlatmaları, hassas ölçüler, akış yolunda iyileştirmeler gibi ufak değişiklikler ile enjeksiyon prosesini optimum hale getirir.

Parça üzerinde notlar belirtilmeli ve tasarımcının yorumlama yapabileceği alanları belirmesi önemlidir. Tolereaslar, bağlı olduğu parçalar, geçmeler, malzeme seçimi gibi unsurlar verilmeli veya tasarımcıya bırakıldığı açıklanmalıdır.

Parça üzerinde ürünün kalıptan çıkması gereken çıkış yönündeki açılar kontrolu sağlanmalıdır. Kalıp üzerinde çıkış açısı bulunmaz veya ters açıdan kalan bölgeler mevcut ise tasarımcı bu bölgelere gerekli maça veya hareketli sistemler ekleyerek çözüm yoluna gider. Bu yüzden kalıp daha fazla karmaşık hale gelerek işçilik gibi temel sorunların arttırılmasına gidilmektedir.

Ürün üzerinde fazla feder var ise bu federlerin üzerine itici koyulabilir fakat feder kalınlığı kadar koyulacak olan itici küçük çaplarda olacağından kırılma ihtimalinde göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Başka çözüm olarak ise lama şeklinde itici kullanılabilir fakat bu iticilerinde çapak alması ve bakım zorlukları mevcuttur.

Parçalarda çekmenin önemli bir rolü vardır. Kullanılan malzemeler termoplastik olduğu için yüksek sıcaklıklardan düşük sıcaklıklara gelirken belirli oranda homojen olarak küçülme meydana gelecektir. Küçülme oranının dışında ürün tasarımına bağlı olarak kalıp içerisinde çıkan ürün düzensiz çekmelere sahip olabilir. Bu durumlar için ise analiz programları ve benzer ürünler üzerinden elde edilen tecrübelerle ihtiyaç duyulur.

5.6. Kalıp Çevrim Süresi

Çevrim süresi müşteri için önemli bir faktördür. Çevrim süresini kısaltmak ise tecrübe ve belirli bütçe ayrılması ile elde edilir. Örnek olarak özel kalıp malzemeleri, hızlı soğutma sistemleri, yağlanma ve bakım kolaylığı, itici sistemleri gibi etkenler maliyeti arttırır.

Tasarımcı açısından ise cidar kalınlıkları, ürün açıları, yolluk sistemi gibi durumları analiz ederek çevrim süresinin kısaltılmasına yardımcı olur.

5.7. Tasarım Prosedürü

5.7.1. Kalıp ölçülerinin belirlenmesi

Kalıp boyutları öncelikle enjeksiyon makinesinin mengene ölçülerine bağlıdır. Makine belirli ise bazı detaylara dikkat edilmesi gerekmektedir. Makinenin vidalı mili ile bir çevrimde ne kadar malzeme aktarabileceği, makinede hamaddeyi birim zamanda ısıtabilecek malzeme miktarı ve kilitleme kuvvetine bakılmalıdır.

Kavite sayısını da belirlemek gerekmektedir. Teorik olarak kavite sayısını belirlemek gerekirse kalın et kalınlıklarına sahip ürünlerde,

$$K_1 = A_v / M_v \quad (5.1)$$

K_1 = Kavite sayısı (cm^3)

A_v = Makinenin en fazla malzeme miktarı (cm^3)

M_v = Ürün ve yolluk hacmi (cm^3)

İnce et kalınlıklı olan ürünlerde ise malzemenin camsı geçiş sıcaklığının altına düşülmemesi gerekmektedir.

$$K_2 = P / T \quad (5.2)$$

K_1 = Kavite sayısı, ince et kalınlıklı ürünler için (cm^3)

P = Hammaddenin plastikleşme hızı ($\text{cm}^3/\text{dak.}$)

T = Çevrim süresi (dak.)

5.7.2. Kalıp kuvvetinin belirlenmesi

Kalıp için en düşük kapama kuvvetini belirlemek için ürün üzerindeki iç basınç ile yolluklar dahil toplam projeksiyon alanının çarpımı ile belirlenir.

$$F = p \cdot A \quad (5.3)$$

F = Kapama kuvveti

A = Toplam projeksiyon alanı

p = ürün iç basıncı

5.7.3. Kapama kuvveti alanı

Kalıp tasarımında ürün ebatlarının ufak ve ince et kalınlığına sahip olmasından dolayı gerekli enjeksiyon parametrelerine bakıldığında, yüksek kapatma kuvvetine sahip makineler tercih edilmek zorunda olabilir. Bu durumda kalıp tasarımı yapılırken kalıp plaka ölçüleri minimum düzeyde tutulduğunda, kalıp makineye göre çok küçük olacaktır. Bu durum da bağlanan kalıp mengene içerisinde düşük alanı kapsayacağından, yüksek kapama kuvveti boyunca enjeksiyon mengenelerinde merkezlerinde çökme meydana gelir ve bu durumda kalıpta eşit kapatma sağlanamaz. Mengenesinde çökme meydana gelen makinede kalıp denemesi yapıldığında kalıbın

merkezinde bulunan kısımlarda çapaklanmalar meydana gelir. Bu durum hem makineyi yıpratır hemde kalıp ömrünü kısaltır.

Enjeksiyon makinelerinde yüksek kapatma kuvvetine sahip makinelerde minimum kalıp alanı belirtilir. Bu yüzden kalıp tasarımını en küçük seviyede tutmak her zaman doğru kabul edilmez. Genel olarak kolonlara yakın olacak şekilde enjeksiyon makinesinin mengenesini dolduracak alanda kalıp tasarlanmaya özen gösterilir.

5.7.4. Enjeksiyon açılma mesafesi

Tasarım yapılırken enjeksiyon makinesine ait teknik verilerde kalıp kalınlık aralığı ve açılma mesafesi verilir. Kalıp kalınlığına uygun bir şekilde kalıp tasarımı yapılmasına yeterli gelmeyen durumlar mevcuttur. Örneğin çöp kovası gibi uzun olan ürünlerin kalıplanmasında kalıp açılma mesafesine dikkat edilir. Kalıp kalınlığı uygun olmasına rağmen, kalıp açıldıktan sonra ürünün kalıptan çıkması için belirli mesafe gerekmektedir. Bu sebeple enjeksiyon makinesinin açılma mesafesine dikkat edilmesi gerekmektedir.

5.7.5. Ürün kalınlığı ve akış uzunluğu

Plastiklerin belli basıçta ve sıcaklıkta ilerleyebileceği uzunluk mevcuttur. Bu oranı Hagen-Poiseuille kanunundan bulunur. Parçanın akış boyu ile ürün cidar kalınlığının karesi ile olan orandan faydalanır.

Genellikle hammadde üreticileri piyasaya sürdükleri ürünler için teknik verilerini paylaşır. Bu sonuçları deneysel sonuçlar ile desteklerler.

$$\frac{L}{H^2} = \frac{\Delta p}{32 \cdot \phi \cdot V_f \cdot n_{Aeff}}$$

(5.4)

L: Ürün akış boyu

H: $2W.T/(W+T)$ hidrolik yarıçap (W: Genişlik, T: Kalınlık)

ϕ : 1.5 (Genel hal)

V_f : Akış hızı

Δp : maksimum enjeksiyon basıncı (makine kataloglarından bakılmalıdır)

$\eta_{eff} = 250 - 270 \text{ Pa.s}$ Amorf malzemeler için

$\eta_{eff} = 170 \text{ Pa.s}$ Kristalin malzemeler için

5.7.6. Kalıp içerisinde çekme

Ürün tasarımı yapılması ile kalıplama çalışması için öncelikle ürüne çekme oranı verilmesi gerekmektedir. Bu değerler belli aralıklar ile hammadde üzerinde yer alsa da tecrübelerden yararlanılması katkı sağlar. Ürünün boyutsal doğruluğu için kalıp içerisinde belli oranda çekme oranı verilmesi önem taşır.

Çekme oranı sadece çelik üzerindeki ölçülen değer model üzerindeki orandan ölçerek bulmamız yeterli değildir. Kavitenin ölçüleri ısı genleşmeden, yük altındaki esnemenin dolayısı değişir. Parçanın çıktığı zamandaki çekmesi ve uzun süreli çekme durumları da etkiler.

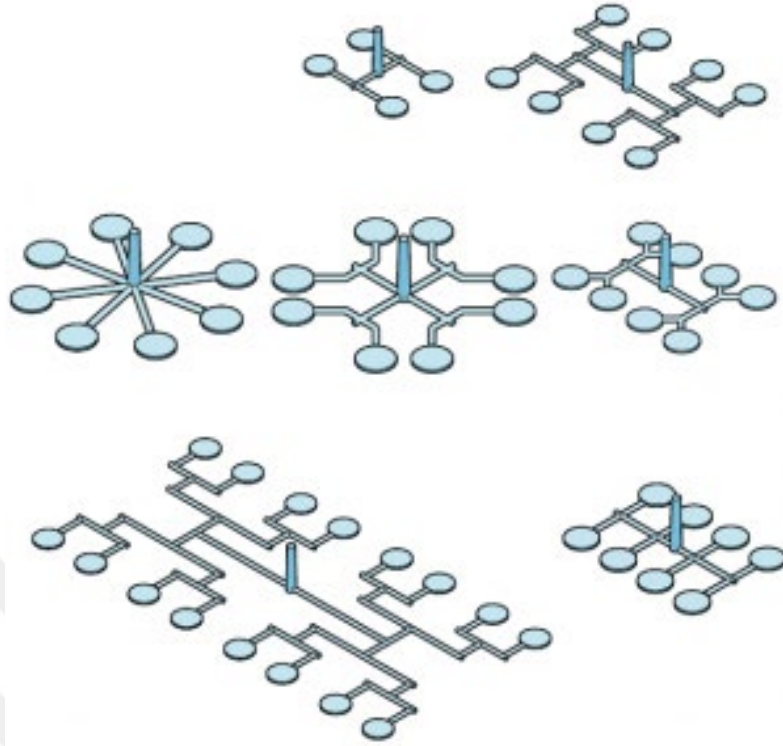
5.8. Kavite Sayısı Hesabı

Kalıp tasarımında kaviye sayısı müşteri talebine bağlı olmadığı durumlarda ilk olarak kaviye sayısı hesaplanmalıdır.

Kalıtı göz sayısı artması üretim adedini doğrudan etkiler. Bununla beraber işleme zorluğu ve maliyetleride benzer şekilde yükselmesine sebep olur. Bu durumun kararına en başta tasarım aşamasında iken karar verilmesi gerekmektedir.

5.9. Kalıp Gözlerinin Konumlandırılması

Kalıp tasarımında kaviye sayısı müşteri talebine bağlı olmadığı durumlarda ilk olarak kaviye sayısı hesaplanmalıdır.



Şekil 5.2: Örnek yolluk dağılımı

Gözlerin dağılımında akış boyunun en az seviye olmasına dikkat edilmeli, gözler arasındaki boşluk, gerekli olan soğutma sistemine ve itici mekanizmasına yer verecek kadar geniş olmalı, gözler içerisinde oluşacak iç basınçın toplam noktası kalıp merkezinde olmalı ve bütün gözler eşit sürede doldurulmalıdır. Yukarıda Şekil 5.2’de örnek olarak verilmiştir.

5.10. Kalıp Ayırma Hattı

Kalıp tasarımında ayırma hattı genellikle ürün ve yolluk bağlantısının olduğu kısımdan ayrılır. Normal kalıplar genellikle 1 yüzeye bağlı olarak ayırma hattına sahiptirler. Fakat daha karmaşık kalıplarda bu ayırma hattı sayısı artar. Bu durum göz sayısı, yolluk sistemi tasarımı ve giriş yapısı, itici mekanizmasına ve ürünün yapısına bağlıdır.

5.11. Malzeme Tercihi

Kalıp ömrünü belirleyen temel unsurlardan biride malzeme tercihidir. Çelikler istenilen aşınım miktarına göre belirli özellikleri gösterirler. Müşteri bütçesine göre ve tasarımcının desteği ile çelik malzemelerin seçimi belirlenir.

Çeliklerin ısıtıl işleme uygunluğu, mekanik özelliklerinin yeterlilik sağlaması, parlatılabilirlik oranı, paslanmaya karşı direnç, talaşlı imalatla kolaylık ve aşınma direncinin iyi olmasına bağlıdır.

Çelik tercihinde öncelik çekirdek lokmalarına verilir. Bu kısımda içerisinde ergimiş plastik bulunmasından dolayı yüksek sıcaklıklara dayanımı gereklidir. Çekirdek lokmaları içerisinde ayrıca yüksek enjeksiyon basıncından dolayı iç basınca karşı direnci malzeme seçilmelidir. Kalıpta itici mekanizması var ise çekirdek lokması içerisinde yataklık yapacağından dolayı aşınma direncinde dikkate alınması gerekir. Yeterli aşınma direncinin olmaması halinde itici parçaları ve yataklık yaptığı çekirdek arasında sarma durumu meydana gelir ve itici sistemi sıkışır. Çekirdek lokmalarında ise hızlı soğutma yapılması önem taşır. Soğutma işlemi çok hızlı gerçekleşirse kalıp çevrim süresi aynı oranda hızlanır. Bunun için bakır-berilyum karışımı malzemeler kullanılması gerekir. Bu malzemelerin avantajı ısı iletim katsayısı yüksek olmasıdır. Bununla birlikte malzeme fiyatının yüksek olması ve ısıtıl işleme uygun olmaması ise dezavantajlarındandır.

BÖLÜM 6. KALIP TASARIMI VE ANALİZ UYGULAMASI

6.1. Tasarım ilkeleri

Bilgisayar destekli kalıp tasarımı, üretimi yapılacak olan parçanın tasarımcıya verilmesiyle ve beraberinde parçaya ait kalıplama şartlarının oluşturulmasıyla süreç başlar. Aşağıda daha detaylı bir şekilde süreçler açıklanmıştır.

6.1.1. Parça Bilgileri

Bu süreçte öncelikle tasarımcıya verilen modelin kontrolü ile başlar. Ürün burada üç boyutlu olarak gösterilmelidir. Bu sayede teknik resimden farklı olarak gerekli görünümlere ihtiyaç duyulmayacaktır. Üç boyutlu olan model sayesinde her yönüyle parça üzerinde kolaylıkla yorum yapılabilmesine olanak sağlayacaktır.

Tasarımcıya verilen model incelenerek, ürün üzerinde mekanik özelliklerini ve kalitesini etkileyebilecek konumlarının kontrolünü yapar. Bu proste tasarım üzerinde değişiklikler yapılması gerekiyor ise ürün tasarımcısı ile tekrardan birlikte parça gözden geçirilir ve kalıplanacak ürün için kritik bilgiler edinilir.

6.1.2. Kullanılacak Enjeksiyon Makinesi Hakkında Bilgiler

Kalıbın tasarımına başlamadan önce bu bilgiler edinilmelidir. Çünkü en temelde kalıbın boyutlarını, ürünün enjeksiyon yapılabilmesi için yeteri kadar makine üzerinde değerlerin olup olmadığı kontrol edilmesi gerekmektedir.

6.1.3. Kalıp Hakkında Temel Bilgiler

Kalıp ebatları, kalıbın tipi, ağırlığı, göz adedi, oluşacak ürünün kalıptan çıkarılma yöntemi, malzemeleri, yolluk bağlantısı, yolluk tipi, itici sistemi gibi durumlar belirlenir.

6.1.4. Kalıp Tasarımı

Temel olarak aşağıdaki adımlara dikkat edilir.

- Ürünün kalıplanabilirlik karakteristiği
- Kalıp ayırım hattının nasıl olunacağı
- Kalıp plakalarının hazırlanması
- Yolluk sisteminin karar verilip tasarlanması
- İtici mekanizmasının kurgulanması
- Soğutma için gerekli şartlar belirlenmesi

6.1.5. Akış Analizi

Analiz, kalıp ve ürün tasarımında oluşabilecek, gözden kaçabilecek hataları önceden görmemizi sağlayıp, günümüzde bu kayıpların önüne geçerek zaman ve para kaybını minimum seviye tutmak için önemli unsurlardandır. Çeşitli analiz programları bu süreç içerisinde olabilecek hataları bize gösterip bu sonuçları gerçekleştirmeden etkili bir şekilde düzeltmemize imkan sağlar.

Analiz programları, parçanın ve kalıp tasarımcısının sorunlarını ve ihtiyaçlarını düşünerek oluşturulmuş programlardır. Bu programlar bilinen şu soruların cevaplarına yardımcı olur:

- Kalıptan çıkarılacak ürün tamamen doldurulabilecek mi?
- Ürün üzerinde birleşim çizgileri ve hava kapanları nerede oluşabilir?
- Ürün malzemesi ne olmalı ve ürüne yolluk girişi nereden konulmalı?
- Tasarlanan yolluk sistemi dengeli ilerliyor mu?
- Kalıpta tasarlanan soğutma sistemi düzgün ve dengeli soğutma yapıyor mu?
- Ürün üzerinde çökmeler nasıl ve hangi kısımlarda olacak?
- Ürün üzerindeki yüzey kalitesi nasıl olacak, yeterli mi?
- Hacimsel olarak çekme nasıl olacak, ütüleme için şartlar nelerdir?
- Çarpılma şartları kabul edilebilir seviyede mi?

Bu sorunların cevaplarını program aracılığı ile tespit edilmesi ile birlikte;

- Parçanın imal edilebilirliği
- Tanımlanan şartlarda tam olarak dolum sağlabileceği

- Programların kütüphanelerinden malzeme seçiminden faydalanma şansı
- Parçaya optimum giriş konumlandırılması
- Kalıp ayırım hattının izlerini görme ve hava kapanlarının konumlarını görme
- Çökmelerin sonuçlarına bakıp tavsiyeler edinme
- Kalıp üzerinde ürünlerin diziliş şeklini belirleme
- Gerekliyse tüm yolluk sistemlerini test etme
- Dengeli bir akış için yolluk tasarımlarını düzenleme
- Dolum basıncını minimum seviyede tutarak enjeksiyon süresini program aracılığıyla belirleme

gibi birçok konuda bu sayede çözüm sağlamaktadır.

6.1.6. Yapısal Analiz

Tasarımcı ürün özellikleri, kalıp tasarım şartları ve enjeksiyon makinesi hakkında gerekli bilgileri edindikten sonra kalıp tasarımına başlar. Elde ettiği tasarım sonucunu, üretim aşamasına geçmeden önce analiz programları yardımı sayesinde gerçekte problemler ile karşılaşmadan program üzerinde bu sorunu görmeyi amaçlar.

Analiz programının içerisinde sıvıların akış mekaniği, titreşim, ısı transferi vb. kavramların görülmesine ve çözüm bulmasına yardımcı olur. Bunun için sonlu elemanlar yöntemi, analiz programları için kullanılan temel çözüm metodudur.

Bu yöntem için önce model, birkaç farklı parametre etkisi ile değişkenlere maruz kaldığından analizi yapılacak olan model kendi içerisinde elemanlara bölünür. Bu olaya mesh veya ağ örme olarak adlandırılır. Analiz sisteminde mesh boyutları küçük ise aynı oranda daha hassas çözümler elde eder. Bununla beraber mesh sayısı arttığından dolayı programın işlem süresinde aynı oranda artacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

Tasarlanan ürünün modeli uygun mesh yapılarına bölündükten sonra çevre şartlarını belirlemek gerekmektedir. Bunlardan biri hammadde tanımlaması yapılmasıdır. Program üzerinde kendi kütüphanesinde mevcut hammadde tanımlayabilir veya gerekli parametreler mevcut ise yeni hammadde tanımlaması yapılabilir. Hammadde tanımlaması ile sınır şartları ve yük tanımlaması yapılarak analiz şartlarının temelleri sağlanabilir. Analiz

programında gerekli parametreleri eklerseniz gerçek sonuçlara aynı oranda yaklaşmanıza yardımcı olacaktır.

6.2. Kalıp Tasarımı Uygulaması

Bu kısımda verilen üç farklı hacimdeki ürünlerin kalıplanma aşaması ve beraberinde analizi yapılarak kalıp tasarım aşaması anlatılacaktır.

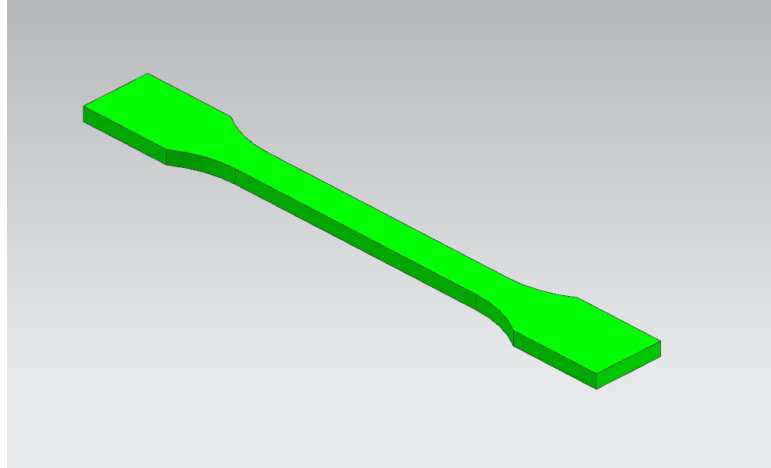
Uygulama aşamasında istenilen temel şartlar;

- Üç farklı ürünün tek bir kalıp içerisinde çıkması
- Soğuk yolluk ile bağlatılarının yapılması
- Ürün kalıpta olduğu zaman itici sistemi ile ürünün kalıptan düşmesi
- Kalıptan çıkan ürünlerin soğuk yolluk ile bağlantılarının el ile ayrılması

koşulları ile uygulamaya başlanmıştır.

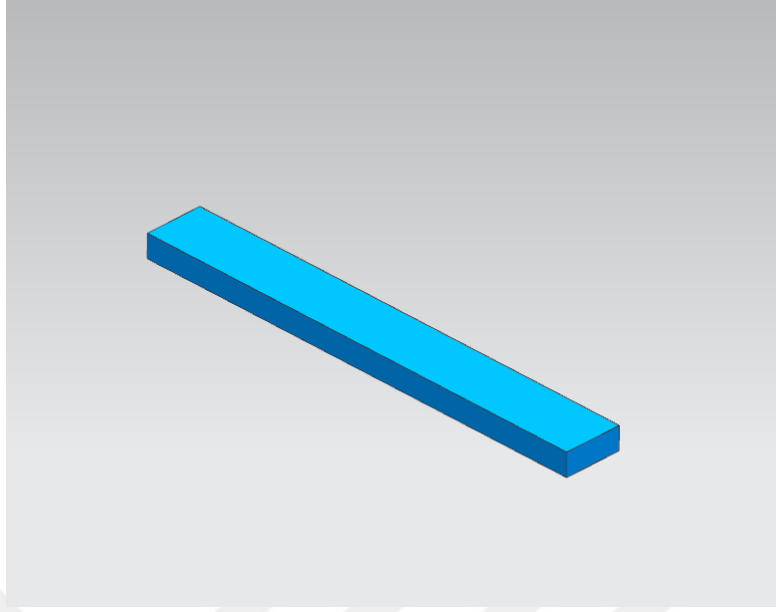
6.2.1. Kalıplama Prosesinde Kullanılacak Ürün

Kalıplama işlemi için seçilen ürünler üç farklı üründür. Bu ürünler test numuneleri olarak isimlendirilip, üç farklı ürününde tek bir kalıptan çıkması istenilmiştir.



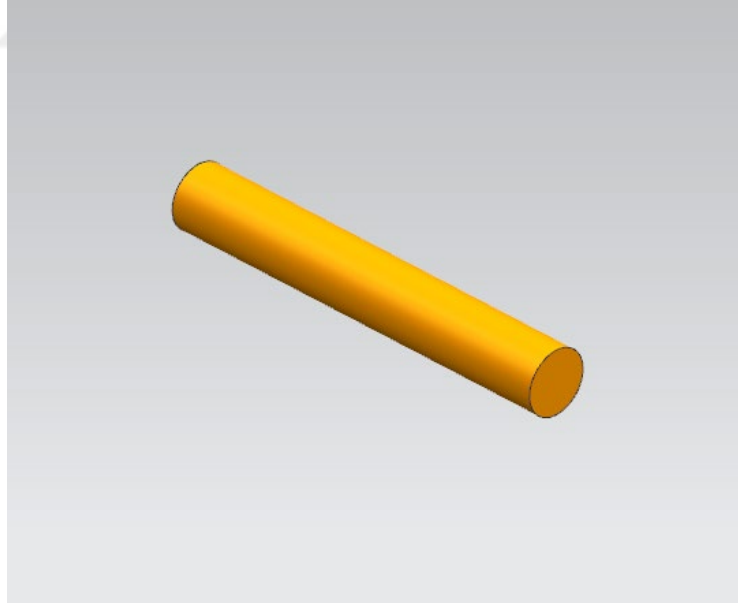
Şekil 6.1: 1 numaralı numunenin 3D modeli.

1 numaralı test numunesinin yukarıda görüldüğü üzere 3D modeli gösterilmiştir. Ürün ebatları kütük olarak hesaplandığında 160x20x4mm gelmektedir. Verilen ürünün hacmine bakıldığında yaklaşık olarak 8900 mm³ olarak programda ölçülmüştür.



Şekil 6.2: 2 numaralı numunun 3D modeli.

2 numaralı test numunesinin Şekil 6.2’ de görüldüğü üzere 3D modeli gösterilmiştir. Ürün ebatları olarak hesaplandığında 80x10x4 mm gelmektedir. Verilen ürünün hacmine bakıldığında olarak 3200 mm³ olarak programda ölçülmüştür.



Şekil 6.3: 3 numaralı numunenin 3D modeli.

3 numaralı numunenin Şekil 6.3’ te görüldüğü üzere 3D modeli verilmiştir. Ürün ebatları Ø6x40mm ölçülmüştür. Verilen ürünün hacmi ise 1131 mm³ olarak programda ölçülmüştür.

Yukarıda belirtilen 3 farklı ürünün tek bir kalıpta oluşturulması istenilmektedir. Ürün tasarımları üzerinde değişiklik yapılmadan ürün istenilmektedir. Gelen ürün tasarımlarına bakıldığı zaman ilk olarak burada hacim farklarının olmasıdır. Kalıp içerisinde ürünlerin dolum analizi yapıldığında eşit sürelerde parçalara dolum sağlanamadığı zaman erken dolan ürünler üzerinde sürekli olarak basınç meydana gelir ve kalıp ayırma hattı üzerinden ürünlerde istenmeyen çapaklanma durumu meydana gelir. Bu durum, ürünlerin eşit sürede dolma sorusuna öncelik vermenin gerekli olduğuna dikkat çekmektedir.

Ürünlerin kalıp içerisinden çıktıktan sonra yolluk ile bağlantılarının el ile ayrılması koşulu olduğundan ürünlerin yolluk girişleri yaklaşık olarak 0.4mm kalınlığından fazla olmaması gerekmektedir.

Bir ve iki numaralı ürünlerin kalınlıkları 4mm ölçüldüğünden ürün dolumu gerçekleşir fakat yeterli ütüleme sağlanamadığından parçanın üzerinde çöküntülere sebep olacaktır. Bu durumun bilinmesi ile sonuçlar kısmında tartışılacaktır ve bu uygulamada çöküntü olmasının kabulü ile uygulamaya devam edilmiştir.

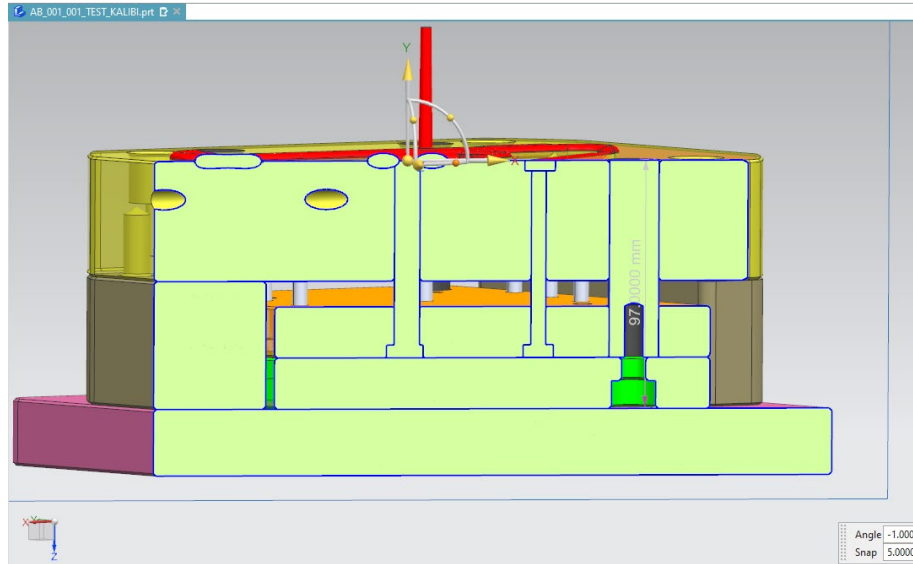
Parçalar için kullanılacak ham madde SK Yuplen B391G kodlu PP hammadesi istenilmiştir. Hamaddenin teknik detayları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 6.1: Kullanılacak hammaddenin teknik özellikleri [23].

Term/Item	Value	Unit	Test Method
Melt Index	40.0	g/10min	ASTM D1238
Softening Point (Vicat)	150	°C	ASTM D1525
Tensile Strength at Yield	270	kg/cm ²	ASTM D638
Elongation at Break	<500	%	ASTM D638
Izod Impact Strength (Notched, -20°C)	2.5	kg·cm/cm	ASTM D256
Izod Impact Strength (Notched, 23°C)	6	kg·cm/cm	ASTM D256
Dupont Impact at -10°C	>20	kg·cm	ASTM D2794
Spiral Flow	>800	mm	SK Method
Flexural Modulus	13000	kg/cm ²	ASTM D790
Hardness (Rockwell)	90	R Scale	ASTM D785
Heat Distortion Temperature	110	°C	ASTM D648
Accelerated Oven Aging (in Air at 150°C)	360	hr	ASTM D3012

Ürünler kalıplanma aşamasına gelmeden önce ürün üzerinde kalıptan çıkmasına engel olacak durumlar belirlenir. Ürünlerin kalıp üzerinde çıkmasına engel olacak durumlar var ise tekrar ürün tasarımına geri dönülür ve tasarıma müdahale edilerek tekrar ürün tasarım sürecinden sürecin başlaması gerekmektedir.

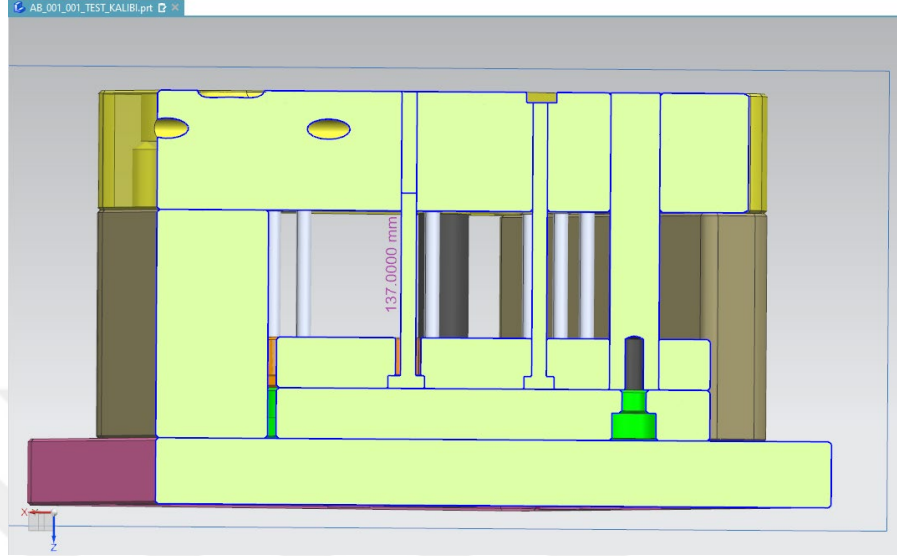
Üç farklı üründe uzun olan ölçüleri yatay düzlemde olacak şekilde konumlandırılacaktır. Üç numaralı aşınma test numunesi alternatif olarak uzun ölçüsü dikey düzlemde konumlandırılarak kalıplanma durumu yapılabilir. Ancak bu şekilde kalıplanması sonucunda itici tarafında tasarlanılacak olan çekirdek lokmanın yüksekliğinin artmasına sebep olacaktır. Ürünlerin hepsi yatay düzlemde konumlandırılıp kalıplama işlemine başlanıldığında itici taraf üzerinde ürün boşlukları oluşturulması ile en fazla 4 mm derinliğe sahip olacaktır. Bu sayede itici sistemi tasarlandığında en az 4mm hareket mesafesine sahip olacak itici sistemi tasarlamak yeterli olacaktır. Üç numaralı ürün uzun olan ölçüsü dikey olarak konumlandırıldığı zaman çekirdek lokmasında 40mm derinliğinde ürün boşluğu oluşturulması gereklidir. Bununla beraber tasarlanacak olan itici sisteminde en az 40mm hareketi elde etmesi gerekli olmaktadır ve kalıp kalınlığının artmasına sebep olmaktadır. Kalıp kalınlığının artması ile çelik sarfiyatı ve kullanılan kalıp elemanlarının daha uzun ölçülerde alınması gerektiğinden ve ürünlerin sadece hacim farklarını dikkate alındığından bu tasarıma devam edilmemiştir.



Şekil 6.5: Ürünlerin uzun kenarları yatay olarak konumlandırılan itici tasarımı.

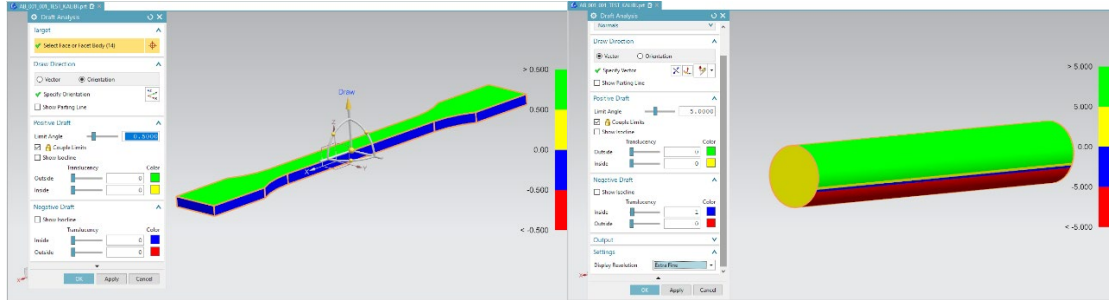
Üç numaralı ürün yatay olarak konumlandırıldığı zaman tasarlanan itici pimi ürünün çap yüzeyinden yararlanması gerekmektedir. Ürün üzerinde itici piminden dolayı izler

oluşacaktır. Üç numaralı ürün üzerinde itici piminden dolayı oluşacak izler kabul edilerek ürünler uzun ölçüleri üzerinde yatay düzlemde konumlandırılarak kalıplama işlemine devam edilmiştir.



Şekil 6.6: Üç numaralı ürünün uzun kenarı dikey olarak konumlandırılan itici tasarımı.

Bir ve iki numaralı ürünler benzer olduğundan, bir ve üç numaralı ürünlerinde tasarım program aracılığı ile açı analizi yapılarak ürünlerin kalıplanabilirliği kontrol edilir. Bununla beraber kalıp içerisinde ürün ayrım hattında belirlenmesine yardımcı olur.



Şekil 6.5: Ürünlerin açı analizi ile 3D görünümü.

6.2.2. Kalıp Tasarımının Süreci

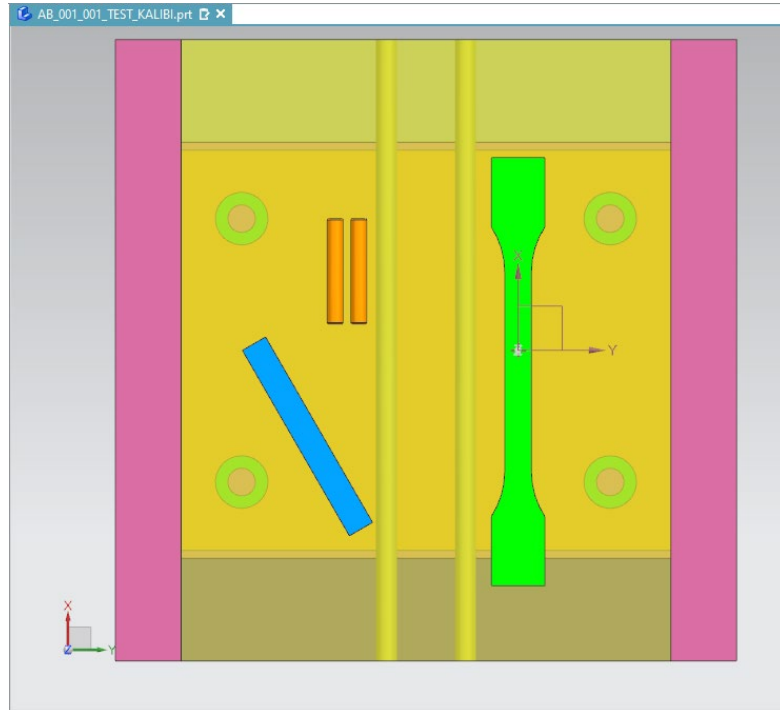
Ürünler incelenip konumlandırılması ve kalıptan çıkması durumu incelendikten sonra ürünlerin konumlandırılması ve yolluk analizine karar verilmesi gerekmektedir. Önce ürünler plastik hammadden üretileceği için kalıp içerisinde belirli bir küçülme faktörü olacaktır. Bu durumun önüne geçmek için kalıplanmadan önce ürünlere belirli bir çekme payı verilmektedir. Kullandığımız hammaddenin çekme oranlarına ve firmaların tecrübelerinden yararlanılarak ürünler 1.016 oranında ölçeklendirilerek büyütülmüştür.

Tablo 6.2: Bazı plastiklerin kalıpta çekme payları[24].

Malzeme Adı	Yoğunluk (g/cm ³)	Kalıp çekme payı (%)
PS (Polistiren)	1,05	0,30- 0,60
PP (Polipropilen)	0,91	0,60- 2,00
PP-30GFR(%30 cam elyaf takviyeli Polipropilen)	1,13	0,16 /1,05
PP-20Talk (%20 talk katkılı Polipropilen)	1,05	1,10
PP-40Talk (%40 talk katkılı Polipropilen)	1,20	0,90
ABS (Akrilonitril Butadien Stiren)	1,05	0,40- 0,70
PE (Polietilen)	0,92- 0,96	2,00- 3,00

Ürünün kullanım amacı farklı hacimlerideki ürünlerin soğuk yolluk aracılığı ile eşit sürede dolmasını göstermek amaçlı verilen ürünlerdir. Bu yüzden kalıp yapılma maksadı test amaçlı olduğundan kalıp maliyetini ve toplam baskı sayısını düşük tutmak amaçlanmıştır. Sıcak yolluğa göre daha uygun bütçeli olarak soğuk yolluk tercih edilmiştir. Soğuk yolluk tasarımını yapılmadan önce ürünlerin konumlandırılmaları ve kalıp üzerinden nasıl çıkartılacağı tercih edilmelidir.

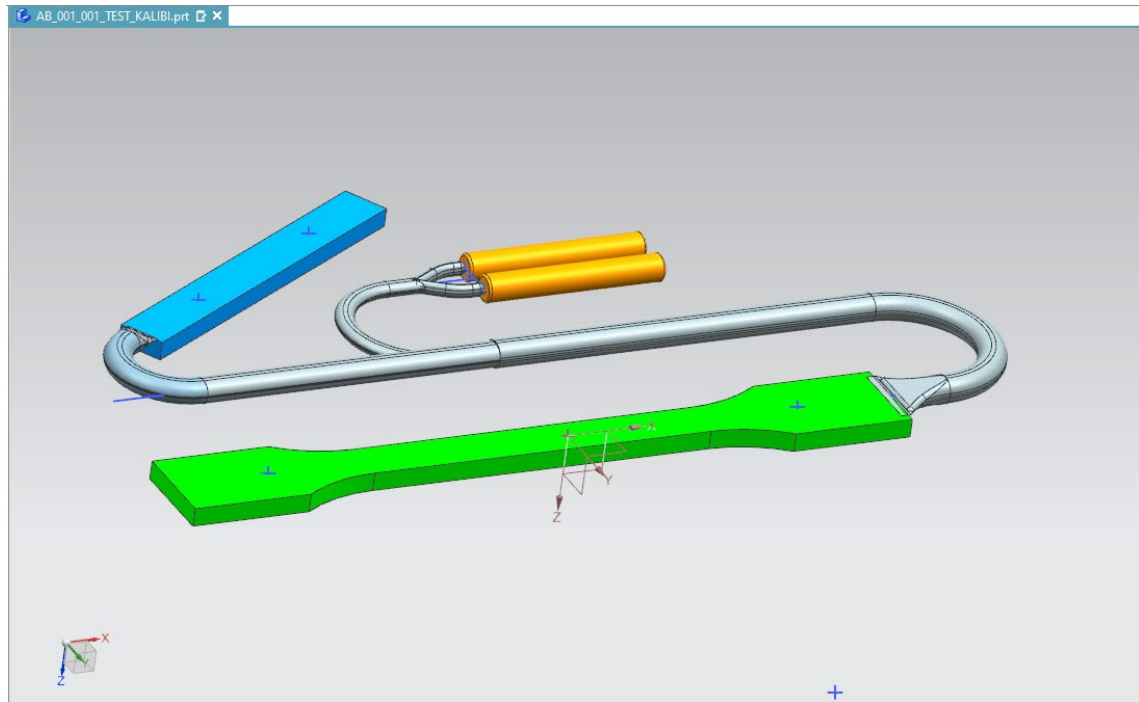
Ürünler itici pimler aracılığı ile kalıbın bağlanacağı enjeksiyon makinesinin itici grubundan faydalınarak itici mekanizmasının kurgulanması gerekecektir.



Şekil 6.7: Ürünlerin soğuk yolluk ile beraber itici sistemi için konumlandırılması.

Şekil 6.7’ de görüldüğü üzere temelde farklı değişkenler mevcuttur. Tasarımda kalıp ebatlarını minimum seviyede tutmak, soğuk yolluk tasarımın yapıp ürünlerin eşit şekilde dolum göstermesini sağlamak, kalıp içerisinde oluşan ürünlerin yolluk üzerinden el ile koparılması amaçlanmıştır. İtici sistemi de kurgulanarak itici sorunları da göz önüne alınarak tasarıma başlanır. Bu aşamada tecrübelerden yararlanmak ve geçmişte yapılan kalıplardan örnekler alarak ilerlemek, tasarım prosesini kolaylaştırmaktadır. Parçaların konumlarını belirlemek için temelde dolduruacak hacim göz önüne alındı ve merkezden dağılacak olan kanallar için önce yolluk iki ayrı hat olarak bölünür ardından bir numaralı ürün en yüksek hacimde olduğundan dolayı yolluktan gelen bir kanal bu ürüne bağlanır. İki ve üç numaralı ürünler ise hacimleri az olmasından dolayı bu hat ise hacimlerine ve işlenebilirlik durumuna göre tekrar gerekli hatlara ayrılmıştır.

Bu süreçte dolum analizi için ön çalışma yapıldığında analiz prgramında istenilen eşit dolum elde edilemediği için üç numaralı ürün için bir adet daha eklenerek yolluk dağıtıcı kanalların dengelenmesi sağlandı. Analiz bu süreçte sadece ön çalışma olarak bakılması ile daha sonra ürünlerin üzerine yapılan giriş kesitleri ile düzenleme yapılarak asıl analiz yapılacaktır. Bu sonuçlar doğrultusunda soğuk yolluk tasarımına başlanır.



Şekil 6.8: Soğuk yolluk çalışması.

malzeme, kalıp ebatları için refans olmuştur. Tasarım aşamasında mevcut ölçülerden daha düşük ölçülere sebep olmadığından dolayı kalıp, bu malzemeye ebatlarına göre çekirdek lokma tasarlanmaya devam edilmiştir.

Tasarımda görüldüğü üzere iki adet üç numaralı aşınma testi ürünü bulunmaktadır. İlk olarak ürünlerden birer adet koyulması ile ürün akış analizi yapıldığında ürünlerin hacim olarak birbirleri arasında farklar olduğundan, ürünlerin yolluk girişlerinde hacimlerine oranla kalınlaştırılması gerektiği tasarım aşamasında görüşmüştür. Daha dengeli bir dolum yapılması için 3 numaralı aşınma testi ürününden iki adet koyulması kabul edilmiştir.

6.2.3. Ürün Dolum Analizi Süreci

Ürünler konumlandırılken beraberinde dolum analizi proseside ilerler. Kalıp tasarımcısı ürünleri kalıp ebatlarını uygun ölçülerde konumlandırmaya çalışırken aynı şekilde tasarlayacağı soğuk yolluk içinde gerekli dağıtıcı kanalları belirlemesi gerekir.

Ürünlerin üzerinde eşit kesit alanları ile yolluk girişi yapılması durumunda, ürünlerin hacim farklarından dolayı en küçük hacim önce dolacaktır. Bu durumun önüne geçebilmek için farklı yolluk giriş kesit alanları ile analiz yapılması gerekmektedir.

Tasarımcı oluşturduğu konumlandırma ile soğuk yolluk tasarımını yapar ve ürünlerin hacimlerine göre soğuk yolluk için gerekli kesitlerde girişleri tasarlar.

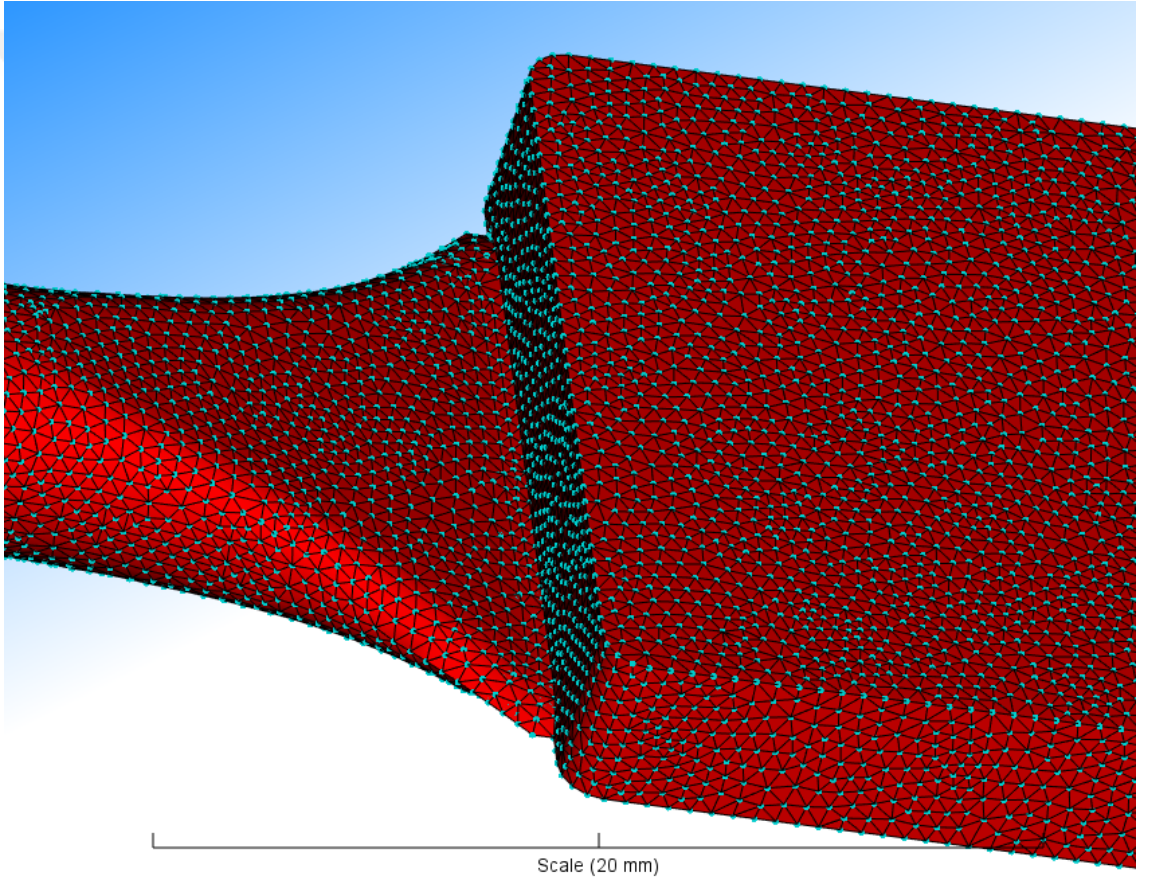
Oluşturulan soğuk yolluklu ürünler kalıp içerisinden çıkarken tek bir parça olarak birbirlerine bağlı olarak oluşturulmuştur. Oluşan tek parçaya salkım adı verilir. Tasarımcı salkım tasarımını oluşturduktan sonra doğruluğunu kontrol etmek için analiz programına ihtiyaç duyar.

Bu çalışmada Moldflow analiz program tercih edilmiştir. Analiz programı sonlu elemanlar sistemi ile çalışmaktadır. Model ilk olarak program içerisine alınır ve önce modelin nasıl tanımlanması gerektiğini belirler. Üç boyutlu ve yüzeyler olarak seçenek verir. Programda ‘Dual-Domain’ olarak iki boyutlu olarak değerlendirme seçeneği, analizi yapılacak modelin dış yüzeylerini ele alır. Modelde et kalınlıklarının çok fazla değişkenlik göstermemesi durumunda bu seçenek tavsiye edilir. Bu sayede daha az hesaplama süresi ile işlemler sonuçlanır.

Diğer seçenek olarak '3D' verilir. Bu seçenekte ise ürün hacimsel olarak değerlendirilir ve daha fazla değerlendirilecek kısımları oluşturulduğu için işlem süresi daha uzun sürer.

Tasarlanan salkım soğuk yolluk bağlantı şeklinden dolayı farklı et kalınlıkları içermektedir. Üç boyutlu olarak model değerlendirilmesi seçilmiştir.

Modelin analizinin detayı belirlenebilmesi için ürün mesh adı verilen düzlemlere ayrılır. Bu düzlemlerin sayısının artmasına oranla analiz detayı artar. Mesh yüzeylerinin kesiştiği kısımlarda noktalar oluşturulur. Noktalar ise aslında programın hesaplama yaptığı koordinatları temsil eder.



Şekil 6.9: Ürün üzerinde mesh gösterimi.

Şekil 6.9' da model program içerisine alınır ve üç boyutlu analiz seçeneği ile uygun mesh aralığı belirlenip analiz için gerekli sıklıklar belirlenir.

Salkım üzerine enjeksiyon noktası belirlenmesi ile hammadde tanımlanır. Program kütüphanesinde malzeme bulunur ve tanımlanır.

```

Material Data:
=====
Manufacturer      SK Corporation
Trade name        Yuplene B391G
Family name       PP+PE

Specific heat (Cp)                = 2270.0000 J/kg-C

Thermal conductivity              = 0.1300 W/m-C

Transition temperature            = 114.0000 C
pvT Model: 2-domain modified Tait

```

Şekil 6.10: Analiz programında tanımlanan hammadde.

Enjeksiyon süresi ilk olarak otomatik olarak seçilerek ilk olarak denemelere başlandığında yaklaşık iki saniye sürede dolum gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu sebeple enjeksiyon parametreleri tanımlanması yapılırken iki saniye dolum süresi ve yirmi saniye soğutma süresi belirlenmiştir. Hammadde sıcaklık ve kalıp yüzey sıcaklığı tanımlanarak analize başlanmıştır.

```

Temperature control:
-----
Melt temperature                = 230.00 C
Mold temperature                = 30.00 C
Mold-melt heat transfer coefficients
    Global values. (Superseded by any values set on individual elements.)
    Filling                      = 5000.0000 W/m^2-C
    Packing                     = 2500.0000 W/m^2-C
    Detached                    = 1250.0000 W/m^2-C
Atmospheric temperature        = 25.00 C

Filling Control:
-----
Filling control type            = Injection time
Fill time                      = 2.00 s
Stroke volume determination     = Automatic

Velocity/pressure switch-over control:
-----
Velocity/pressure switch-over control type = Automatic

Pack/holding control:
-----
Pack/holding control type       = % Filling pressure vs time
Pressure profile:
    duration % filling pressure
    -----
    0.00 s 80.00
    10.00 s 80.00

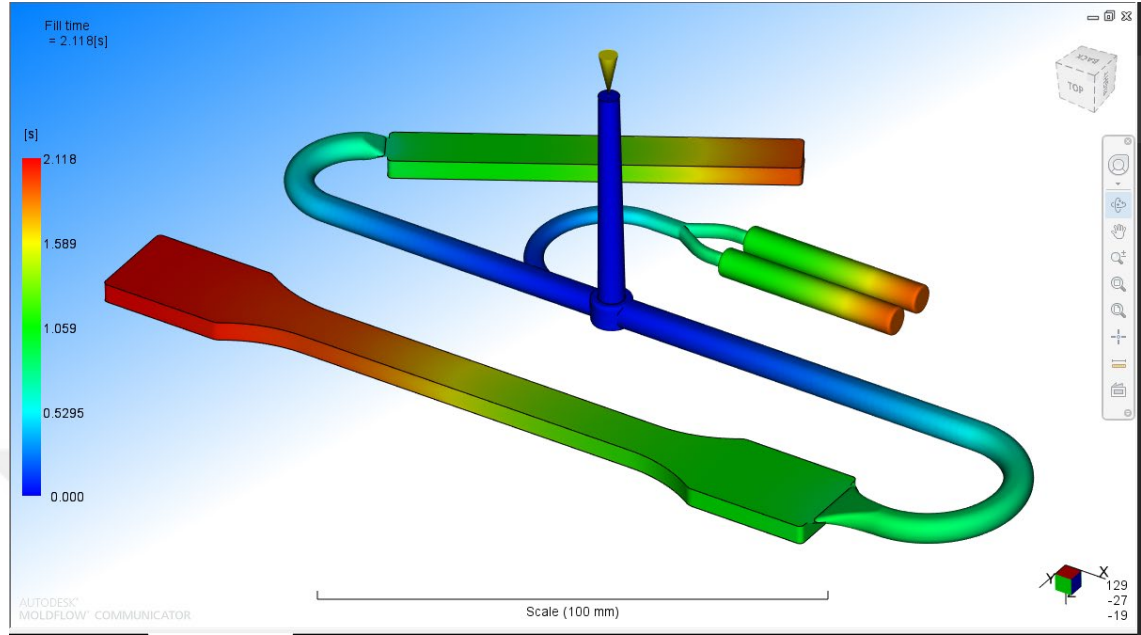
Cooling time:
-----
Cooling time determination     = Specified
Cooling time                   = 20.0000 s

```

Şekil 6.11: Enjeksiyon ayarlarının programda gösterilmesi.

Program içerisinde dolum analizi ve ütüleme analizi yapılması ayarlanmıştır. Analiz sonucunda 3 numara ile gösterilen en yüksek hacimli olan ürüne geç dolum yapıldığı belirlenmiştir. Geç dolan ürün üzerinde yolluk girişinin kesiti iki katı kadar büyük tasarlanıp analizi tekrar yapıldığında eşit sürede dolum yapamadığı gözlenmiştir. Bu durumda tasarımcı analiz programında kesit girişinin etkisinin az olduğunu görmesi ile en az riskli olan durumu tercih ederek büyük hacimli ürün üzerine daha dar olan kesit alana sahip girişi kabul edildi. Bu sayede kalıp üretiminden sonra deneme baskısı

alınarak gerçekte oluşan dolum gözlemlenerek geç kalan ürünlerin yolluk girişlerine daha sonra müdahale etme imkânı elde edilebilir.



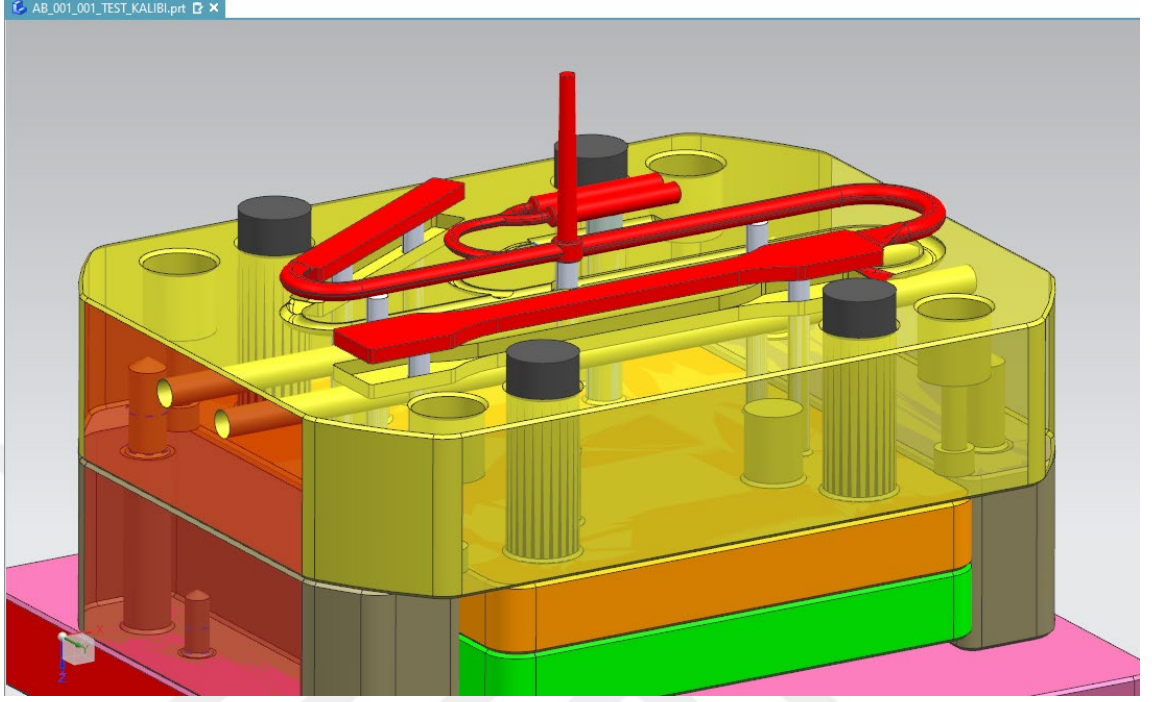
Şekil 6.12: Tercih edilen giriş ile analiz sonucunda görülen dolum süresi.

Şekil 6.12’de görüldüğü üzere yan yolluk yapılarak direk giriş tercih edilmiştir. Kolay koparılabilmesi şart koşulduğu için 0.45mm’ den daha kalın tasarımdan kaçınılmıştır. Bununla birlikte işlenebilirliği daha kolay ve yolluk sebebiyle oluşabilecek sorunlar en az seviyeye indirilmiştir. Soğuk yolluk tasarımı görüldüğü üzere analiz sonucunun, uygun dolum süresinin gözlemlenmesiyle salkım tasarımına karar verilir.

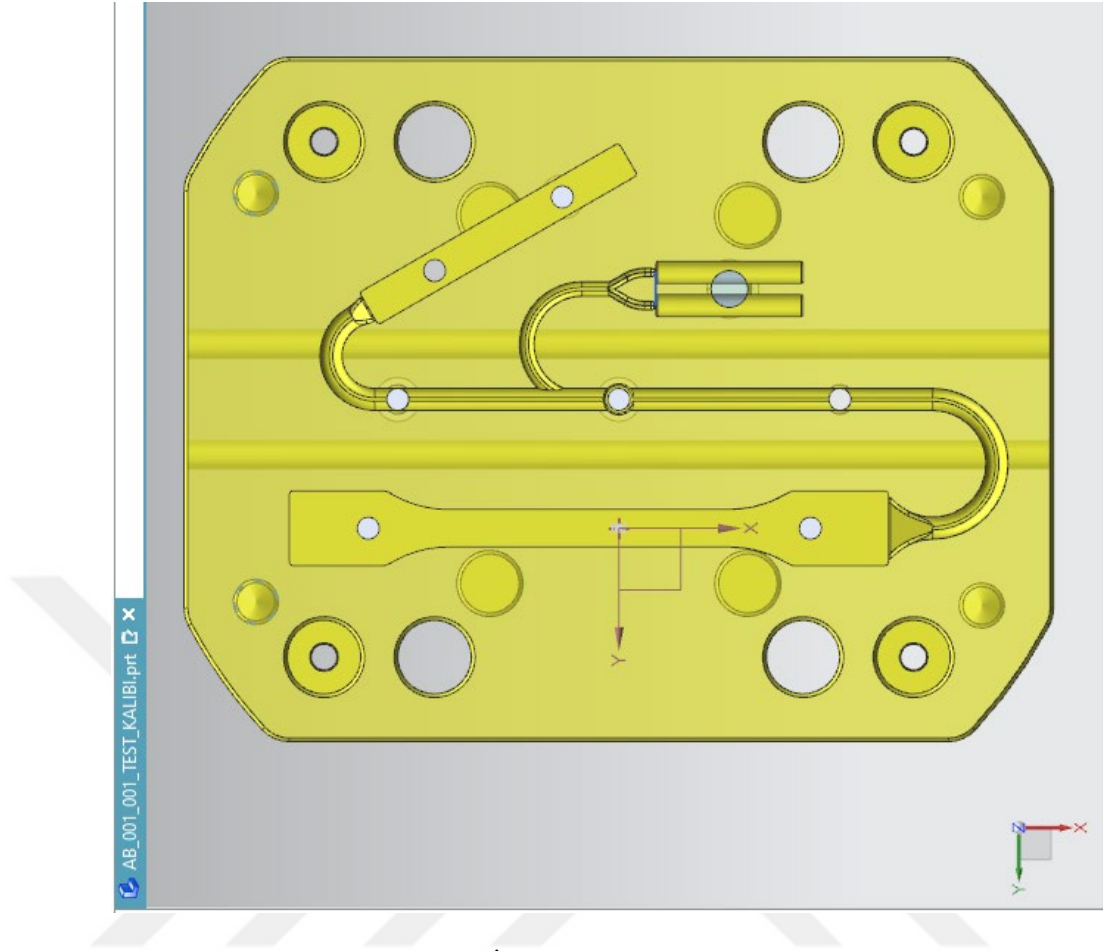
Oluşan salkımın kalıp içerisinden itici pim sistemi ile çıkmasını kolaylaştırmak için soğuk yolluk üzerine üç adet Ø6mm çapında itici pim yerleştirilmiştir. Ek olarak 1 ve 2 numaralı ürünlere ikişer adet Ø6mm çapında itici pim konumlandırılmıştır. 3 numaralı ürünler için ise işlenebilirlik ve daha az işçilik açısından 2 eş ürün paralel konumlandırılıp bir adet Ø10mm itici pim ile her ikisinin de çıkmasını sağlayacak şekilde konumlandırılmıştır.

İtici pimlerini konumlandırılması ile birlikte itici pimlerinin aşınmasını azaltmak için yardımcı olarak itici plakasına ait indüksiyon işlemi ile sertleştirilmiş mil kullanılarak itici plakasının ağırlığından dolayı itici pimlerin maruz kaldığı sürtünme azaltılıp itici plakasına ait kolonlara dağıtılmıştır. Bu kolonlar ayrıca kalıp ayırım yüzeyine paralel

olacak şekilde yüksekliği ayarlanarak kalıpta itici sistemi geri kurulmadığı takdirde kalıp kapanırken itici pimlerin zarar görmesi engellenmiştir.

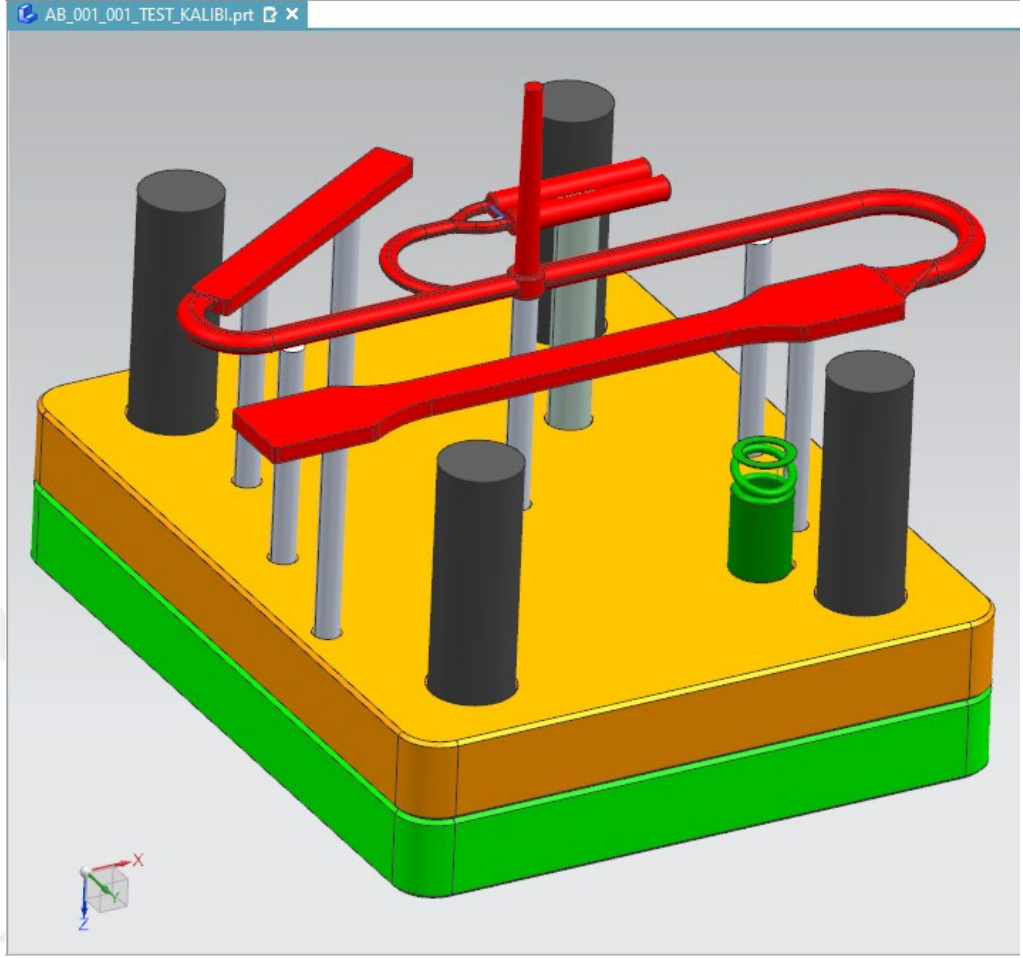


şekil 6.13: İtici sisteminin ileri hareket ile son konumu.



Şekil 6.14: İtici pimlerin konumlandırılması.

Kalıpta tasarlanan itici mekanizması iki plakadan oluşur. Bunlar itici ön ve itici arka plakalarıdır. İtici ön plaka kalıp çekirdeğine daha yakın olan plakadır ve itici pimlerinin şapkaları bu plaka içerisinde yuva açılarak itici pimleri bu plakaya geçer. İtici sisteminin kolonları ise aynı şekilde itici ön plakasına yerleştirilir. İtici pimleri toplanan kalıp önce çekirdek lokmasına geçirilerek pimlerin hareketinde sorun olmadığı tespit edildikten sonra itici arka plakası ile itici ön plakası birbirlerine bağlanarak itici mekanizması grubu toplanır.



Şekil 6.15: Test numunelerinin itici grubu.

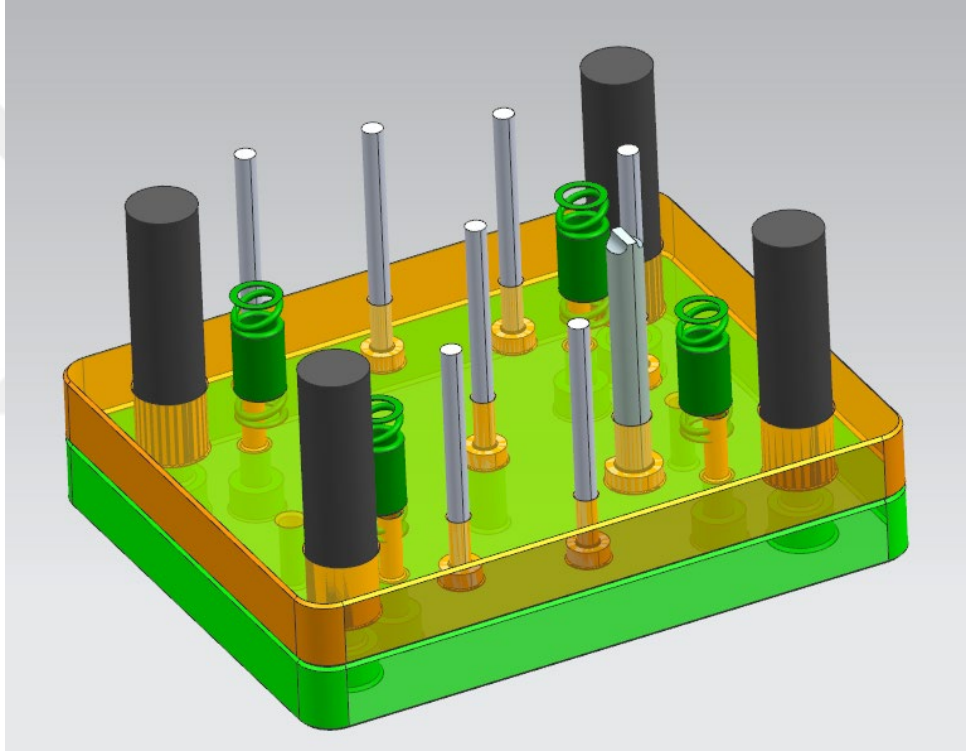
Şekil 6.15'te görüldüğü üzere dört adet Ø20mm itici grubuna kolon konulmuştur. İtici sistemi enjeksiyon makinesine bağlanabilmesi için itici arka plakasının merkezine M12 diş çekilerek adaptör parça yapılmıştır.

Enjeksiyon makinelerinde itici grubu temelde orta kısımdan cıvata yardımı ile bağlantı yapılarak montajı gerçekleştirilir. Büyük kapatma kuvvetine sahip enjeksiyon makinelerinde ise merkez haricinde dört veya daha fazla itici millerine sahiptir. Bunun sebebi büyük ürünlerin kalıptan çıkması sırasında daha fazla kuvvete ihtiyaç duyulmasından dolayıdır. Bu itici kuvvetinde dengeli olarak iletilmesi için maddenin merkezi dışında kenar noktalarında sadece itmek üzere itici milleri yerleştirilir.

Enjeksiyon makinesinin itici mekanizması kalıp içerisinde bulunan itici sistemine bağlanarak kalıp içerisindeki itici grubunun ileri ve geri yönde gitmesi sağlanır. Kalıp enjeksiyon makinesi içerisinde çevrim sırasında itici sisteminin ileri gidip geriye

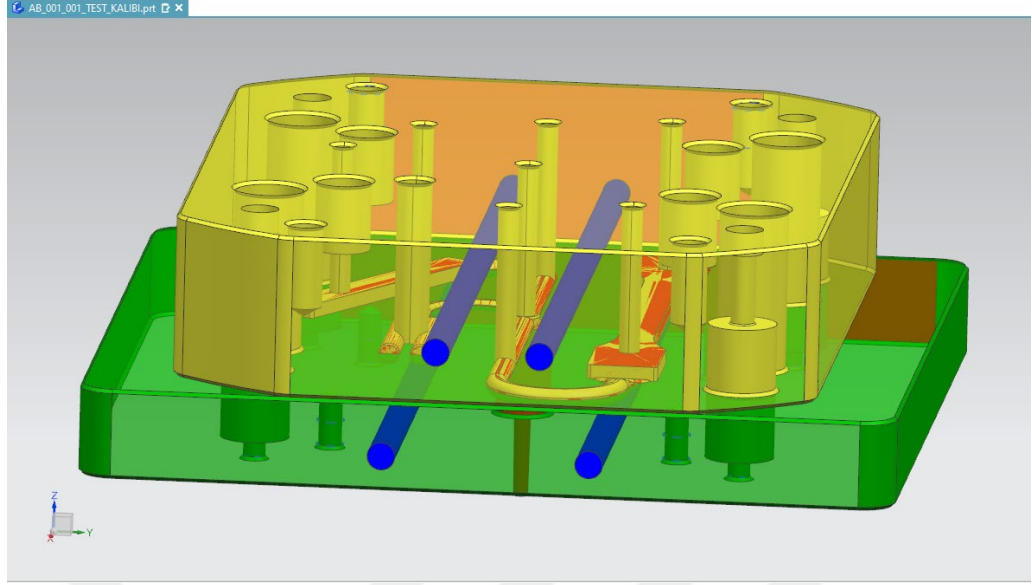
gelememesi gibi bir sorun oluştuğunda şekil 6.15' te görülen siyah renkli 4 adet milin, uç kısımlarının kalıp ayırım yüzeyi ile eş seviye olduğundan dolayı kalıp kapanırken önce bu mile temas ederek itici sisteminde pimlerin zarar görmesini engeller.

Benzer şekilde kalıp içerisinde itici plakası ile çekirdek parça arasına 4 adet 16mm yeşil renkli yay koyulmuştur. Kalıp elemanlarında yaylar renklerine göre sınıflandırılarak satılır. Kalıp içerisindeki ürünlerin basitliği ve iticisi mekanizması 10mm harekete sahip olduğundan dolayı hafif yük olarak değerlendirip yeşil renkli yay tercih edilmiştir. Bu yaylarda kalıpta itici grubu ileri pozisyonda olduğu zaman itici grubunun geriye çekilmesine yardımcı olacaktır.



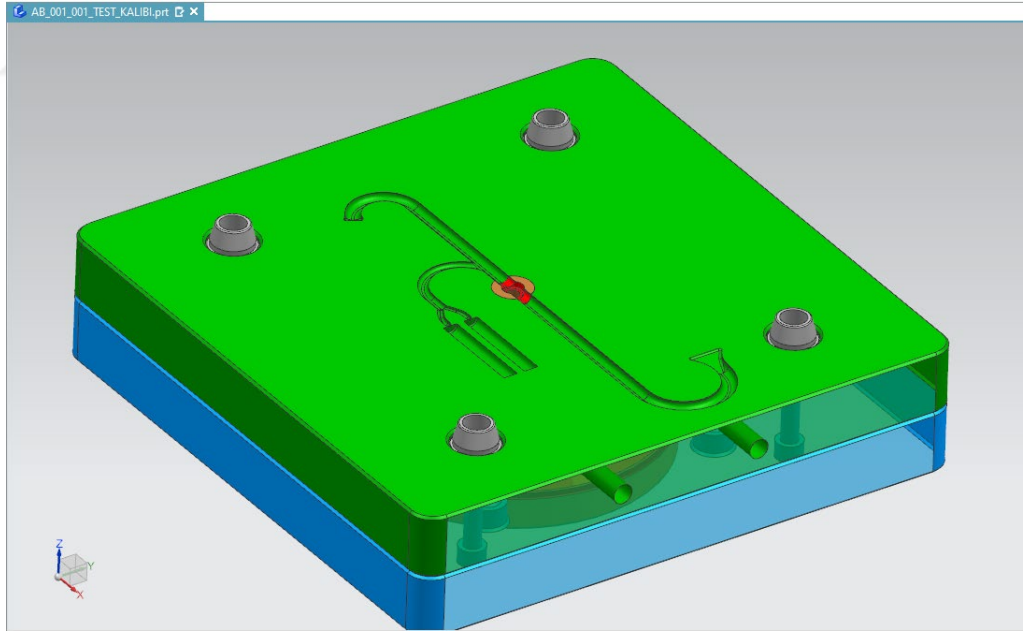
şekil 6.16: İtici grubu şeffaf görünüm.

Kalıpta dikkat edilmesi gerek diğer bir başlık ise soğutma sistemidir fakat bu ürünlerin test ürünleri olması ile sadece kalıbın çekirdeklerinde, merkeze yakın su delikleri açılarak M12 diş ile rekor giriş ve ıkışları tanımlanmıştır.



Şekil 6.17 : Çekirdek plakarı üzerinde açılan su delikleri

Kalıpta çekirdek plakaların birbirlerini merkezlemesi için yuvarlak konik kilitler kullanılmıştır. Bu sayede kalıp enjeksiyon makinesinde açılıp kapanırken bu merkezleme elemanları sayesinde yataklanmıştır.



Şekil 6.18: Kalıpta enjeksiyon tarafında bulunan konik kilitler.

BÖLÜM 7. KALIP İMALATI VE ENJEKSİYON UYGULAMASI

7.1. Kalıp İmalatının Uygulanması

Tasarım aşamasına karar verildikten sonra imalata parçalar hazırlanır. Kalıp tasarımı, çekirdek plakalarının teker teker, gerekli durumlarda ise birleşik olarak kaydedilir ve üretim bölümüne dosyalar aktarılır.

İmalat sürecinde CNC dik işleme tezgâhı yardımı ile kütük olarak gelen çelikler işlenir ve kalıp plakaları imalat aşamasına geçer. Ürün tasarımı ve kalıp tasarımında dikkat edilmesi ile imalat işlemlerinin büyük bir kısmı CNC dik işleme tezgahından çıkacak şekilde üretilmiştir. Plakaların düzlükleri ise yatay taşlama tezgahında taşlanarak kalıp parçalarının birleştirilmesi ile devam edilecektir. Bu süreçte yolluk tasarımında Ø2mm den ufak takım kullanılmayacak şekilde tasarım yapılmıştır. Ürünler ise köşelerinde en az Ø1mm olan takım ile işleme yapılacak şekilde tasarımı yapılmıştır. İtici pimleri ise en küçük Ø6mm olduğundan dolayı da freze takımlar ile işleme yapılarak hassas çaplar çıkartılmıştır. İtici pimlerinin Ø6 mm çapta seçilmesi, soğuk yolluk kanallarının 6 mm genişliğe sahip olmasından dolayı çeşitliliğin az olması için tercih edilmiştir.

İtici pimlerin çekirdek üzerinde yaklaşık 10mm kadar yataklama yapılması sağlanacak şekilde hassas işlenmiştir. 10mm yataklamadan sonra çapta 0.1mm boşluk bırakılarak delikler işleme alınmıştır.

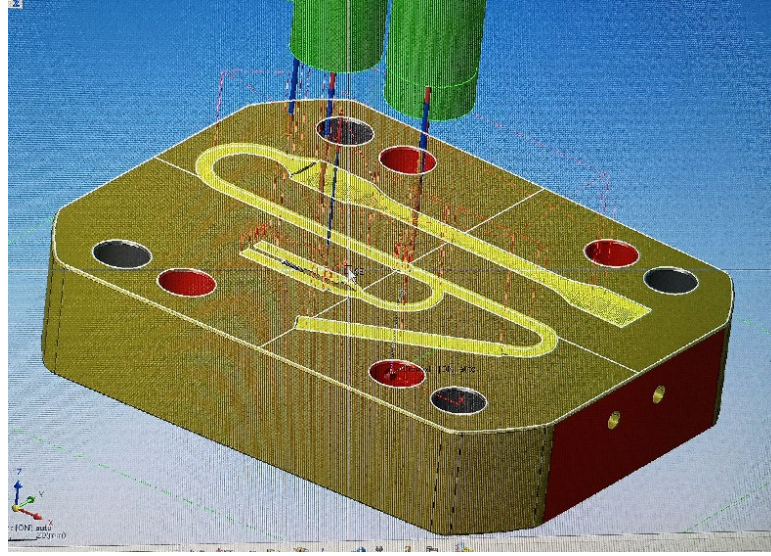
Kalıpta arka plakalar için DIN 1.2085 kullanılırken çekirdek plakalarda ise DIN 1.2344 çeliği kullanılmıştır. DIN 1.2344 çeliğinin özelliği yüksek ısı kararlılığına sahip olmasıdır. Yüksek sıcaklıklarda aşınmalara karşı dayanıklı olup yüksek sıcaklıklarda tok ve homojen yapıya sahiptir.

1.2085 PLASTİK KALIP ÇELİĞİ	Malzeme No: 1.2085									
	AISI KODU : X33CrS16 (AISI : 420 FM)									
Kimyasal Analiz %	C	S	Cr	Mn	Ni					
	0,30 - 0,34	0,08 - 0,11	15,00 - 17,00	1,38 - 1,42	0,90 - 1,02					
Teslimat Sertliği	Teslimat max 320 HB									
Yaygın Kul. Sertliği	50 - 55 HRC									
Özellikler	Korozyon dayanımlı, ön sertleştirilmiş ve miknatslama özelliği olan işlenebilirliği yüksektir. Sertleşebilirliği 1.2316 ya göre daha düşüktür.									
Uygulamalar	Paslanmazlık gerektiren plastik kalıplarda kullanılır.									
Isıl İşlem		Sıcaklık	Süre	Soğutma						
	Yumuşatma	850-880°C	2-5 Saat	Fırında						
	Gerilim Giderme	600-650°C	2 saat	Fırında						
	Sertleştirme	1000-1050°C		Yağ,Hava,Sıcak Banyo 500-550°C						
	Menevişleme	200-580°C	Her 20 mm için 1 saat	Hava Sirkülasyonu						

1.2344 SICAĞ İŞ TAKIM ÇELİĞİ	Malzeme No: 1.2344									
	AISI KODU : X40CrMoV51									
Kimyasal Analiz %	C	Si	Cr	Mo	V					
	0,38 - 0,42	0,90 - 1,10	5,20 - 5,40	1,3 - 1,42	0,95 - 1,05					
Teslimat Sertliği	Yumuşak tavlı olarak max 230 HB olarak sevk edilir. (Ham)									
Yaygın Kul. Sertliği	58 - 62 HRC									
Özellikler	Cr - Mo - V alaşımli sıcak iş takım çeliği, yüksek sıcaklıkta iyi dayanım ve tokluk, termal şoklara ve termal aşınmaya karşı dayanım, iyi i ve iyi parlatılabilirlik									
Uygulamalar	Hafif metallerin enjeksiyon kalıplarında, dövme kalıpları ve çekirdekleri, ekstrüzyon kalıpları, sıcak kesme bıçakları, aşındırıcı plastiklerin kalıplarında kullanılır, plastik kalıpları, ekstrüzyon kalıpları									
Isıl İşlem		Sıcaklık	Süre	Soğutma						
	Yumuşatma	820-840°C	2-5 Saat	Fırın						
	Gerilim Giderme	600-650°C	Min. 4 Saat	Fırın						
	Sertleştirme	1000-1050°C	Kesit Kalınlığına Bağlı	Yağ,hava,sıcak banyo 300-500°C						
	Menevişleme	180-580°C	Min. 2 Saat	Min. 4 Saat						

Şekil 7.1: Kullanılan DIN 1.2344 ve DIN 1.2085 teknik özellikleri [25].

Çelikler CNC tezgahında işleneceği için CAM programına ihtiyaç duyulmuştur. Tasarlanan kalıp parçaları CAM program için tek tek gönderilir ve gerekli takım yolu oluşturulur.



Şekil 7.2: Parçaların CAM programı ile takım yolunun oluşturulması.

Program içine alınan parçalar önce operatörün ayarlaması gereken merkez koordinatlarına taşınır. Takım yolu stratejilerine gelerek önce malzemenin kütük hali tanımlanır ve parça dış ölçülere getirilmesi için takım yolu oluşturulur. Yükseklik olarak ölçüye getirmek için gerekli takım yolu oluşturulduktan sonra parça kaba olarak ölçüye gelir. Parça üzerinde delik var ise önce delikler delinerek devam edilir.



Şekil 7.3: Kütük malzemenin ölçülerine getirilmesi.



Şekil 7.4: Parça üzerinde gerekli deliklerin delinmesi.



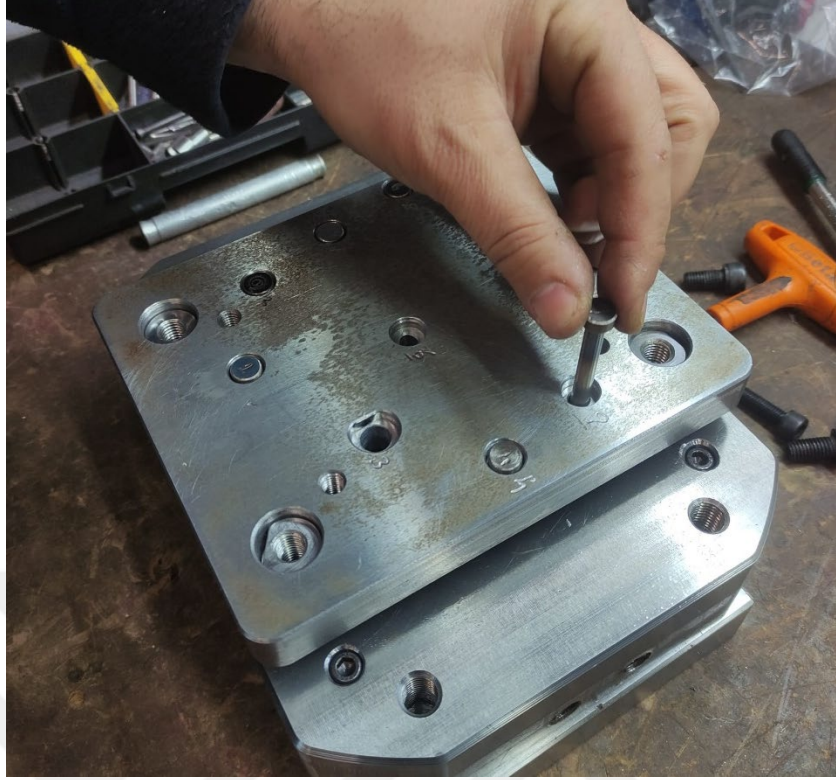
Şekil 7.5: Kütük parçadan arka plakanın işlenmesi.

Parçaların imalat işlemi bitmesi ile gerekli olan referans yüzeyleri işlenir ve tezgâhtan parçalar alınır.

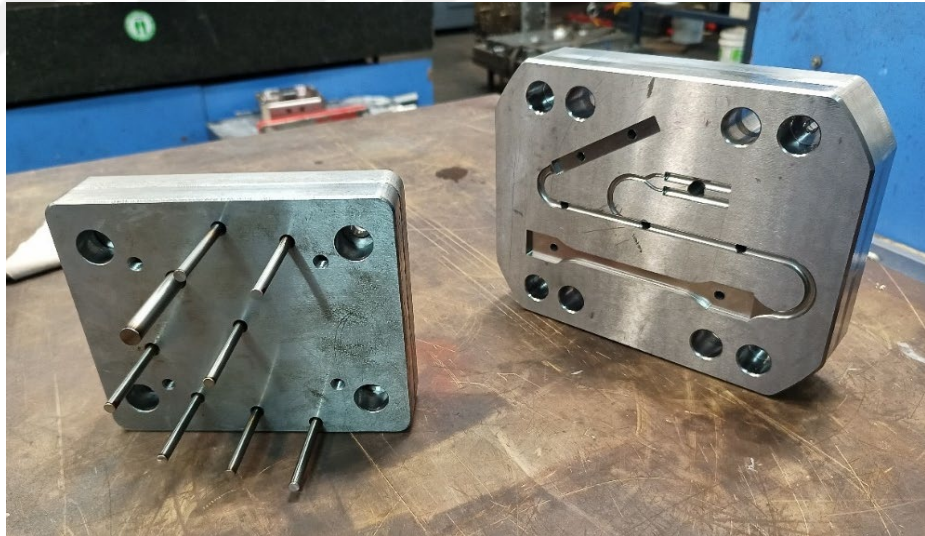


Şekil 7.6: İtici taraf arka plakasının CNC frezede işlenmesi sonrası görüntüsü

Parçaların işlenmesi ile oluşan kalıp plakaları önce yatay taşlama ile plakaların yüzeyler hassas olarak ölçüye getirilir ve sırasıyla toplanır. İtici tarafında pimler ve kolonların itici ön plakasına geçirildikten sonra çekirdek plakaya pimler yataklanır. Pimler üzerinde karışıklık olmaması için her bir pim üzerine rakamlar verilir ve pimlerin yataklaması kontrol edilerek gerekli tesviyeler yapılır. Pimlerin çalışmasında sorun görünmediği takdirde itici arka plakası ile itici ön plakası cıvatalar ile bağlanarak itici grubu oluşturulur.



Şekil 7.7: İtici pimlerinin montajı.



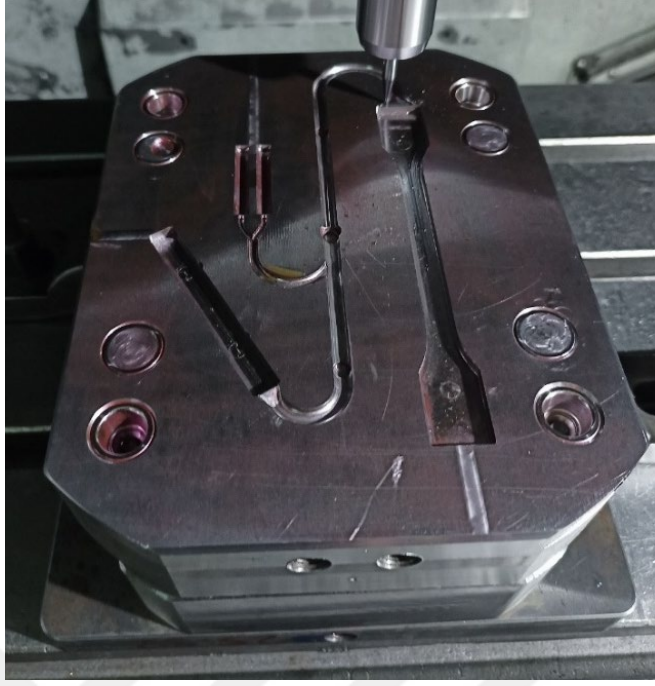
Şekil 7.8: İtici grubu ve itici taraf çekirdek plakası.

İtici grubu toplandıktan sonra kalıbın enjeksiyon makinesinde kalan hareketli tarafta toplanır.



Şekil 7.9: İtici taraf arka plakasının montaj öncesi hali.

Kalıbın hareketli grubu toplandıktan sonra itici pimlerinin boyunu ve 3 numaralı numunenin form yüzeyine gelen tarafını işlemek için kalıbın hareketli grubu birleşik olarak CNC dik işleme tezgahına alınarak sonra işlemleri yapılır. Bu işlem için daha önceden işlenen parçaların üzerinde referans yerlerinin tezgâhtan sökülmeden önce olmasına dikkat etmek gereklidir. Bu sayede tekrardan talaş kaldırma işlemi yapılacağı zaman aynı referanslardan çalışılarak parça üzerindeki hassasiyetin korunmasını sağlanır.



Şekil 7.10: İtici pimlerinin, kalıp birleşik halde iken son işlemlerinin yapılması.

İtici pimlerinin çekirdek ile beraber ölçülerinin ve formlarının imalatı ile kalıbın hareketli tarafında kalan bölümü ile işlem biter. Son olarakta gerekli olan gaz kanalları açılarak ürünlerin içinde gaz sıkışmasını engellenir. PP malzeme için tavsiye edilen gaz kanalı 0.01mm olacak şekilde ayarlanmalıdır.



Şekil 7.11: Enjeksiyon tarafı plakanın işlenmesi.



Şekil 7.12: Kalıbın montajlanmış son hali.

İmalat prosesinin tamamlanmasıyla kalıp, enjeksiyon denemesine hazır hale getirilir. Gerekli su bağlantıları ve kaldırma parçası hazırlanır. Son olarak kalıp montajında kolaylık olması açısından plakalarının üzerine numaralar verilerek yön ve montaj sıralamasının bilgisi verilir.

7.2. Kalıp Enjeksiyon Denemelerinin Yapılması

Bu proste kalıp JonWai 180-SD model enjeksiyon makinesinde denemeleri yapılmıştır. Denemelerin yapıış amacı analiz programında gösterilen eşit dolumun gerçekte aynı dolum oranına sahip olduğunu görmektir. Denemeler için kullanılan enjeksiyon makinasının özellikleri aşağıda verilmiştir.

Enjeksiyon makinenin temel özellikleri;

- Üretim yılı: 2010
- Vidalı mil çapı: 60mm
- Enjeksiyon kapasitesi 678cm³
- Enjeksiyon nozzle hareket mesafesi: 365mm
- Kalıp kapama kuvveti: 1800kN
- Kolonlar arası mesafe (YxD):480x480mm
- Kalıp kalınlığı (max-min):150-500mm
- İtici sistemi hareket mesafesi: 130mm
- Kovan ısıtıcı gücü: 14.8kW
- Kalıp bağlantı flanş çapı: Ø125



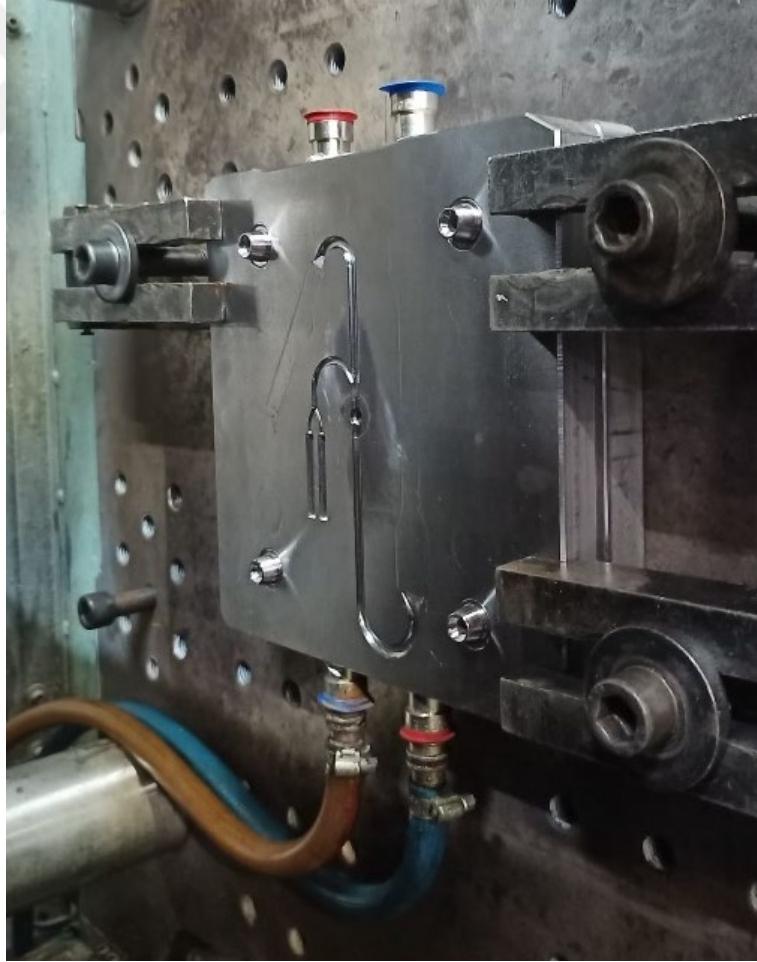
Şekil 7.13: Denemelerde kullanılan PP-kopolimer plastik hammaddesi.

Kalıp enjeksiyon makinesine flanş yardımı ile merkezlenerek mengene içerisinde bulunan yuvaya oturtulmuştur. Makinenin hareketli tarafıda kalıba oturacak şekilde kapatılmıştır. Kalıp bağlantısı için pabuç yardımı ile bağlantılar sağlanmıştır. Makinenin itici kolu kalıp içerisinde bulunan itici plakasına bağlantısı yapılmıştır. Kalıp mengeneye bağlandıktan sonra kalıp kaldırma parçası kalıptan sökülür ve mengene geriye çekilir. Kalıbın su giriş ve çıkışları bağlanır.

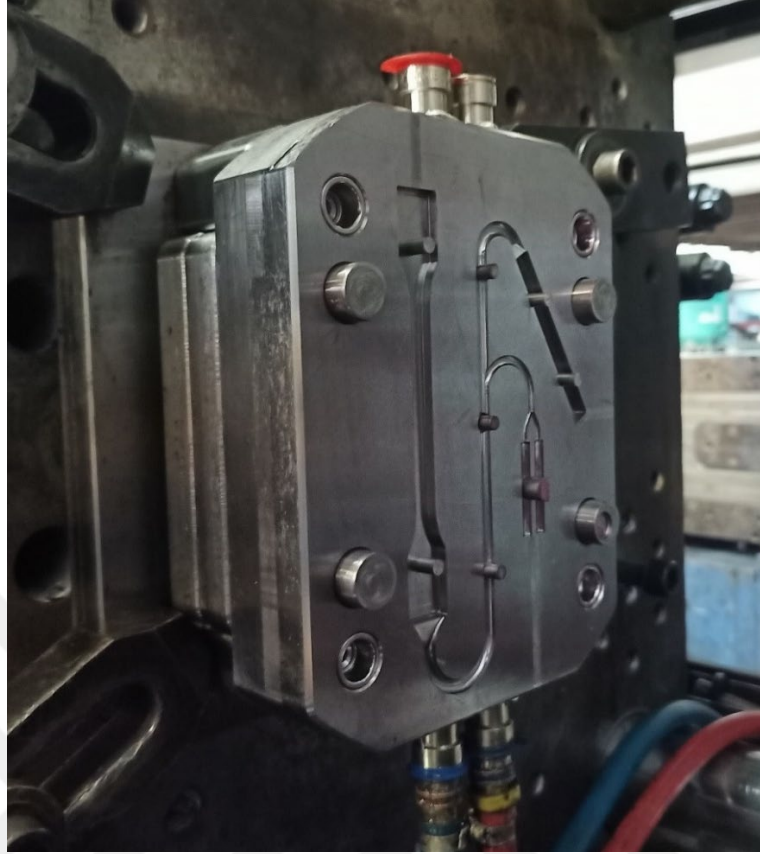
İtici mekanizmasının çalışmasını ve kalıp açılıp kapanmasında kapatma kuvvetini ayarlamak için vidalı mil hareketi verilmeden, enjeksiyon yapılmadan kuru çevrim yapılmıştır. Gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra kalıp çevrimi başlatılmıştır.



Şekil 7.14: Kalıp denemesi yapılan enjeksiyon makinesi.



Şekil 7.15: Enjeksiyon makinasına kalıbın enjeksiyon tarafının bağlı hali.



Şekil 7.16: İtici ileri hareketinde kalıp görünümü.

Kalıp denemeleri sonucunda ürün üzerinde en az çapak ve minimum sarfiyat için girilen parametreler belirlenmiştir.

Bunun için önce analiz programında verilen parametreler referans alınmıştır. Gerçek baskıların alınması ile sıcaklık ve enjeksiyon parametreleri değişken olarak gözlemlenmiştir.

End of filling phase results summary :

Current time from start of cycle	=	2.1182 s
Total mass	=	17.8519 g
Frozen volume	=	9.9223 %
Injection pressure	=	14.2437 MPa
Maximum Clamp force - during filling	=	4.4443 tonne
Time at velocity/pressure switch-over	=	2.0847 s
Injection pressure at velocity/pressure switch-over	=	17.8046 MPa
Volume filled at velocity/pressure switch-over	=	99.0121 %

End of filling. Packing will now commence.

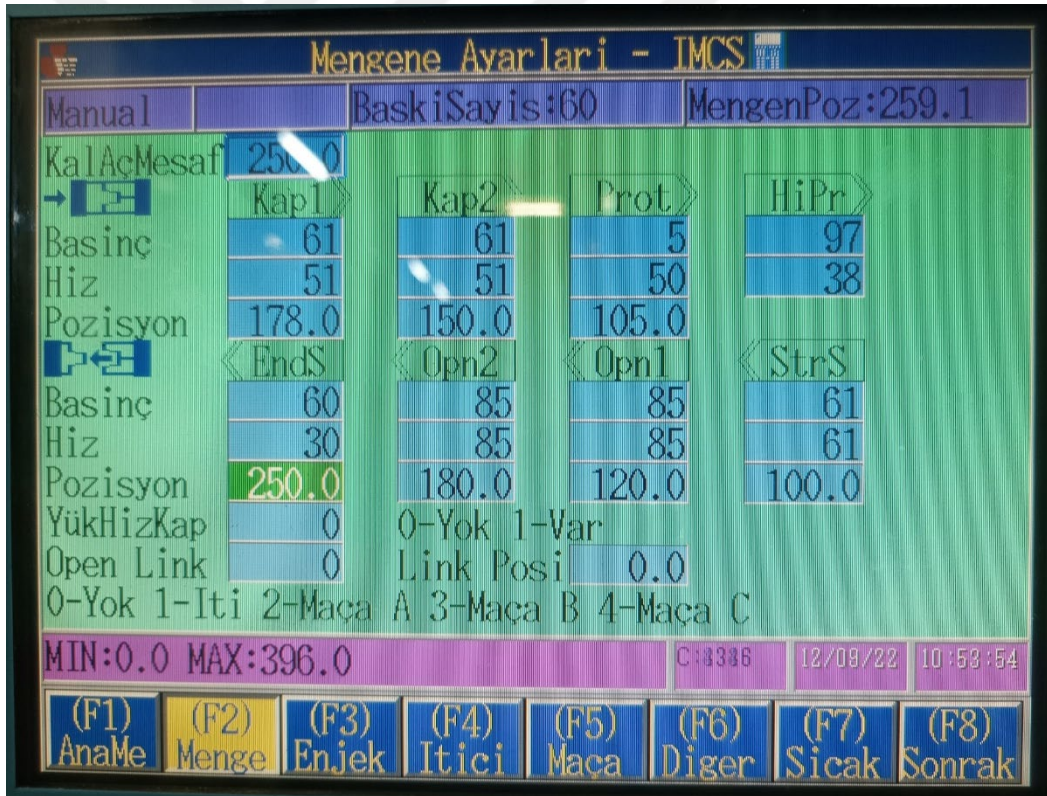
Şekil 7.17: Analiz programı dolum sonucu.

End of packing phase results summary :

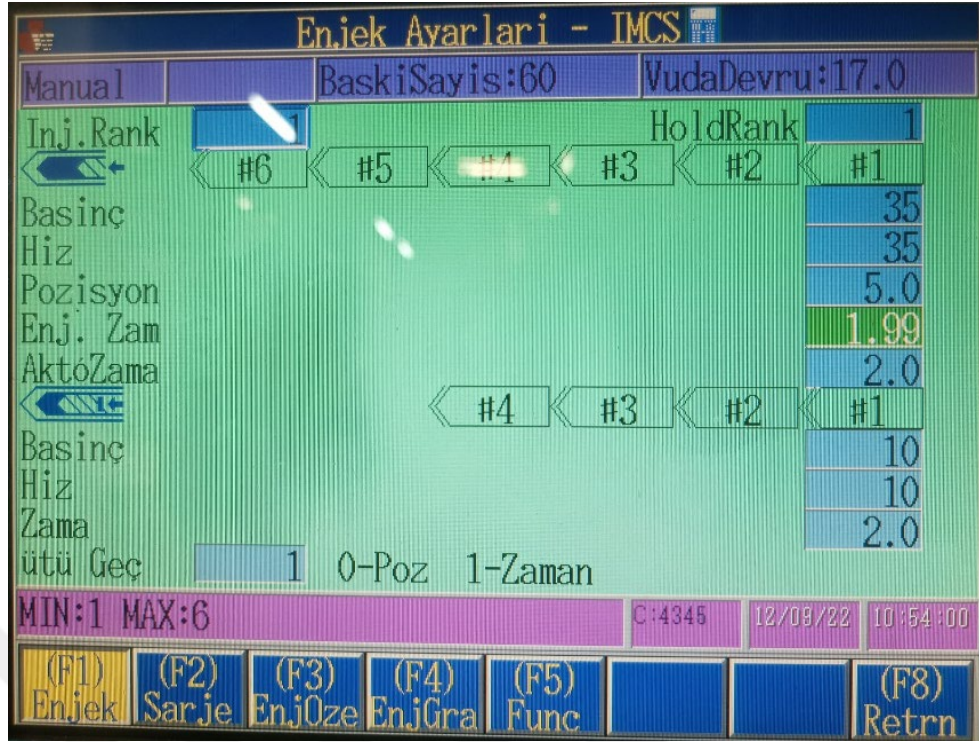
Current time from start of cycle	=	32.0847 s
Total mass	=	18.0879 g
Frozen volume	=	97.9823 %
Injection pressure	=	0.0000 MPa
Volumetric shrinkage - maximum	=	18.9998 %
Volumetric shrinkage - minimum	=	0.0652 %
Volumetric shrinkage - average	=	12.0100 %
Volumetric shrinkage - root-mean-square deviation	=	6.6922 %

Şekil 7.18: Analiz programında ütüleme sonucu.

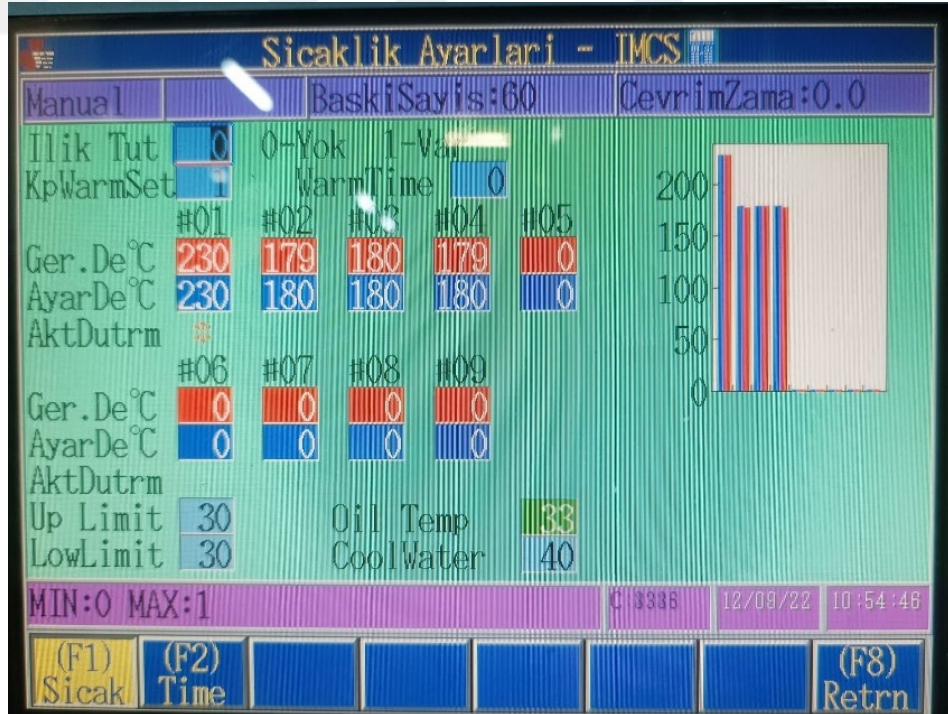
Kalıp enjeksiyona başlamadan önce ilk kez deneme yapılacağı için çalışmasını ve kalıp açılıp kapanmasını mekanik olarak görmek için enjeksiyon için vidalı mile hareket verilmeden kuru çevrim yapılmıştır. Gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra kalıp çevrimi başlatılmıştır.



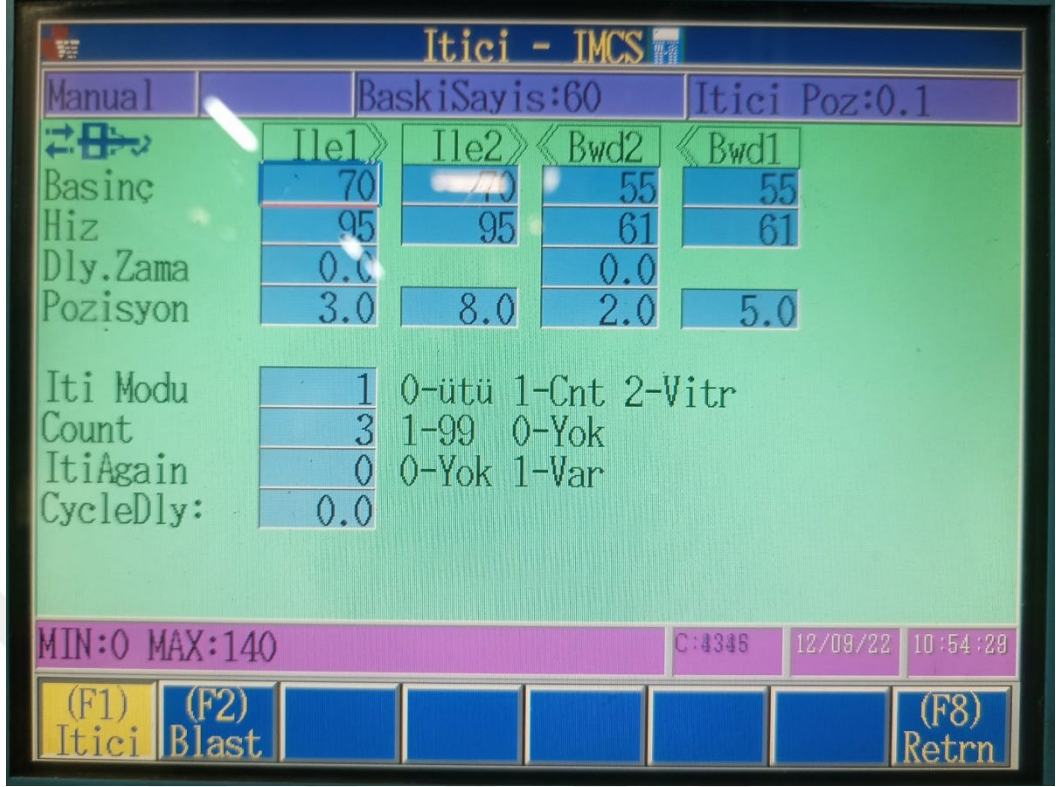
Şekil 7.19: Enjeksiyon makinesi mengene ayarları.



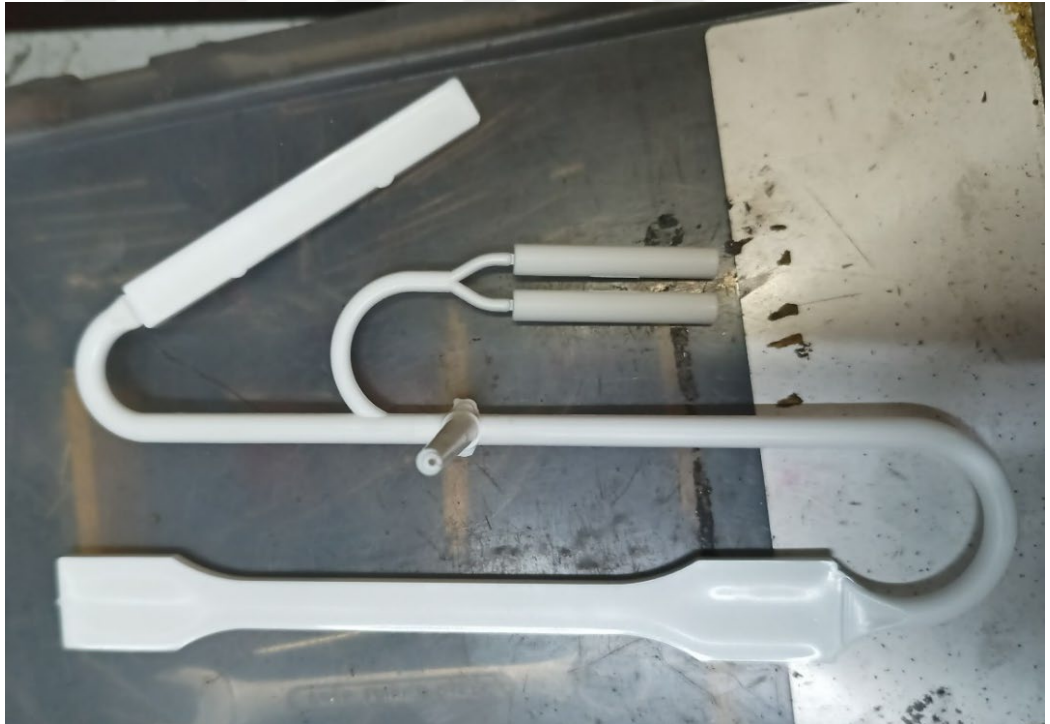
Şekil 7.20: Makine enjeksiyon ayarları parametreleri.



Şekil 7.21: Makine sıcaklık ayarları.



Şekil 7.22: Enjeksiyon itici sistemi ayarları



Şekil 7.23: Kalıpta basılan ürünün tam dolum görüntüsü.

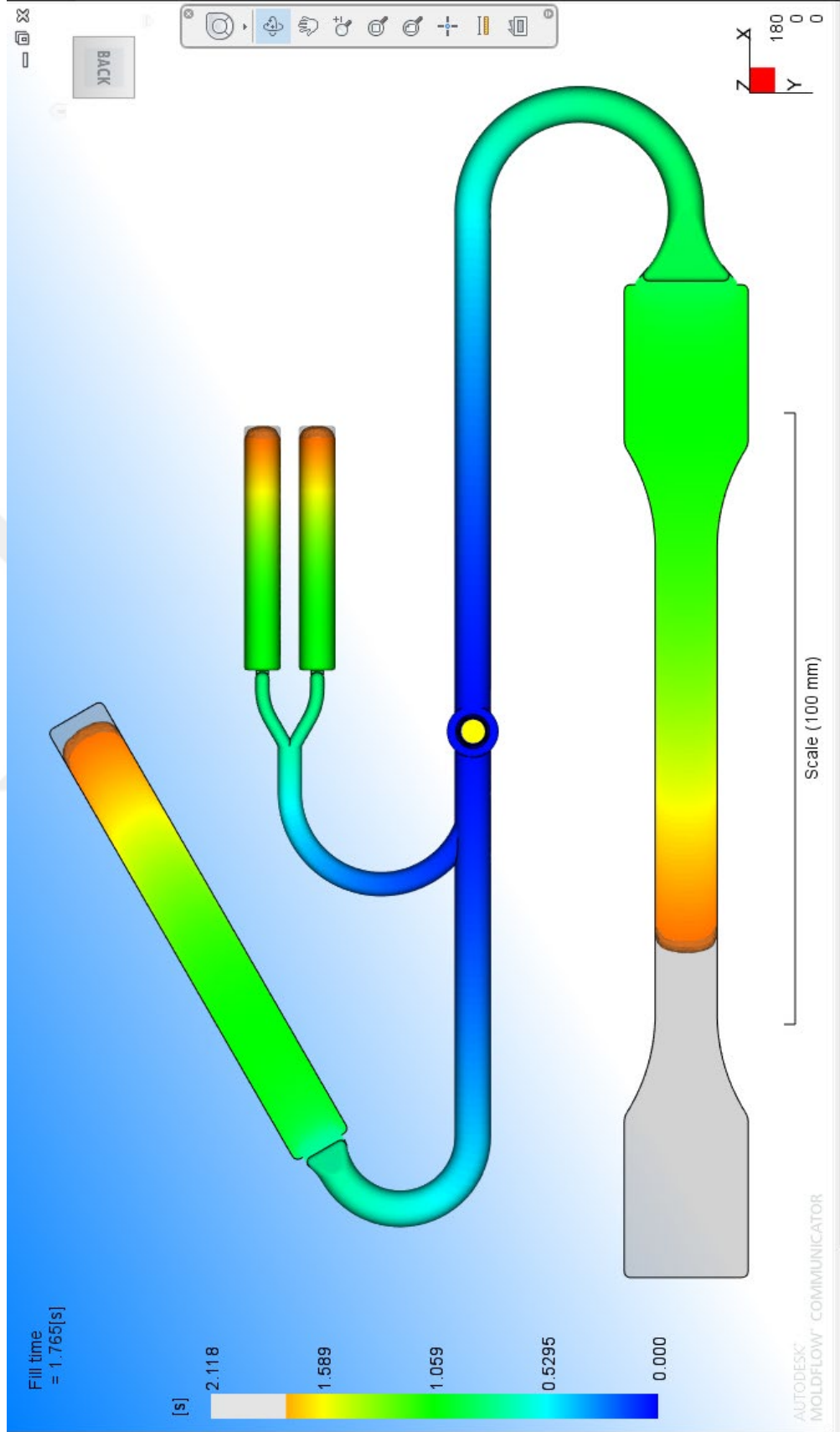
BÖLÜM 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada farklı hacimlerdeki üç farklı ürün tek bir kalıpta oluşturulmuştur. İlk olarak verilen sınır şartları dikkate alınmış ardından uygun kalıp tasarımı aşamaları ile birlikte tasarlanmıştır. Tasarlanan kalıbın imalatı yapılmış ve enjeksiyon makinesinde denemeleri yapılmıştır. Analiz programı sonucunda gösterilen dolum analizi ile gerçekte olan dolumun kıyaslanması için makine üzerinden eksik baskılar alınmıştır. Ayrıca tasarlanan ürünün enjeksiyon makinesinde minimum sarfiyat oluşturulabilmesi için enjeksiyon kovan sıcaklıkları, ütleme süresi, soğuma süresi ve enjeksiyon süresi gibi parametreler kullanılarak denemeler yapılmış optimum enjeksiyon şartları belirlenmiştir.

Sonuç olarak analiz programında görülen dolum sınırı ile gerçekte olan dolum arasında tam olarak benzerlik görülmemiştir. Bu durum tasarım aşamasında fark edildiğinden dolayı büyük hacimli üründe yolluk girişi için kesit alanı arttırılırsa bile sonuç olarak yinede malzemenin dolmadığı gözlenmiştir. Çözüm olarak büyük hacimli ürünlerde yolluk giriş kesiti büyütülmeden enjeksiyon üzerinde baskı alınarak gerçek durum görülmüştür. Gerçekte alınan eksik baskıda ise ürünün analiz programına göre daha eşit bir doldurma sergilediği gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda kalıbın tek bir seferde enjeksiyon makinesine bağlanması neticesinde istenilen eşit dolum elde edilmiştir. Bu sebeple analiz programında girilen parametre çeşitliliğine göre de hata payının olduğu da tespit edilmiştir.



Şekil 8.1: Enjeksiyon makinasında ürünün eksik baskı alınmış hali

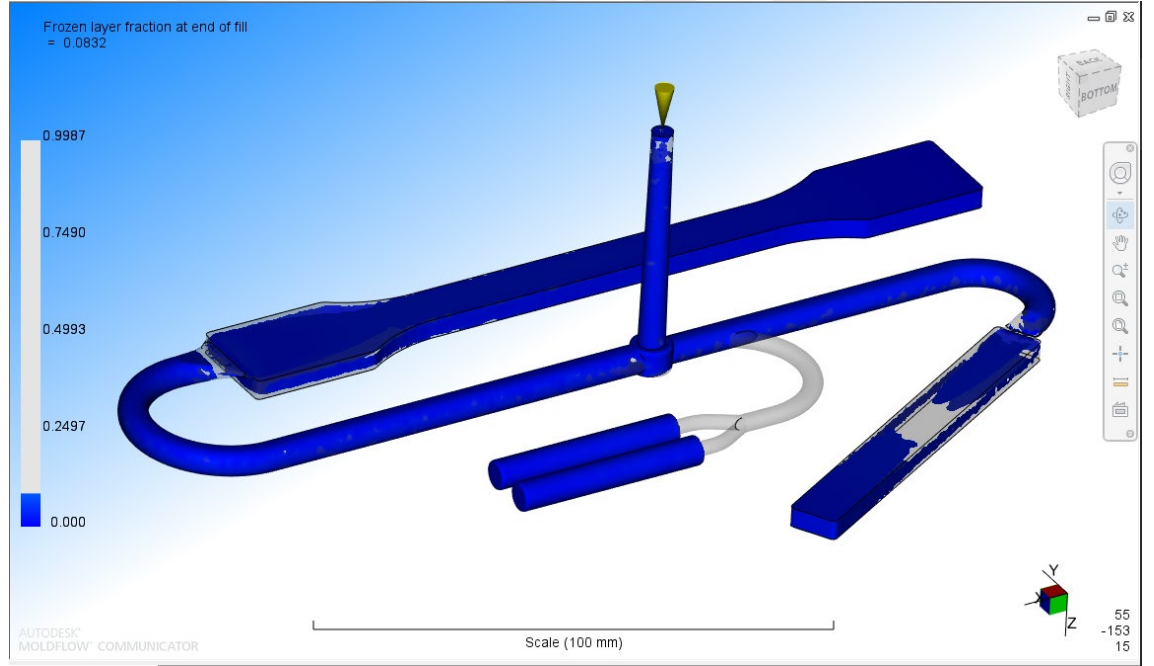


Şekil 8.2: Analiz programında gözlenen eksik dolum

8.1. Tartışma ve İyileştirme Önerisi

Alınan baskılar sonucunda tasarlanan ürünler eşit şekilde doldurulsa bile numune kalınlığı 4mm olduğundan dolayı ürünler üzerinde bazı çöküntüler meydana gelmektedir. Bu çöküntüleri azaltmanın en temel yolu ürünlerin kalınlıklarının azaltılmasıdır. Ancak kalıp üretimi yapıldığından dolayı en uygun çözüm, ürünlerin el ile yolluktan bağlantılarının kopma şartının yok sayılması ile ürünlerin yolluk giriş kesitlerinin artırılmasıdır.

Bu durumda ürünler daha geniş giriş kesitlerine sahip olduklarından dolayı soğuma zamanında kesit merkezlerinde plastik, camsı geçiş sıcaklığının altına düşmediği sürece enjeksiyon makinesinde verilecek ütüleme süresi ile daha az çöküntünün meydana geleceği düşünülmektedir.



Şekil 8.3: Ürün dolduktan sonraki donma yapısı

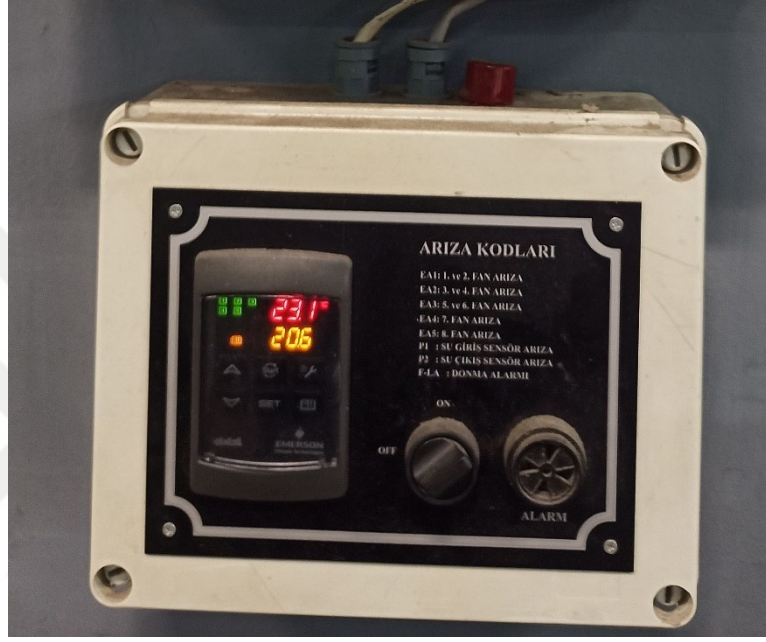
KAYNAKLAR

- [1] Tugaytimur, C. Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarım Kurallarının Analizi ve Uygulanması (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2016, 441874.
- [2] Topçu, E. Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ 2010, 0035652.
- [3] Kafalı, M.S. Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 2011, 317997.
- [4] 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.
- [5] Kucur, M.Z. Plastik Enjeksiyon Kalıbı Esasları Tasarımı-İmalat ve Analizi (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005, 166556.
- [6] Şahin, O. Tersine Mühendislik Yöntemi ile Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı ve Kalıp Dolum Parametrelerinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2018, 488441.
- [7] Selin, T. Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı ve Soğutma Sisteminin Analizi (Yüksek Lisans Tezi), Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2021, 701937.
- [8] Osman, K. Plastik Enjeksiyon Kalıplamanın Mekanik Davranış Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 2022, 750847.
- [9] Ahmet Ö., Hakan G., Hakan D., Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıbı Tasarımı *researchgate.net*. Erişim tarihi 10.10.2022, <https://www.researchgate.net/publication/310768306>
- [10] Yılmazçoban, İ. K., Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Bilgisayar Destekli Malzeme Akış Analizleri ve Kavite Optimizasyonu (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi F. B. E., Sakarya, 2003, 136340.
- [11] Url-1 <<http://www.perseus.tufts.edu/hopper/>>, erişim tarihi 04.11.2021

- [12] Çigdem K., Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı ve Analizi (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005, 198870.
- [13] Url-2 <<https://erkockalip.com/>>, erişim tarihi 04.12.2022
- [14] Url-3 <<https://cvsambalaj.com.tr/wp-content/uploads/2020/09/polietilen-granu%CC%88l.jpg>>, erişim tarihi 05.12.2022
- [15] Url-4 <<http://tozplastik.com/>>, erişim tarihi 05.12.2022
- [16] Url-5 <http://read.nxtbook.com/wiley/plasticsengineering/september2016/consultantcorner_plastics.html>, erişim tarihi 01.12.2022.
- [17] Ozansoy, O. Buzdolaplarında Yeni Bir Uygulama “Kapı İçi Kapı” Tasarımı (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005, 3349.
- [18] Url-6 <<https://tr.weblogographic.com/difference-between-thermoplastic>>, erişim tarihi 8.12.2022
- [19] Url-7 <http://support.moldex3d.com/r15/en/standardinjectionmolding_warp_reference_processcharacteristics.html>, erişim tarihi 06.10.2022
- [20] Url-8 <<https://insourceyazilim.com/plastik-enjeksiyon-urun-tasariminda-yuksek-et-kalinliginin-getirdigi-2-enjeksiyon-problemi-ve-moldex3d-cozumleri/>>, erişim tarihi 20.10.2022
- [21] Url-9 <<https://www.guvenal.net/eks-standart-enjeksiyon-kalip-seti-cesitleri>>, erişim tarihi 02.11.2022
- [22] Url-10 <https://www.plastik-ambalaj.com/_dijitaldergi/_sitemedya/233-37.jpg>, erişim tarihi 05.11.2022
- [23] Url-11 <<http://bozkirpolimer.com/sk-yuplene-b391g>>, erişim tarihi 5.10.2022
- [24] Url-12 <<https://www.aldemirltd.com/scale>>, erişim tarihi 05.10.2022
- [25] Url-13 <<https://www.ekoldemir.com>>, erişim tarihi 05.12.2022

EKLER

EK A: Kalıp soğutma su sıcaklığı ve ürünün çapaklanma yapma durumu.



Şekil A.1: Kalıp soğutma su giriş sıcaklığı.



Şekil A.2: Ürünün çapaklanmaya başlama durumu.