

**PLASTİK HACİM KALIPÇILIĞINDA TASARLANAN
VE KALIPLANAN ÜRÜN FARKLILIKLARININ
İYİLEŞTİRİLMESİ**

**2016
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİYEL TASARIM MÜHENDİSLİĞİ**

Hakan MADEN

**PLASTİK HACİM KALIPÇILIĞINDA TASARLANAN VE KALIPLANAN
ÜRÜN FARKLILIKLARININ İYİLEŞTİRİLMESİ**

Hakan MADEN

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Haziran 2016

Hakan MADEN tarafından hazırlanan “PLASTİK HACİM KALIPÇILIĞINDA TASARLANAN VE KALIPLANAN ÜRÜN FARKLILIKLARININ İYİLEŞTİRİLMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Cevdet GÖLOĞLU

Tez Danışmanı, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir. 24/06/2016

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Hamit SARUHAN (DÜ)



Üye : Prof. Dr. Cevdet GÖLOĞLU (KBÜ)



Üye : Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA (KBÜ)

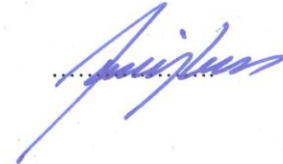


.../.../2016

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü





“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Hakan MADEN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PLASTİK HACİM KALIPÇILIĞINDA TASARLANAN VE KALIPLANAN ÜRÜN FARKLILIKLARININ İYİLEŞTİRİLMESİ

Hakan MADEN

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Cevdet GÖLOĞLU

Haziran 2016, 51 sayfa

Su arıtma cihazları filtrelerindeki su geçişleri, yuva kapak parçası adı verilen parça üzerinden geçerek gerçekleştirilmektedir. Yuva kapak parçasına filtre montajında sızdırmazlık gereksinimi nedeniyle o-ringler kullanılmaktadır. Plastik enjeksiyon sonrası oluşan çarpılmalar nedeniyle yuva kapak parçasında o-ringlerin olduğu kısımda su kaçırmaları gözlemlenmektedir. Sızdırma probleminin çözülmesi için ilgili ürün sistematik tasarım sürecine tabi tutulmuş, kavramsal tasarım ile kalın cidarlı parçalara enjeksiyon işlemi sırasında oluşan çarpılmanın giderilmesi amaçlanmıştır. Tezde, bu kapsamda oluşturulan kavramlar üzerinde çarpılma yerinin ve miktarının tespiti yapılmış, kavram tasarımı seçilen ürüne göre enjeksiyon kalıp tadilatları yapılmıştır. Ürünün tasarımı kadar enjeksiyon işlem parametreleri ürünün kalitesine etki ettiğinden dolayı eniyelenim değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Enjeksiyon işlem parametrelerinden kaynaklı üründe meydana gelebilecek hatalar için kılçık diyagramı hazırlanıp, çarpılmaya etki eden parametreler belirlenmiştir. Taguchi

deneysel tasarım yöntemi ile, enjeksiyon işlem sınır parametreleri eniyilenmiş ve çarpılma asgariye indirgenmiştir. Sonuç olarak, geliştirilen ürün tasarımı ve seçilen enjeksiyon parametreleri çerçevesinde en etkin parametre ütüleme zamanını olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre %69 oranında çarpılma azaltılmış ve montaj edilen parça ile sızdırmazlık sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler : Sistematik tasarım, enjeksiyon parametreleri, çarpılma, Taguchi deney tasarımı.

Bilim Kodu : 914.1.093



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

IMPROVEMENTS OF DIFFERENCES BETWEEN DESIGNED AND MOLDED PRODUCT IN PLASTIC INJECTION MOLDING

Hakan MADEN

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Design Engineering

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Cevdet GÖLOĞLU

June 2016, 51 pages

In water treatment devices, water passages is carried out through the housing cap part of the filters. O-rings are used due to the sealing requirement in the assembly of housing cap part with filter. Water leakage is observed in the O-ring area in the housing cap due to the warpage that occurs after the plastic injection. Related product is subjected to systematic design process to solve the leakage problem. Elimination of warpage on the thick-walled parts that occurs during the plastic injection process is intended with conceptual design. In the thesis, the location and amount of the warpage is determined on the concept created in this context. Based on the selected product in the concept design, injection mold modifications were made. Because injection process parameters affect the quality of the product as well as the design of the part, it is necessary to determine the optimization values. Fishbone diagram that includes the errors occurred on the welded parts due to the injection molding process parameters was prepared and the parameters that affect the warpage

are determined. Optimized injection molding parameters were determined within the limits of process parameters by applying Taguchi experimental design method to the injection molding process parameters so warpage was minimized. Consequently, holding time was determined as the most effective parameter in selected injection molding process parameters in design. According to obtained results, the warpage was reduced as a ratio of 69% and sealing was provided on the assembled parts.

Key Word : Systematic design, injection parameters, warpage, Taguchi experimental design.

Science Code : 914.1.093



TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yűrűtűlmesinde ve oluőumunda ilgi ve desteęini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrűbelerinden yararlandıęım, yűnlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ıőıęında őekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Cevdet GŶLOęLU'na sonsuz teőekkűrlerimi sunarım.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgemeden yanımda oldukları için tűm kalbimle teőekkűr ederim.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|--|---------------------|
| KABUL..... | ii |
| ÖZET..... | iv |
| ABSTRACT..... | vi |
| TEŞEKKÜR..... | viii |
| İÇİNDEKİLER | ix |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | xiii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xiv |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | xv |
| | |
| BÖLÜM 1. | 1 |
| GİRİŞ | 1 |
| | |
| BÖLÜM 2. | 4 |
| PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLAMA | 4 |
| 2.1. PLASTİK HACİM KALIPCILIĞINDA KULLANILAN POLİMERLER..... | 4 |
| 2.1.1. Termoplastik Polimerler | 4 |
| 2.1.2. Termoset Polimerler | 7 |
| 2.1.3. Elastomer Polimerler | 10 |
| 2.2. PLASTİK HACİM KALIPCILIĞINDA PARÇADA OLUŞAN HATALAR..... | 10 |
| 2.2.1. Akış İzi..... | 11 |
| 2.2.2. Hava Ve Gaz Kabarcıkları..... | 11 |
| 2.2.3. Parça Yüzeyindeki Yanıklar | 12 |
| 2.2.4. Kalıba Yapışma (Erkek Ve Dişi)..... | 12 |
| 2.2.5. Eksik Baskı | 12 |
| 2.2.6. Yüzeyde Çöküntü | 13 |
| 2.2.7. Kalıp Yüzeyinde Farklı Renkte Dalgalanma..... | 13 |
| 2.2.8. Çarpılma | 13 |
| 2.2.9. Birleşme İzleri | 14 |

| | |
|---|----|
| 2.3. LİTARATÜR ARAŞTIRMASI | 14 |
| BÖLÜM 3. | 18 |
| SIZDIRMAZLIK PROBLEMİN ARAŞTIRILMASI | 18 |
| 3.1. MALZEME VE YÖNTEM..... | 18 |
| 3.2. ÇARPILMA SEBEBİNİN BELİRLENMESİ..... | 20 |
| 3.3. ELİPTİK YAPIIYI OLUŞTURAN SEBEPLERİN BULUNMASI..... | 24 |
| 3.4. ET KALINLIĞI ANALİZ YAPILMASI | 25 |
| BÖLÜM 4. | 28 |
| YUVA KAPAK TASARIMININ REVİZE EDİLMESİ | 28 |
| 4.1. KAVRAM TASARIMLARININ YAPILMASI..... | 28 |
| 4.2. KAVRAM DEĞERLENDİRME MATRİSİ YAPILMASI..... | 29 |
| 4.3. KAVRAM TASARIMININ BELİRLENMESİ..... | 29 |
| BÖLÜM 5. | 32 |
| TAGUCHİ YÖNTEMİNİN ENJEKSİYON İŞLEM PARAMETRELERİNE UYGULANMASI..... | 32 |
| 5.1. TASARIM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ..... | 33 |
| 5.2. TAGUCHİ L16 ORTOGONAL DİZİSİ TASARIMI..... | 34 |
| 5.3. YUVA KAPAK PARÇASININ ÇARPIKLIK TESPİTİ..... | 35 |
| 5.4. YUVA KAPAK PARÇASININ DOĞRULAMA PARÇASI PARAMETRE TESPİTİ | 36 |
| 5.5. YUVA KAPAK PARÇASININ VARYANS ANALİZİ..... | 37 |
| 5.6. EN İYİ SEÇİMİNİN TAHMİN HESAPLAMASI | 38 |
| 5.7. YUVA KAPAK PARÇASININ DOĞRULAMA PARÇA BASKISI..... | 39 |
| BÖLÜM 6. | 43 |
| SONUÇLAR | 43 |
| KAYNAKLAR | 45 |

Sayfa

EK AÇIKLAMALAR A. 16 ADET TAGUCHİ PARAMETRELERİN TARAMA
VERİLERİ 48

ÖZGEÇMİŞ 51



ŞEKİLLER DİZİNİ

| | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| Şekil 2.1. Doğrusal polimer ve dallı polimer..... | 5 |
| Şekil 2.2. Kovalent bağ ve çapraz bağ..... | 8 |
| Şekil 2.3. Elastomerlerin zincir konumları..... | 10 |
| Şekil 3.1. Enjeksiyonla kalıplama sırasında oluşan plastik malzemelerdeki çekme . | 19 |
| Şekil 3.2. YKP sızdırmazlık problem çözümü sistematigi | 20 |
| Şekil 3.3. Yuva kapak parçası ve üründeki montajı | 21 |
| Şekil 3.4. Yuva kapak parçasının kalıp görünüşü..... | 21 |
| Şekil 3.5. Parçanın parça takviye kanadı bağlantı görüntüsü | 24 |
| Şekil 3.6. Sebep sonuç diyagramı..... | 25 |
| Şekil 3.7. Yuva kapak parçasının et kalınlığı analizi..... | 26 |
| Şekil 4.1. Revize edilmesi gereken takviye kanadılar | 28 |
| Şekil 4.2. Kavram tasarımları | 29 |
| Şekil 4.3. Yuva kapak tasarımının revize edilmiş ve basılmış ürün resmi | 31 |
| Şekil 5.1. Parametre seviyelerinin S/N yanıt çizelgesi oran ve çarpıklık grafikleri | 37 |
| Şekil 5.2. Doğrulama parçaların tarama sonuçları..... | 40 |
| Şekil 5.3. Doğrulama parçasının numune 1'e ait ölçüm..... | 41 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|---|----|
| Çizelge 2.1. En çok kullanılan termoplastikler | 5 |
| Çizelge 2.2. En çok kullanılan termoset polimerler | 8 |
| Çizelge 3.1. Hammadde üretici firmanın teknik verileri..... | 18 |
| Çizelge 3.2. T0 baskısındaki kalıp, hammadde ve enjeksiyon özellikleri | 22 |
| Çizelge 3.3. Yuva kapak T0 baskısının ölçüm değerleri | 23 |
| Çizelge 4.1. Kavram izleme matrisi | 30 |
| Çizelge 4.2. Kavram puanlama matrisi | 31 |
| Çizelge 5.1. Enjeksiyon faktörlerinin seviyeleri | 34 |
| Çizelge 5.2. Taguchi L16 ortogonal dizisi | 34 |
| Çizelge 5.3. Taguchi parametrelerin çarpıklık ve S/N değerleri..... | 36 |
| Çizelge 5.4. Parametre seviyelerinin S/N yanıt çizelgesi | 37 |
| Çizelge 5.5. ANOVA analizi | 38 |
| Çizelge 5.6. Doğrulama parçasında ortalama çarpıklık değer çizelgesi | 40 |
| Çizelge 5.7. Doğrulama parçasında değer ile hesaplanan değer karşılaştırılması .. | 41 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

| | |
|-------|--|
| ANOVA | : Analysis of Variance (Varyans Analizi) |
| PEM | : Plastik Enjeksiyon Makinası |
| EİP | : Enjeksiyon İşlem Parametresi |
| EK | : Enjeksiyon Kalıbı |
| YKP | : Yuva Kapak Parçası |
| POM | : PoliOksiMetilen |
| T0 | : Enjeksiyon Kalıbından Alınan İlk Baskı |
| T1,T2 | : Enjeksiyon Kalıbından Alınan 2 ve Sonrası Baskı |
| TN | : Enjeksiyon Kalıbından Alınan Son Baskı |
| DOE | : Design of Experiments (Deneysel İstatistik Dizayını) |
| S/N | : Sinyal /Gürültü |
| CAD | : Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım) |

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Polimer malzemelerin sahip olduğu birçok olumlu özellik bulunmakta, bunlardan en önemli özelliklerinden biri seri imalat yatkın olmalarıdır. Polimer malzemelerden üretilmiş ürünler hayatımızda kapladığı yer her geçen gün artmaktadır.

Polimer uzun zincirli molekül yapısına sahiptirler, zincir yapıları doğrusal veya üç boyutlu çapraz şekilde olabilmektedir. Bu bakımdan polimerler ‘Termoplastik’, ‘Termoset’ ve ‘Elastomer’ olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Genellikle doğrusal yapıya sahip olan polimerlere termoplastikler denilmektedir.

Termoplastikler kolay kalıplanabilirler, karışık şekiller alabilir ve yüksek darbe dayanımına sahiptirler. Bu nedenle termoplastikler ürün imalatında kullanılan teknolojilerin en başında plastik enjeksiyon yöntemi ve enjeksiyon kalıpları gelmektedir.

Termosetler plastiklerde daha iyi boyut kararlılığı, ısı dayanımı ve elektriksel özelliklere sahip olmanın yanı sıra daha zor kalıplanabilirler. Bu nedenle termoplastiklerin kalıplama yöntemi, termosetlerde ise baskı ve transfer yöntemi kullanılmaktadır.

Polimerlerden üretilen parçaların seri imalatındaki amaç, yüksek kalite ve düşük maliyet ile verimliliği sağlamaktır. İmalatta verimliliğin yüksek seviyelerde tutulabilmesi için plastik hammadde seçimi, parça tasarımı, kalıp tasarımı, enjeksiyon işlemi ve parametreleri önem kazanmaktadır. Bir plastik ürünün meydana gelmesinde sürecin ilk aşaması pazar araştırması ile başlamaktadır. Pazardan alınan verilerle plastik parçanın kavram tasarımları yapılırken, tasarımcı parçanın fonksiyonelliğine ve işletme olanaklarını dikkate almalıdır. Daha sonra yapılan

kavram tasarımları kavram matrisi ile istenilen özelliklere göre puanlandırıp bir tane kavram tasarımı seçilir. Seçilen kavram tasarıma göre plastik parçanın enjeksiyon makinasında basılacağı kalıbın tasarımı yapılır. Plastik parça imalatında son adım tasarlanan parça ve kalıba göre plastik enjeksiyon makinasının seçimidir. Ürün kalitesinde istenen değerlere ulaşılabilmesi ve asgari maliyet için süreç içerisinde ortaya çıkabilecek problemlerin önceden tespit edilmesi, parça tasarımcının ve kalıp tasarımcının tecrübeleri önemlidir. Bunun dışında bilgisayar destekli programlar vasıtasıyla oluşabilecek problemler tespit edilip önlemler alınmasını sağlanır. Bazen tecrübelerin veya bilgisayar programlarıyla tespit edilemeyen hatalar olmaktadır. Bu hatalar bazen enjeksiyon kalıba küçük müdahaleler ile giderilmektedir. Bazen parça tasarımında ve kalıp tasarımında büyük değişiklikler neden olmaktadır.

Bu teze konu olan, su arıtma cihazları şebekeden gelen suyu filtrelerden geçerek kirli maddeleri ayrıştırmaktadır. Filtrelerden su geçişleri yuva kapak parçası adı verilen parça üzerinden geçerek gerçekleştirilmektedir. Yuva kapak parçasına fitrenin montaj edildiğinde suyun sızdırmazlığı sağlanması için o-ringler kullanılmaktadır. Yuva kapak parçasının enjeksiyon sonrası oluşan çarpılmalar nedeniyle o-ringlerin olduğu kısımda su kaçırdığı gözlenmiştir. Bu çalışmanın amacı, yuva kapak parçasında su sızdırma probleminin çözülmesi için kavramsal tasarım yöntem ve kalın cidarlı parçalara enjeksiyon işlemi sırasında oluşan çarpılmanın giderilmesi amaçlanmaktadır. Bu gaye ile çarpılma yerinin ve miktarının tespiti edilip kavramsal tasarımlar yapılması, kavram tasarımı seçilen ürüne göre enjeksiyon kalıp tadilatların yapılması hedeflenmiştir. Parçanın tasarımı kadar enjeksiyon işlem parametreleri ürünün kalitesine etki ettiğinden dolayı eniyilenim değerlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu yüzden enjeksiyon işlem parametrelerine Taguchi deneysel tasarım yöntemi kullanılarak, işlem sınır parametresi kapsamında eniyilenmiş baskı parametre değerlerinin belirlenmesi sağlanarak çarpılmanın asgariye indirgenmesi hedeflenmiştir.

Tezin ikinci bölümünde, plastik hacim kalıpcılığında kullanılan polimerler hakkında bilgi verilmektedir. Bunun dışında plastik hacim kalıpcılığında enjeksiyon sonrası oluşan hatalar ve çözüm önerileri verilmektedir. Plastik parçalarında çarpılma ve enjeksiyon parametrelerinin parça kalitesi üzerine etkileri konularında geniş bir

literatür taramasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, su arıtma cihazlarında kullanılan yuva kapak parçasındaki sızdırmazlık problemlerinin tespiti incelenmiştir. Tezin dördüncü bölümünde, yuva kapak parçasında çarpılmaya neden unsurlar giderilmesi ve rijit bir parça için parça tasarımı revize edilmiştir. Bu bölümde dört adet farklı ürün kavram tasarımı yapılmış ve kavram matrisi uygulanarak en uygun kavramsal tasarım seçilmiştir. Bu tasarıma göre mevcut enjeksiyon kalıbında değişiklikler yapılmıştır. Tezin beşinci bölümünde, yuva kapak parçasının çarpılmayı en aza indirmek için enjeksiyon işlem parametrelerinde eniyilenim seviyesi belirlenmesi gerekmektedir. Belirlenen enjeksiyon işlem parametrelerine Taguchi deney tasarımı yöntemi uygulanarak parametreler eniyilenimlenmiştir. Belirlenen parametreler kullanılarak, enjeksiyonları alınmıştır. Kalıplanan ürünlere tersine mühendislik uygulanarak 3B tasarım model verileri ile karşılaştırılmıştır. Veriler değerlendirilerek eniyilenim parametre baskı değerleri tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmaların eniyilenim enjeksiyon şartlarının bulunduğu beşinci bölümde, deneysel çalışmalar sonucu elde edilen bulgular, deneysel çalışmanın amacına uygun bir biçimde yorumlanarak sonuçlandırılmıştır.

BÖLÜM 2

PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLAMA

2.1. PLASTİK HACİM KALICILIĞINDA KULLANILAN POLİMERLER

2.1.1. Termoplastik Polimerler

Termoplastikler ısıtıldığında sıvı hale geçmekte ve soğutulduğunda tekrar katı hale gelmektedir. Katı hale geçerken bulunduğu kabın (kalıbın) şekline almaktadırlar. Katılaşma sırasında hammadde kalitesinde bir değişiklik olmamaktadır. Termoplastikler yumuşama sıcaklığında soğuk ekstrüzyon, basma, derin çekme gibi işlemler tabı tutulurken, sıvı hal durumunda enjeksiyon ile üretim yöntemleri kullanılmaktadır.

Termoplastiklerin üstünlükleri,

- Düşük yoğunluk,
- Hammadde cinsine göre mekanik davranışlarda farklılık,
- Düşük aşınma,
- Kolay şekil verilebilme,
- Farklı elektrik iletkenlik değerleri,
- Kolay renk kazandırma ve boyanabilmesi,
- Mukavemet kazandırma,
- Düşük elastikidedir.

Termoplastiklerin olumsuzlukları

- Dayanıklılığın metallere göre az olması,
- Yüksek ısıl genleşme katsayısıdır.

Termoplastikten üretilen parçalar tekrar işlemden geçirilerek toz haline getirilip tekrar kullanım özelliğine sahiptirler. Bu sayede termoplastikler tekrar tekrar kullanılabilirler. Termoplastik yapılarının çoğu doğrusal polimer şeklinde ve polimer yapıdadırlar (Şekil 2.1).



(a)



(b)

Şekil 2.1. a) Doğrusal polimer ve b) Dallı polimer [1].

Termoplastik hammaddelerinden en çok kullanılanların özellikleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. En Çok kullanılan termoplastikler.

| En Çok Kullanılan Termoplastik Hammaddeler | | | |
|--|----------|--|--|
| Termoplastik Adı | Kısaltma | Olumlu Yanları | Kullanım Alanları |
| Akrilonitril, Bütadien ve Stiren | ABS | <ul style="list-style-type: none"> * Darbe Dayanımı Yüksek * -40°C gibi Düşük Sıcaklıkta İstenilen Dayanım * Kaliteli Yüzey Oluşumu * Sıcaklık ve Nemden Etkilenmemesi * Aşınmaya Karşı Direnci Fazla Olması | <ul style="list-style-type: none"> * Müzik Enstrümanları (Plastik Klarnet, Piyano Tuşları) * Otomotiv Döşeme Malzemeleri * Otomobil Ayna ve Farları * Telefon Gövdeleri * Medikal Aletler * Legolar * Çanta, Bavul * Beyaz Eşya Parçaları * Ev Aletleri Parçaları |
| Styrene-Acrylonitrile Resin | SAN | <ul style="list-style-type: none"> * Boyutsal Kararlılık * Mükemmel Şeffaflık * Mukavemet * Kimyasal Maddelere Karşı Dayanım * Çizilmeye Karşı Drençli * Kolay İşlenebilirlik | <ul style="list-style-type: none"> * Düğmeler * Buzdolabı Sebze ve Et Kutuları * Otomotivde Parçaları * Siperlikler * Kan Aspiratörleri * Suni Böbrek Aygıtları * Su Filtre Kapları * Daktilo Anahtarı |
| PoliOksiMetilen | POM | <ul style="list-style-type: none"> * Yüksek Mekanik Dayanım ve Sertlik * Bükülmeme ve Ağır Yük Altında Deforme Olmama * İyi Aşınma Dayanımı * Ölçü Stabilitesi, Az Su Emme * Yorulmama * İyi Elektriksel Dayanım Özellikleri * İyi Kimyasal Dayanım | <ul style="list-style-type: none"> * Dişliler, Kızaklar, Kamlar, Yataklar * Elektrik İzolasyonu * Konveyör Parçaları * Makina Parçaları * Menteşe, Mafsallar * Hassas Ölçülü Parçalar * Nemli Ortamlarda veya Su İçinde Kullanılan Parçalar. |

Çizelge 2.1. (devam ediyor).

| En Çok Kullanılan Termoplastik Hammaddeler | | | |
|---|-----------------|--|---|
| Termoplastik Adı | Kısaltma | Olumlu Yanları | Kullanım Alanları |
| PoliMetil MetAkriyat (Pleksiglas) | PMMA | <ul style="list-style-type: none"> * Şeffaf * Hafif * Kırılmaya Karşı Dayanıklı * Bisfenol A içermez * Kullanım Kolaylığı * İşleme Kolaylığı * Düşük Maliyet | <ul style="list-style-type: none"> * Gözlük Camları * Saat Camları * Taşıt Sinyal Farları * Taşıt Stop Farları * Aydınlatma Armatürleri * Reklam Panoları * Banyo Mutfak Gereçleri |
| Selüloz Asetat | CA | <ul style="list-style-type: none"> * Yüksek Şeffaflık * Yüksek Estetik * Yüksek Darbe Mukavemet * Yüksek Mekanik Mukavemet * Yüksek Dielektrik Sabiti * Mükemmel İşlenebilirlik * Kimyasalların Direnç * İnsan Derisi ile Uyumluluk * Renk Sınırının Olmaması | <ul style="list-style-type: none"> * Tekstil Sanayinde * Seramik * Refrakter Malzeme Endüstri * Refrakter Döküm Endüstri * Boya * Deri * Bitki ve Böcek Öldürücü İlaç Üretimi * Çok Çeşitli Kimya Sanayi Ürünleri |
| Naylon PoliAmid | PA | <ul style="list-style-type: none"> * Katı, Opak ve Saydam Görünüm * Sertlik * Yüksek Dayanım * İyi elektriksel Direnç * Kimyasal Direnç * Hafiflik * Su Buharı, Hava ve Oksijen Geçirmesi * Bakteri ve Mantar Barındırmaması | <ul style="list-style-type: none"> * Otomotiv Endüstrisi * Elektrik ve Elektronik Endüstrisi * Telekomünikasyon Endüstrisi * Gıda Endüstrisi * Tıbbi Cihazlar * Beyaz Eşya Sanayi * İnşaat Sanayi * Büro Mobilya Aksesuarları |
| PoliCarbonat | PC | <ul style="list-style-type: none"> * Sert Yapısı * Optik Şeffaflık * Alev Dayanıklılık * Ultraviyole Işınlara Karşı Dayanıklı * Darbeye Karşı Mukavemetli * Kimyasal Direnci Yüksek | <ul style="list-style-type: none"> * Reflektörler * Motosiklet Kask * Cam Siperleri * Trafik Sinyalleri * Oto Camları * Özel tasarım Masa * Özel Tasarım Sandalye * Levha olarak; Sera ve Otopark Çatıları |

Çizelge 2.1. (devam ediyor).

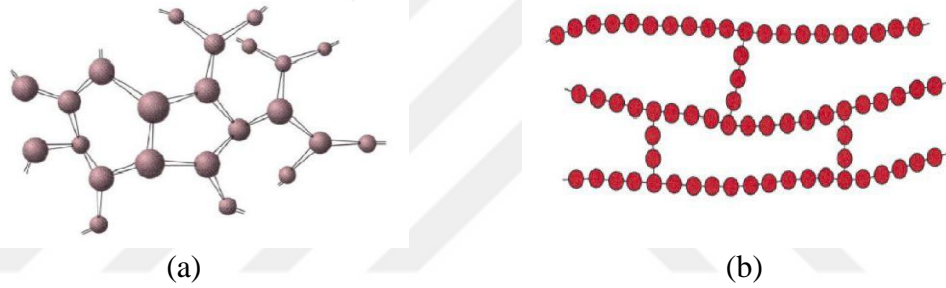
| En Çok Kullanılan Termoplastik Hammaddeler | | | |
|---|-----------------|--|---|
| Termoplastik Adı | Kısaltma | Olumlu Yanları | Kullanım Alanları |
| PoliEtilen | PE | <ul style="list-style-type: none"> * Düşük Mukavemetli * Sertlik ve Bükülmezlik İstenildiği * Yüksek Süneklik * Darbe Dayanımı * Düşük sürtünme | <ul style="list-style-type: none"> * Shrink * Sera Örtüsü * Naylon Torba * Mutfak Eşyası * Bidon * Şişe * Kavanoz * Oyuncak * Kasa * Plastik Palet |
| PoliStiren | PS | <ul style="list-style-type: none"> * UV Işınlara Karşı Direnç * İyi Darbe Direnci * İyi Gerilme Direnci * Düşük Maliyet * İşleme Kolaylığı * Kimyasallara Karşı Üstün Direnç | <ul style="list-style-type: none"> * Ekstürde Levhalar * Oyuncakların Plastik Kısımlarında * Beyaz Eşya Plastik Kısımlarında * CD Kapları * Elektrikli Ev Aletleri * Otomotiv Parçaları * TV Kasaları |
| PoliPropilen | PP | <ul style="list-style-type: none"> * Yorulmaya Karşı Çok Direnç * Düşük Maliyet * Darbe Dayanımı Yüksek * Sürtünme Katsayısı Düşük * Çok İyi Elektrik Yalıtımı * Kimyasal Direnci İyi * Kaynakla Birleştirilebilme * Gıda ile Temasa Uygunluğu * Düşük Özgül Ağırlığıyla Suda Üstünde Kalma | <ul style="list-style-type: none"> * Ev Aletleri Parçaları * Mutfak Eşyaları * Banyo Gereçleri * Plastik Bahçe Mobilyaları * Döner Filtreler * Fan * Aspiratörler * Küvetler * Elbise Askıları * Elektrik malzemeleri * Şamandıralar * Laboratuvar Eşyaları |

2.1.2. Termoset Polimerler

Termoset polimerler ısıtıldığında yumuşar ve plastize (katı ya da toz durumundaki bir maddeyi herhangi bir sıvı ile karıştırarak hamur durumuna getirmek) haline geçerler, basınç altında belli bir kısmı polimerleşerek büyük ölçüde plastik çapraz bağ oluşmaktadır. Çapraz bağ oluşmasından sonra polimerin akma özelliği kaybolur. Termosetlerin çapraz bağdan dolayı bir kere işlem yapıldıktan sonra tekrar ısıtılarak

erimezler bunun yerine yanarak kömürleşirler. Termoset plastikler tekil olarak kullanılmaz, malzemelerin mekanik özelliklerini artırmak için için %40-60 katkı maddesi kullanılır [2].

Termoset hammaddeler ısıtma işlemi ve basınç uygulanarak yapılmaktadır. Termoset malzemelere en güzel örnek yumurtadır. Yumurta ilk halde sıvı haldedir, fakat ısıtma yapıldığında katılaşmaktadır. Tekrar sıvı geçilme imkânı olmamaktadır. Termoset malzemelerde yumurta gibi bir kere işlem gördü mü tekrar eski haline almazlar. Termoset malzemeleri ısıtma sırasında yapısal olarak kovalent veya çapraz bağ oluşmaktadır. (Şekil 2.2). Kovalent ve çapraz bağlar bükme ve burma hareketlerini engeller. Plastik yapı sert ve gevrek hale dönüşür.



Şekil 2.2. a) Kovalent bağ ve b) Çapraz bağ [3].

Termoset polimer hammaddelerinden en çok kullanılanların özellikleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. En çok kullanılan termoset polimerler.

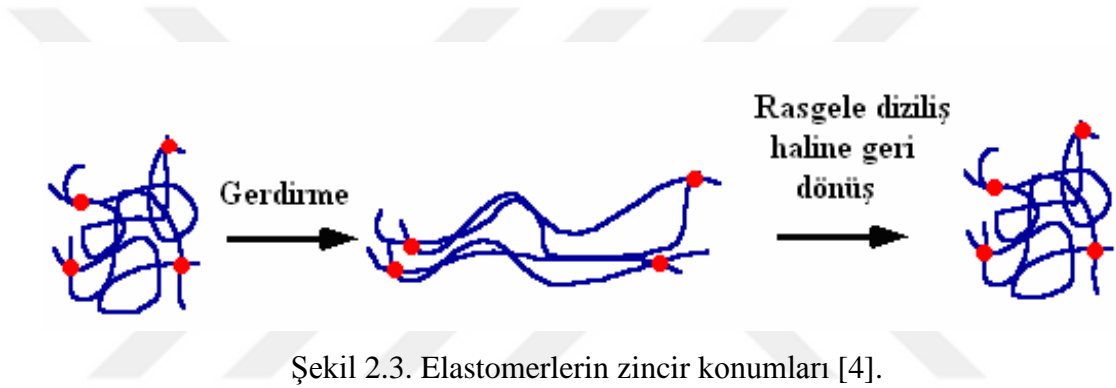
| En Çok Kullanılan Termoset Hammaddeler | | | |
|--|----------|---|---|
| Termoset Adı | Kısaltma | Olumlu Yanları | Kullanım Alanları |
| Alkidler | --- | <ul style="list-style-type: none">* Elektrik İzolasyon* Düşük Su Barındırma* Düşük Maliyet* Sıcaklık ve Nemden Etkilenmemesi* Aşınmaya Karşı Direnci Olması* Zayıf Asitlere Karşı Dirençli | <ul style="list-style-type: none">* Elektrikli Malzeme* Matbaa Mürekkepleri* Ahşap Malzemeler için Dekoratif Boya* Verniklerde |

Çizelge 2.2. (devam ediyor).

| En Çok Kullanılan Termoset Hammaddeler | | | |
|---|-----------------|--|---|
| Termoset Adı | Kısaltma | Olumlu Yanları | Kullanım Alanları |
| Epoksi Recine | EP | <ul style="list-style-type: none"> * Kimyasal Maddelere Karşı Dirençli * Fiziksel Özellikleri İyi * Hava Şartlarına Dayanıklı * Mukavemetleri Lifler Vasıtasıyla Artırılabilir * Sertleşme Sırasında Düşük Oranda Çekme * Suya Dayanım | <ul style="list-style-type: none"> * Dekoratif Kaplama * Elektrik ve Elektronik Parçalar * Yapıştırıcılar * Yapısal ve Destekli Parçalar * Otomotiv Sanayinde * Cihaz İmalinde * Astar Olarak Teneke Kutu Kaplamalarında |
| Fenolikler | --- | <ul style="list-style-type: none"> * Darbeye Karşı Mukavemet * Isıya Karşı Direnç * İyi Elektrik İzolasyonu | <ul style="list-style-type: none"> * Elektrik Parçaları * Açık Havada Çalışan Pompa Gövdeleri * Elektrik Süpürge Parçaları * Kaplama Alanları |
| Polyster | ---- | <ul style="list-style-type: none"> * Asitlere Karşı Dayanıklı * Elektrik İletme Özelliği * Gün Işığında Fazla Etkilenmez * Yumuşak * Çekme ve Aşınmaya Karşı Dirençli * Çabuk kurur | <ul style="list-style-type: none"> * Kuma için Lifler * Şişeler * Film Şeritler * Fotoğraf Filmleri * Kompozit Malzeme * LCD (likit kristal ekran) * Hologramlar * Filtreler * Yalıtım Bandı |
| Poliüretan | --- | <ul style="list-style-type: none"> * Yüksek Seviyede Elektrik Yalıtıcılığı * Yüksek Seviyede Basınca Dayanıklı * Yüksek Seviyede Aşınmaya Karşı Dayanıklı * Yırtılma Yüksek Dayanıklı * Kopmaya Yüksek Dayanıklı * -40c +140C'de Çalışabilme Özelliği; * Metallere, Kauçuk ve Plastiklere Yapışma Özelliği * Bakteri ve Küflenmeye Dayanıklı * Her Renkte Şeffaflık | <ul style="list-style-type: none"> * Kağıt * PP Çuval * Sunta ve Mobilya * Gazete * Çimento * Kağıt ve Oluklu Mukavva * Tekstil * Madencilik * Otomotiv * Doğalgaz ve Petrol * Gıda |

2.1.3. Elastomer Polimerler

Elastomerler termosetlerde olduğu çapraz bağlı bir yapıya veya uzun zincirli yapıya sahiptirler (Şekil 2.3). Elastomerler etki altında kaldıkları küçük kuvvetler sonrasında parçada büyük elastik deformasyon meydana gelmektedir. Elastomer malzemelerin özelliklerine göre ilk boyutlarına göre % 500 oranında uzama olmakla gerilme kalktıktan sonra eski konumuna dönebilmektedirler. Bu kadar uzama oranına sahip olmalarının nedeni; polimer zincirlerini birbirine bağlayan zayıf çapraz bağlar olmasıdır. Yapılarında ki çapraz bağların sayısı arttıkça mukavemet ve rijitlik artmakta fakat elastik oranın düşmektedir [4].



Şekil 2.3’de görüldüğü gibi elastomer malzemelerin kuvvet (gerdime) uygulanmadan önce zincirlerin konu olağan durumda iken, kuvvet uygulandıktan sonra zincirler kuvvet yönünde açılarak malzemenin uzayarak deformasyona maruz kalırlar. Kuvvet kaldırıldığında zincirleri eski konumlarına geri döner. En çok kullanılan elastomer malzeme kauçuktur [4].

2.2. PLASTİK HACİM KALICILIĞINDA PARÇADA OLUŞAN HATALAR

Piyasanın ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yapılan ürün tasarımlarının mühendislik çalışmaları yapıldıktan sonra plastik ürün parçaların kalıp tasarımları yapılır. Enjeksiyon makinasında basımı gerçekleştirilen plastik ürünler, ürünün bilgisayar ortamındaki 3 boyutlu veri ile her zaman aynı olmamaktadır. Basımı gerçekleştirilen plastik üründe bir takım hatalar görülmektedir. Bu hatalar kalıp imalatından kaynaklanan hatalar, plastik parçanın tasarım hataları veya enjeksiyon işlem

parametrelerinden kaynaklanmaktadır. Kalıp imalatı ve plastik ürün tasarımından kaynaklanan hataların telafisi maliyetli olmakta bazen de yeniden kalıp yapılmasına gerektirmektedir. Buna karşın enjeksiyon işlem parametrelerinden kaynaklanan hataların düzeltilmesinin maliyeti düşüktür.

Basımı gerçekleştirilen plastik ürünlerde görülen hatalar:

- Hava ve Gaz Kabarcıklar
- Akış İzi
- Parça Üzerindeki Yanıklar
- Kalıba Yapışma (Erkek ve Dişi)
- Eksik Baskı
- Yüzeyde Çöküntü
- Kalıp Yüzeyinde Farklı Renkte Damarlanma
- Çarpılma
- Birleşme İzleri

2.2.1. Akış İzi

Ergiyik hammadden kalıp içerisindeki boşluğu enjekte edilmesiyle, kalıp içerisindeki havayı ve hammaddenin oluşturduğu gaz dışarı atılmadığı durumda gaz ve hava parça içerisinde kalmaktadır. Bunu önlemek için enjeksiyon basıncı ve ütüleme basıncı artırılmalı, kalıp sıcaklığı artırılmalı, kalıp hava çıkış kanalları kontrol edilmeli veya yolluk çapı artırılarak çözüm bulunabilmektedir.

2.2.2. Hava Ve Gaz Kabarcıklar

Ergiyik hammadden kalıp içerisindeki boşluğu enjekte edilmesiyle, parçanın yüzeyinde hammadden dola yönüne doğru izler görülmektedir. Bunu önlemek için enjeksiyon hızı ayarlanmalı, erimemiş plastik malzeme olma ihtimali kontrol edilmeli ve enjeksiyon meme ölçüleri kontrol edilerek çözüm bulunabilmektedir.

2.2.3. Parça Yüzeyindeki Yanıklar

Ergiyik hammadden kalıp içerisindeki boşluğu enjekte edilmesiyle, basılmış ürünün kenarlarında ve yüzeylerinde yanıklar olmaktadır. Bunun nedeni plastik malzemenin yüksek sıcaklığına bağlı olarak yanması veya düşük sıcaklık nedeniyle sürtünerek yanması olabilmektedir. Bunu önlemek için hava çıkış kanallarının tıkanıp tıkanmadığı kontrol edilmeli, enjeksiyon hızı düşürülmeli, enjeksiyon basıncı düşürülmeli, ısıtıcıların doğru çalışıp çalışmadığı kontrol edilmeli ve meme sıcaklığı düşürülerek çözüm bulunabilmektedir.

2.2.4. Kalıba Yapışma (Erkek Ve Dişi)

Ergiyik hammadden kalıp içerisindeki boşluğu enjekte edilmesiyle, hammadde kalıp içerisinde soğutulduktan sonra kalıp açıldığında parçanın erkek/dişi kısımda yapışarak kalmaktadır. Bu kalıpta çıkma açılarının az olmasından veya ters açıda kalan kısımların olmasında kaynaklanmaktadır. Bunu önlemek için kalıp çıkma açıları kontrol edilmeli, ütüleme süresi düşürülmeli, enjeksiyon basıncı düşürülmeli, kalıp açma süresi arttırılmalı, malzeme sıcaklığı düşürülmeli ve doğru kalıp ayırıcı kullanılarak çözüm bulunabilmektedir.

2.2.5. Eksik Baskı

Ergiyik hammadden kalıp içerisindeki boşluğu enjekte edilmesiyle, hammadde kalıp içerisinde soğutulduktan sonra kalıp açıldığında parçanın bir bütün çıkmadığı eksik olması durumudur. Bunu önlemek için ergiyik sıcaklık artırılmalıdır. Nedenleri, enjeksiyon makinası düşük plastik malzeme almış olması veya hammaddenin bitmiş olmasıdır. Bu durumda, enjeksiyon basıncı artırılmalı, enjeksiyon hızı artırılmalı veya hammadde akışkanlığı düşük olması durumunda hammadde değişikliği yaparak çözüm bulunabilmektedir.

2.2.6. Yüzeyde Çöküntü

Ergiyik hammadden kalıp içerisindeki boşluğu enjekte edilmesiyle, hammadde kalıp içerisinde soğutulduktan sonra kalıp açıldığında parçanın yüzeyinde çöküntülerin olması durumudur. Bu durum genellikle parça tasarımında ve düzensiz et kalınlıklarından dolayı meydana gelmektedir. Bunu önlemek için parça tasarımında değişiklikler yapılarak et kalınlıklarının düzenlenmesi, yolluk çapı, giriş ve tipi değiştirilmeli, ABS, PC gibi mallarda enjeksiyon hızı azami olmalı, POM, PP, PA ve PBT vb. plastik malzemelerde enjeksiyon hızı düşürülmeli, yolluk girişi en kalın bölgeden yapılmalı veya kalıp sıcaklığı düşürülerek çözüm bulunabilmektedir.

2.2.7. Kalıp Yüzeyinde Farklı Renkte Dalgalanma

Ergiyik hammadden kalıp içerisindeki boşluğu enjekte edilmesiyle, hammadde kalıp içerisinde soğutulduktan sonra kalıp açıldığında parçanın yüzeyinde farklı renkte dalgalanmalar olması durumudur. Bu durum genellikle enjeksiyon makinasının ocak kısmında hammadde kalmasında veya tanecik haldeki boyanın homojen olarak dağılmamasından kaynaklanmaktadır. Bunu önlemek için ocak başka mal karışım karışmadığı kontrol edilmeli, kovan iyice temizlenmeli, vida ve kovan aşınmaya karşı kontrol edilmeli veya geri akış valfi kontrol edilerek çözüm bulunabilmektedir.

2.2.8. Çarpılma

Ergiyik hammadden kalıp içerisindeki boşluğu enjekte edilmesiyle, hammadde kalıp içerisinde soğutulduktan sonra kalıp açıldığında parçanın fiziksel olarak şekil değiştirmesi durumudur. Bu durum genellikle parçanın tasarımından veya enjeksiyon işlem parametrelerinden kaynaklanmaktadır. Bunu önlemek için kalıp sıcaklığı her iki bölümde aynı olmalı, kalıbın iticilerden aynı anda itildiği kontrol edilmeli, enjeksiyon ütüleme zamanı kontrol edilmeli, soğuma süresi artırılmalı, yolluk çapı artırılmalı veya yeri değiştirilerek çözüm bulunabilmektedir.

2.2.9. Birleşme İzleri

Ergiyik hammadden kalıp içerisindeki boşluğu enjekte edilmesiyle, hammadde kalıp içerisinde soğutulduktan sonra kalıp açıldığında parçanın yüzeylerinde çizgi şekilde izlerin olması durumudur. Bu durum genellikle parçanın tasarımından veya kalıp yolluk girişinden kaynaklanmaktadır. Bunu önlemek için enjeksiyon basıncı artırılmalı, ütüleme süresi arttırılmalı, enjeksiyon hızı arttırılmalı, kalıp sıcaklığı arttırılmalı, eriyik sıcaklığı arttırılmalı, yolluk yeri değiştirilmeli veya yolluk çapı büyütülerek çözüm bulunabilmektedir.

2.3. LİTARATÜR ARAŞTIRMASI

Plastik malzemeler fiziksel özellikleri (hafiflik, esneklik vb.) ve kimyasal özellikleri (paslanma direnci, kolay şekil vermesi vb.) özellikleri nedeniyle her sektör alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Plastik malzemeler ambalaj, uzay ve havacılık, yapı ve inşaat, otomotiv, elektronik eşya sektörlerinde kullanılmaktadır. Plastik malzemelere şekil vermede ve karmaşık geometrili plastik parçaları üretiminde Plastik Enjeksiyon Makinaları (PEM) en önemli rol oynamaktadır. Parça kalitesine malzeme, parça geometrisi, Enjeksiyon İşlem Parametreleri (EİP), kalıp imalat aşamaları etkili olduğunu kabul edilmektedir [5]. Çarpılma ve çekmenin seviyesi parça tasarımıyla (1) ve EİP (2) son derece ilgilidir. EİP özenle seçilmiş ise, çarpılma ve büzülme kabul edilebilir bir seviyeye düşürülebilir [6]. İşlem parametrelerin yanlış seçilmesinde istenmeyen çekme ve çarpılmaya neden olabilir [7]. EİP kadar parçanın tasarımındaki geometrik yapısı (takviye kanadı) çarpılmada kritik bir rol oynamaktadır [8].

Ürün geliştirme aşamaları, birçok karar noktaları içine almaktadır. Kötü bir tasarım kavramı nadiren daha sonraki aşamalarında telafi edilebilmektedir. Bu nedenle en kritik karar noktalarını yönetmek için tasarım kavramı başlangıcında değerlendirilmelidir. Bu tasarım ilk aşamalarında uygulandığında ürün geliştirme maliyetinin % 70'e kadar azaltılmaktadır. Başarılı bir tasarım kavramı maliyet ve ürün geliştirme zamandan tasarruf sağlamaktadır [9].

Bir ürünün amacı piyasada farklı, başarılı ve yenilikçi olmalıdır [10]. Yenilik değerlendirilirken, çeşitli ölçütler veya etkenler bize bir ürünün yenilikçi olup olmayacağını tahminde yardımcı olabilir. Değerlendirmedeki ölçütler ürün başarısı için bir dizi çeşitli bibliyografik referanslarla seçilmelidir [11]. Bu etkenler bir görev kontrol listesi halinde uygulandığı gibi puanlama şeklinde de yapılmakta, ölçütlere göre ürün geliştirmesinde dikkate alınmaktadır. Ürün geliştirmesi tamamlana kadar ürünün yenilikçi olup olmadığı bilinmemektedir [12].

Yeni ürünler tasarlanmasında önemli bir adım kavramsal tasarımların üretilmesidir. Kavramsal tasarım sürecindeki tasarım fonksiyonları, yeni kavram geliştirme, yeni ürün düzenlemesi mühendisliği ve müşteri ihtiyaçlarına iyileştirilmesini içine alan teknik faaliyetler dizidir [13].

Ullman farklı kavramları değerlendirmek için dört farklı yöntemle analiz uygulamışlardır [14]. Bu dört yöntem nitel aday çözümleri yapmaktır. Elde edilen karşılaştırmaların sonuçları tasarımcı ve / veya tasarım ekibi içinde bilgi birikimi deneyimi bağlıdır.

Wani ve Gandi, mekanik sistemler için bakım kolaylığı bir dizin geliştirmiştir. Bakım kolaylığı bir ürünün yaşam döngüsünün önemli bir yönüdür ve hizmet döneminde önemli bir rol oynamaktadır. Bu hızlı sürede değil, aynı zamanda eniyilenim kaynaklarla yapılması gereken bu tür muayene, tamir, değiştirme ve arıza teşhis gibi çeşitli bakım faaliyetlerinin başarımını kolaylaştırmaktadır. Bakım kolaylığı sağlamak için kendi aralarında ağırlık matrisi yapılarak öncelik olanlar belirlenmiştir [15].

Enjeksiyon işlem parametrelerinde soğutma zamanı, ütleme zamanı, enjeksiyon basıncı, hammadde enjekte sıcaklığı ve enjeksiyon zamanı parçanın kalitesini etkileyen önemli faktörlerdir. Bu faktörlerin her birinin parçanın kalitesine etkileri olmakta fakat faktörlerin birbirleriyle kombinasyonları sonucunda nasıl bir sonuç çıkacağı tam olarak tahmine edilmesi mümkün değildir. Genellikle bu faktör değerleri enjeksiyon ayarların girilmesinde katalog verilerinden yararlanarak ya da operatörün tecrübelerine dayanılarak seçilmektedir [16]. Her bir parametre için tüm

kombinasyonların baskı alınması zaman kaybı, işçilik ve malzeme maliyetleri ve bu tür baskılar çoğu kez yapılması mümkün olmamaktadır [17].

İşletme şartları göz önüne alındığında baskıların alınması maliyet ve zaman sınırlaması gözeterek en verimli şekilde baskı gerçekleştirebilmek, sonuçları doğru yorumlayabilmek için deney tasarımı yöntemlerinin uygulaması son derece verimli bir yaklaşımdır [18]. Faktör seviyelerin doğru yapılabilmesi için kullanılan hammadde, parça büyüklüğü ve parçanın girinti/ çıkıntı durumu göz önüne alınarak ilgili enjeksiyon faktörleri arasındaki etkileşimlerin deneysel verilerle ortaya konulması gerekmektedir [16].

Liao vd. çarpılma ve en aza indirmek için, ince duvarlı bir parça (cep telefonu kapağı) için en uygun koşulların tespit etmişler ve ütüleme basıncının çarpılma ve çekmeyi etkileyen en önemli parametreler olduğunu görmüşlerdir [18]. Tang vd. yapmış oldukları çalışmalarda çarpılma etkileyen en önemli faktörlerin ütüleme basıncı, ergiyik sıcaklığı ve ütüleme zamanı olduğunu görmüşlerdir [19]. Özçelik ve Erzurumlu asgari çarpılma ve çöküntü izleri üzerinde incelemeler yaptılar. Çalışmalarına ANOVA analizi yaparak ütüleme basıncının çarpılma üzerinde (%33,7) etkili olduğu görmüşlerdir [20].

Huang ve Tai C-Mold yazılımı ve Taguchi deneysel tasarım yöntemi kullanılarak ince duvar enjeksiyon kalıplı parçanın çarpılma üzerinde işlem parametrelerinin etkilerini incelemişlerdir. Yolluk girişi yerinin çarpılmaya etkilediğini fakat en önemli faktörün ütüleme basıncı ve dolun zamanı olduğunu ortaya koymuşlardır [21].

Liao vd. ince duvarlı parçaların çekme ve çarpılma sorunları için en uygun koşul belirlemek için bir çalışma yaptılar. Ütüleme basıncı deneyler sonucunda en etkili parametre olarak bulunmuştur [18].

Öktem vd. enjeksiyon işlem parametrelerine taguchi yöntemi kullanarak çekmeye bağlı çarpılma sorunları azaltmak çalışmaları yaptılar. Ütüleme basıncı ve ütüleme zamanı en önemli parametreler olduğu görmüşlerdir [22].

Yapılan literatür araştırmalarında ince cidarlı parça üzerinde enjeksiyon işlem parametrelerin etkileri üzerinde çalışmalar yapıldığı görülmüştür. Kavramsal tasarım yöntemi genellikle ürün geliştirme ve secim yapılması gereken yerlerde kullanıldığı görülmüştür. Bu tezde yuva kapak parçasında su sızdırma probleminin özölmesi için kavramsal tasarım methodu ve kalın cidarlı parçalara enjeksiyon işlemi sırasında oluşan çarpılmanın giderilmesi amaçlanmaktadır. Bu gaye ile çarpılma yerinin ve miktarının tespiti edilip kavramsal tasarımlar yapılması, kavram tasarımda seçilen ürüne göre enjeksiyon kalıp tadilatların yapılması hedeflenmiştir. Parçanın tasarımı kadar enjeksiyon işlem parametreleri ürünün kalitesine etki ettiğinden dolayı eniyilenim değerlerin belirlenmesi gerekmektedir. Enjeksiyon işlem parametrelerden kaynaklı parçada meydana gelen hataların olduğu kılçık diyagramı hazırlanıp, çarpılmaya etki eden parametreler belirlenmesi hedeflenmiştir. Enjeksiyon işlem parametrelerine Taguchi deneysel tasarım yöntemi kullanılarak, işlem sınır parametreleri kapsamında eniyilenmiş baskı parametre değerlerinin belirlenmesi sağlanarak çarpılmanın asgariye indirgenmesi hedeflenmiştir.

BÖLÜM 3

SIZDIRMAZLIK PROBLEMİN ARASTIRILMASI

3.1. MALZEME VE YÖNTEM

Su arıtma cihazlarında filtreler arasında su giriş ve çıkışında kullanılan parçaya Yuva Kapak Parçası (YKP) olarak bilinmektedir. Bu parçada üzerinde su geçişlerinde sızdırmazlık sağlanması için o-ring yuvaları bulunmaktadır. Şehir su şebekelerinde basınç olduğundan dolayı parçanın bu basınca karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Bu nedenle YKP 30 Bar'da dayanıklı olması ve su sızdırmazlığı sağlamalıdır. Bu nedenler suya karşı dayanıklılık özelliklerinden dolayı acetal (POM) Copolymer malzemesinden üretilecektir.

YKP Acetal (POM) Copolymer malzemesinden üretilecek, enjeksiyonlar için hammadde üretici firmanın vermiş olduğu teknik veriler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Hammadde üretici firmanın teknik verileri [23].

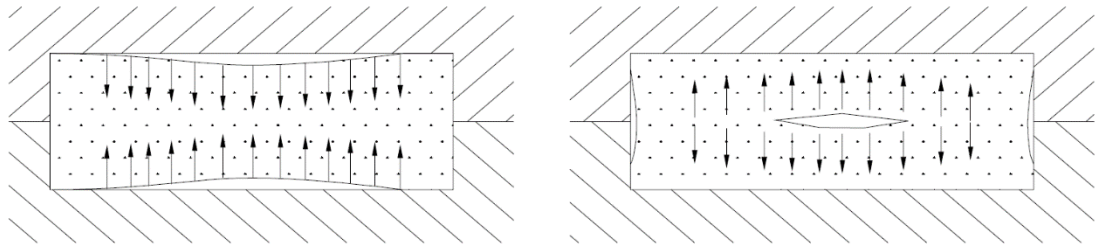
| Acetal (POM) Copolymer (Yuntianhua M90) Enjeksiyon Parametre Değerleri | |
|--|---------------------------|
| Malzeme Kurutma Sıcaklığı | 80-90°C, 3-4 saat |
| Ergiyik Hammadde Sıcaklığı | 180-210°C |
| Kalıp Sıcaklığı | 60-90°C (60 °C sabit) |
| Enjeksiyon Basıncı | 50-100 Mpa |
| Kilitleme Basıncı | 30-80 Mpa (50 Mpa sabit) |
| Geri Basınç | 0-0,5 Mpa (0,2 Mpa sabit) |
| Vida Dönüş Hızı | 50-120 rpm (80 rpm sabit) |

Enjeksiyon Kalıbı (EK) imal edildikten sonra PEM üretilen ilk baskıya T0 olarak, kalıpta yapılan değişikliklerden sonra baskılara T1, T2 olarak en son yapılan baskı TN olarak adlandırılmaktadır. Plastik parçanın üretilmesi için PEM parametrelerin bulunmakta, en önemli parametreler kalıp soğutma zamanı, ergiyik hammadde sıcaklığı, ütüleme zamanı, ütüleme basıncı ve enjeksiyon basıncıdır. PEM üretimden

sonra parçada çarpılma, çekme, kabarcıklar - sıkışmış gaz gibi istenmeyen durumlar oluşmaktadır.

Plastik enjeksiyonla makinasında kalıpla işleminde çekme, hammaddenin erime sıcaklığına ulaştıktan sonra kalıp boşluğuna enjekte edilip kalıp içerisinde katılaştıktan sonra BDT parça ile basılan parça arasında boyutsal ve geometrik bozulmaları olarak tanımlanmaktadır [24-25]. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi çekme, plastiğin kalıp içerisinde katılma sonrasında enjeksiyon işlem parametreleri veya kalıplanan parçanın şekline göre içerden dışarıya veya dışarıdan içeriye doğru büzölmeye zorlanmaktadır [25].

Kalıplanan parçanın üzerindeki unsurlardan dolayı parça üzerinde ısı ve basınç farkından dolayı parçada gerilmeler oluşmakta bu da parçanın çarpılmasına sebep olmaktadır. Çarpılma sonucunda parça yüzeyleri dalgalanma ve form değişikliğine sebep olmaktadır. Parçanın çekme oranını ve çarpılma miktarını etkileyen etmenler, kalıplanan parçanın formu, et kalınlığı ve et kalınlığının farkı, takviye kanatlar, yolluk girişin tipi; yolluk girişlerin sayısı ve mesafesi ve plastiğin kristalleşme oranları etkilemektedir [25].

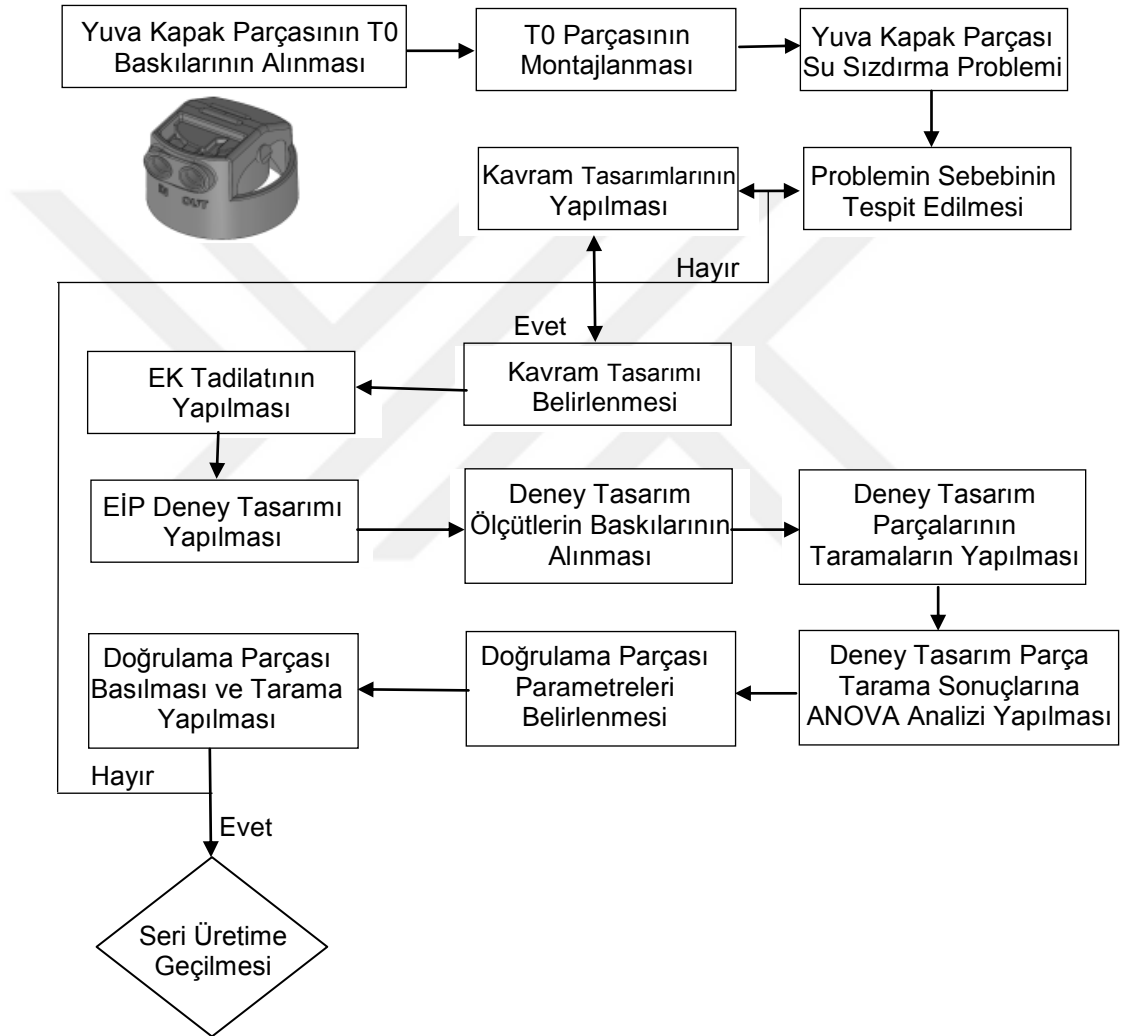


Şekil 3.1. Plastik enjeksiyon sonra parçada oluşan çekme türleri [26].

Plastik parçalardaki çekmenin, enjeksiyon işlemi bittikten sonra normal ortama alınsa bile çekme işlem devam etmektedir. [26]. Parçanın kalınlığına, büyüklüğüne ve tasarımına bağlı olarak çekme oranının büyük bir kısmı enjeksiyon işlemi sırasında oluşmakta, diğer kısmı parçanın kullanım ömrü boyunca çekme devam etmektedir [27].

Kabarcıklar - sıkışmış gaz; parçanın kalıba enjekte edilmesi sırasında hammadde içinde bulunan bazı maddeler gaz fazına geçebilmektedir. Gaz fazı parçanın içyapısında herhangi bir yerde boşluk şeklinde gözlenmektedir [28].

Şekil 3.2’de yuva kapak parçasının sızdırmazlık probleminin çözülmesinde sistematigi verilmiştir.



Şekil 3.2. YKP sızdırmazlık problem çözümü sistematigi.

3.2. ÇARPILMA SEBEBİNİN BELİRLENMESİ

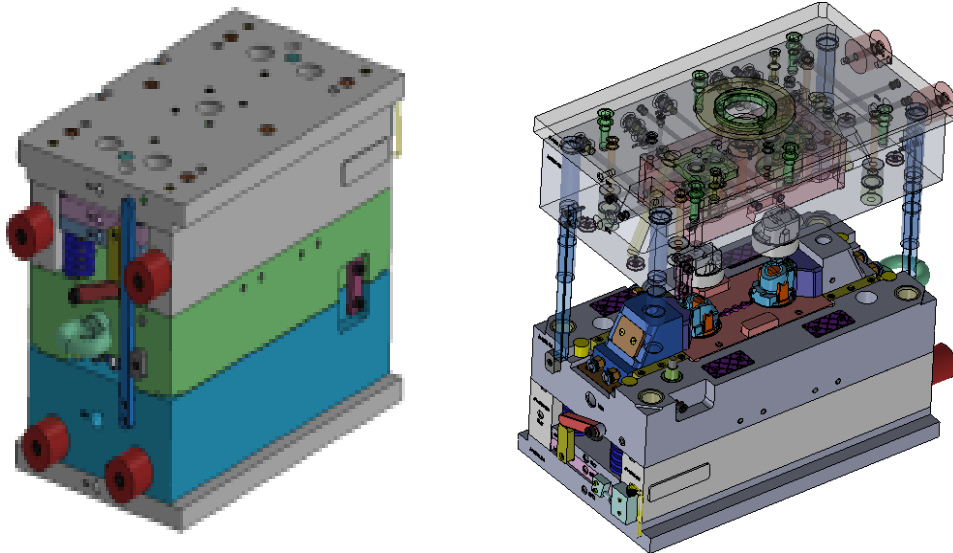
Yuva kapak parçasının kalıp imalatından sonra ilk baskılardan (T0) alınan parçalarla ürün montajı yapılmıştır. Ürüne yapılan testler sonucunda parçanın yuva kapak parçasında Şekil 3.3’de gösterilen yerden su kaçağı olduğu görülmüştür. Yuva kapak

parçası su arıtma cihazlarında filtrelerin içerisine su giriş ve çıkışını sağlamaktadır. Yuva kapak parçasına gözle yapılan kontrollerde parçanın büyük o-ring yuvasında çarpılma (eliptik yapı) olduğu belirlenmiştir. T0 baskısının alındığı kalıp, hammadde ve enjeksiyon bilgileri Çizelge 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Yuva kapak parçası ve üründeki montajı.

Yuva kapak parçasının kalıbı; lama iticileri, dişi ve erkek, maçalar, maça plakaları, mekanik açılı pimler, kılavuz kolon, burçlar, kovan, pim ve bağlantı civatarından oluşmaktadır. Kalıp 287 farklı parçadan ve toplam 509 adet parçadan oluşmaktadır [29].

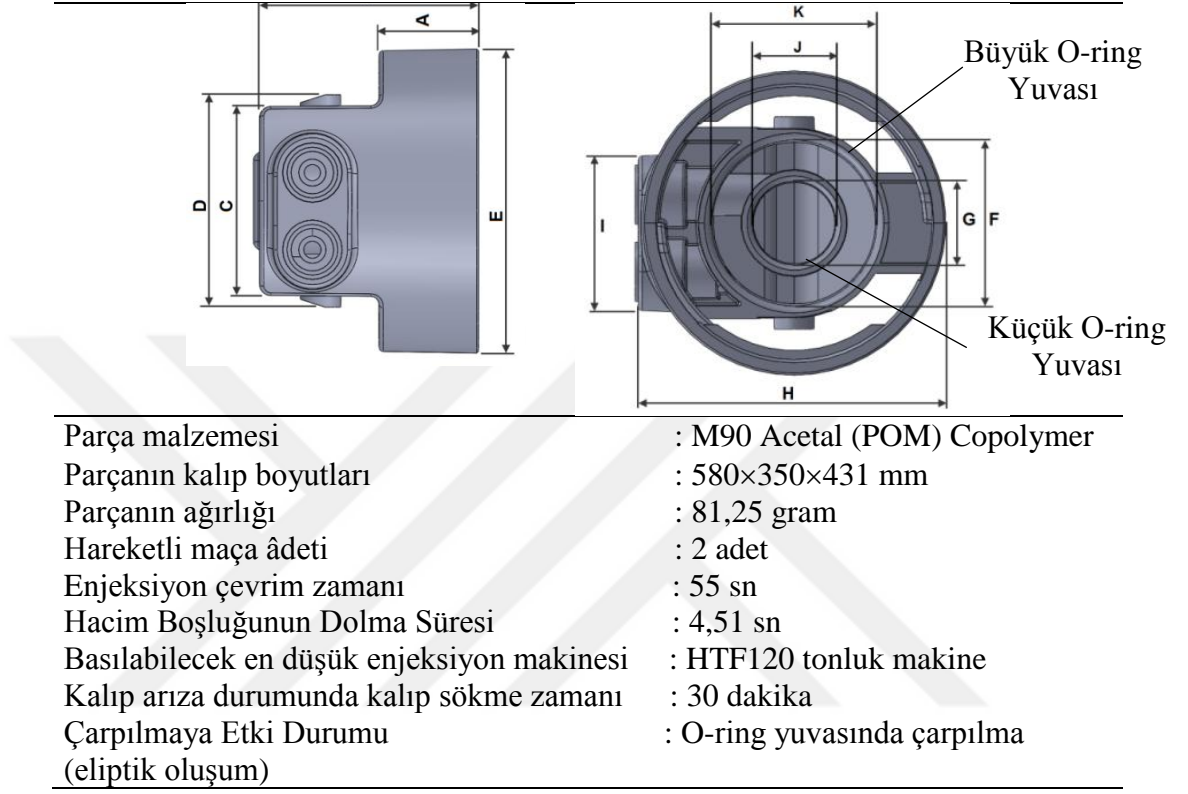


Şekil 3.4. Yuva kapak parçasının kalıp görünüşü.

Şekil 3.4’de yuva kapak parçasının kalıp tasarımının genel görüntüsü gösterilmektedir. Kalıp tasarımının bitmesinden sonra kalıp boyutları yükseklik 580 mm, genişlik 350

ve derinlik 431 mm olarak yapılmıştır. Bu boyutlara göre yuva kapak parçasının kalıbı en düşük olarak 120 tonluk enjeksiyon makinesine bağlanabilmektedir [29].

Çizelge 3.2. T0 baskısındaki kalıp, hammadde ve enjeksiyon özellikleri.



Meydana gelen çarpılmanın ne kadar olduğu ve parçanın diğer ölçülerin kontrolü yapılmıştır. Çizelge 3.3’de T0 baskısında kalıbın 2 nolu gözündeki parçanın ölçüm değerleri görülmektedir.

Çizelge 3.3. Yuva kapak T0 baskısının ölçüm değerleri.

| | Baskı No | | | | | | CAD veri ölçümü | CAD verisi ile basılan ürün arasındaki fark |
|---|----------|-------|-------|-------|-------|----------|-----------------|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Ortalama | | |
| A | 24,43 | 24,53 | 24,48 | 24,48 | 24,53 | 24,49 | 24,50 | -0,01 |
| B | 53,61 | 53,47 | 53,64 | 53,68 | 53,74 | 53,63 | 53,84 | -0,21 |
| C | 46,60 | 46,43 | 46,35 | 46,39 | 46,51 | 46,46 | 46,57 | -0,11 |
| D | 52,08 | 51,82 | 51,78 | 51,63 | 51,96 | 51,85 | 52,30 | -0,45 |
| E | 75,20 | 75,52 | 75,48 | 75,40 | 75,48 | 75,42 | 74,94 | 0,48 |
| H | 75,43 | 75,40 | 75,36 | 75,37 | 75,65 | 75,44 | 75,57 | -0,13 |
| I | 38,28 | 38,11 | 38,10 | 38,13 | 38,23 | 38,17 | 38,17 | 0,00 |
| F | 40,55 | 40,25 | 40,20 | 40,00 | 40,40 | 40,28 | 40,60 | -0,38 |
| K | 41,70 | 41,82 | 41,75 | 41,78 | 41,81 | 41,77 | 40,60 | 1,17 |
| J | 20,85 | 20,87 | 20,78 | 20,91 | 20,88 | 20,85 | 20,60 | 0,25 |
| G | 20,87 | 20,90 | 20,77 | 20,89 | 20,90 | 20,87 | 20,60 | 0,27 |

Çizelge 3.3’de T0 baskısı alınan yuva kapak parçasının ölçüler ile CAD data ölçüleri arasındaki farklar görülmektedir. F-K çap ve J-G çap ölçü farkları koyu renkte gösterilmektedir. F-K ve J-G ölçüleri sızdırmazlık sağlayacağından dolayı bu ölçülerin orijinal CAD ölçüsüne yakın olması gerekmektedir. Yapılan ölçümlerde görüldüğü üzere büyük o-ring yuvarının F-K çap ölçüsünde K yönünde 1,17 mm büyüklük ve F yönünde 0,38 mm küçülme olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan sızdırmazlık testleri de, F-K çap ölçüsünün eliptik bir yapıya sahip olması nedeniyle belirtilen akışkan sızdırmasının kaynağı olduğunu doğrulamıştır. Küçük o-ring yuvarının J-G çap ölçüsünde J yönünde 0,25 mm büyüklük ve G yönünden 0,27 mm büyüklük olduğu tespiti edilmiştir.

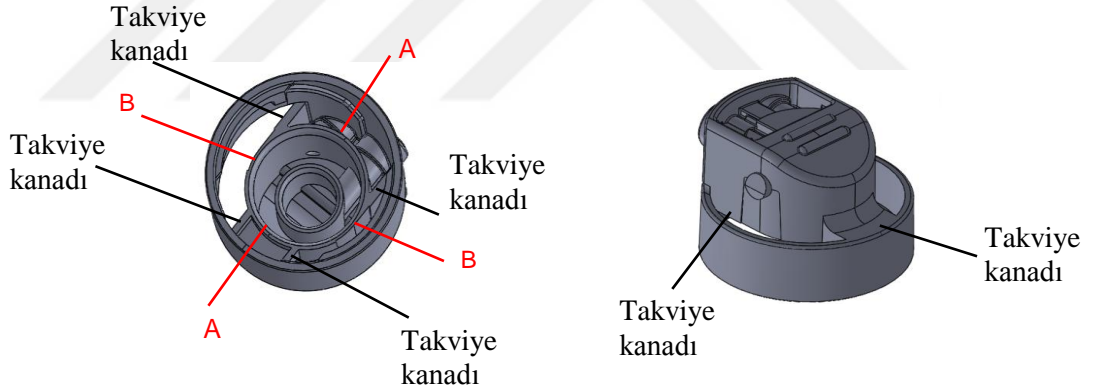
Yapılan sızdırmazlık testlerinde akışkan kaçağı olmadığı tespit edilmiştir. Küçük o-ring yuvarında eliptik yapı olmadığından dolayı yuvarının büyük çıkması o-ring contasının vazife yapmasına engel bir durum oluşturmadığı için önemli olarak kabul edilmemektedir. Son baskılarda (TN) küçük o-ring yuvarının büyük ölçüde çıkması durumunda kalıpta yuvaya oluşturan lokma parçasının ölçüsünü o-ring yuvarındaki büyüklük miktarı kadar ölçünün düşürülmesiyle yuvarının data ölçüsünde çıkması sağlanır.

Büyük o-ring yuvasındaki eliptik yapının düzeltilmesi için:

- Eliptik yapıya oluşturan sebeplerin bulunması
- Et kalınlık analizinin yapılması gerekmektedir.

3.3. ELİPTİK YAPIYI OLUŞTURAN SEBEPLERİN BULUNMASI

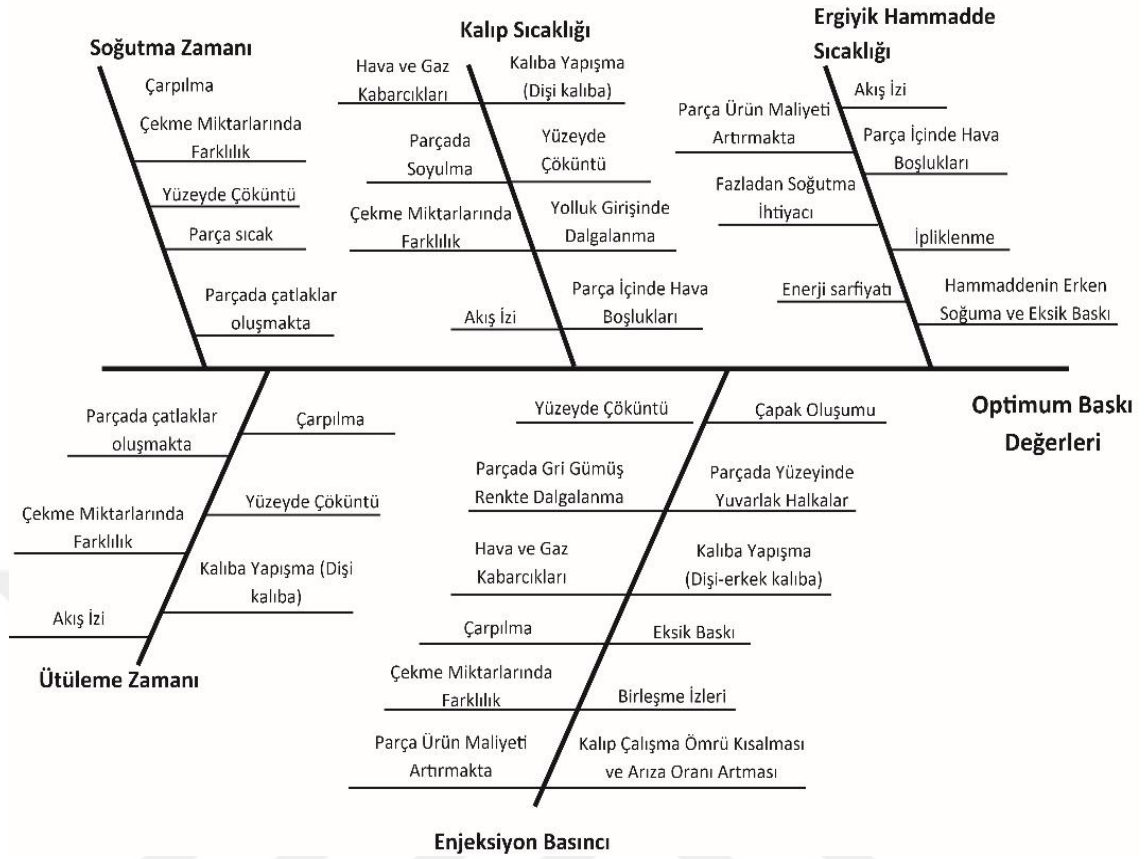
Yuva kapak parçasının incelendiğinde Şekil 3.5’de görüldüğü üzere parça soğuma aşamasında iken parçanın büyük o-ring yuvasına bağlı olan takviye kanatlar o-ring yuva çemberini A yönlerinde çekerek yuvanın uzamasına neden olmaktadır. Yapılan ölçümlerde görüldüğü gibi o-ring yuvası A yönünde uzama olurken B yönünde ise parçada içe doğru daralma olmaktadır. Küçük o-ring yuvası incelendiği eliptik olmadığı sadece yuvanın büyük çıktığı görülmüştür. Küçük o-ring yuvasına bağlı herhangi bir takviye kanadı olmadığından dolayı yuvanın düzgün çıktığı düşünülmektedir.



Şekil 3.5. Parçanın parça takviye kanadı bağlantı görüntüsü.

Enjeksiyon aşamasında veya baskıdan sonra parçada görülen hatalarının sebepleri ile ilgili kılçık diyagramı Şekil 3.6’de gösterilmiştir.

Kılçık diyagramı ürün veya sürecin kalitesini temsil eden ve çıktı olarak ölçülecek değeri ve değerlendirilecek olan bu değere etki edecek olan tüm faktörleri ortaya koymaktadır. Balık kılçığı diyagramına dayanarak deneysel tasarımda değişken faktörlere ve sabitlenmesi gereken faktörlere karar verilmiştir [17]. Şekil 3.6’de gösterildiği gibi parça kalitesine etkileyen faktörler beş ana başlıkta incelenmiştir.



Şekil 3.6. Sebep sonuç diyagramı.

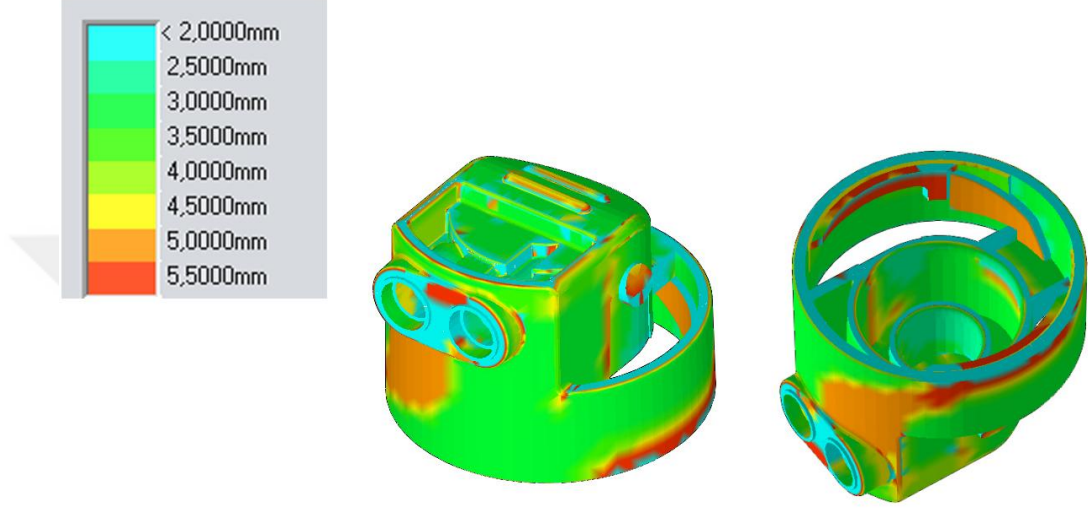
3.4. ET KALINLIĞI ANALİZİNİN YAPILMASI

Yuva kapak parçası Molflow analiz yazılımı ile incelendiğinde parçanın et kalınlıklarında farklılıkların olduğu Şekil 3.7’de gözlemlenmektedir.

Jacques’a göre, kalıp içerisinde parçanın dengesiz soğutmadan dolayı parçanın kalınlığı üzerinde asimetrik gerilme oluşması sonucunda kalıp parçasında çarpılmaya olmaktadır. Bu nedenle, parçanın en ince kısımlarda çarpılmaya duyarlıdır [30].

Çarpılmayı sadece işlem parametreleri etkilememekte, aynı zamanda bir parçası tasarımında önemli bir rol oynamıştır. Çarpılma azaltmak için parçanın yapısal bütünlüğünü geliştirilmesi, cidar kalınlıklarının eşit olması ve takviye kanatlarıyla desteklenmesi gerekmektedir [8].

Parçanın kullanım yerine göre et kalınlıklarının doğru olarak belirlenmesi ürünün görünümü ve dayanımı açısından önemli olduğu kadar, enjeksiyon kalıplama işleminin başarılı olmasını etkilemektedir. Eşit olmayan et kalınlığı veya et kalınlık geçişleri düzgün olmaması parçada çarpılmaya, yüzeyde çöküntü ve parça yüzeyinde birleşme izi gibi olumsuz sonuçların oluşmasına sebep olmaktadır.



Şekil 3.7. Yuva kapak parçasının et kalınlığı analizi.

Kalıp soğutma esnasında çarpılma ve çöküntü olmakta buda dış görünümü etkilemektedir. Çarpılma ve çöküntüyü önlemek için ürün kalınlığı mümkün olduğu kadar düzgün bir şekilde tasarlanmış olmalıdır. Kalıplanmış parçada deformasyona düzeltme için ilk önce deformasyonun olduğu yerde kaburga takviye düşünülmektedir. Bu tür takviye kaburga takviyeleri parça cidar kalınlığının 1/3 - 1/2 arasında olmalıdır [31].

Yuva kapak parçasının Şekil 10'deki et kalınlığı analizi incelendiğinde genel cidar kalınlığı 3,2 mm iken turuncu renkli kısımlarda 5 mm olduğu görülmüştür. PEM baskı sırasında ince kısımlar erken soğurken kalın kısımlar soğuması daha geç olacaktır. Bu da parçanın kalınlığın yüksek olduğu yüzeylerin çökmesine ve çarpılmasına neden olacaktır.

Çöküntü ve çarpılma olan bölgelerin giderilmesi için parça kalınlık farkının en aza indirilmesi veya takviye kanadıyla destelenmesi gerekmektedir. Parçanın kullanıldığı

yerdeki durumuna göre takviye kanadıyla desteklenmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle parça kalınlıklarının optime edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla yapılacak olan tasarım değişikliğinde grup parçalarını etkilememesi için parçanın genel cidar kalınlığı 3,2 mm den 4,2 mm çıkartılması düşünölmüştür. Cidar kalınlık farkı olan bölgeler ergiyik hammaddenin geçişi keskin olmamalı, bunun yerine yumuşak geçişli yapılması gerekmektedir.



BÖLÜM 4

YUVA KAPAK TASARIMI REVİZE EDİLMESİ

Yuva kapak parçasında büyük o-ring yuvasının eliptik çıkmasında en büyük etkiye sahip Şekil 4.1’de gösterilen takviye kanatların iptal edilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra, parça kalınlıklarında değişikliklerin yapılması için mevcut parçada unsur değişiklikleri ve form değişiklikleri yapılması gerekmektedir.

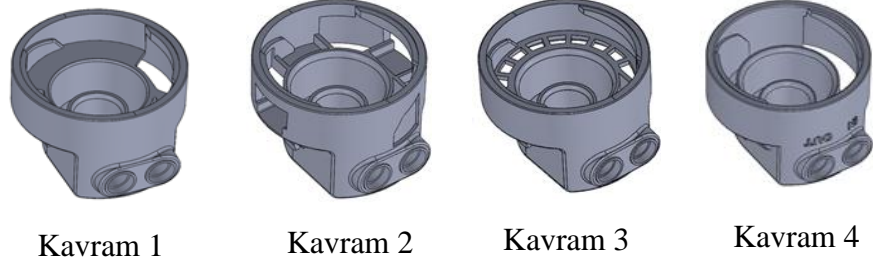


Şekil 4.1. Revize edilmesi gereken takviye kanatları.

4.1. KAVRAM TASARIMININ YAPILMASI

Yuva kapak parçasının revize edilmesi için dört farklı kavramsal tasarım yapılmıştır. Şekil 4.2’de bu kavramlar, büyük o-ring yuvası ve küçük o-ring yuvası görülmektedir. Bu kavram tasarımlardan Kavram 1’de büyük o-ring yuvasını bağlı takviye kanadı genişliği artırılmıştır. Kavram 2’de büyük o-ring yuvasına bağlı takviye kanadı sayısı iki adetten dört adede yükseltilmiştir. Kavram 3’de büyük o-ring yuvasının çevresi tamamen çevrilmiş ve aralarına eşit aralıkta boşluklar yapılmıştır. Son olarak ta Kavram 4’de büyük o-ring yuvası bağlı olan takviye kanatları iptal edilmiş ve küçük o-ring yuvasındaki gibi o-ring yuvası serbest hale

getirilmiştir. Arka kısımdaki takviye kanadı iptal edilmesinden dolayı dış çeperi yuvalara bağlamak için dış kısmı yeniden tasarım yapılmıştır.



Şekil 4.2. Kavram tasarımları.

4.2. KAVRAM DEĞERLENDİRME MATRİSİ YAPILMASI


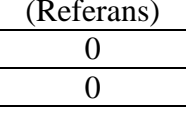
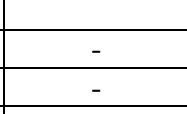
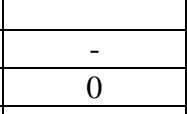
Yapılmış dört farklı kavram tasarımları Kavram İzleme ve Kavram Puanlama Matrisleri ile karşılaştırma yapılmıştır [32]. Bu karşılaştırma Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Kavram seçimi ürün geliştirme işleminin bir parçasıdır. Kavram İzleme Matrisiyle referans olarak seçilen kavrama belirlenen ölçütlere göre “+”, ”-“ ve “0” olarak değerlendirilir (Çizelge 4.1). Kavram İzleme matrisinden seçilen kavramlar Puanlama matrisiyle referans olarak belirlenen kavrama belirlenen ölçütlere göre 1’den 5 ‘e kadar puanlandırılıp ölçütlerin ağırlık oranına hesaplanır (Çizelge 4.2). Kavram Puanlama matrisinden en yüksek puan alan kavram seçilen kavramdır.

4.3. KAVRAM TASARIMININ BELİRLENMSİ




İfade edildiği üzere, yuva kapak parçasında çarpılmayı etkileyen o-ring yuvasına bağlı takviye kanatları ve düzensiz parça kalınlıkları göz önüne alınarak dört farklı kavram tasarım yapılmıştır.. Kavram İzleme Matrisinde kalıp maliyeti, kalıp boyutlarının, kalıp tadilat süresi, hareketli maça adedi, kalıp sökme zamanı, parça ağırlığı, çevrim süresi ve basılabilecek en düşük enjeksiyon makinası göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede Kavram 2 başarısız bulunmuş, diğer kavramlar Puanlama Matrisine geçilmiştir.

Çizelge 4.1. Kavram izleme matrisi.

| Bağıl Derecelendirme + : Referanstan iyi 0 : Referansla aynı - : Referanstan kötü | KAVRAMLAR | | | |
|--|--|---|--|---|
| | Kavram 1 | Kavram 2 | Kavram 3 | Kavram 4 |
| |  |  |  |  |
| (Referans) | | | | |
| Kalıp Tadilat Maliyet [TL] | 0 | - | - | + |
| Kalıp Boyutları [mm] | 0 | - | 0 | 0 |
| Hareketli Maça Adedi | 0 | - | 0 | 0 |
| Kalıp Tadilat Süresi | 0 | - | 0 | + |
| Kalıp arıza durumunda kalıp sökme zamanı [dk] | 0 | - | 0 | 0 |
| Parça Ağırlığı [g] | 0 | + | 0 | + |
| Enjeksiyon Çevrim Zamanı [s] | 0 | 0 | 0 | + |
| Basılabilecek En Düşük Enjeksiyon Makinesi [T] | 0 | 0 | 0 | 0 |
| “+” ların toplamı | 0 | 1 | 0 | 4 |
| “0” ların toplamı | 8 | 0 | 7 | 4 |
| “-“ ların toplamı | 0 | 5 | 1 | 0 |
| Toplam Puan | 0 | -4 | -1 | 4 |
| Sıra | 2 | 4 | 3 | 1 |
| Devam? | Geliştir | İptal | Geliştir | Devam |

Kavram Puanlama Matrisinde seçim ölçütlerine ağırlıklar atanarak, birbirleriyle kıyaslanmıştır (Çizelge 4.2). Kavram Puanlama Matrisinden çıkan sonuca göre Kavram 4 diğer tasarımlara göre daha yüksek puan almıştır.

Çizelge 4.2. Kavram puanlama matrisi.

| Bağıl Derecelendirme KAVRAMLAR 1: Referanstan oldukça kötü 2: Referanstan kötü 3: Referansla aynı 4: Referanstan iyi 5: Referanstan oldukça iyi | | KAVRAMLAR | | | | | |
|--|---------|---|---------------|--|---------------|---|---------------|
| | | Kavram 3  (Referans) | | Kavram 1  | | Kavram 4  | |
| Seçim Ölçütleri | Ağırlık | Derece | Ağırlık Puanı | Derece | Ağırlık Puanı | Derece | Ağırlık Puanı |
| Çarpılma | %40 | 3 | 1,20 | 2 | 0,80 | 4 | 1,60 |
| Büzülme | %15 | 3 | 0,45 | 3 | 0,45 | 5 | 0,75 |
| Ovallık O-ring Yuvasının Serbestlik Oranı | %45 | 3 | 1,35 | 1 | 0,45 | 4 | 1,80 |
| Toplam Puan | | 9,0 | | 3,4 | | 17,35 | |
| Sıra | | 2 | | 3 | | 1 | |
| Devam? | | İptal | | İptal | | Seçilen Kavram | |

Kavram 4'ün seçilmesinden en önemli etkenin küçük o-ring yuvasının etrafının boş olmasından (yuva çemberinin serbestlik oranı) dolayı çarpılmanın az olmasıdır. Aynı şekilde büyük o-ring yuvasının etrafı boş olma durumunda çarpılmanın en az olması düşünülmüştür. Kavram matrisinde seçilen parça Şekil 4.3'da gösterilmiştir.

Seçilen Kavram 4 üzerinden kalıp tadilat çalışmalarının yapılmasına geçilmiştir. Kalıbın dişi çekirdek üzerinde seçilen tasarıma göre mevcut dişi çekirdeği kullanabilecek şekilde tasarımında değişiklikler yapılmış, buna bağlı olarak erkek çekirdekteki lokma parçalarında yeni tasarıma göre değişiklikler yapılmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Yuva kapak tasarımının revize edilmiş ve basılmış ürün resmi.

BÖLÜM 5

TAGUCHI YÖNTEMİNİN ENJEKSİYON İŞLEM PARAMETRELERİNE UYGULANMASI

Taguchi tarafından geliştirilen Taguchi deney tasarımı yöntemi yaygın olarak uygun işlem parametrelerinin belirlenmesi uygulanmaktadır. Yüksek kalite sistemlerinin tasarımı için biri güçlü bir araç olmaktadır. Taguchi deney tasarımı yöntemi basit ve etkili olan istatistiksel deney tasarımı kullanılmaktadır. Taguchi yöntemi sırasıyla; sistem tasarımı, parametre tasarımı ve tolerans tasarımı üç aşamadan oluşmaktadır [33].

Sistem tasarımı, bir ürünün üretiminde gerekli bilimsel ve mühendislik bilgisinin uygulanmasını içerir. Parametre tasarım kalitesi özelliklerinin iyileştirilmesi için eniyilenim işlem değerleri bulmak için kullanılır. Tolerans tasarımı, parametre belirleme çalışmaları sonucu istenilen hedefe ulaşılamadığı durumda yapılan ilave çalışmalardır [34].

Deneysel tasarım, ürünün fonksiyonel özelliklerini etkileyen birçok değişken faktör vardır. Ürünün kalitesine gürültü faktörlerinin etkisini en aza indirmek tasarım parametre değerleri belirlenir. Eniyilenim düzeyde bulmak amacıyla, ortogonal dizileri kullanarak kısmi faktöryel tasarımlar kullanılır. Bu şekilde, eniyilenim işlem şartlarının çok az deneylerden elde edilebilir [35]. Bunu yaparken, özel tasarım ortogonal arrays ile sadece az sayıda deneylerle bütün parametreleri öğrenilmesinde taguchi yöntemi kullanılır. Taguchi mühendislik tasarım problemlerinde uygulanan kalite özelliklerinin belirlenmesi için S/N oranı kullanılmasını önerir. S/N oranı karakteristikleri üç aşamaya, “En Küçük En İyi”, “Hedef Değer En İyi” ve “En Büyük En İyi” olarak verilmektedir [36].

Plastik enjeksiyon parçaları kalitesi, parça- kalıp tasarımı ve enjeksiyon işlemi parametrelerine bağlıdır [37]. Enjeksiyon işlem parametrelerin eniyilenim değeri tespit etmek kullanılacak parametreleri; ergiyik hammadde sıcaklığı, soğutma zamanı, ütüleme zamanı ve enjeksiyon basıncıdır. Bu parametrelere ait seviye değerlerinin (dört farklı değer) oluşturduğu kombinasyonların eniyilenim durumunu oluşturan birleşimi bulmak için $2^4 \times 2^2 = 64$ adet deney yapılması gerekmektedir. Bu deneylerin yapılması için harcanan zaman ve malzeme maliyetleri göz önünde tutulduğunda Taguchi'nin geliştirdiği, deney sayısında azalma sağlayan yöntem ihtiyaca cevap verecek özelliğindedir [38].

5.1. TASARIM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Çarpılma ve çekmenin miktarı enjeksiyon işlemi faktörleriyle son derece ilgilidir. Enjeksiyon işlemi faktörleri özenle seçilmiş ise, çarpılma ve çekme kabul edilebilir bir seviyeye düşürülebilir [6].

Bu nedenle enjeksiyon işlem parametreleri dikkatlice seçilmesi gerekmektedir. Şekil 8'de kılçık diyagramında enjeksiyon parametrelerin parça üzerinde ne gibi olumsuz etkileri olacağı gösterilmiştir. Bu parametrelerden kalıp sıcaklığı sabit alınarak soğutma zamanı, ütüleme zamanı, ergiyik hammadde sıcaklığı ve enjeksiyon basıncının parça üzerindeki çarpılmaya etkileri incelenecektir.

Enjeksiyon parametreleri faktör seçiminde, Çizelge 3.1'de hammadde tedarik edilen üretici firmanın vermiş olduğu teknik verileri dikkate alınarak belirlenmiştir. Çizelge 5.1'de enjeksiyon için kullanılan faktörler ve seviyeleri verilmiştir. Bu faktörlerden soğutma zamanı ve ütüleme zamanı parça büyüklüğünü, yoğunluğuna ve yapısal durumuna göre faktör seviyeleri belirlenmiştir.

Çizelge 5.1. Enjeksiyon faktörlerinin seviyeleri.

| Faktörler | Seviye 1 | Seviye 2 | Seviye 3 | Seviye 4 |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Soğutma Zamanı [s] - A | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Ütüleme Zamanı [s] - B | 6 | 11 | 16 | 21 |
| Ergiyik Sıcaklığı [°C] - C | 180 | 210 | | |
| Enjeksiyon Basıncı [Mpa] - D | 50 | 100 | | |

5.2. TAGUCHİ L16 ORTOGONAL DİZİSİ TASARIMI

Kararlaştırılan dört farklı faktörden A ve B için dört seviye belirlenmiş, C ve D için ise iki seviye aralığı tayin edilmiştir. Bu faktörler için Taguchi deney tasarımında kullanılmak üzere L'16 (4**2 2**2) ortogonal dizisi tasarımı uygulanmıştır. Çizelge 5.2'de yuva kapak parçası için belirlenen parametrelerine L16 ortogonal dizisi gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Taguchi L16 ortogonal dizisi.

| Deney no | | | | | Soğutma | Ütüleme | Ergiyik | Enjeksiyon |
|----------|---|---|---|---|---------|---------|-----------|------------|
| | | | | | Zamanı | Zamanı | Sıcaklığı | |
| | | | | | (A) | (B) | (C) | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 40 | 6 | 180 | 50 |
| 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 40 | 11 | 180 | 50 |
| 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 40 | 16 | 210 | 100 |
| 4 | 1 | 4 | 2 | 2 | 40 | 21 | 210 | 100 |
| 5 | 2 | 1 | 1 | 2 | 60 | 6 | 180 | 100 |
| 6 | 2 | 2 | 1 | 2 | 60 | 11 | 180 | 100 |
| 7 | 2 | 3 | 2 | 1 | 60 | 16 | 210 | 50 |
| 8 | 2 | 4 | 2 | 1 | 60 | 21 | 210 | 50 |
| 9 | 3 | 1 | 2 | 1 | 80 | 6 | 210 | 50 |
| 10 | 3 | 2 | 2 | 1 | 80 | 11 | 210 | 50 |
| 11 | 3 | 3 | 1 | 2 | 80 | 16 | 180 | 100 |
| 12 | 3 | 4 | 1 | 2 | 80 | 21 | 180 | 100 |
| 13 | 4 | 1 | 2 | 2 | 100 | 6 | 210 | 100 |
| 14 | 4 | 2 | 2 | 2 | 100 | 11 | 210 | 100 |
| 15 | 4 | 3 | 1 | 1 | 100 | 16 | 180 | 50 |
| 16 | 4 | 4 | 1 | 1 | 100 | 21 | 180 | 50 |

L'16 dizisine göre tasarlanmış deneyler için, T0 baskısı alınan aynı makinada aynı koşullarda 1000 adet ön baskı sonrası beşer adet baskılar alınmıştır. Kalıp

sıcaklığının ve enjeksiyon makinasının sistemlerinin belli bir düzene girmesi için 1000 adet baskıdan sonra deney baskılarına geçilmiştir.

Alınan deney baskılarında iki nolu gözündeki parçalar çarpıklık farkının ölçülmesi için ayrılmıştır. Kalıbın iki nolu gözünde basılan parçaların alınmasındaki amaç kalıp imalat aşamasında, birleştirilmesi, alıştırma veya tadilat aşamalarında kalıp gözlerinde farklılıklar oluşmaktadır. Bu farklılıkların bizim ölçümlerimize ve yapılacak analizlere etki etmesini önlemektir.

5.3. YUVA KAPAK PARÇASININ ÇARPIKLIKLARIN TESPİTİ

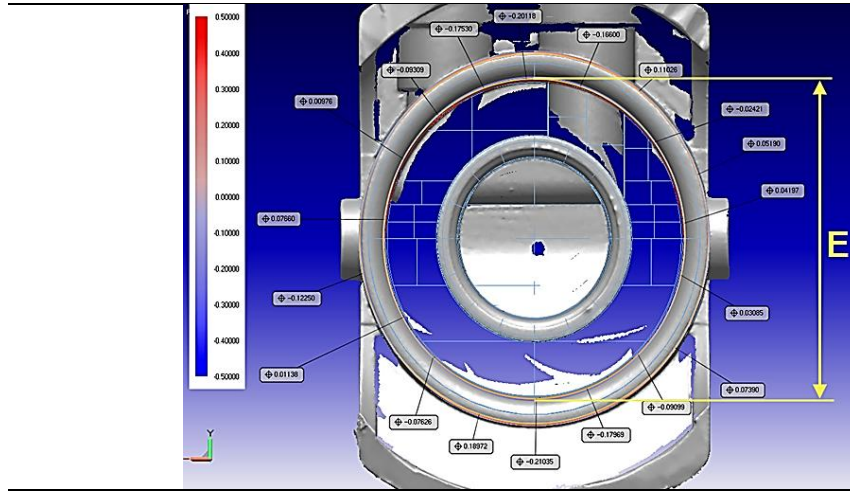
Deney tasarımı sonucu ortaya çıkan 16 farklı parça üç boyutlu taramasının yapılmış, nokta bulutu elde edilmiştir. Nokta bulutu verisi ile parça CAD verisi karşılaştırılarak, büyük o-ring yuvasındaki çarpıklık miktarı bulunmuştur. EK-1’de bütün parametrelerden alınan baskıların tarama sonuçları gösterilmektedir.

Taguchi deney tasarımında, hedef performans civarındaki varyansı, istikrar ve güvenilirliğini ölçmek amacıyla kullanılan, gerçekleştirilen deney sonuçlarında elde edilen çarpıklık değerlerinin en az olması arzulandığı için uygun olan En Küçük En İyi için kullanılan Sinyal/Gürültü (S/N) oranları Eşitlik (5.1) kullanılarak hesaplanmıştır ve elde edilen sonuçlar Çizelge 10’de verilmiştir.

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i^2 \right) \quad (5.1)$$

Burada, Y : Performans karakteristik değeri (yüzey pürüzlülüğü), n : Y değerlerinin sayısıdır.

Çizelge 5.3. Taguchi parametrelerin çarpıklık ve S/N değerleri.



| Deney no | Soğutma Zamanı [s] (A) | Ütuleme Zamanı [s] (B) | Ergiyik Sıcaklığı [°C] (C) | Enjeksiyon Basınç [MPa] (D) | Çarpıklık [mm] (E) | S/N [dB] |
|----------|------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------|----------|
| 1 | 40 | 6 | 180 | 50 | 0,49885 | 6,04060 |
| 2 | 40 | 11 | 180 | 50 | 0,51141 | 5,82462 |
| 3 | 40 | 16 | 210 | 100 | 0,45962 | 6,75202 |
| 4 | 40 | 21 | 210 | 100 | 0,41045 | 7,73479 |
| 5 | 60 | 6 | 180 | 100 | 0,50959 | 5,85558 |
| 6 | 60 | 11 | 180 | 100 | 0,45123 | 6,91204 |
| 7 | 60 | 16 | 210 | 50 | 0,38525 | 8,28515 |
| 8 | 60 | 21 | 210 | 50 | 0,38007 | 8,40273 |
| 9 | 80 | 6 | 210 | 50 | 0,51991 | 5,68144 |
| 10 | 80 | 11 | 210 | 50 | 0,44781 | 6,97812 |
| 11 | 80 | 16 | 180 | 100 | 0,42214 | 7,49087 |
| 12 | 80 | 21 | 180 | 100 | 0,37660 | 8,48239 |
| 13 | 100 | 6 | 210 | 100 | 0,45240 | 6,88955 |
| 14 | 100 | 11 | 210 | 100 | 0,41153 | 7,71197 |
| 15 | 100 | 16 | 180 | 50 | 0,40484 | 7,85433 |
| 16 | 100 | 21 | 180 | 50 | 0,37248 | 8,577794 |

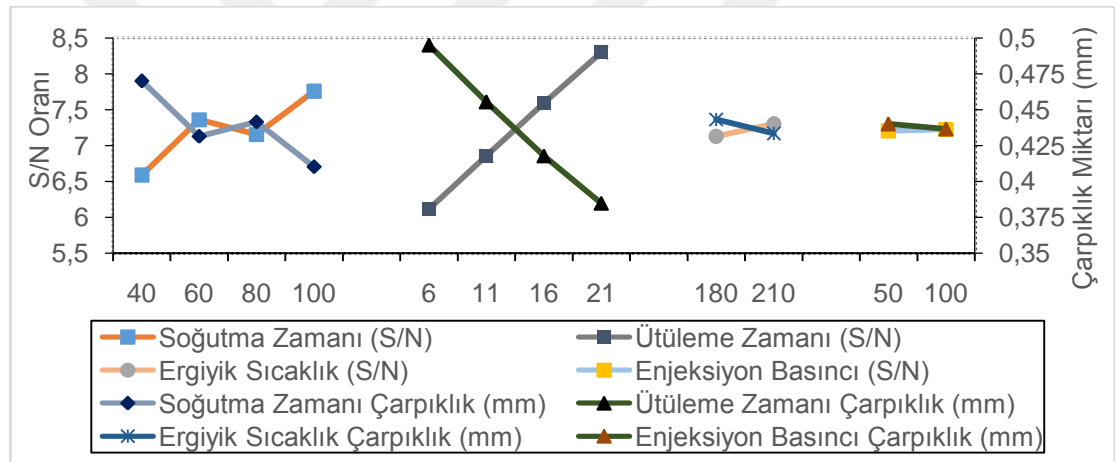
5.4. YUVA KAPAK PARÇASININ DOĞRULAMA PARÇASI PARAMETRE TESPİTİ

Faktörlerin ilgili seviyelerine göre elde edilen S/N değerlerini gösteren grafik Çizelge 5.4’de görülmektedir. Parametre seviyelerinin S/N oranları (Çizelge 5.4) incelendiğinde çarpılma üzerinde en etkili parametrelerin sırasıyla ütuleme zamanı, soğutma zamanı, ergiyik hammadde sıcaklığı ve enjeksiyon basıncı olduğu görülmüştür. Taguchi yöntemi ile Şekil 3.6’dan, Çizelge 5.1’de verilen kontrol

parametrelerinin eniyenim seviyeleri belirlenmiştir. S/N yanıt çizelgesinde büyük olduğu seviye, tüm faktörlerin seviyeleri arasında eniyenim seviyedir [39].

Çizelge 5.4. Parametre seviyelerinin S/N yanıt çizelgesi.

| | Soğutma Zamanı (A) | | Ütüleme Zamanı (B) | | Ergiyik Sıcaklığı (C) | | Enjeksiyon Basıncı (D) | |
|-------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|-----------------------|-----------|------------------------|-----------|
| | S/N | Çarpıklık | S/N | Çarpıklık | S/N | Çarpıklık | S/N | Çarpıklık |
| 1 | 6,588 | 0,470 | 6,117 | 0,495 | 7,130 | 0,443 | 7,206 | 0,440 |
| 2 | 7,364 | 0,432 | 6,857 | 0,455 | 7,304 | 0,433 | 7,229 | 0,437 |
| 3 | 7,158 | 0,442 | 7,596 | 0,418 | | | | |
| 4 | 7,758 | 0,410 | 8,299 | 0,385 | | | | |
| Delta | 1,17 | | 2,183 | | 0,01 | | 0,0034 | |
| Sıra | 2 | | 1 | | 3 | | 4 | |



Şekil 5.1. Parametre seviyelerinin S/N yanıt çizelgesi oran ve çarpıklık grafikleri.

Doğrulama parçası için soğutma zamanı 100s, ütüleme zamanı 21s, ergiyik sıcaklığı 210 °C ve enjeksiyon basıncı 100 olarak belirlenmiştir (Şekil 5.1). Elde edilen sonuçların doğrulanması için kullanılacak faktör seviye değerleri A4 B4 C2 D2'dir.

5.5. YUVA KAPAK PARÇASININ VARYANS ANALİZİ

Deneyler sonucunda elde edilen S/N değerlerini yorumlayabilmek için Varyans Analizi (ANOVA) yapılması gerekmektedir. ANOVA istatistiksel deney sonuçlarını inceleyen sistematik bir yöntemdir. Varyans istatistiksel analizi çarpılma ve

büzülmesi üzerine işlem parametrelerinin etkisini göstermek için kullanılabilir Bu şekilde, işlem parametrelerinin uygun seviyeleri tahmin edilebilir [34]. ANOVA analizi kullanılan faktörler ve ilgili seviyelerine göre elde edilen sonuçların (response) ürünün çarpıklığına ait etkilerinin daha açık görülmesine imkân vermektedir [17].

Çizelge 5.5. ANOVA analizi.

| Source | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS | F | P | Katkı Oranı (%) |
|------------------------------|----|---------|---------|--------|-------|-------|-----------------|
| Soğutma Zamanı [s] - A | 3 | 2,8553 | 2,8553 | 0,9518 | 4,75 | 0,041 | 19,03 |
| Ütüleme Zamanı [s] - B | 3 | 10,6214 | 10,6214 | 3,5405 | 17,69 | 0,001 | 70,80 |
| Ergiyik Sıcaklık [°C] - C | 1 | 0,1220 | 0,1220 | 0,1220 | 0,61 | 0,460 | 0,81 |
| Enjeksiyon basıncı [Mpa] - D | 1 | 0,0021 | 0,0021 | 0,0021 | 0,01 | 0,921 | 0,01 |
| Error | 7 | 1,4013 | 1,4013 | 0,2002 | | | 9,34 |
| Total | 15 | 15,0021 | | | | | 100,00 |

ANOVA analizinde bir parametrenin tepki üzerinde etkili olup olmadığı P (önem/olasılık) değerine bakılarak kararlaştırılmaktadır. %95 güven aralığı göz önüne alınarak $P < 0.05$ (%5 önem değeri) olduğunda parametrenin tepki üzerinde etkili olduğu sonucuna varılır [17].

Çizelge 5.5’de toplam varyasyon üzerine her bir faktörün % katkısı çizelgelerin en sağında gösterilmiştir. Çarpılma için en etkili parametrenin %70,80 oranında ütüleme zamanı, %19,04 ile soğutma zamanı olduğu görülmektedir. Buna yanında, etkisi en az olan parametreler ergiyik sıcaklığı (%0,81) ve enjeksiyon basıncı (%0.01) olarak tespit edilmiştir [40].

5.6. EN İYİ SEÇİMİN TAHMİN HESAPLARI

Doğrulama parçalarındaki çarpıklık miktarının S/N oranlarına göre matematiksel olarak önceden tahmini olarak hesaplanabilmektedir. Tahmini çarpıklık miktarı formülü aşağıdaki gibidir.

$$F_t = (\text{Maks } S/N_1 - N_m) \quad (5.2)$$

Burada;

F_t = Seçilen en iyi seviyelerinin S/N değerlerinin N_m (ortalama) den farklarının toplamı,

N_m = Hesaplaması yapılan çarpıklık için S/N değerlerinin aritmetik ortalaması,

$$N_{hd} = F_t + N_m \quad (5.3)$$

N_{hd} = Deneysel için hesaplanan S/N oranı,

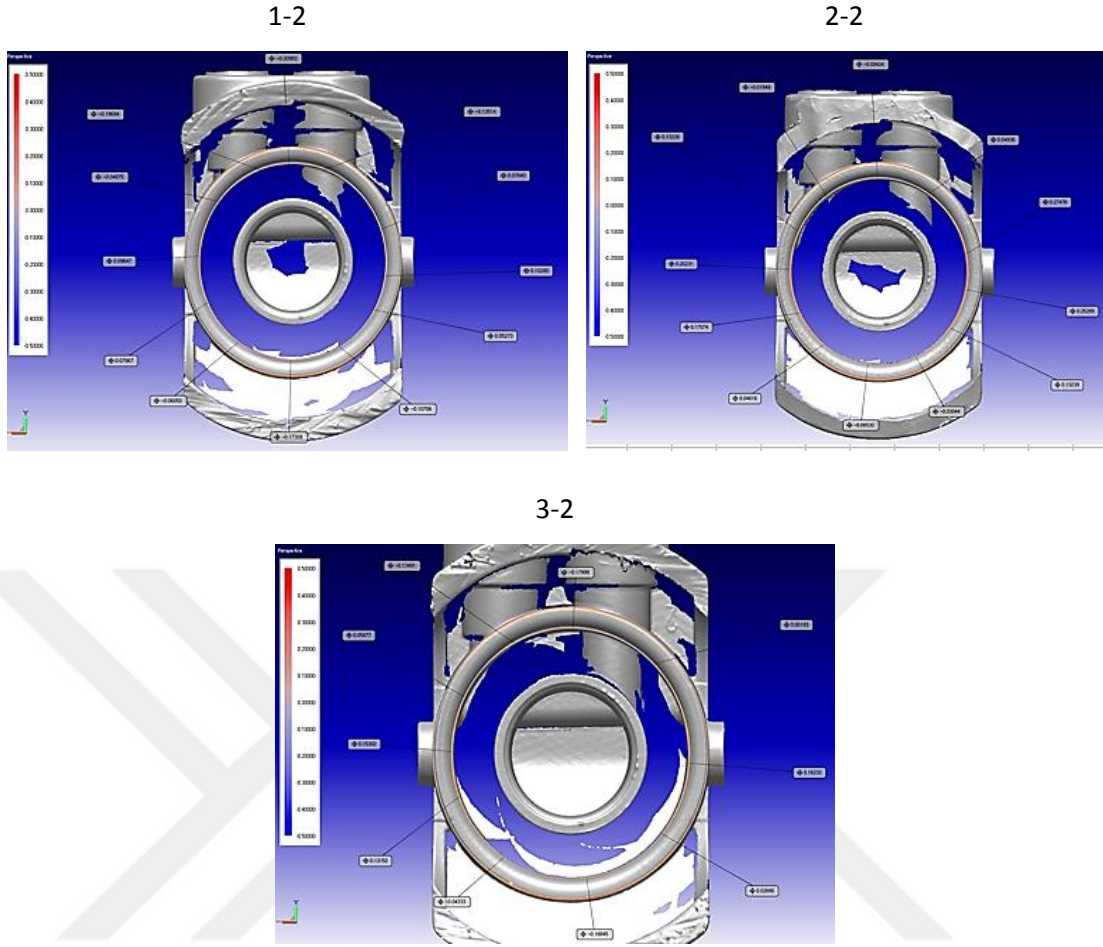
$$R_{\text{çar.}} = 10^{\frac{-N_{hd}}{20}} \text{ mm} \quad (5.4)$$

$R_{\text{çar.}}$ = Tahmini çarpıklık miktarıdır.

Yuva kapak parçasındaki analiz değerlerine tahmin formülü uygulandığında tahmini olarak çarpıklık miktarı 0,357331 mm olacağı ön görülmüştür.

5.7. YUVA KAPAK PARÇASININ DOĞRULAMA PARÇASI BASKISI

Doğrulama deneyi için A4 B4 C2 D2 (soğutma zamanı 100s, ütüleme zamanı 21s, ergiyik sıcaklığı 210 °C ve enjeksiyon basıncı 100 Mpa) seviyelerde baskılar alınmıştır. Bu baskılar aynı enjeksiyon makinesinde, aynı marka hammadde, 1000 adet baskı sonunda belirlenen doğrulama parametreleriyle üç adet baskısı alınmış, 2 nolu gözündeki parçaların tarama sonucunda nokta bulutu verisi oluşturulup BDT verisi ile karşılaştırması çarpıklık raporları hazırlanmıştır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Doğrulama parçaların tarama sonuçları.

Kalıplanan ürünün tarama verisi ile BDT parça tasarım verisi karşılaştırmasında ölçüm yapılan bölgede farklarını vermektedir. Bu nedenle çapsal çarpıklık belirlemek için Şekil 5.3’de gösterilen 1 ve 2 kısımlardaki ölçümlerin toplanması gerekmektedir. Çarpıklık raporlarından numunelere ait çarpıklık miktarları belirlenip ortalama çarpıklık miktarları hesaplanmıştır (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6. Doğrulama parçasında ortalama çarpıklık değer çizelgesi.

| | Numune 1 (mm) | Numune 2 (mm) | Numune 3 (mm) | Ortalama Çarpıklık (mm) |
|--------|------------------|------------------|------------------|----------------------------|
| 1 | 0,19019 | 0,18456 | 0,18938 | 0,18804 |
| 2 | 0,17308 | 0,17453 | 0,17385 | 0,17382 |
| Toplam | 0,36327 | 0,35909 | 0,36323 | 0,36186 |

Parçanın tasarım gereği iki adet o-ring yuvasının olması ve çok girintili ve çıkıntılı yapıya sahiptir. Ergiyik hammadde sıcaklığının ve enjeksiyon basıncı yüksek tutularak parça yoğunluğunun her yerde aynı olmasını sağlamaktır. Aynı zamanda parçanın soğuma sırasında çekme miktarının eşit olması sağlanmaktadır.



BÖLÜM 6

SONUÇLAR

Bu çalışmada yuva kapak parçasındaki o-ring yuvalarına parça tasarımı ve enjeksiyon parametrelerinin (soğutma zamanı, ütüleme zamanı, ergiyik sıcaklığı ve enjeksiyon basıncı) çarpılmaya etkileri araştırılmıştır. Parçada çarpılmaya neden olan etmenler parça tasarımındaki hatalar ve enjeksiyon parametrelerinin yanlış seçilmesidir. Parça tasarımı için kavram tasarımları yapılmış ve değerlendirme matrisi uygulanarak en uygun parça tasarımı seçilmiştir. Seçilen tasarıma göre kalıpta modifikasyonlar yapılmıştır. Enjeksiyon parametrelerinin en uygun değerini tespit etmek için Taguchi deneysel tasarım ve varyans analizi uygulanmıştır. Deney sonuçlarının arasında fark oluşmaması için; aynı enjeksiyon makinesi, aynı marka ve kodda plastik hammadde ve kalıbın aynı gözünde basılan parçalar dikkate alınmıştır. Enjeksiyon parametrelerine uygulanan analizler sonucu eniyilenim parametreleri seçilerek baskı alınarak çarpılma miktarının en düşük seviyede ön görülmüştür.

Yuva kapak parçasında çarpılmanın azaltılması sonucu aşağıdaki sonuçlar tespit edilmiştir.

- Yuvarlak yapıdaki parçaların çevreleri serbest olmalı veya çevreleri eşit bir şekilde desteklenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde parçada düzensiz çekme oluşacak ve çarpılma olabilir.
- Parçanın cidar kalınlıkları eşit olmalı ve kalınlık geçişleri yumuşak olmalıdır. Aksi takdirde düzensiz soğumadan dolayı parçanın çarpılmasına, yüzeyde çöküntü olmasına ve çekme oranlarına etkileyecektir.
- Kalın cidarlı parçalarda ütüleme zamanı ve soğuma zamanı çarpılma üzerinde etkileri çok fazladır. Kalın cidarlı parçaların iç kısımları geç soğuduğundan dolayı parçanın kalıp içerisinde uzun süre bırakılarak master görevi sağlanmaktadır. Bu şekilde parçanın çarpılması azaltılması sağlanabilmektedir.

- Ergiyik sıcaklığının ve enjeksiyon basıncındaki seviyelerin çarpılma üzerinde etkisinin az olduğu görülmüştür.
- Enjeksiyon parametrelerinde kalıp sıcaklığı sabit olarak alınmıştır. Bunun sebebi ince cidarlı parçalara yapılan araştırmalara kalıp sıcaklığı ve ütüleme basıncı önemli etken iken kalın cidarlı parçalarda etkili olmadığı görülmüştür.

Yuva kapak parçasının eniyilenim baskılar alınmış ve parçalara yapılan sızdırmazlık ve basınç deneylerinde, parçanın 30 bar basınç altında sızdırmazlığı sağladığı ve yüksek basınçlara dayanıklı olduğu görülmüştür.

Bu çalışmayı daha geliştirilmesi için et kalınlığı azaltılarak basınç deneylerine dayanıklı hale getirilmesi sağlanabilir. Bu sayede hem enjeksiyon çevrim zamanı düşürülmesi sağlanır hem de kullanılan hammadde azaltılarak maliyet azaltılması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

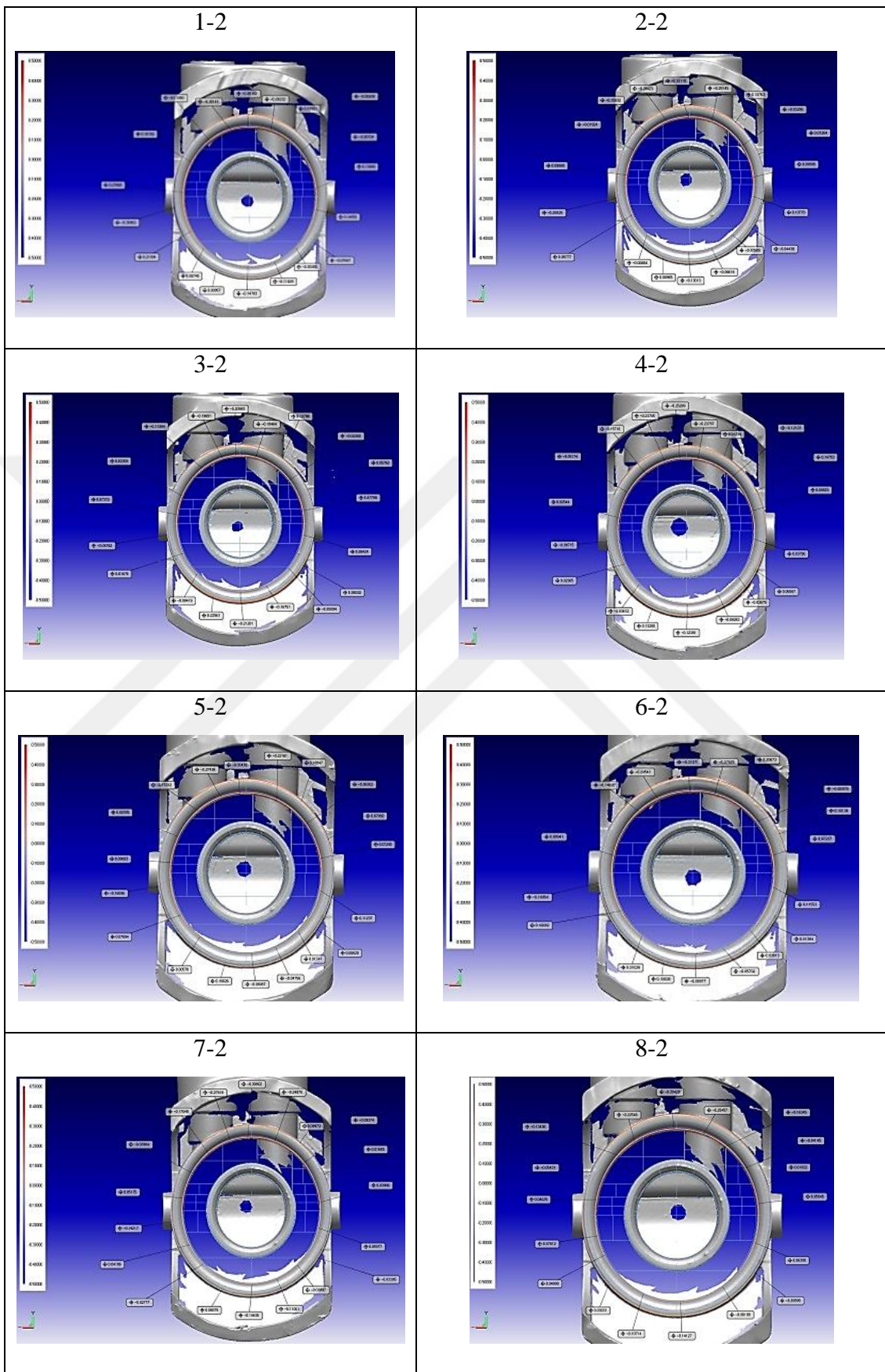
1. Baysal, B., “Polimer Kimyası (Genişletilmiş 2. Baskı)”, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi*, Ankara (1994).
2. Yaşar, H., “Plastikler Dünyası”, *TMMOB Yayınları*, İstanbul,(1992).
3. İnternet: Balıkesir Üniversitesi, “Plastik Malzemeler”, <http://w3.balikesir.edu.tr/~ay/lectures/pm/plastikte.mek2.pdf> (2016).
4. Can, C., “Plastik enjeksiyon kalıplamada termoplastik malzemelerin modelleme ve snalizleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü*, Edirne, (2008).
5. Kim, S.-W., and Turng, L.-S., “Three-dimensional numerical simulation of injection molding filling of optical lens and multiscale geometry using finite element method”, *Polymer Engineering Science*, 46: 1263–1274 (2006).
6. Hakimian, E. and Sulong, A. B., “Analysis of warpage and shrinkage properties of injection-molded micro gears polymer composites using numerical simulations assisted by the Taguchi method”, *Materials and Design*, 42: 62–71 (2012)
7. Shoemaker, J., “Moldflow Design Guide”, *Carl Hanser Verlag*, Munich, (ISBN-13:978-1-56990-403-9) (2012).
8. Subramanian, N.R., Tingyu, L. and Seng, Y.A.; “Optimizing warpage analysis for an optical housing”, *Mechatronics*, 15: 111–27 (2012).
9. Nevins, J. and Whitney, D., “Concurrent design of products and processes: A strategy for the next generation in manufacturing”, *McGraw-Hill Companies*, New York (1989).
10. Schumpeter, J., “Capitalism, Socialism and Democracy”, *Harper*, New York, (1942).
11. Popp, D., “Lessons from patents: Using patents to measure technological change in environmental models”, *Ecological Economics*, 54: 209-226 (2005).
12. Daniel, J., Rosario, V., Eñaut, A., Vicente, F. and Ester, V.-J.,” Evaluation method for selecting innovative product concepts with greater potential marketing success”, *International Conference On Engineering Design*, 318-330 (2007).

13. Li, W., Li, Y., Wang, J. and Liu, X., "The process model to aid innovation of products conceptual design", *Expert Systems with Applications*, 37: 3574-3587 (2010).
14. Ullman, D. G., "The mechanical design process", *McGraw-Hill*, New York (1992).
15. Wani, M. F. and Gandhi, O. P., "Development of maintainability index for mechanical systems", *Reliability Engineering & System Safety*, 65: 259-70 (1999).
16. Göloğlu, C. and Sakarya, N., "The effects of cutter path strategies on surface roughness of pocket milling of 1.2738 steel based on Taguchi method", *Journal of Materials Processing Technology*, 206: 7-15 (2008).
17. Savaşkan, M., Taptık, Y. ve Ürgen, M., "Deney tasarımı yöntemi ile matkap uçlarında performans optimizasyonu", *İTÜ dergisi*, 3 (6): 117-128 (2004).
18. Liao, S. J., Chang, D. Y., Chen, H. J., Tsou, L. S., Ho, J. R. and Yau, H. T., "Optimal process conditions of shrinkage and warpage of thin-wall parts", *Polymer Engineering Science*, 44 (5): 917-28 (2004).
19. Tang, S. H., Tan, Y. J., Sapuan, S. M., Sulaiman, S., Ismail, N. and Samin R., "The use of taguchi method in design of plastic injection mould for reducing warpage", *J Mater Process Technol*, 182: 418-26 (2007).
20. Ozcelik, B. ve Erzurumlu, T., "Comparison of the warpage optimization in the plastic injection molding using ANOVA, neural network model and genetic algorithm", *J Mater Proc Tech*, 171: 437-45 (2006).
21. Huang, M.C. and Tai C.C., "The effective factors in the warpage problem of an injectionmolded part with a thin shell feature", *J Mater Proc Tech.*, 110: 1-9 (2001).
22. Oktem, H., Erzurumlu, T. ve Uzman, I., "Application of taguchi optimization technique in determining plastic injection molding process parameters for a thin-shell part", *Material Design*, 28: 1271-8 (2007).
23. İnternet: YUNTIANHUA M90-01, "POM Hammade Teknik Verileri", <http://www.yyth.com.cn/yyth/userfiles/gonggao/M90-01.pdf> (2016).
24. Kohan, I. M., "Naylon Plastics Handbook", *Hanser/ Gardner Publications, Inc.*, Cincinnati (1995).
25. Rosat, O. and Donald, U., "Injection Molding Handbook, Second Edition", *Kluwer Academic Publishers*, Boston/London (1999).
26. Pye, P. G. W., "Injection Mold Design, Fourth Edition", *John Wily & Sons Inc.*, New York (1998).

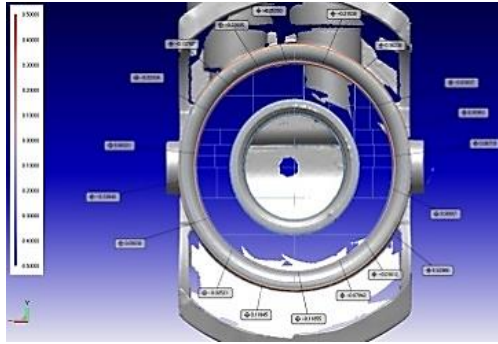
27. Çakır, Y., “I 20-3 polietilen üretilen parçada çekme miktarına etki eden Enjeksiyon parametrelerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2000)
28. Buckleitner, E. V., “Plastic Mold Engineering Handbook, 5. Ed.”, *Chapman & Hall*, New York (1195).
29. Maden, H., Gologlu, C., and Kamber, Ö. Ş., “Design analysis and mould design of housing cover product,” *I. Uluslararası Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Sempozyumu*, Karabük, 178–183 (2014).
30. Jacques, MSt., “An analysis of thermal warpage in injection molded at parts due to unbalanced cooling”, *Polymer Engineering Science*, 22: 241–5 (1982).
31. Sun, I. And Liu, X., “Control analysis of production and apparent quality of automobile large plastic parts” *Procedia Engineering*, 16: 438 – 443 (2011).
32. Göloğlu, C., Aldemir, İ. ve Yılmaz, G., “Özgün ürün tasarımı ve imalat süreç planlaması”, *Teknoloji Dergisi*, 9 (4): 253–261 (2006).
33. Taguchi, G., “Introduction to quality engineering”, *McGraw-Hill*, New York (1990).
34. Erzurumlu, T. ve Ozcelik, B., “Minimization of warpage and sink index in injection molded thermoplastic parts using Taguchi optimization method”, *Material Design*, 27: 853–61 (2006)
35. Ross, P. J., “Taguchi Techniques For Quality Engineering”, *McGraw Hill*, New York (1996).
36. Phadke, M. S., “Quality Engineering Using Robust Design”, *Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall*, United States of America, (1989).
37. Ramamurty, S. P., “Computer simulation of warpage formation in injection molding of a plastic step pad.” M. Sc. Thesis, *University of South Dakota*, United States of America (2006).
38. Taguchi, G. and Konishi, S., “Orthogonal arrays and linear graphs”, *American Supplier Institute*, Miami (1987).
39. Yılmaz, V., Dilipak, H., Sarıkaya, M., Yılmaz, Y. C. ve Meral, D., “Frezeleme işlemlerinde titreşimi ve yüzey pürüzlülüğünü etkileyen parametrelerin optimizasyonu”, *Sdu Journal of Technical Sciences*, 4 (1): 37-44 (2014).
40. Gologlu, C., Maden, H., Kamber, Ö. Ş. and Çetinkaya, K. “Systematic reduction of deviations between designed and injected product sizes and effects of injection process parameters on product warpage”, *Journal of Metrial of Science*, (submitted), (2016).

EK AÇIKLAMALAR A.

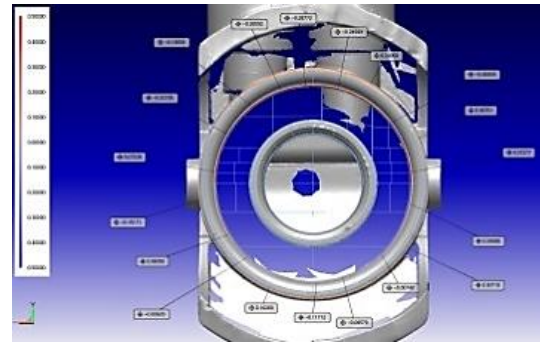
16 ADET TAGUCHİ PARAMETRELERİN TARAMA VERİLERİ



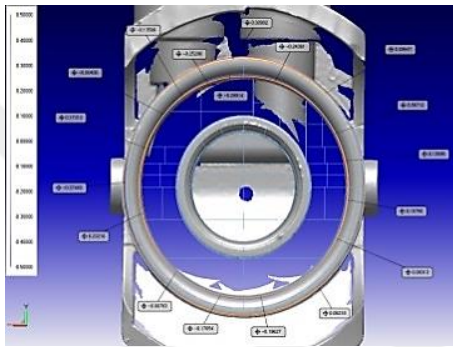
9-2



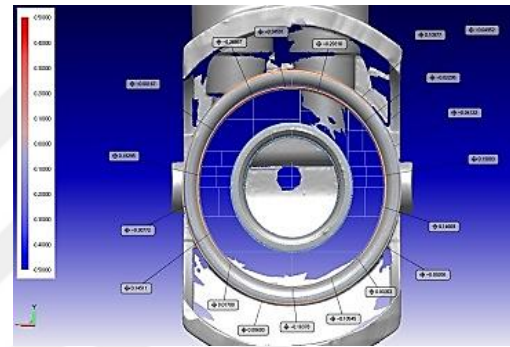
10-2



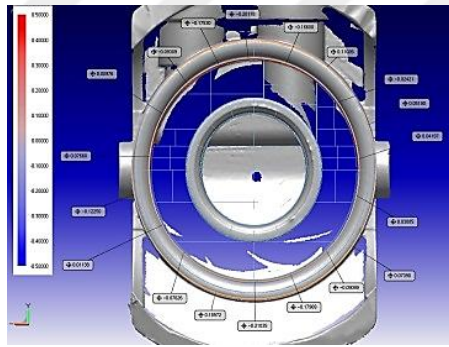
11-2



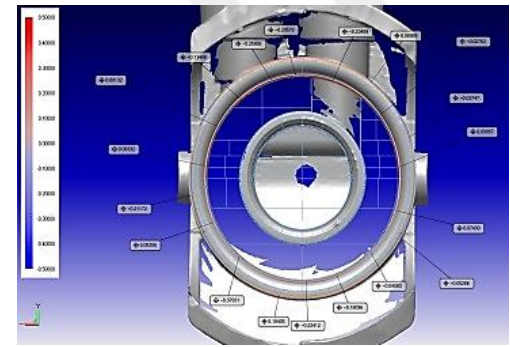
12-2



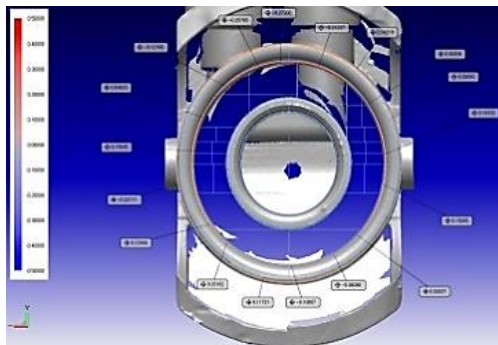
13-2



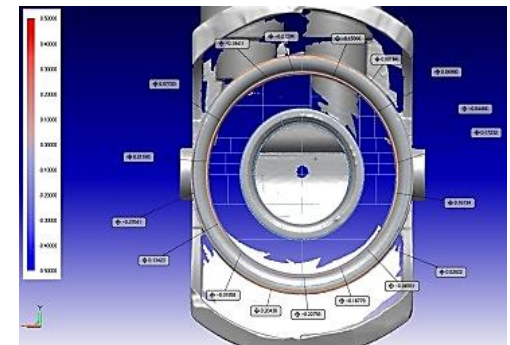
14-2



15-2



16-2



ÖZGEÇMİŞ

Hakan MADEN 1985 yılında Karabük'te doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Karabük Endüstri Meslek Lisesi Tesviye Bölümü'nden mezun oldu. 2003 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Meslek Yüksek Okulu Makine Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2005 yılında okul birincisi olarak mezun oldu. 2005 yılında DGS sınavı ile Z.K.Ü Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Tasarım ve Konstrüksiyon Öğretmenliği 'ne başladı. 2008 yılında bölüm birinci olarak mezun oldu. 2008 yılında İhlas Ev Aletleri Arge departmanında Tasarım uzmanı olarak başladı. 2010 yılında askeri görevini kısa dönem olarak yaptı. 2010'da asker dönüş aynı firmada tasarım bölüm sorumlusu olarak başladı. 2011 yılında Canan Maden ile evlendi. 2013 yılının Ocak ayında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programına başladı. Şu an İhlas Ev Aletlerinde Arge Departmanında tasarım sorumlusu olarak devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : İhlas Ev Aletleri
Mermerciler Sanayi Sitesi 7 Nolu Cadde No:12
Beylikdüzü / İSTANBUL

Tel : (506) 827 1988
E-posta : hakanmaden74@gmail.com