

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TERSİNE MÜHENDİSLİK YÖNTEMİ İLE PLASTİK
ENJEKSİYON KALIP TASARIMI VE KALIP
DOLUM PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Osman ŞAHİN

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : MAKİNA TASARIM VE İMALAT
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Murat ÖZSOY

Ocak 2018

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TERSİNE MÜHENDİSLİK YÖNTEMİ İLE PLASTİK
ENJEKSİYON KALIP TASARIMI VE KALIP
DOLUM PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

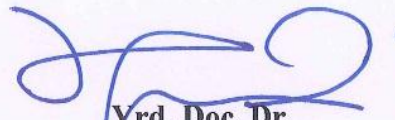
YÜKSEK LİSANS TEZİ

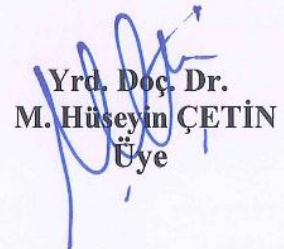
Osman ŞAHİN

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : MAKİNA TASARIM VE İMALAT

Bu tez 04/01/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.


Yrd. Doç. Dr.
Murat ÖZSOY
Jüri Başkanı


Yrd. Doç. Dr.
Osman H. METE
Üye


Yrd. Doç. Dr.
M. Hüseyin ÇETİN
Üye

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.

Osman ŞAHİN

23.11.2017

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans eğitiminin boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Murat ÖZSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
BÖLÜM 3.	
TERSİNE MÜHENDİSLİK	7
BÖLÜM 4.	
PLASTİKLER VE ENJEKSİYON YÖNTEMİ İLE İMALAT	10
4.1. Plastikler	10
4.1.1. Plastiklerin sınıflandırılması	11
4.2. Enjeksiyon Yöntemi İle İmalat	15
4.2.1. Enjeksiyon makinesi ve kısımları	16
4.2.2. Enjeksiyon yönteminin aşamaları	25
4.2.3. Enjeksiyon parametreleri	26

BÖLÜM 5.

MODELLEME VE ANALİZ	28
5.1. Numune Parçanın Optic Yöntemlerle Taranması	29
5.2. Tarama Verilerinin Katı Modele Dönüştürülmesi	30
5.3. Kalıp Tasarımı	35
5.3.1. Erkek ve dişi kalıp elemanlarının oluşturulması	35
5.3.2. Kalıp setinin oluşturulması	36
5.3.3. Yolluk burcunun oluşturulması	37
5.3.4. Dağıtıcı kanalların oluşturulması	38
5.3.5. İticiler, geri iticilerin ve yolluk çekicinin oluşturulması	39
5.3.6. Soğutma kanallarının oluşturulması	40
5.3.7. Kalıp yarımlarının montajlı hali	42
5.4. Enjeksiyon Kalıp Akış Analizi	43
5.4.1. Dolma süresi (Fill time)	45
5.4.2. Dolum sonundaki sıcaklık (Bulk temperature at end fill) ..	46
5.4.3. Dolum sonundaki basınç (Pressure at end of fill)	47

BÖLÜM 6.

SONUÇLARIN İNCELENMESİ VE YORUM	48
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	51

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

K.A.Ç.	: Kalıp açılma çizgisi
B.D.T.	: Bilgisayar destekli tasarım

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 5.1. Numune parçanın üst görünüşü	28
Şekil 5.2. Numune parçanın alt görünüşü	28
Şekil 5.3. Smartsan model optik tarayıcı ile parçanın taranması	30
Şekil 5.4. Taranan verilerin bilgisayar ortamına nokta bulutu olarak aktarılması .	30
Şekil 5.5. Nokta bulutunun catia yazılımına aktarılması	31
Şekil 5.6.Mesh creation komutu	31
Şekil 5.7. Mesh creation komutu yardımı ile oluşturulan yüzey	32
Şekil 5.8. Mesh yüzeyinde alınan sketchler	32
Şekil 5.9. Skechlerden yüzey oluşturulması	32
Şekil 5.10. Join komutu ile yüzeylerin birleştirilmesi	33
Şekil 5.11. Thick surface komutu ile katı oluşturulması	33
Şekil 5.12. Power fit komutu ile kaşık kısmının yapılması	34
Şekil 5.13. Mirror komutu ile parçanın tamamlanması	34
Şekil 5.14. Kalıp ayırma çizgisi	35
Şekil 5.15. Kalıp ayırma yüzeyi	36
Şekil 5.16. Erkek ve dişi kalıp	36
Şekil 5.17. Kalıp seti	37
Şekil 5.18. Yolluk burcu	37
Şekil 5.19. Yollukların hesaplama diyagramı	38
Şekil 5.20. Dağıtıcı kanalın konumu	39
Şekil 5.21. İtici grubunun montajı	40
Şekil 5.22 Soğutma kanalı hesabı	40
Şekil 5.23. Soğutma kanalları	42
Şekil 5.24. Kalıbın montajlı hali	43
Şekil 5.25. Enjeksiyon dolmu analizi görselleri	45
Şekil 5.26. Dolma süresi	46

Şekil 5.27. Dolum sonundaki sıcaklık	46
Şekil 5.28. Dolum sonundaki basınç	47

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1. Enjeksiyon yönteminin aşamaları	25
Tablo 5.1. Soğutma kanallarının boyutları	41
Tablo 5.2. Analiz sonuçları	44
Tablo 5.3. Seçilen enjeksiyon değerleri	44

ÖZET

Anahtar kelimeler: Tersine mühendislik, plastik enjeksiyon, kalıp tasarımı

Günümüzde bir parçanın tasarım aşamaları, soyut alanda başlar ve teknik veriler kullanılarak taslak modellenir. Modelin, elde edilmek istenen malzemeye uygunluğu kontrol edildikten sonra malzeme seçimi vb. şartlar da göz önüne alınarak malzeme üretimine geçilebilir. Tüm bu tasarım aşamaları oldukça uzun bir zaman alır ve bu durum da doğal olarak maliyeti etkiler.

Mevcutta bulunan bir parçanın tekrar üretilebilmesi için tasarım aşamalarının en başından başlamak yerine modele ait teknik verilerin elde edilebilmesi hem zamanı hem de tasarım maliyetlerini olumlu yönde oldukça etkileyecektir. Bu sebeple, modele ait teknik verilerin elde edilebilmesi için tersine mühendislik yöntemleri kullanılabilir. Bu yöntemler aracılığı ile parçanın modelinin sayısal verileri elde edilir ve bu veriler B.D.T. programları yardımıyla katı model haline dönüştürülür.

Bu sayede tasarım aşamalarının büyük bölümleri için harcanan zaman kısaltılmış olur.

Bu çalışmada, daha önceden imal edilmiş bir uçak şeklindeki plastik ilaç kaşığı seçilerek, tersine mühendislik yöntemleri kullanılarak nokta bulutu elde edildi. Bu veriler de Catia yazılımı yardımı ile katı modele dönüştürüldü. Sonrasında bu modele ait kalıp tasarımları ve akış analizleri yapılarak imalat esnasında karşılaşılabilecek problemler gözlemlendi ve bu problemler ile ilgili gerekli önlemler alınarak kalıbın parçayı problemsiz olarak üretebileceği tasarımı gerçekleştirildi.

PLASTIC ENJECTION MOLD DESIGN USING REVERSE ENGINEERING METHOD AND INVESTIGATION OF MOLD FILLING PARAMETERS

SUMMARY

Keywords: Reverse engineering, plastic injection, mold design

Design stages of a part in the industry begins in an abstract field and draft is modelled using technical data. Materials can be manufactured considering material selection stage etc. after the model convenience is controlled according to the desired material. However, it takes a long time for all these design stages and in this case, cost is affected intrinsically.

Obtaining technical data of a part model will affect the design costs and production time affirmatively instead of proceeding the design stages from the beginning to manufacture an available part again. Therefore, reverse engineering methods are used to obtain the technical data of the model. Numerical data of the part model are attained through these methods and these data are converted to solid model using CAD software. Thus, time consumed for a large part of the design stages is shortened.

In this study, point cloud of a previously manufactured medicine spoon with an aircraft shape made of plastic was obtained using reverse engineering methods. These data were converted to a solid model using Catia software. After then, die designs and flow analysis of this model were performed and possible drawbacks during manufacturing were investigated. The die design was optimized by taking required precautions about the possible drawbacks in order to manufacture the part without any problem.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde üretilen bir parçanın maliyeti kadar taşınabilirliği kullanım açısından hafifliği de oldukça önemli ve tercih sebebidir. Örnek verecek olursak otomotiv sektöründe kullanılan her parça araçların ağırlığına etki edeceğinden yakıt tasarrufu sağlayabilmek için artık firmalar motor teknolojileri geliştirmek için harcadıkları enerji kadar araç ağırlığını da nasıl düşürebileceklerini araştırmaktadır. Bunun yanı sıra parçaların imalat maliyetlerini düşürmek ve imalat hızlarını artırmak için de oldukça yoğun çalışmaktadırlar. Tüm bu araştırmalar ve çalışmalar sonucunda da plastikler her alanda oldukça fazla yer kaplamaya başlamıştır. İmalat kolaylığı hafifliği plastikleri tercih sebebi yapmaktadır.

Plastikleri çalışma sıcaklığında katı halde bulunan, ısı ve basınç uygulanarak şekillendirilebilen organik polimer madde şeklinde tanımlayabiliriz. “The Condensed Chemical Dictionary” de bulunan ifadelerle göre; içine antioksidan, dolgu maddesi, plastikleştirici vb. katkı maddeleri ilave edilebilen polimerik malzemelere plastik denir. Gerekli şartlar sağlandığında, çeşitli fonksiyonel gruplarla reaksiyonu sonucu basit moleküllerin oluşturduğu uzun zincirli bileşiklere polimer denir.

Günlük hayatın birçok kısmında plastik malzemelerden üretilmiş parçalar kullanılmaktadır. Plastik parçaların imalatında en yaygın olarak plastik enjeksiyon yöntemi kullanılır. Enjeksiyon yönteminde, enjeksiyon parametreleri plastik parça üzerinde çok büyük öneme sahiptir. Aynı ham maddeden üretilmiş parçaların özellikleri enjeksiyon parametrelerinin değişimine göre farklılıklar göstermektedir. Üretim hızını artırmak, fireyi azaltmak ve üretim maliyetlerini düşürebilmek için üretilen plastik parçalarda istenen ideal özelliklerin belirlenerek, enjeksiyon parametrelerinin buna göre seçilmesi gereklidir.

Plastik parçaların özelliklerini etkileyen başka bir konu ise, plastik katkı maddeleri ve oranlarıdır. Plastik parçalar üretilirken, taşınırken, depolanırken ve kullanım yerlerinde ısı, ışık, oksijen, rutubet gibi değişik olumsuz şartlara maruz kalmaktadırlar. Bu olumsuz şartlar plastiklerin yapısının bozulmasına sebep olmaktadır. Plastik parçaların bahsi geçen olumsuzluklardan en az etkilenebilmesi için devreye plastik katkı maddeleri girmektedir [1].

Mühendislikte imalat aşamalarının ilk sırasını tasarım alır. Yeni bir parça imal edilecekse eğer bununla ilgili oldukça kapsamlı araştırmalar yapılır, üretilecek parçadan beklenen özelliklere göre tasarım gerçekleştirilir. Bu aşamalar önceleri yeni parça üretirken de, daha önceden üretilmiş ve zamanla yıpranıp tekrardan imal edilmek istenen parçalar içinde geçerliydi. Fakat günümüzde yapılan çalışmalar sonucunda bulunan tersine mühendislik yöntemleri sayesinde, daha önce imal edilmiş bir parçayı tekrardan imal edebilmek için veya geliştirmek için tasarım aşamalarının en başından başlama zorunluluğu ortadan kalktı. Bu yöntem sayesinde daha önceden imalatı yapılmış ve yıpranmış bir parçanın veya üzerinde ürün geliştirme yapılmak istenen bir parçanın fotoğrafik tarama yöntemi ile sayısal verileri elde edilebilir ve bu veriler B.D.T. programları yardımı ile katı modele dönüştürülebilir. Bunun sonrasında da üzerinde istenilen her türlü değişikliği yapma imkânı elde edilebilir.

Bu çalışmada numune parça Poligon mühendislik firmasında Aicon markasına ait smart scan 3B serisi optik tarayıcısı ile taranıp numuneye ait sayısal veriler elde edildi. Bu elde edilen sayısal veriler Catia yazılımı yardımı ile katı modele dönüştürüldü. Elde edilen katı modele ait kalıplar Solidworks yazılımı yardımı ile tasarlandı ve Solidworks yazılımı içerisinde bulunan plastik modülü yardımı ile kalıba ait akış analizleri yapılarak enjeksiyon işlemleri sırasında karşılaşılabilecek sorunlar gözlemlendi.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Murat Çetinel yapmış olduğu çalışmada tersine mühendislik ile üç boyutlu cisimlerden dijital veri elde edilmesi konusunu çalışmıştır. Bu çalışmada, tersine mühendislik sürecinde fotogrametri yöntemi kullanılmıştır. Fotogrametrik yöntemin pratikte kullanımı için gerekli yazılım kodları oluşturulmuş ve mevcut kodlar derlenmiştir. Amatör bir fotoğraf makinesi ve Matlab yazılımı ortamında oluşturulan kodlar ile pratik uygulamaların gerçekleştirilebileceği gösterilmiştir. Konu hakkında çalışacaklara yol göstermek adına, farklı uygulamalar için adapte edilebilecek esnek ve basit algoritmalar geliştirilmiştir [2].

Erdem Topçu çalışmasında bilgisayar destekli plastik enjeksiyon kalıp tasarımı yapmıştır. Hazırlanan bu çalışmada, plastik malzemeler ve bu malzemelerden üretilen endüstriyel parçaların imalatı incelenmiştir. Plastik bir iş parçası bilgisayar ortamında modellenmiş ve bu modele ait kalıp yarımları çıkarılmıştır.

Çalışmada plastikler hakkında genel bilgiler verilmiş, farklı fiziksel ve kimyasal yapıya sahip plastik çeşitleri tanıtılmıştır. Plastiklerin biçimlendirilmesinde kullanılan farklı teknikler hakkında bilgiler verilmiştir. Plastik enjeksiyon tezgahları tanıtılarak plastik enjeksiyon makinelerinin kısımları hakkında bilgiler verilmiştir. Plastik enjeksiyon kalıplarında kullanılan kalıp elemanlarının tasarım ilkeleri hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca plastik enjeksiyon kalıplarında kullanılan ısı transfer sistemleri hakkında bilgiler verilmiş, ısıtma ve soğutma sistemlerinin tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlara değinilmiştir. Yeni bir parçanın tasarımında izlenen yollar tanıtılmış, bilgisayar destekli kalıp tasarım sürecinde tasarımcıya yol gösterilmesi açısından yeni parça tasarım aşamaları hakkında bilgiler verilmiştir. Oluşturulan katı modelden dişi ve erkek kalıp yarımları hazırlanmıştır [3].

Mehmet Samet Kafalı çalışmasında bilgisayar destekli plastik enjeksiyon kalıp tasarımı yapmıştır. Bu çalışmada plastiklere kısaca değinilmiş, plastik enjeksiyon prosesi ve tezgahı ile ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca plastik enjeksiyon kalıpları ve çeşitleri tanıtılmış; örnek bir parçanın kalıbı BDT yazılımı kullanılarak modellenmiştir. Sonrasında üretime geçmeden önce imalatta oluşabilecek muhtemel sorunların tespit edilebilmesi için akış analizi yapılmıştır. Son olarak da bu tespitler doğrultusunda gerekli önlemler alınarak kalıp imal edilmiştir [4].

Ferhat Ceritbinmez çalışmasında plastik enjeksiyon kalıp tasarımı ve üretilen parçalarda çapaklanmaya etki eden parametreleri incelemiştir. Çalışmada plastik enjeksiyon makinasında, PA6-GF30 termoplastik polimer malzeme kullanılarak plastik kapaklar, farklı enjeksiyon parametreleri ile üretilmiş ve özel görüntü alma yöntemleri ile alınan görüntüleri matlab programı yardımı ile incelenerek yüzeylerinde bulunan çapak miktarları tespit edilmiştir. Bu veriler genetik programlama yöntemi yardımı ile imalatta oluşabilecek çapaklanmayı öngörebilmek için matematik model tasarlamada kullanılmıştır. Çapaklanma kalıp sıcaklığı, enjeksiyon basıncı, ütleme basıncı ve işleme sıcaklığı parametrelerine bağlıdır. Deney sonuçları ile tahmin edilen sonuçlar geliştirilen matematik model yardımı ile karşılaştırılmış ve ölçümlerle modelinin öngörülerinin örtüştüğü görülmüştür [5].

Canan Tugaytimur çalışmasında plastik enjeksiyon kalıp tasarım kurallarının analizi ve uygulanmasını incelemiştir. Çalışmada plastik enjeksiyon kalıp tasarımı ele alınmakta ve modern Bilgisayar Destekli Tasarım (B.D.T.) sistemleri ile bu işlemin nasıl etkin yapılacağı anlatılmaktadır. Plastik enjeksiyon kalıpların geometrik şekillendirmelerinde temel kurallar (eğim açısı, yolluk vb.) ve unsurlar (pah, kavis, vida yuvası vb.) tanıtılmaktadır. Ayrıca, plastik enjeksiyon kalıp tasarımı esnasında belirtilen noktalar anlatılmıştır. ABS ürün malzemesi olarak seçilmiş ve detaylı olarak anlatılmıştır. Kalıp tasarımı hakkında genel bilgiler verilmiştir. Daha sonra örnek bir parçanın kalıbı üç boyutlu B.D.T. yazılımı kullanılarak tasarlanmıştır [6].

Yavuz Çakır, Ahmet Özdemir ve Abdulmecit Gültaş yaptıkları çalışmada plastik parçalarda çekme miktarına etki eden enjeksiyon ürünlerini incelemiştirlerdir. Kalıp

özelliklerinin ve enjeksiyon parametrelerinin i 20 polietilen plastik parçalarda ki çekme miktarına etkilerini deneysel olarak araştırmışlardır. Yapılan deneylerden elde edilen veriler sonucunda enjeksiyon basıncı, enjeksiyon sıcaklığı, kalıplama süresi ve katkı maddesi oranının plastik parçalardaki çekme miktarı üzerindeki etkileri grafikler yardımıyla ifade edilmiştir.. Katkı maddesi olarak endüstride yaygın kullanılan i 668 polietilen tercih edilmiştir. Çekmenin kalıplama süresinin ve enjeksiyon basıncının artması ile azaldığı buna karşın enjekte sıcaklığının ve katkı maddesinin artırılması sonucunda arttığı belirlenmiştir [7].

Mahir Zafer Kucur plastik enjeksiyon kalıbı esasları tasarım imalat ve analizi üzerine çalışma yapmıştır. Çalışmada plastik enjeksiyon ile şekillendirme işleminde kullanılan malzemeler, işlemin gerçekleştirildiği makine ve kalıp elemanları konusunda bilgi verilmiştir. Çamaşır makinası deterjan çekmecesini modeli kullanılarak, bilgisayar ortamında kalıp tasarımı yapılmıştır. Tasarım Moldflow programı ile analiz edilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir [8].

Süleyman Serhat Karacasulu plastik enjeksiyon kalıplarında PVC (Polivinil Klorür) ve PC (Polikarbonat) için en uygun kalıp çeliği seçimi üzerine çalışma yapmıştır. Çalışmasında PVC ve PC polimerleri; AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği, AISI P20 plastik kalıp takım çeliği, AISI H11 sıcak iş takım çeliği ve AISI Ç1040 karbon çeliğinden yapılmış plastik enjeksiyon kalıplarına enjekte edilmiştir. Elde edilen parçalarda sertlik, yoğunluk, çekme dayanımı ve anorganik dolgu yüzdesi (kül) deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmış ve en uygun kalıp çeliğine karar verilmiştir. Ulaşılan sonuçlara göre kullanılan kalıp çeliklerinin PVC ve PC üzerinde dikkate değer değişimlere yol açmıştır. Özellikle sertlik ve çekme değerlerinde büyük farklar gözlenmiştir. Çalışmada kullanılan kalıp çelikleri arasında PVC için AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği, PC için ise AISI H11 sıcak iş takım çeliği en iyi sonucu vermiştir [9].

Engin Saygılı, çalışmasında plastik enjeksiyon kalıbı tasarımında soğuk yolluk girişlerinin parça iç gerilimi üzerindeki etkisini, bilgisayar ortamında analizini

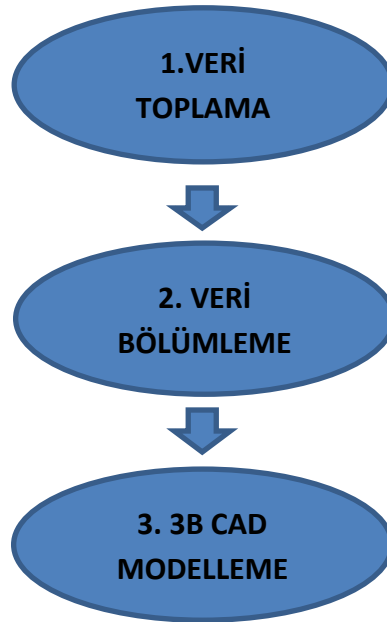
yaparak incelemiştir. Bu çalışmada, örnek bir modeli bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak tasarlayarak ve üzerine çeşitli soğuk yolluk sistemleri uygulayarak yine bilgisayar ortamında analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın konusu olan soğuk yollukların parça iç gerilimine olan etkileri bulunmaya çalışılmıştır. Çalışmada öncelikle plastik malzemeler hakkında bilgi verilmiş ve plastik enjeksiyon işlemlerine değinilmiştir. Soğuk yolluk girişleri hakkında temel bilgiler verilmiş ve parça modelleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Modellenecek parça olarak günümüz dizüstü bilgisayarlarının birçoğunda ortak olarak bulunan klavye tarafı üst gövdesi seçilmiştir. Plastik enjeksiyon işlemini simule etmek için Solidworks programının bir modülü olan ve bu tarz işler için geliştirilmiş Solidworks Plastics modülü kullanılmıştır. Uygun ve yeter şartlar tanımlanarak analizler gerçekleştirilmiş ve yine Solidworks Plastics modülünde bulunan detaylı raporlama araçları ile sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, nokta soğuk yolluk girişi ile yapılan enjeksiyon sisteminde en düşük parça iç gerilimi gözlenmiştir [10].

Bu çalışmamızda da tersine mühendislik temassız veri toplama yöntemlerinden optik lazer üçgenleme yöntemi ile uçak şeklindeki kaşığımızın BDT verileri elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler Catia yazılımı yardımı ile katı modele dönüştürülmüştür. Bu modelin Solidworks yazılımı yardımı ile kalıp tasarımı yapılmıştır. Solidworks yazılımı içinde bulunan plastik modülü yardımı ile bu kalıba ait akış analizleri yapılmıştır. Enjeksiyon sıcaklığının ve kalıp sıcaklığının, çevrim süresine ve enjeksiyon basıncına etkisi incelenerek çalışma tamamlanmıştır.

BÖLÜM 3. TERSİNE MÜHENDİSLİK

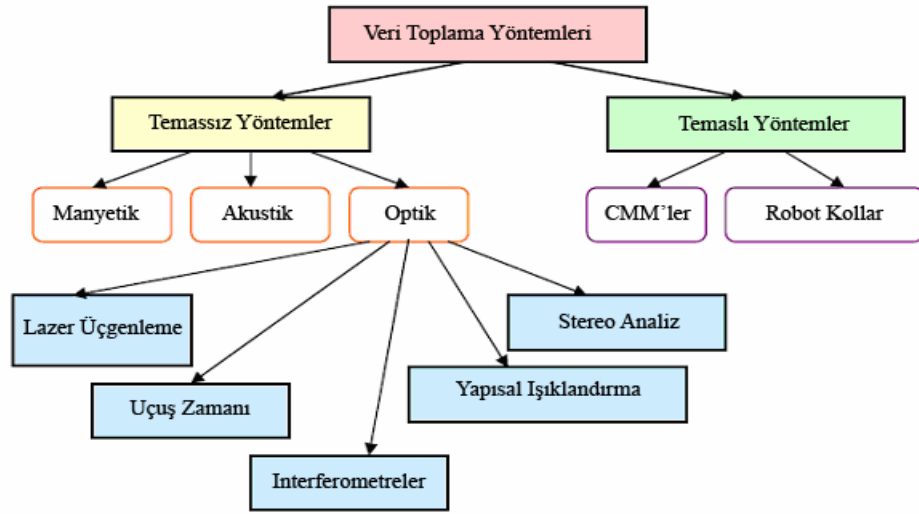
Mühendislik, içinde bulunulan zamanın şartlarına ayak uydurabilmek için sürekli değişim ve gelişim halindedir. Mühendislik dalları, yaşamı kolaylaştırmak adına güncel tasarımlar ve yöntemler üzerinde gelişip şekillenmektedir. Mühendislik genel anlamda; bir parçanın veya bir yapının tasarım, üretim ve devamlılığını sağlayan işkoludur. Mühendisliği ileriye dönük ve geriye dönük olarak iki gruba ayırabiliriz. İleriye dönük düz mühendisliği; soyut anlamda parçanın ya da sistemin tasarımı ile başlayan ve teknik veriler, malzeme bilgileri ve teknik veriler kullanılarak farklı yöntemlerle bir parçanın veya sistemin hayata geçirilmesi olarak tanımlayabiliriz. Üretilmek istenen bir parçanın üretimi için gerekli olan veriler elimizde olmayabilir. Bu durumda da var olan parçadan hareket ederek geriye doğru süreç işletilir ve parçanın BDT verileri elde edilir. Bu işlemlere “Tersine Mühendislik” denir. Tersine mühendislik aynı zamanda mevcut bir parçanın fiziksel ölçülerini alarak, geliştirme veya kopyalama olarak da tanımlanabilir. Tersine mühendislik, bir sistemi sürekliliğini arttırmak amacıyla yeniden tasarlamak veya sistemin orijinal tasarım bilgilerine ulaşılmadan o sistemi kopyalamak için de kullanılır. Yukarıda anlatılan tersine mühendislik alanında çalışmalar yapmak için, “Bilgisayarla Görme” uygulamaları bulunmaktadır. Bilgisayarla görme uygulamaları; gerçek şekilleri, yapay zeka ve görüntü işleme yöntemleri yardımı ile hesaplama prosesleridir. Genel olarak bilgisayarla görme; düşük seviye görüntü işleme teknikleri ile görüntü kalitesini geliştirme (görüntü kirliliğinin giderilmesi, kontrastın artırılması gibi) ve yüksek seviye örnekleme ile görüntü özelliklerini tanımlama yöntemlerinin bir bileşkesidir. Bilgisayarla görme, sahne ya da objelerin üç boyutlu (3B) modellerini yaratabilmek için iki boyutlu (2B) görüntüler kullanır. Üç boyutlu sahne ve objelerin yeniden yapılandırılması, üretim endüstrisi, tıbbi endüstri, askeri alanlar ve araştırma çalışmaları için vazgeçilmez bir gerekliliktir. Üretim endüstrisi, tersine mühendisliği, hızlı prototipleme yeteneklerini geliştirme ve yeni parçaların hassas ölçümlerini

yapabilmek için kullanır. Hızlı prototipleme, B.D.T. model tasarımlarını kullanarak kontrol yapmak amacıyla uygulanır. Askeri alanlarda ise tersine mühendislik güvenlik ile ilgili kontrolleri gerçekleştirmek için kullanılmaktadır. Tersine mühendislikte amaç, ortada hiçbir B.D.T. modeli yok iken, bir nesnenin gelecek çalışmalarda kullanılmak üzere başarılı bir şekilde 3B B.D.T. modelini oluşturmaktır. Sınırlı veriler kullanarak doğru 3B modeller oluşturmanın birkaç aşama ve adımı vardır. Şekil 3.1.'de listelenmiş olan bu adımlar, verilerin sıralı olarak elde edilmesi, taşınması ve oluşturulmasını anlatmaktadır. Bu akış çizelgesi tersine mühendisliğin temel prensibi olarak kabul edilebilir. Bu adımlar her aşamada üzerinden geçilmesi gereken temel ilkelere [2].



Şekil 3.1. Tersine mühendislik temel faz dönüşümü akış diyagramı [11].

Tersine mühendisliğin en önemli bölümü veri toplama sistemleridir. Veri toplama sistemleri, nesne yüzeylerinden bilgi alırken fiziksel sınırlarla kısıtlıdır. Bu nedenle bir nesnenin ölçümünü tam olarak yapabilmek için birden fazla görüntü alınmalıdır. Şekil 3.2, üç boyutlu veri toplama uygulamalarının temaslı ve temassız yöntemlerini sınıflandırmaktadır [2].



Şekil 3.2. Tersine mühendislikte kullanılan veri toplama teknikleri [11].

BÖLÜM 4. PLASTİKLER VE ENJEKSİYON YÖNTEMİ İLE İMALAT

4.1. Plastikler

Plastikleri çalışma sıcaklığında katı halde bulunan, ısı ve basınç uygulanarak şekillendirilebilen organik polimer madde şeklinde tanımlayabiliriz [12].

Malzeme çeşitliliği ve kalitesinin artması ile birlikte bilim ve teknoloji alanında gelişmeler çok hızlı artmıştır. Metal, seramik vb. malzemeler çok uzun zaman kullanılmalarına rağmen, plastiklerin tanınması ve kullanılması 20. yy'ın başlarında olmuştur. Plastikler ile ilgili çalışmalar sonrasında çok hızlı değişim ve gelişim göstererek birçok alanda diğer malzemelerden daha kullanışlı hale gelmiştir. Plastiklerin özelliklerinin ve çeşitlerinin çok fazla olmasından dolayı otomotiv, elektronik vb. alanlarda en çok tercih edilen malzemelerden biridir [13].

Plastikler, metallere ve diğer mühendislik malzemelerine nazaran oldukça farklı özellikler gösterir. Bu özellikleri maddeler halinde sıralayacak olursak [13,14];

- Özgül ağırlıklarının az olması nedeniyle ile ağırlıkları hafiftir,
- Katkı maddeleriyle özellikleri değiştirilebilir,
- Elektrik direncinin yüksek olması dolayısıyla, izolasyon malzemesi olarak çok geniş uygulama alanları mevcuttur,
- Korozif ortamlarda rahatlıkla kullanılırlar,
- Bazı çözümlendirici maddeler plastiği çözümlendirir veya eritir,
- Isı iletkenlikleri düşüktür,
- Isı iletim kabiliyeti yaklaşık olarak çeliğin üç yüzde biri kadardır,
- Estetik açıdan iyidir. Birçok plastik türleri istenilen renk ile renklendirilebilir. Şeffaf olanları da vardır,
- Kolay şekil verilebilir ve kolay işlenebilirler

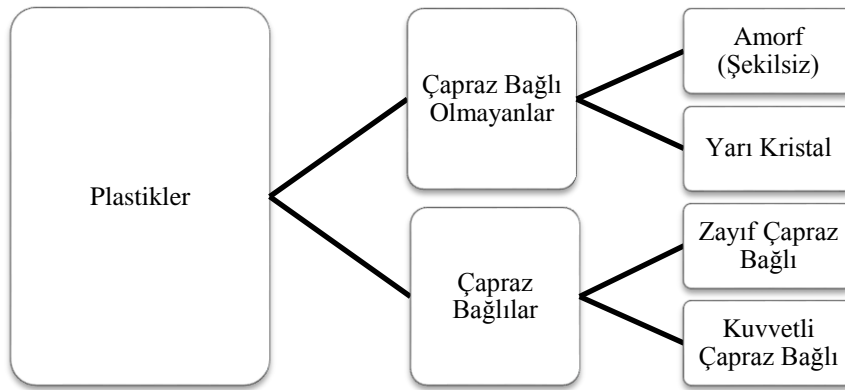
- Talaşlı şekil verme, döküm, ekstrüzyon, enjeksiyon, kaynak vb. çok geniş şekillendirme olanağı vardır,
- Yeniden işlenip kullanılabilir hale gelebilirler,
- Plastiklerin göreceli olarak maliyetleri düşüktür,
- Korozyona ve kimyasal maddelere karşı dayanıklıdırlar,
- Çok çeşitli mekanik özelliklere sahiptirler,

4.1.1. Plastiklerin sınıflandırılması

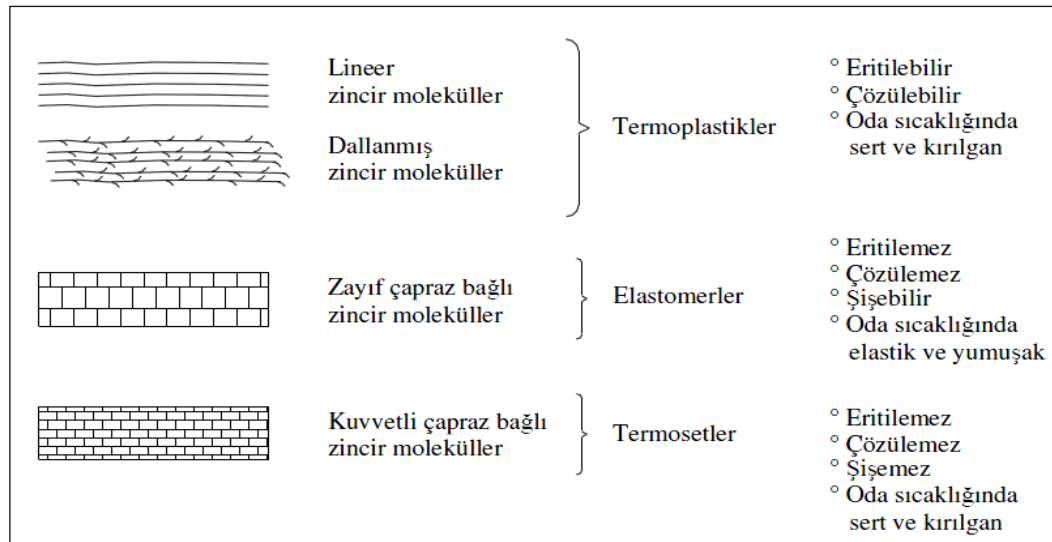
Plastikler değişik kriterlere göre sınıflandırılabilir. Öncelikle, Şekil 4.1’de görüldüğü gibi çapraz bağlı ve çapraz bağlı olmayan şekilde sınıflandırılır. Termosetler ve elastomerlerin çapraz bağlı malzemeler olmasına karşın, termoplastikler çapraz bağlı değildir. Aynı zamanda plastikler lineer ve dallanmış dev moleküllerden yani makro moleküllerden oluşur. Bunun yanında kimyasal yöntemlerle çözülebilmektedirler [13].

Makro moleküllerin dizilişi rastgele şeklinde sıralandığı zaman plastiklerin yapısı amorf diye adlandırılır. Amorf malzemelere katkı maddeleri katılmadığı sürece şeffaf olarak görünürler. Bazı bölgelerde düzgün dizilmiş moleküllerin bulunduğu plastiklere ise yarı kristal plastikler denir. Bunlara ise katkı maddesi ilavesi olmasa bile şeffaf olarak görünmezler. Üretim parametreleri ve ortam şartlarına bağlı olarak hem amorf hem de yarı kristal malzemeler üretilebilir. Fakat aynı şartlarda amorf ve yarı kristal termoplastiklerin çalışma performansları farklılık göstermektedir [13].

Plastikleri kimyasal esasa göre, yapı esasına göre, işleme esasına göre, kullanım alanına göre ve fiziksel esasına göre de Şekil 4.2.’deki gibi sınıflandırılabilir [15].



Şekil 4.1. Plastiklerin sınıflandırılması [13].



Şekil 4.2. Plastik moleküllerin dizilişi [13]

Kimyasal bileşenlerine göre polimerler; inorganik ve organik olarak sınıflandırılır. Organik polimerlerin ana zincirinde karbon başta olmak üzere, azot, hidrojen, oksijen ve halojen atomları bulunur. İnorganik polimerlerde ise ana zincir üzerinde karbon yerine silisyum, germanyum, bor, fosfor bulunur.

Polimerler yapılarına göre; homopolimer, kopolimer ve terpolimer olarak sınıflandırılır. Homopolimerler tek bir monomerin tekrarlanması ile oluşurken, kopolimer ise iki değişik monomerin polimerizasyonu ile elde edilir. Terpolimerler ise üç farklı tür monomerden oluşur.

Polimerler kullanım alanına göre, fiberler, plastikler, yapıştırıcılar ve kaplamalar olarak sınıflandırılabilirler. Buna ilave olarak plastikler; saf plastikler ve kuvvetlendirilmiş (dolgu malzemeli) olmak üzere de gruplandırılabilirler.

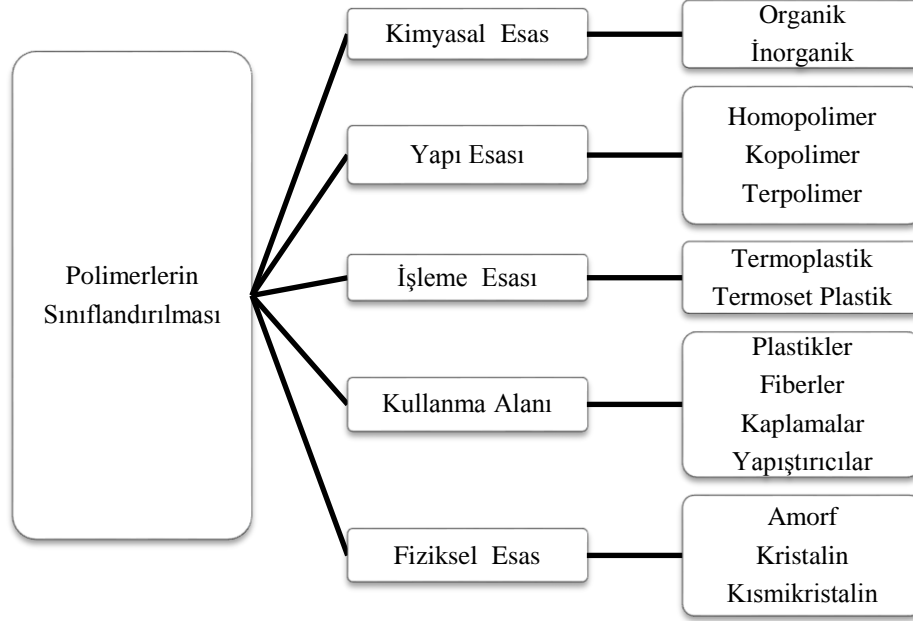
Fiziksel esasa göre de; amorf, kristalin ve kısmikristalin olarak sınıflandırılabilir. Ayrıca plastiklerin çeşitli kriterlere göre sınıflandırılması Şekil 4.3.' de gösterilmiştir.

Son olarak, işleme esasına göre; termoplastikler ve termoset plastikler olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar.

Termosetler, istenilen şekli ısı işlemiyle bir defa alabilirler, tekrar aynı amaç için kullanılamazlar. Bunun sebebi, malzeme kimyasal değişime uğradığı için eski özelliklerinden tamamen farklı özelliklere sahip olur. Bu sebeple tekrar şekillendirilip kullanılamazlar. Yüksek mukavemetli mühendislik plastikleri, darbeye dayanıklı, eskimeye kırılma, sıcaklığa ve kimyasallara dirençli plastik grubudur ve bu malzemeler çözünmezler. Çoğunlukla çapraz bağlı yapıya sahip olan termosetler, polikondansasyon reaksiyonu yolu ile elde edilirler. Polimerizasyon işlemi bu plastik malzemeyi içeren monomerlerin bir araya geldiği reaktörde başlar ve kalıplama aşaması sırasında biter [16,18].

Termoset plastikler için:

- Epoksiler
- Melaminler
- Poliester
- Üre-formaldehit
- Reçineler
- Fenolikler, tipik örneklerdir.



Şekil 4.3. Plastiklerin çeşitli kriterlere göre sınıflandırılması [18].

Termoplastikler, özellikleri itibariyle dünya genelinde en çok üretilen ve kullanım alanı en geniş olan plastik türüdür. Termoplastikler belirli sıcaklık ve basınç altında kolaylıkla şekillendirilebilen ve şekillendirilmesi bir defa ile sınırlı olmayan soğutulduğu zaman sertleşebilen plastik malzemelerdir. Kalıplama ve şekillendirilme esnasında hiçbir zaman kimyasal değişime uğramazlar. Uygun çözücülerle çözünebilirler.

Genelde polimerleştirme yolu ile reaktör denilen tesiste üretilirler. Polimerleştirme işlemi reaktörde tamamlanan termoplastikler genellikle yoğunlaşma polimerleştirme işlemi ile üretilirler. Bu işlemin sonucu olarak meydana gelen uzun zincir molekülleri yan zincir veya gruplar içerir.

Bazı termoplastikler şu şekilde sıralanabilir:

- ABS (Akrilonitril-Bütadien Stiren)
- PC (Polikarbonat)
- PA ((PA6, PA66, PA12 vb. gibi) (Poliamid))
- PVC (PoliVinilKlorür)
- PBT (Poli Butadien Tereftalat)
- PE (PoliEtilen)

- PET (PoliEtilenTerephalat)
- PS (PoliStiren)
- PP (PoliPropilen)
- POM (PoliOksiMetilen)
- PMMA ((Akrilikler)(Polimetil metakrilat))
- SAN (StirenAkrilNitril)
- CA (SelülozAsetat)

4.2. Enjeksiyon Yöntemi ile İmalat

Plastiklerin işlenmesi veya şekillendirilmesi belirli bir sıcaklık ve basınç altında gerçekleşmektedir. Bu iki faktörü ve farklı ekipmanları kullanarak plastiklere istenilen şekli ve formu vermek mümkündür. Ancak plastik parçaların şekli ve kullanıldıkları yerler farklı olduğundan değişik işleme teknikleri geliştirilmiştir. Bu işleme veya şekillendirme tekniklerinin en başında enjeksiyon yöntemi gelmektedir. Enjeksiyon yöntemi komple bir sistemin adıdır. Bunun içerisinde enjeksiyon makinesi, üretilmek istenen parçaya ait kalıp vb. gibi yardımcı makine ve ekipmanlar bulunmaktadır.

Hayatımızda sıkça kullandığımız plastik enjeksiyon ile üretilen malzemelere oyuncaklar, otomobil parçaları, ev eşyaları, çeşitli elektronik parçaları örnek verebiliriz. Önemli avantajları bulunan enjeksiyon yönteminin dezavantajları da bulunmaktadır. Enjeksiyon yönteminin avantajları şu şekilde sıralanabilir [13].

- Hızlı bir şekilde parça üretimi gerçekleştirilebilir.
- Yüksek hacimlerde parça üretilebilir.
- Diğer işleme yöntemlerine göre düşük maliyetli olabilir.
- Otomasyon uygulanabilir.
- Büyük çoğunlukla son işlem gerektirmez.
- Oldukça farklı şekil ve renkte parça üretilebilir.
- Malzeme kaybının önüne geçilebilir.
- Birçok farklı parça aynı kalıp ve makine kullanılarak üretilebilir.

- Hassas parçalar üretilebilir.
- Kalıba metal veya ametaller eklenerek enjeksiyon yapılabilir.
- Plastik malzemelere katkı maddesi ilave edilerek üretim gerçekleştirilebilir.
- Enjeksiyon parametrelerindeki değişimlerle plastik parçanın özelliklerinde iyileştirmeler yapılabilir.

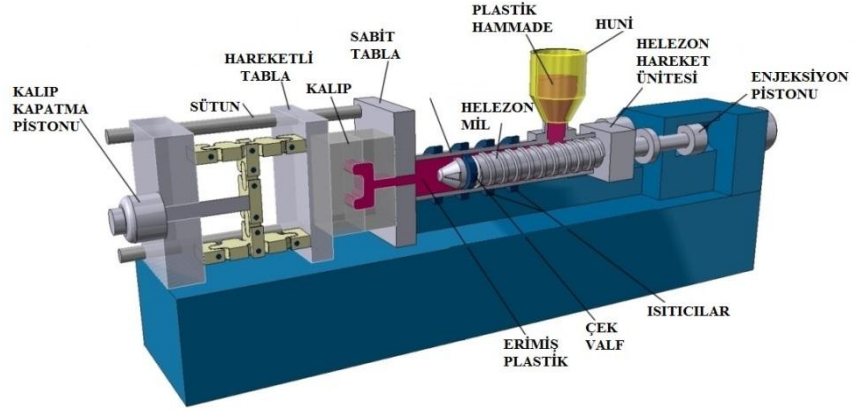
Plastik enjeksiyon yönteminin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bu dezavantajları şu şekilde sıralamak mümkündür.

- Sektördeki yoğun rekabetten dolayı kar marjı düşüktür
- Kalıp fiyatlarının özellikle ilk maliyetleri pahalıdır.
- Enjeksiyon makineleri, yedek parçaları ve ekipmanları pahalıdır.
- İşinin ehli personelin yetiştirilmesi zordur.
- Yeni ürün devreye alma sürecinde zaman kaybı fazladır
- Plastik parçanın kontrolü makine tarafından yapılamaz.

Bu yukarıda sayılan enjeksiyon yönteminin avantaj ve dezavantajlara daha farklı ilaveler yapmak mümkündür.

4.2.1. Enjeksiyon makinesi ve kısımları

Plastik parçaların, enjeksiyon yöntemi kullanılarak şekillendirilebilmesi için enjeksiyon makinesine ihtiyaç vardır. Enjeksiyon makinesinin temel görevi, huniden aldığı plastik malzemeyi istenilen sıcaklık derecesine çıkartarak, makinenin kapalı tuttuğu kalıp boşluğuna belirli bir basınç altında basılmasını, ardından da katılaşmasını sağlamak ve kalıbı açıp ürünü çıkarmak olarak özetlenebilir. Günümüzde farklı tiplerde enjeksiyon makineleri vardır. En çok kullanılan enjeksiyon makinesi tipi ve enjeksiyon makinesinin kısımları Şekil 4.4.'de görülmektedir



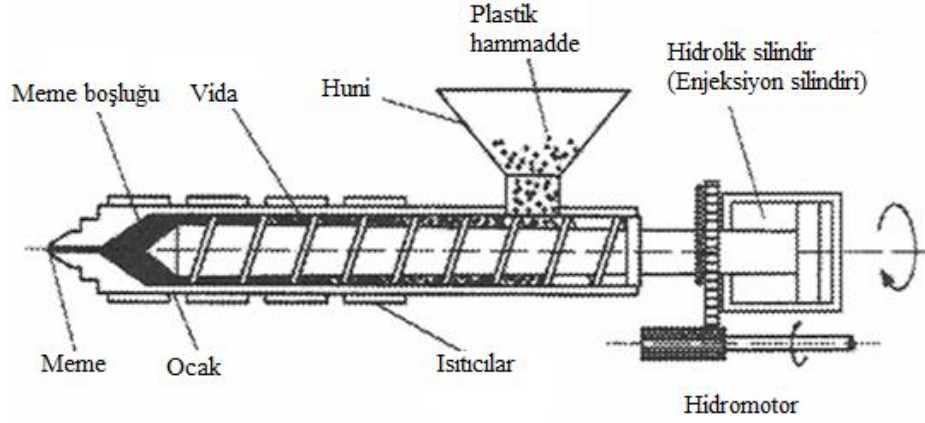
Şekil 4.4. Enjeksiyon makinesi ve kısımları.

Genel bir enjeksiyon makinesi beş ana kısımdan oluşabilir diyebiliriz.

1. Enjeksiyon ünitesi
2. Tahrik (hareket) sistemi
3. Kontrol ünitesi
4. Mengene ünitesi
5. Kalıp ve kalıp elemanları

4.2.1.1. Enjeksiyon ünitesi

Plastik malzemeyi eritmek ve kalıba basmak enjeksiyon ünitelerinin ana amacıdır. Her üretilen parçanın aynı özelliklere sahip olabilmesi için kalıba her seferinde aynı miktarda malzeme basılmalıdır. Enjeksiyon grubu bu sebeple her tekrarda aynı sıcaklıkta ve homojenlikte malzeme baskısı yapabilmelidir.



Şekil 4.5. Enjeksiyon makinesi ocak ve helozonu [13].

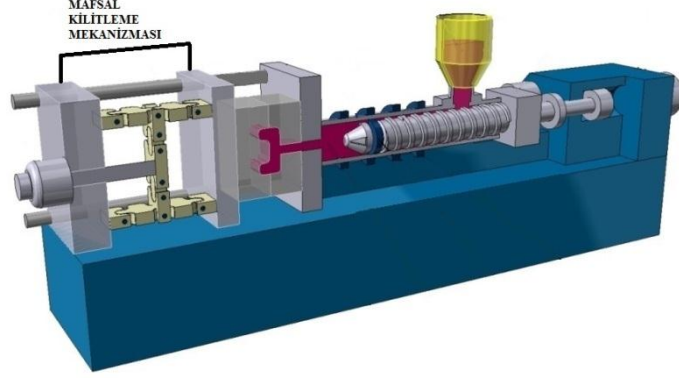
Günümüzdeki enjeksiyon makinelerinde kullanılan helozonlar piston gibi görev yapmaktadır. Helozonlar kendi etrafında dönerken aynı zamanda huniden plastik malzeme alır. Malzeme dönme hareketi yapan helozon yardımıyla ileri itilirken ocak ısıtıcıları ve helozonun dönme hareketi sırasında ortaya çıkan sürtünme ısısı yardımı ile erir. Malzeme helozon hareketi yardımı ile ilerleyerek erimiş halde meme boşluğuna depolanır. Malzeme meme boşluğuna dolup kalıbı dolduracak seviyeye gelene kadar, yani mal alma konumuna gelene kadar helozon geri gider. Hidrolik piston geri hareketi sırasında arkasında oluşacak geri basıncı belli bir değerde sabit tutar. Helozonun geri dönme hızı azaltılarak karışımın daha homojen olması sağlanır. Plastikleştirme işlemi bitip meme boşluğa yeterince malzeme ile dolduktan sonra helozon, bir piston gibi yüksek basınçla ileri doğru hareket ederek plastik malzemeyi meme boşluğundan kalıp içerisine enjekte eder. Meme ucundan çıkarken malzemenin sahip olduğu basınç değerine enjeksiyon basıncı denir [13].

4.2.1.2. Tahrik ve hareket sistemi

Kalıbı kapatıp açabilen, kalıp basıncını sağlayan, iticileri harekete geçiren, gerekli soğutma suyunun takviyesini ve tahliyesini yapabilen mekanizmaları içerir ve kalıbı taşır..

Günümüzde enjeksiyon makinelerinde, kilitleme sistemi olarak en fazla kullanılan mafsal kilitleme mekanizmasıdır (Şekil 4.6). Diğer sistemlere göre daha küçük

hidrolik silindir ve pompa kullanıldığı için, hidrolik kilitlemeli sistemlerle karşılaştırıldığında işleme maliyeti ve sistem maliyeti daha ucuzdur.



Şekil 4.6. Mafsal kilitleme mekanizması

Merkezde bulunan kilitleme silindiri yoluyla kalıp kapama kuvveti uygulanır. Mafsal kilitlemeli makinelerin önemli avantajlarından biri hareket hızını yavaşlatabilme kolaylığıdır. Kilitleme silindiri istavroza hareket kazandırır ve mafsal bağlama noktalarını da yatay konuma getirir. Başlangıç hareketinin mekanik kazancı düşük olmasına karşın hızı yüksektir. Buna karşın kalıp kapanırken mekanik kazanç artar fakat hız yavaşlar. Bu sayede kalıbın enjeksiyon işlemi esnasında kapalı kalması için gerekli olan basınç elde edilir. Hızın yavaşlatılması ile de kalıp yarımalarının çarpmadan dolayı zarar gömesi engellenir. Mafsal bağlama noktaları bağlama noktaları kilitleme pozisyonunda yatay konumda bulunur. Mafsal kollarının elastik sıkışmadan sağladığı kuvvet yardımı ile gerekli olan basınç elde edildiği için ilave hidrolik basınca gerek duyulmaz. Sonrasında mafsallar hidrolik basınç ters yönde işletilerek yavaşça açılır. Enjeksiyon makinesinin son işlemi itme işlemidir. Plastik parça kalıp açıldığı zaman kalıpta hareketli iticilerin bulunduğu tarafta kalır. İtici plakası itme silindiri yardımıyla tahrik edilir. Parçayı kalıp dışına bu plakaya bağlı itici pimler çıkarır [17,18].

4.2.1.3. Kontrol ünitesi

Enjeksiyon makinelerinde her üretici firmanın kullandığı farklı kontrol üniteleri bulunmaktadır. Her üretici firma kontrol ünitelerini enjeksiyon makinesi üzerinde farklı şekilde konumlandırmışlardır. Kontrol ünitelerinin makine üzerindeki konumu operatörün çalışma esnasında kolaylıkla müdahale edeceği şekildedir. Kontrol paneli üzerinde başta enjeksiyon parametrelerinin değişimi ve kontrolü yapılabilmektedir. Ayrıca enjeksiyon makinesinin özellikleri ve baskı esnasındaki anlık durum da üretici firmanın yazılımına göre rahatlıkla görülebilmektedir.

Teknolojinin ilerlemesiyle kontrol panellerinin görünümü ve kullanımını daha kolay hale getirmek için son yıllarda dijital sistemlere geçilmiştir. Önceleri elektrikli kontrol panelleri sayesinde enjeksiyon makineleri kontrol edilirken, daha sonralarında mikro işlemci yapıdan PLC (Programlanabilir Mantıksal Kontrolör) kumandalı sistemlere geçilmiştir. Bununla da yetinilmeyip artık günümüzde sadece PLC ile değil, PC bilgisayarlar, IPC'ler veya İstatiksel Proses Kontrol cihazları ile de enjeksiyon makinelerin kontrolleri sağlanmaktadır.



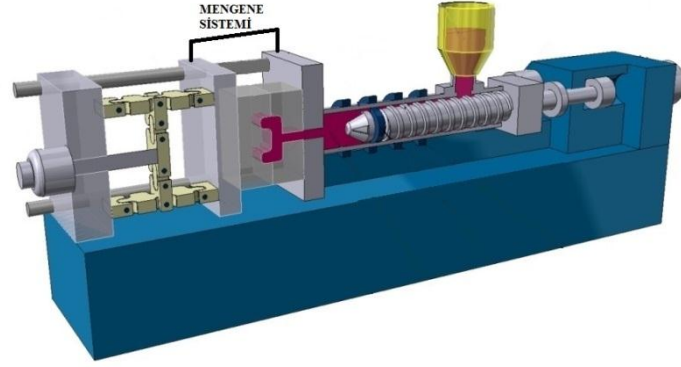
Şekil 4.7. Enjeksiyon makinesi kontrol ünitesi [13]

Teknolojik gelişmeler neticesinde artık sadece PLC ile değil, İstatiksel Proses Kontrol cihazları, IPC'ler (Industrial PC) veya normal PC'ler (Kişisel Bilgisayar) gibi çok gelişmiş sistemlerle de kontrol sağlayabilmek mümkündür.

Enjeksiyon parametreleri basınç, sıcaklık, hız ve sıcaklık olmak üzere dört ana parametreden oluşmaktadır. Bu parametreler tezgâh üzerinde konumlandırılmış termkupil, transduserler vb gibi özel ölçüm materyalleriyle tespit edilerek ana kontrol bilgisayarına iletilir. Kontrol sistemi gelen veriler doğrultusunda gereken işlemleri operatörün müdahalesi ile yapar. Mesela, enjeksiyon makinası üzerindeki ocak ısısı ayarlanmış değerin altına düştüğünde, rezistanslar devreye alınır veya tam tersi bir durumda yani ocak sıcaklığı ayarlanmış değerin üzerine çıktığında, ısıtıcılar devre dışı bırakılır. Veya başka bir operasyonda ekstruder mili helezon önceden belirlenmiş konuma ulaştığı zaman hammadde alma valfi kapatılarak hammadde alma işlemi durdurulur. Mengene ünitesinde de benzer durumlar söz konusudur. Belirlenen konuma gelen mengene yavaşlar veya hızlanır, açılır ya da kapanır. Bu tip kontroller enjeksiyon makinasında kontrol üniteleri sayesinde gerçekleşir [13].

4.2.1.4. Mengene ünitesi

Enjeksiyon makinalarında kalıp boşluğunu dolduracak parçanın üretimi, mengineenin gerekli basınç altında kapatılarak, sonrasında enjeksiyon ve soğuma sürecinden sonra mengene ünitesinin açılarak kalıp içerisindeki üretim yapılacak parçanın düşürülmesi ile gerçekleşir. Yüksek basınç altında kalıp içerisine sıvı plastik gönderildiği için parça üzerinde çapak oluşmaması için mengene ünitesinin basıncı çok önemlidir. Ürüne son işlem gerektiren çapak oluşumu, zaman ve enerji kaybına neden olduğu için hiç de istenilen bir durum değildir. Bu sebeple bir enjeksiyon makinesinin mengene sistemi, kalıbı gerekli kuvvetle kapalı tutabilmelidir. Mengene ünitesinin görevi kalıbı üretim yapılabilmesi için kapatmak, ardından enjeksiyon işleminin gerçekleşmesi ve parçanın soğuması esnasında kalıbı kapalı tutmak, sonrasında ise kalıbı açarak, parçanın kalıptan düşmesini sağlayacak açıklığa kalıbı getirmektir [13].



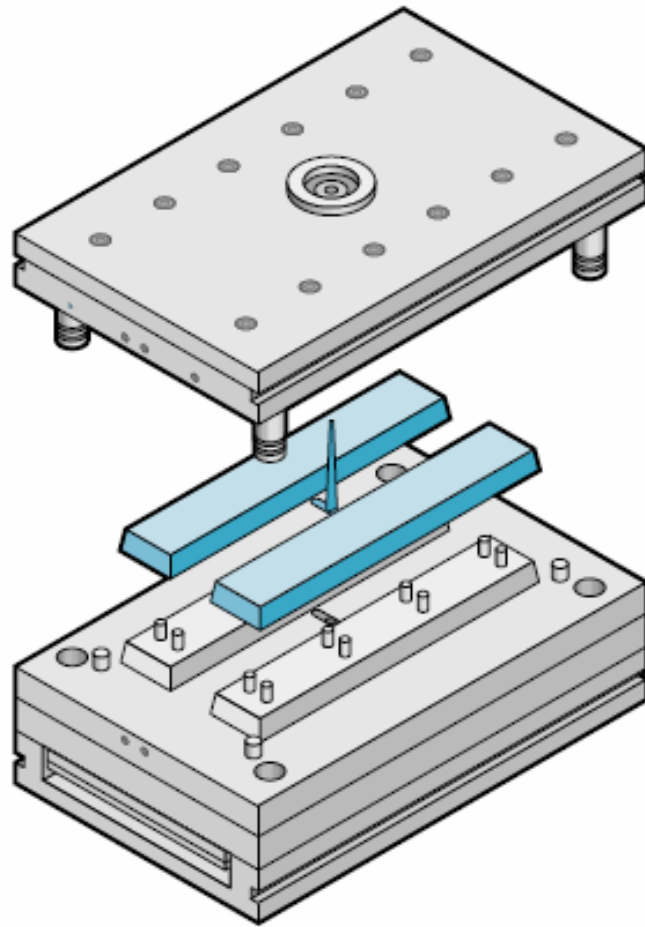
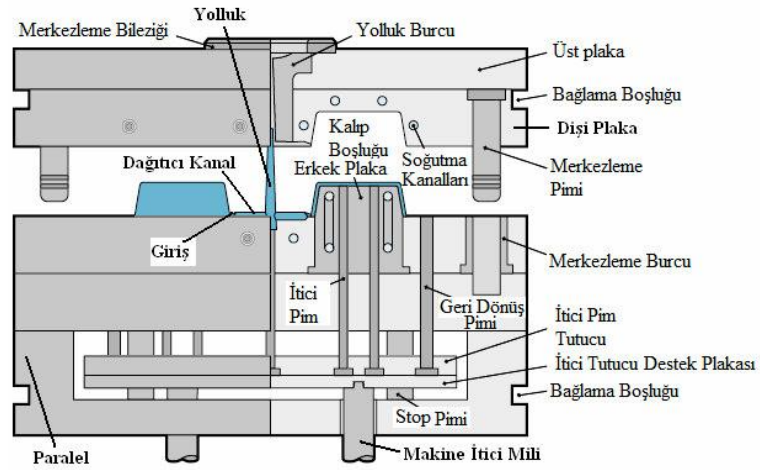
Şekil 4.8. Mengene ünitesi

4.2.1.5. Kalıp ve kalıp elemanları

Enjeksiyon yönteminde her hangi bir parçanın üretilmesi için, gerekli olan en önemli kısımlardan biri kalıp ve kalıp elemanlarıdır. Kalıp içerisindeki açılmış olan boşluğa belirli bir sıcaklık ve basınç altında, plastik malzemenin doldurulmasıyla bir üretim gerçekleşir. Kalıp genelde iki yarımdan oluşur ve kalıp açılma çizgisi denilen yerden kalıp ayrılır. Parçanın geometrisine, kalıp maliyetine, enjeksiyon makinesinin özelliklerine, parçanın malzemesine, göz adedine vb. özelliklere göre kalıp tasarımında farklılıklar olabilir. Örnek bir parçaya ait enjeksiyon kalıbının önden görünüşü [19], perspektif görünüşü ve bazı kalıp elemanlarının isimlendirilmesi Şekil 4.9.'da verilmiştir. Plastik enjeksiyon kalıplarının üzerindeki önemli kısımları ve kalıp elemanlarının bazıları şu şekilde sıralanabilir

- Dişi plaka
- Erkek plaka
- İtici
- Boru itici
- Yolluk çekici
- Geri itici
- Yolluk burcu
- Kolon

- Burçlar
- Paralel
- Açılı pim (Boynuz)
- Rekor
- Esnek maça
- Üst bağlantı plakası
- Alt bağlantı plakası
- İtici plakası
- İtici baskı plakası
- Yay
- Merkezleme flanşı
- Tarih vb. mühreler
- Sıcak yolluk
- Kalıp açılma çizgisi (K.A.Ç.)
- Dağıtıcı kanallar
- Giriş
- Soğutma kanalları



Şekil 4.9. Enjeksiyon kalıp örneği [19].

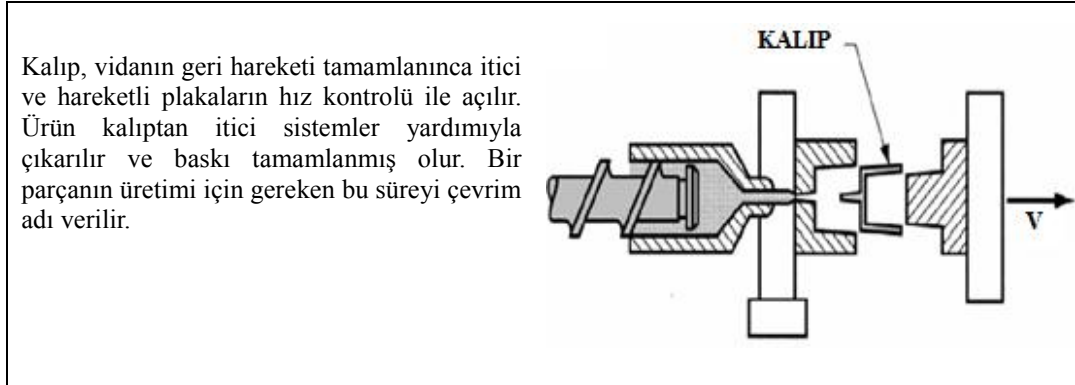
4.2.2. Enjeksiyon yönteminin aşamaları

Enjeksiyonla kalıplama yönteminin esası, kalıplanacak plastik malzemeyi homojen olarak kalıplama sıcaklığına kadar ısıtmak ve piston yardımı ile meme ve yolluk sisteminden geçirerek ısıtılmış kalıp boşluğuna basınçla enjekte etmektir. Bu yöntem tüm plastik malzemelere uygulanabilmektedir.

Tablo 4.1. Enjeksiyon yönteminin aşamaları [17]

<p>Plastik enjeksiyon makinesi tarafından plastik enjeksiyon işleminin gerçekleştirilebilmesi için ilk önce plastik ısıtılır. Kalıp mengene çenelerinin yardımı ile kapatılır. Bu işlem yapılırken hareketli plakanın hızı kontrol edilir.</p>	
<p>Eriyik malzeme kalıp kapatıldıktan sonra kalıba enjekte edilir. Bu işlem enjeksiyon ünitesi üzerindeki vida yardımıyla gerçekleştirilir. Enjeksiyon silindiri kalıp dolduktan sonra da belirli bir basınç altında tutmaya devam eder. Bunun sebebi, plastik soğurken oluşacak olan çekmelerden dolayı meydana gelecek boşluklara bir miktar daha erimiş plastik enjekte edebilmektir. Bu işleme ütleme basıncı denir. Enjeksiyon esnasında kapama kuvveti, kalıp dolana kadar akış hızı ve son olarak ütleme basıncı kontrol edilir.</p>	
<p>Baskı işlemi gerçekleştikten sonra eriyik haldeki plastiğin donmasına (Katılaşması) süresince ütleme işlemi de devam eder katılaşma tamamlanınca plastik kalıp içinde soğurken sonraki baskı için gerekli olan eriyik vida önünde vida dönüş hızı kontrol edilerek biriktirilir.</p>	

Tablo 4.2. (Devamı)



Enjeksiyonla kalıplama yöntemi, toz veya granül hâldeki plastik malzemeyi, homojen olarak ısıtan, çeşitli katıkları homojen olarak karıştıran ve istenen biçime getiren en hızlı kalıplama yöntemidir. Bu nedenle parça halindeki mamullerin imalinde en çok plastik enjeksiyonla kalıplama yöntemi kullanılmaktadır. Enjeksiyon kalıplama yöntemi, her biri kısmi olarak kendinden sonraki aşamayı da etkileyen çeşitli kademelerden oluşmaktadır. Yöntemin nasıl işlediğini ve her kademenin parça kalitesini nasıl etkilediğini anlamak için bu kademeler kısaca anlatılmıştır [13,20]. Enjeksiyon yönteminin aşamalarını gösteren Tablo 4.1.'de gösterilmiştir [17].

4.2.3. Enjeksiyon parametreleri

Enjeksiyon yöntemiyle bir parçanın imalatını gerçekleştirmek için, iyi bir enjeksiyon makinesi, iyi bir kalıp tasarımı ardından kalıp üretimi ve tecrübeli bir operatör yeterli değildir. Tüm bu bileşenlerle beraber malzemeye göre, enjeksiyon makinesi üzerindeki kontrol edilebilir parametrelerin ideal değerlerde olması da çok önemlidir.

Enjeksiyon makinesinin kontrol ünitesinde müdahale edilebilen dört ana değişken parametre vardır. Bunlar;

- Basınç
- Hız
- Sıcaklık
- Zaman

olarak sıralanabilir.

Enjeksiyon prosesinin de, malzeme özellikleri ve ürün geometrisinin yanı sıra ürünün ve son özelliklerinin üzerinde kesin etkileri vardır. Belki kalıbın tasarım sürecindeki hatalar kolay kolay düzeltilemeyebilir fakat bu hataların prosese etkileri azaltılabilir ve istenen kalitede parçalar üretilebilir. Kalıp haricinde çevre şartlarının ve makine çalışma parametrelerinin bilinmesi de yüksek kalitede ürün imali için şarttır [13,21].

BÖLÜM 5. MODELLEME VE ANALİZ

Bu çalışmada numune olarak sağlık sektöründe kullanılan uçak formunda ölçekli şurup kaşığı kullanıldı (Şekil 5.1., Şekil 5.2.).



Şekil 5.1. Numune parçanın üst görünüşü



Şekil 5.2. Numune parçanın alt görünüşü

5.1. Numunenin Parçanın Optik Yöntemlerle Taranması

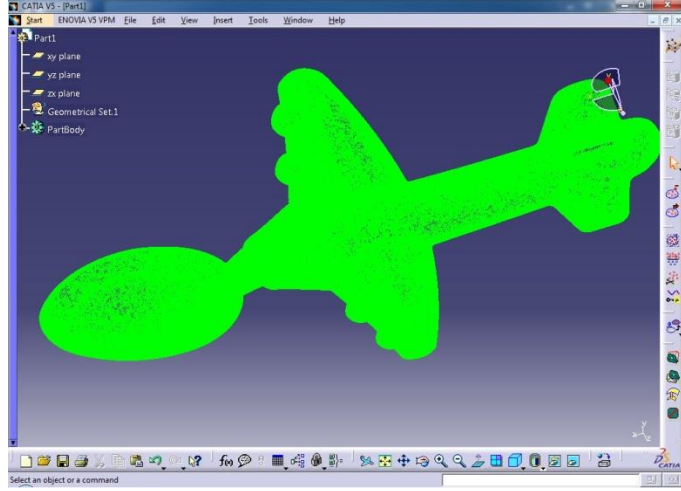
Parçanın taranması işleminde kullanılan temassız tarama yöntemlerinin farklı tipleri ve her birinin çeşitli kullanım alanları vardır. Bu çalışmada lazer çizgili sistem kullanıldı. Lazer çizgili sistemlerde, lazer kesit cismin üzerine düşürülür ve cismin üzerinde hareket ettirilir. Cismin üzerinde deformasyona uğrayan lazer kesitinin CCD dijital kamera yardımı ile deformasyon bilgileri alınır ve nokta bulutu oluşturulur. Cihazın elle taşınan portatif ve mekanik kol ucuna bağlanan modelleri vardır.

Tek kameralı sistemlerde bir projeksiyon cihazı ve 1 CCD dijital kamera aralarında belli bir açı yapacak şekilde konumlandırılmıştır. Bu açıya üçgenleme açısı denir. Bu açı sayesinde noktaların koordinatları trigonometrik hesaplarla elde edilir. Çift kameralı sistemlerde ortada bulunan projeksiyon cihazı ile eşit veya farklı açı yapacak şekilde konumlandırılmış 2 CCD kamera bulunmaktadır. İki kameranın da ortak olarak gördüğü bölge esas ölçüm bölgesidir [22].

Bu çalışmada geometrik modeli bulunmayan parça Aicon markasının çift kameralı Smartscan model optik tarayıcısı kullanılarak tarandı ve elde edilen sayısal veriler bilgisayar ortamına nokta bulutu olarak aktarıldı (Şekil 5.3.). Malzemeyi kameralar tek seferde tüm ayrıntıları ile görüntüleyemeyeceği için parça parça tarandı ve her taranan parça bir önceki parça ile bilgisayar ortamında yaklaşık noktalar seçilerek birleştirildi. Bilgisayar yazılımı yaklaşık noktaları algılayarak üst üste örtüştürdü ve bu yöntemle parçanın tamamı taranıp nokta bulutu oluşturuldu (Şekil 5.4.) [23].



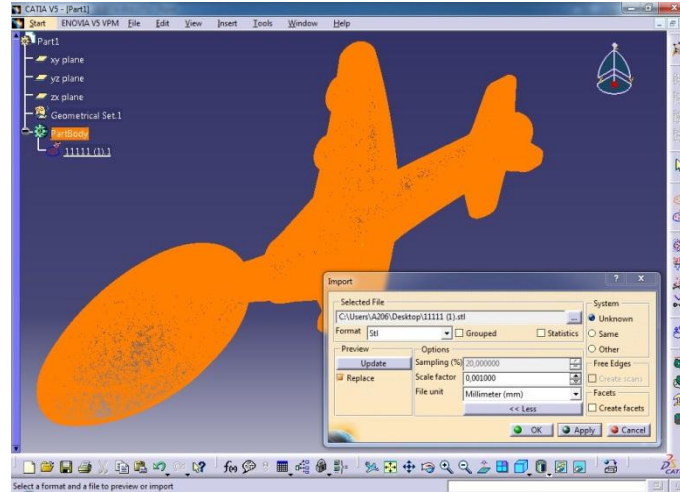
Şekil 5.3. Smartscan model optik tarayıcı ile parçanın taraması



Şekil 5.4. Taranan verilerin bilgisayar ortamına nokta bulutu olarak aktarılması

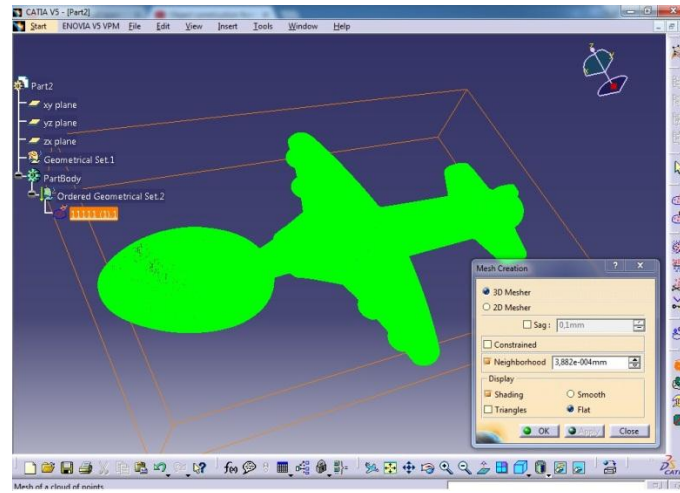
5.2. Tarama Verilerinin Katı Modele Dönüştürülmesi

Bilgisayar ortamında nokta bulutu olarak elde edilen veriler, Catia yazılımı içerisinde bulunan start sekmesi altındaki shape menüsünden digitized shape editör modülü açılarak import komutu yardımı ile catia yazılımı içerisine yüklendi (Şekil 5.5.).

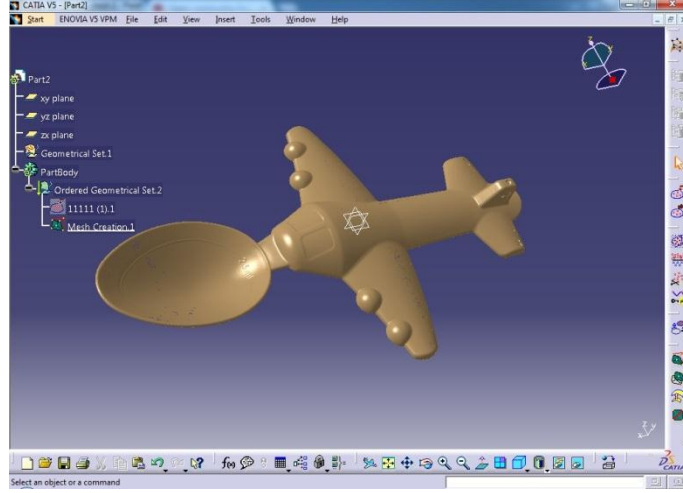


Şekil 5.5. Nokta bulutunun catia yazılımına aktarılması

Sonrasında aynı modül içerisinde bulunan mesh creation komutu (Şekil 5.6.) yardımı ile nokta bulutlarından yüzey oluşturuldu (Şekil 5.7.).

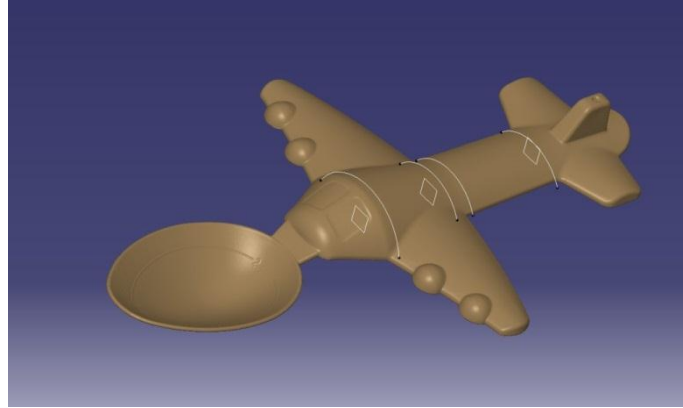


Şekil 5.6. Mesh creation komutu



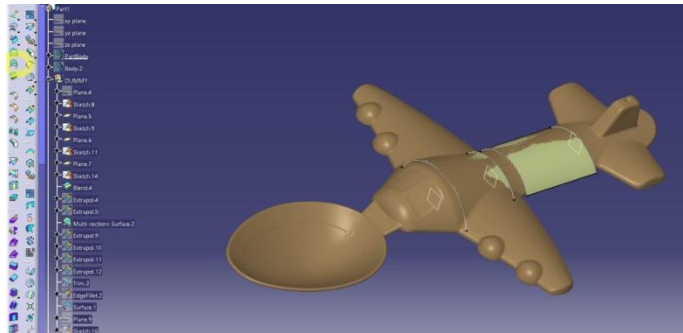
Şekil 5.7. Mesh creation komutu yardımı ile oluşturulan yüzey

Sonrasında shape menüsünden generative shape desing modülünde mesh yüzeyinde sketchler alındı.



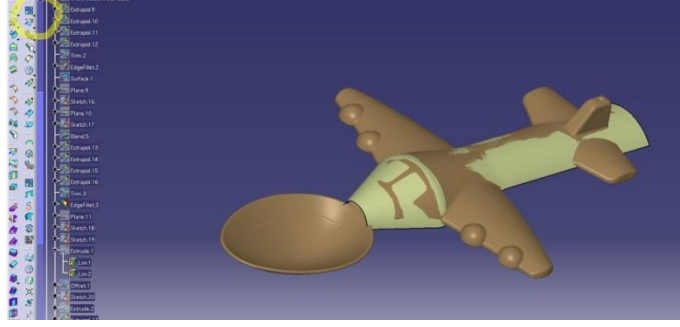
Şekil 5.8. Mesh yüzeyinde alınan sketchler

Multi sections surface komutu ile bu sketchlerden yüzey oluşturuldu (Şekil 5.9.).



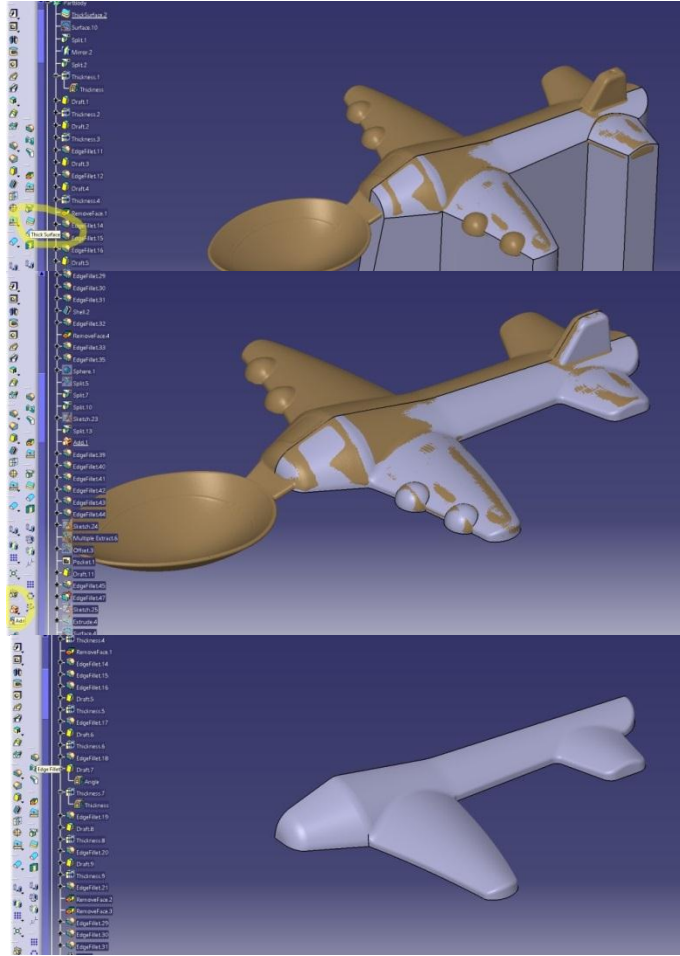
Şekil 5.9. Skechlerden yüzey oluşturulması

Oluşturulan yüzeyler join komutu yardımıyla birleştirildi (Şekil 5.10.).



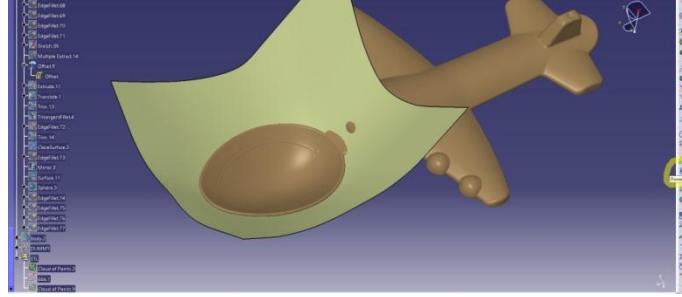
Şekil 5.10. Join komutu ile yüzeylerin birleştirilmesi

Sonrasında mechanical desing menüsünden part desing modülü açıldı. Thick surface komutu yardımı ile bu yüzeylerden katı oluşturuldu (Şekil 5.11.). Fillet komutu ile keskin köşelere radius verildi.



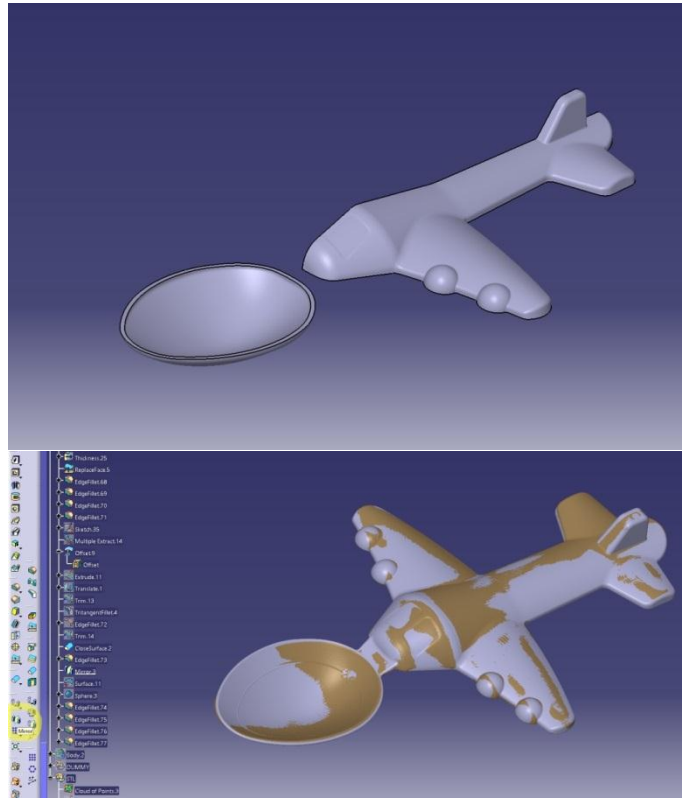
Şekil 5.11. Thick surface komutu ile katı oluşturulması

Quick surface reconstruction modülünden power fit komutu yardımı ile kaşık kısmı oluşturuldu (Şekil 5.12.).



Şekil 5.12. Power fit komutu ile kaşık kısmının yapılması

Son olarak mirror komutu yardımı ile de parçanın diğer yarısı tamamlandı (Şekil 5.13.).



Şekil 5.13. Mirror komutu ile parçanın tamamlanması

5.3. Kalıp Tasarımı

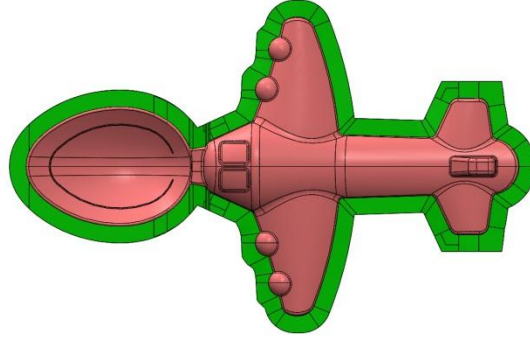
Çıkma açıları kalıp içerisinde basılmış olan parçanın kalıptan kolay çıkmasını sağlayan açılardır. Sağlık sektöründe çocukların tedavi sonrasındaki ilaç alımlarını kolaylaştırıp bir an önce sağlıklı bir birey haline dönüşmelerini sağlamak amacıyla tasarlanmış olan ölçekli kaşık örneğinin tersine mühendislik kapsamında tekrar üretilmesi aşamasını gösteren bu çalışmada, kalıp tasarım sürecine çıkma açısının kontrolü ile başlandı ve kalıp çalışma mantığına ait herhangi bir olumsuz durum görülmedi. Sonrasında parça polipropilen malzemesinden üretileceği için %0,12 çekme payı verilerek kalıp tasarımına devam edildi.

5.3.1. Erkek ve dişi kalıp elamanının oluşturulması

Erkek ve dişi kalıpların oluşturulmasından önce kalıp ayırım yüzeyinin belirlenmesi gerekir. Kalıp ayırım yüzeylerinde, malzemenin kalıptan rahat ayrılabilmesi için parçaya çıkma açısı verilmesi gereklidir. Çıkma açısının verilmesi gereken bu kalıp ayırım yüzeylerinin belirlenebilmesi için, parçaya Solidworks yazılımı içerisinde de mold tools menüsünde yer alan draft analysis komutu kullanıldı. Bu analiz sonrasında parça yüzeyi kırmızı ve yeşil renkler ile bölümlere ayrıldı. Burada kırmızı renk olan kısım çıkma açısı verilmesi gereken yüzeyi göstermektedir. Bu analiz sonrasında bizim parçamız için imalat tecrübeleri yardımı ile çıkma açısı için 2^0 yeterli görülmüştür. Bu işlem sonrasında mold tools mesünü altında bulunan parting lines komutu yardımı ile kalıp ayırma çizgisi (K.A.Ç.) (Şekil 5.14.) oluşturuldu. Daha sonra parting surface komutu yardımı ile kalıp ayırım yüzeyi oluşturuldu (Şekil 5.15.).

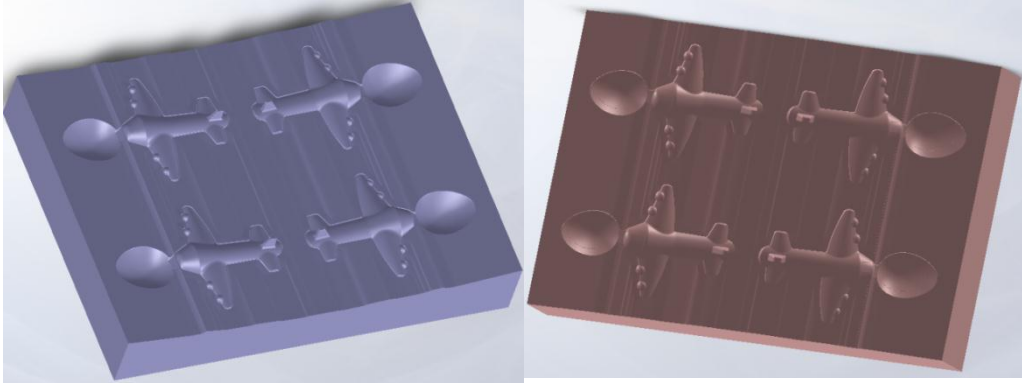


Şekil 5.14. Kalıp ayırma çizgisi



Şekil 5.15. Kalıp ayırım yüzeyi

Sonrasında da tooling split komutu yardımı ile ayırım yüzeyi sınırları içerisinde parçayı içine alacak şekilde kalıp kütüğü çizilerek 4 gözlü erkek ve dişi kalıp oluşturuldu (Şekil 5.16.).

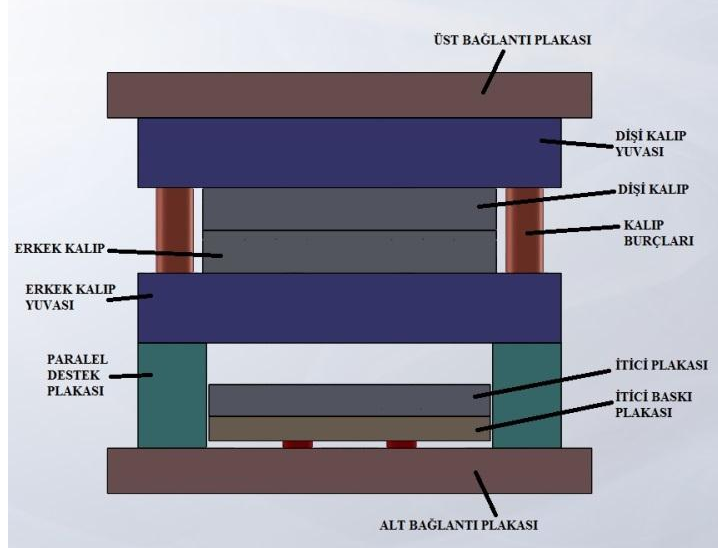


Şekil 5.16. Erkek ve dişi kalıp

5.3.2. Kalıp setinin oluşturulması

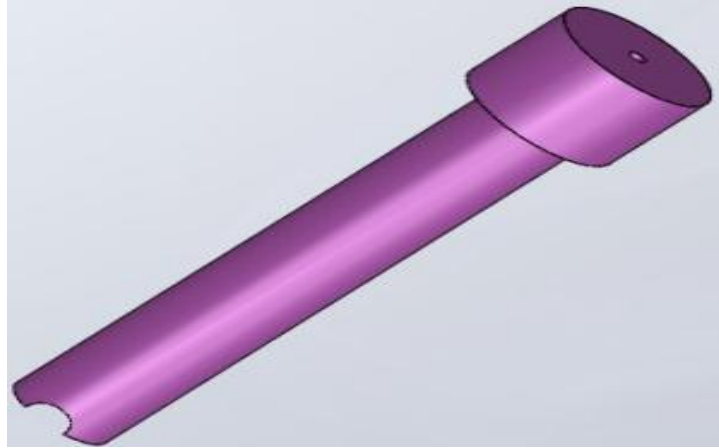
Tersine mühendislik kapsamında var olan bir parçanın tekrar üretilebilmesi için ölçüleri çıkarılan ölçekli kaşık parçasının 4 gözlü erkek ve dişi kalıp elemanı oluşturulduktan sonra ortaya çıkan erkek ve dişi kalıp ölçülerine uygun olarak, Güvenal firmasına ait katalogdan 396x496 ölçülerine sahip standart kalıp seti seçildi [24]. Alt bağlantı plakası, üst bağlantı plakası, paralel plakaları, dayama tabletleri,

itici bağlantı plakası, itici baskı plakası, erkek ve dişi kalıp destek plakaları, kolon ve burçlarından oluşan kalıp seti Şekil 5.17’de görülmektedir.



Şekil 5.17. Kalıp seti

5.3.3. Yolluk burcunun oluşturulması



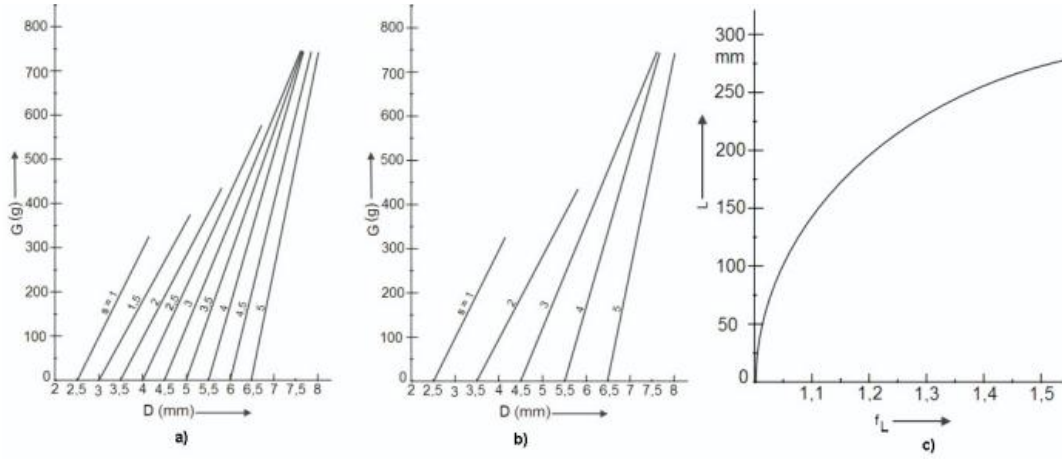
Şekil 5.18. Yolluk burcu

Enjeksiyon makinesinden aldığı erimiş haldeki sıcak plastik malzemeyi genellikle kalıp açılma çizgisi üzerinde bulunan dağıtıcı kanallara kadar getiren kalıbın iç

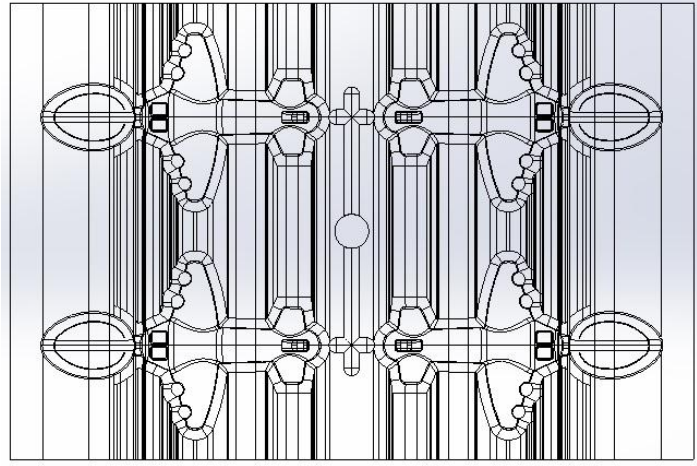
kısmına doğru daha geniş çapta olacak şekilde açılı olan kalıp elemanıdır. Şekil 5.18'de görülmektedir.

5.3.4. Dağıtıcı kanalların oluşturulması

Enjeksiyon makinesinden yolluk burcu aracılığı ile kalıp açılma çizgisine kadar gelmiş erimiş halde plastiği kalıp gözlerine kadar getiren erkek ve dişi kalıp üzerindeki kanallara dağıtıcı kanallar denir. Dağıtıcı kanalların tam yuvarlak, yarım yuvarlak, trapez, kare, dikdörtgen kesitli şekilleri mevcuttur. Erimiş plastik malzemenin temas yüzeyinin en az olduğu şekil yuvarlak kesitli dağıtıcı kanallardır. Bu sebeple de en az ısı kaybı ve sürtünme kuvveti bu kanallarda oluşacağından yuvarlak kesitli kanal olarak tasarlandı. Dağıtıcı kanalların tasarımı Şekil 5.19.'da görülen diyagramlara göre yapıldı. 4 gözlü kalıp için yapılan dağıtıcı kanal ve konumu Şekil 5.20.'de görülmektedir.



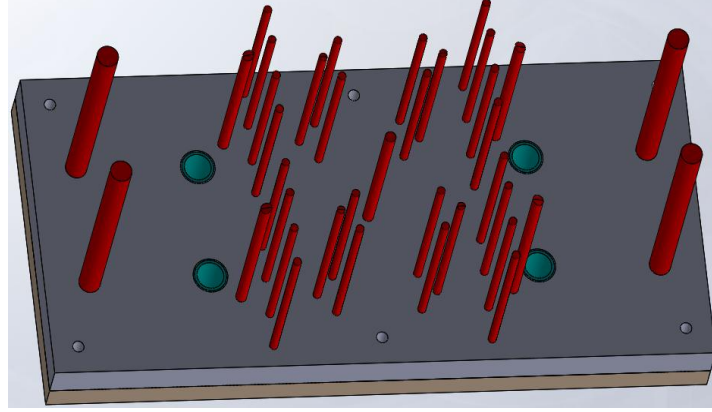
Şekil 5.19. Yollukların enine kesit boyutları için referans çizgileri a) PS, ABS, SAN, CAB için, b) PE, PP, PA, PC, POM için, c) Düşünülen malzeme için D alınır L'ye karar verilir ve C'deki diyagramdan f_L alınır. Sonrasında çap $D=D' \times f_L$ bağıntısından hesaplanır. [25]



Şekil 5.20. Dağıtıcı kanalın konumu

5.3.5. İticiler, geri iticilerin ve yolluk çekicinin oluşturulması

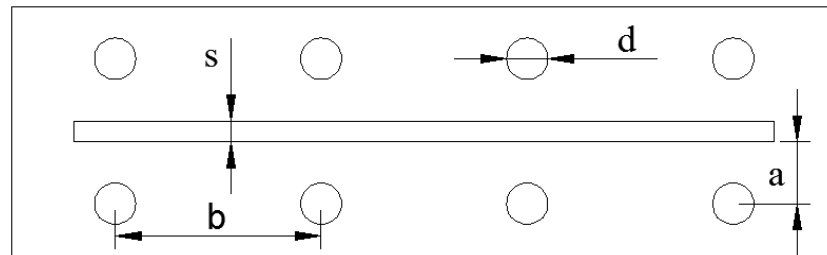
İticiler, kalıptan parçayı düşürmek için kullanılan ve değişik formlarda yapılan kalıp elemanlarıdır. Geri iticiler ise, iticilerin çalışması sonucunda kalıpta üretilen parçanın düşmesinden sonra kalıbın kapanması esnasında iticilerin kalıba zarar vermesini, tam kapandığı sırada da iticilerin ileride ya da geride kalmamasını ve parça üzerinde iz oluşturmamasını sağlayan kalıp elemanıdır. Yolluk çekici, yolluğun itici sisteminin tarafında kalmasını sağlayan kalıp elemanıdır. 4 adet geri itici ve 1 adet de yolluk çekici kullanılmıştır. Kaşık üzerindeki formun şekli verilerek, kaşığın şeklinden dolayı kalıba yapışma ihtimali olan derin bölgelerin çevresine iticiler yerleştirildi. Şekil 5.21.'de iticiler, geri iticiler ve yolluk çekici itici plakaya bağlanmış ve itici baskı plakasıyla desteklenmiş konumda itici grubunun montajı görülmektedir.



Şekil 5.21. İtici grubunun montajı

5.3.6. Soğutma kanallarının oluşturulması

Enjeksiyon kalıplarında, kalıp içerisine giren sıcak haldeki sıvı termoplastik malzemesinin donmasını sağlamak ve çevrim süresini kısaltmak için soğutmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Sıcak malzemenin kalıp içerisine girmesinden sonra ortamdaki ısının uzaklaştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu ısının bir an önce uzaklaştırılması ve soğutma işleminin gerçekleşmesi için enjeksiyon kalıplarında dişi ve erkek kalıba soğutma kanalları açılması gerekir. Soğutma kanallarından genellikle su geçişi sağlanmaktadır. Soğutma kanallarının hesabı Şekil 5.22. ve Tablo 5.1.'de görülen değerlere göre yapılmaktadır [26].

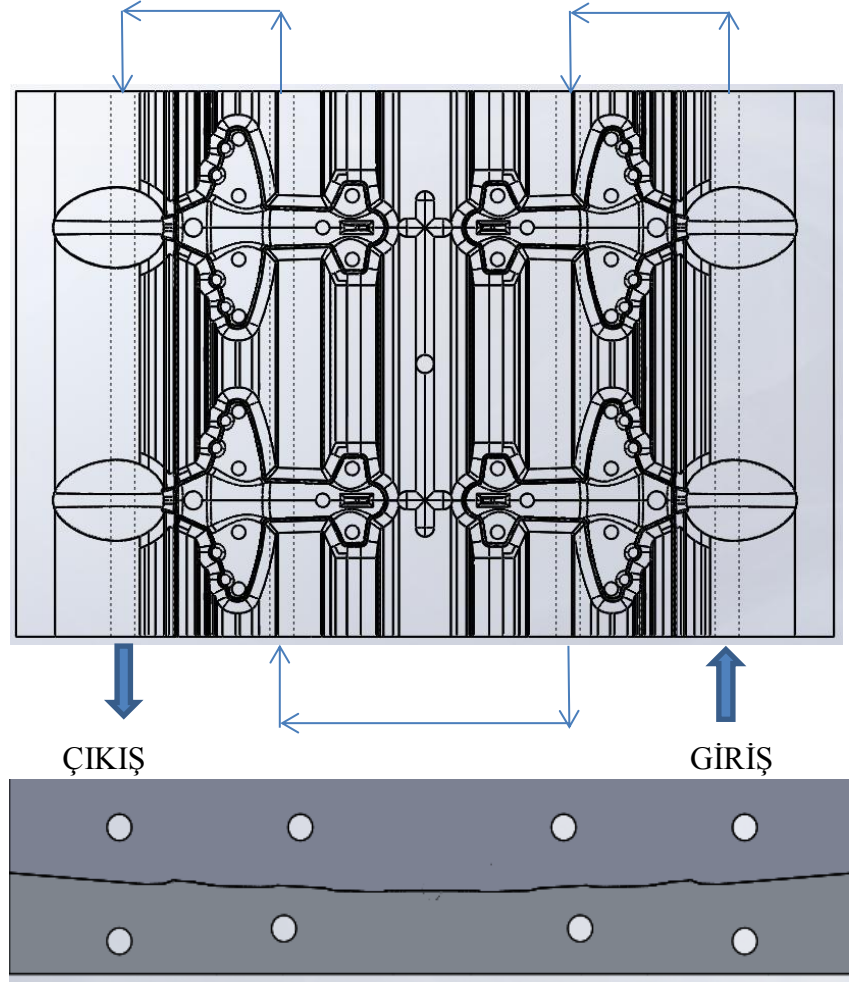


Şekil 5.22. Soğutma kanallarının yerleştirilmesi; s- parça kalınlığı, a- kanalların merkezinden kalıp boşluğuna kadar mesafe, b- kanalların merkezleri arası mesafe, d- kanal çapı

Tablo 5.1. Soğutma kanallarının boyutları

Parça kalınlığı s(mm)	Soğutma kanallarının çapı d(mm)	Kanal merkezinden boşluğa kadar mesafe a(mm)	Kanalların merkezleri arası mesafe a(mm)
2	8-10	(1,5-2).d	(2-3).d
2-4	10-12		
4-6	12-14		

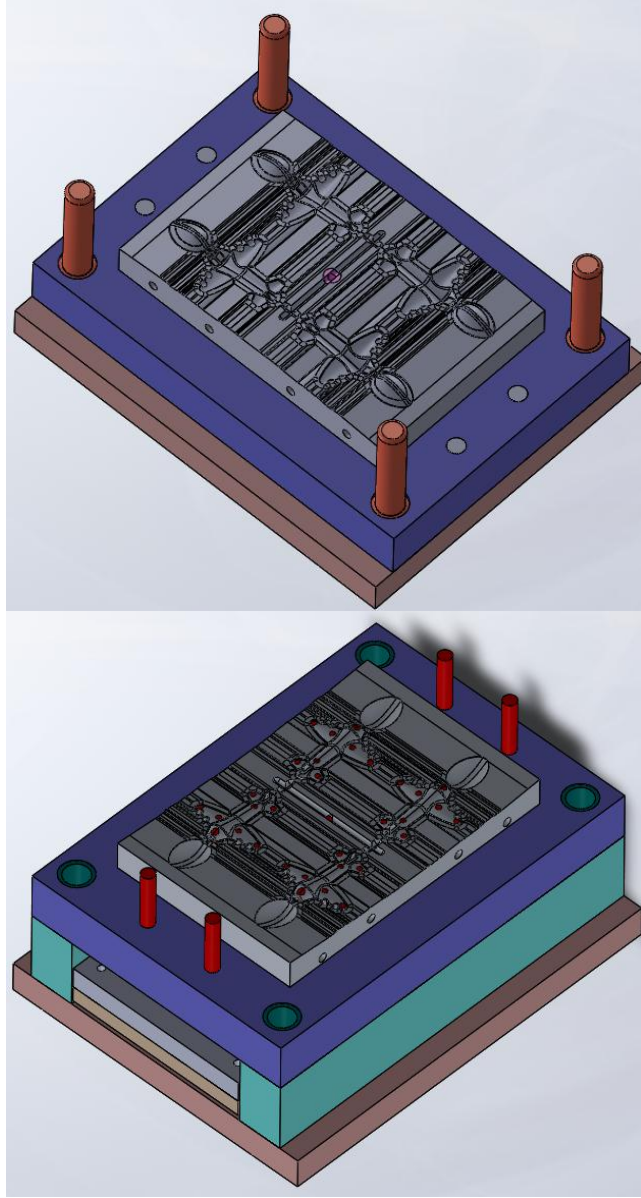
Erkek ve dişi kalıp elamanındaki soğutma kanallarının iticilerle çakışmaması gerekmektedir. Bu sebeple iticilerin yerleri belirlendikten sonra, soğutma kanalları iticilerle çakışmayacak şekilde tasarlanmıştır. Soğutma kanalları boydan boya olacak şekilde delinerek geçişler hortum ile yapılacaktır. Her bir kalıp elamanında bir ana giriş ve bir ana çıkış bulunmaktadır. Soğutma kanalları M12 rekor takılacak şekilde delindi. Her bir soğutma kanalın uç kısmına rekor takılarak, kanallar su akışı için gerekli bağlantılar yapılabilecek duruma getirilir.



Şekil 5.23. Soğutma kanalları

5.3.7. Kalıp yarımalarının montajlı hali

Tüm kalıp elamanlarının montajının ve tasarımının yapılmış hali Şekil 5.24.'de üst grup ve alt grup halinde verildi. Kolonlar sabit yarım kısma montajlandı ve karşılığında burçlar ise hareketli kalıp yarımına montajlandı. Ayrıca itici grubunda da hareketin merkezi bir şekilde sağlanması için kolon burç sistemi yerleştirildi.



Şekil 5.24. Kalıbın montajlı hali

5.3.8. Enjeksiyon kalıp akış analizleri

İmalat sektöründe her alanda büyük kolaylıklar sağlayan analiz programları plastik enjeksiyon kalıp imalatında kullanılmaktadır. Analiz programı sayesinde kalıp ile imal edilecek parçada oluşabilecek kaynak izleri, çarpılma vb. sorunlar imalat öncesinde tespit edilip gerekli önlemler alınabildiği gibi, yine program yardımı ile

kalıbın dolum süresi, soğuma süresi, çevrim süresi vb. verileri de elde edilir. Çevrim süresi imalatta en önemli parametrelerden biridir.

Bu çalışmada, Enjeksiyon makinası olarak Negri Bossi markasına ait Cambio V 160 1600-400(40) model seçilmiştir. Kalıp sıcaklığı ve enjeksiyon sıcaklığı değerleri değiştirilerek 12 farklı analiz sonucunda bu şartlarda oluşacak enjeksiyon basıncı ve çevrim süreleri belirlenmiştir. Bu değerler Tablo 5.2.'de verilmiştir.

Tablo 5.2. Analiz sonuçları

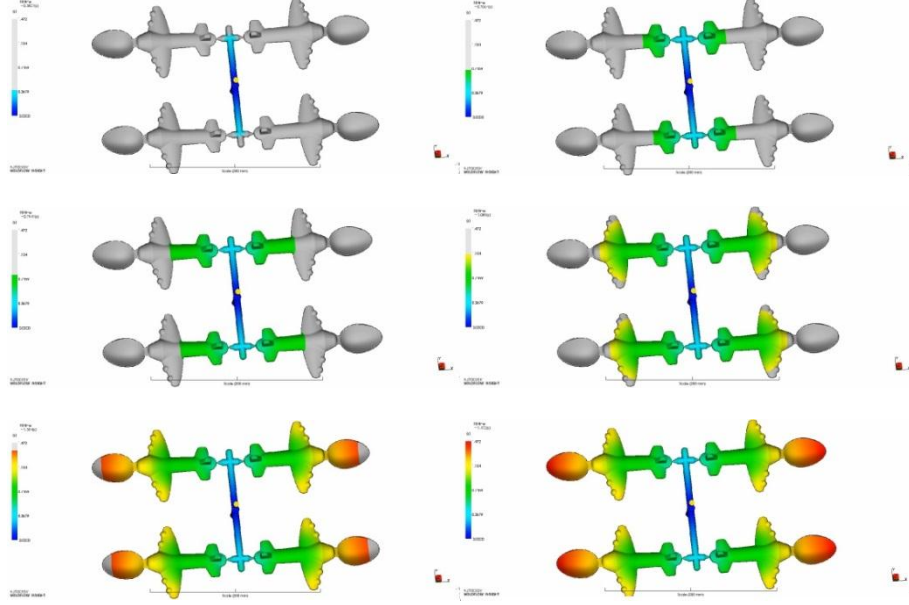
Enjeksiyon sıcaklığı (°C)	Kalıp sıcaklığı (°C)	Enjeksiyon basıncı (Mpa)	Çevrim süresi (sn)	Dolum oranı %
200	20	28,52	24,11	100
210	20	26,61	24,72	100
220	20	26,51	18,85	100
230	20	23,49	23,34	100
200	50	28,59	23,34	100
210	50	26,67	22,82	100
220	50	24,46	24,72	100
230	50	23,19	23,34	100
200	80	28,3	22,82	100
210	80	26,23	23,34	100
220	80	25,99	18,85	100
230	80	23,15	24,11	100

Yapılan bu analizler sonucunda harcanan enerjinin en az, çevrim süresinin en kısa olduğu optimum değerler seçilmiş ve imalat verileri olarak kullanılmıştır. Bu veriler Tablo 5.3.'de verilmiştir.

Tablo 5.3. Seçilen enjeksiyon değerleri

Malzeme miktarı	37,13 cm ³ – 34,00 g
Kalıp sıcaklığı	20 °C
Ortam sıcaklığı	30 °C
Malzeme sıcaklığı	220 °C
Dolum süresi	0,76 sn
Dolum basıncı	26,51 Mpa
Soğutma zamanı	6,26 sn
Mengene açılma zamanı	5 sn

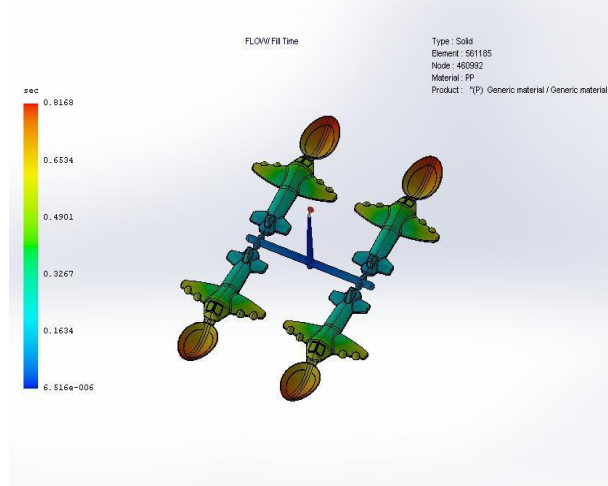
Elde edilen bu veriler kullanılarak yapılan analiz sonucunda kalıp boşluğunun tam olarak dolduğu gözlemlenmiştir. Doluma ait görseller Şekil 5.25.'de görülmektedir.



Şekil 5.25. Enjeksiyon dolum analizi görselleri

5.4.1 Dolma süresi (Fill time)

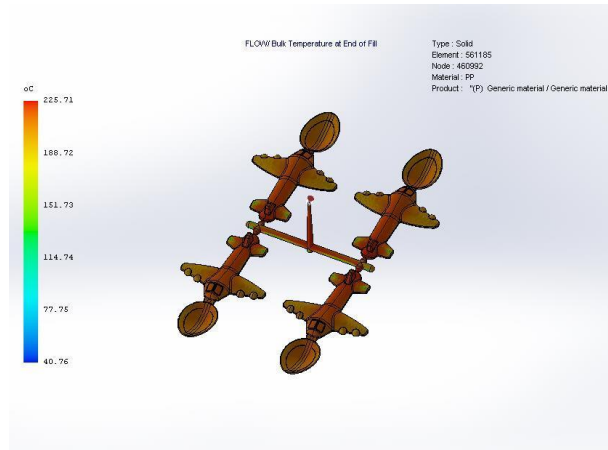
Parçanın imal edileceği malzemenin, kalıba dolma süresini gösterir. Dolum süreleri renk farklılıkları ile ifade edilir. Mavi renkli bölgeler ilk dolan bölgeler, kırmızı renkli bölgeler ise en son dolan bölgeleri ifade eder. Aynı renk tonunun geniş aralığa sahip olması o bölgede akışın hızlı olduğunu göstermektedir. Sol tarafta gösterilen çizelgeden malzemenin kalıba dolma süresi tespit edilebilir (Şekil 5.26.).



Şekil 5.26. Dolma süresi

5.4.2. Dolum sonundaki sıcaklık (Bulk temperature at end of fill)

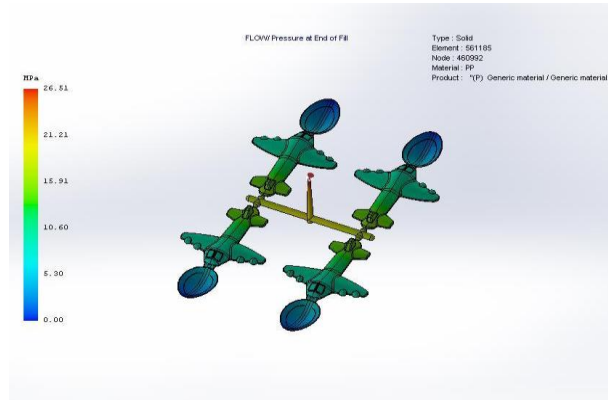
Malzemenin kalıp içerisinde sıcaklık değişimlerinin gösterir. Sıcaklık farklılıkları renkler ile ifade edilmiştir. Kırmızı renk en sıcak olan bölgeyi mavi renk ise en soğuk olan bölgeyi ifade eder. Renklerin ait oldukları sıcaklık aralıkları sol tarafta grafik şeklinde gösterilmektedir (Şekil 5.27.).



Şekil 5.27. Dolum sonundaki sıcaklık

5.4.3 Dolum sonundaki basınç (Pressure at end of fill)

Malzemenin kalıp içine tamamen dolmasından sonra kalıp içerisindeki basınç dağılımını gösterir. Basın değişiklikleri renkler ile ifade edilmiştir. Kırmızı renk ile en yüksek basınca maruz kalan bölge, mavi renk ile de en düşük basınca maruz kalan bölge ifade edilmektedir. Sol tarafta renklerin ait oldukları basınç aralıkları belirlenebilir (Şekil 5.28.).



Şekil 5.28. Dolum sonundaki basınç

BÖLÜM 6. SONUÇLARIN İNCELENMESİ VE YORUM

Çalışmada uçak şeklinde ki ölçekli şurup kaşığı optik tarama yöntemi ile taranıp nokta bulutu formatında bilgisayar ortamına aktarıldı ve elde edilen veriler yardımı ile katı modele dönüştürüldü. Sonrasında kalıp tasarımı ve akış analizleri yapıldı.

Enjeksiyon sıcaklığı ve kalıp sıcaklığı değerleri değiştirilerek 12 farklı analiz yapıldı. Bu analiz değerleri karşılaştırılarak en az enerji ile parçanın en kısa sürede üretilebileceği imalat değerleri elde edildi.

Çalışmada uygulanan bu yöntemler sayesinde, üretilecek parçanın ve kalıbın prototipini yapmak, kalıbı enjeksiyon makinesinde denemek vb. gibi tüm adımlar bilgisayar ortamında yapıldığı için üretim zamanı oldukça kısaldı. Tüm bu işlemlerin neticesinde tasarım maliyeti azaltılarak ürünün optimum maliyet il üretilebilmesi sağlandı. Bunun sonucunda da rekabet gücü artırılmış oldu.

Kalıp üretilip ürünler numune parça ile karşılaştırıldıktan sonra, seri üretime başlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Çetin A. Katkı maddelerinin ve enjeksiyon parametrelerinin plastik ürünün mekanik özelliklerine ve UV direncine etkisinin deneysel araştırılması, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2016.
- [2] Çetinel M., Tersine mühendislik ile üç boyutlu cisimlerden grafik modeller için veri elde edilmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2008.
- [3] Topçu E., Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- [4] Kafalı M.S., Bilgisayar destekli plastik enjeksiyon kalıp tasarımı, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2011.
- [5] Ceritbinmez F., Plastik enjeksiyon kalıp tasarımı ve üretilen parçalarda çapaklanmaya etki eden parametreler, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2014.
- [6] Tugaytimur C., Plastik enjeksiyon kalıp tasarım kurallarının analizi ve uygulanması, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2016.
- [7] Çakır Y., Özdemir A., Gültaş A., 2001 Plastik Ürünlerde Çekme Miktarına Etki Eden Enjeksiyon Parametrelerinin İncelenmesi Teknoloji, 19:29-1-2.
- [8] Kucur M. Z., Plastik Enjeksiyon Kalıbı Esasları Tasarım İmalat ve Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2005.
- [9] Karacasulu S. S., Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Pvc ve PC İçin En Uygun Kalıp Çeliği Seçimi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2015.
- [10] Saygılı E., Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2013.

- [11] Sherry, N., Reverse Engineering of Automotive Parts Applying Laser Scanning and Structured Light Techniques”, The University of Tennessee, Knoxville, 2005.
- [12] Kaya, F. 2005. Ana Hatlarıyla Plastikler ve Katkı Maddeleri (İkinci baskı). İstanbul: Birsen Yayınevi, 1-238.
- [13] Akyüz, Ö. F. 1998. Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş. İstanbul: Pagev Yayınları, 45-89.
- [14] Telli, S., PP Malzemelerin Geri Dönüşümlerinde Elde Edilen Ürünlerin Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2009.
- [15] Akkurt, S. 2005. Plastik Malzeme Bilimi Teknolojisi ve Kalıp Tasarımı. İstanbul: Birsen Yayınevi, 3-7.
- [16] Turaçlı, H. 1999. Enjeksiyonun El Kitabı. İstanbul: Pagev Yayınları, 7-182.
- [17] Ekici, E., Pazarkaya, İ., Nas, E. 2013. Plastik Enjeksiyon Kalıpcılığı. Ankara: Seçkin Yayıncılık, 25-52.
- [18] Turaçlı, H. 2000. Enjeksiyon Kalıpları İmalatı İstanbul: Pagev Yayınları, 11-197.
- [19] Buldu, L., Enjeksiyon Parametrelerinin Bazı Mühendislik Plastiklerinin Akış Uzunluğuna Etkisinin Araştırılması, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [20] Kayı, Y., Plastik Enjeksiyon Prosesindeki Parametrelerin Çekme Problemine Etkilerinin Taguchi Metodu İle İncelenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- [21] Çetin, A., Katkı maddelerinin ve enjeksiyon parametrelerinin plastik ürünün mekanik özelliklerine ve UV direncine etkisinin deneysel araştırılması, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi , 2016.
- [22] <http://www.hamitarslan.com/tersine-muhendislik.html>, Erişim Tarihi: 15.06.2015.
- [23] <http://www.poligonmuhendislik.com/urunlerimiz/3b-optik-tarayicilar/aicon-scanner/smartsan/>, Erişim Tarihi: 15.06.2017.
- [24] <https://www.guvenal.net/uploads/1-Cilt-Kalip-Elemanlari-2016-1-bolum.pdf>, Erişim Tarihi : 15.06.2017.
- [25] Çolak, M., Fındık, F. 2009. Enjeksiyon kalıplarında yolluk sistemleri. Mühendis ve Makine, 1300-3402.
- [26] Akkurt, S., Plastik Malzeme Bilimi, Teknolojisi Ve Kalıp Tasarımı İstanbul: Birsen Yayınevi, 2007.

ÖZGEÇMİŞ

Osman Şahin, 09.08.1982 yılında İstanbul'da doğdu. İlkokul eğitimini İstanbul'da, Ortaokul eğitimini Tekirdağ'da ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2000 yılında Silivri Lisesi'nden mezun oldu. 2000 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü 2006 yılında bitirdi. 2012 yılında Sakarya Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2013 yılında Sakarya Üniversitesi'nde öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen Sakarya Üniversitesi Sakarya Meslek Yüksekokulu'nda öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.