

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AĞIR TİCARİ VASITA VİTES TOPUZU TASARIMI, ANALİZLERİ İLE
DAYANIM TESTLERİNİN KIYASLANMASI**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Selim MUTLU

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Malzeme ve İmalat Programı

HAZİRAN 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AĞIR TİCARİ VASITA VİTES TOPUZU TASARIMI, ANALİZLERİ İLE
DAYANIM TESTLERİNİN KIYASLANMASI**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Selim MUTLU
(503091341)**

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Malzeme ve İmalat Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa Bakkal

HAZİRAN 2019

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503091341 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Selim Mutlu, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “AĞIR TİCARİ VASITA VİTES TOPUZU TASARIMI, ANALİZLERİ İLE DAYANIM TESTLERİNİN KIYASLANMASI”başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Mustafa Bakkal**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Levent Trabzon**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Umut Karagüzel
Işık Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2019**
Savunma Tarihi : **14 Haziran 2019**





Sevdiklerime,



ÖNSÖZ

Yüksek lisans programında uzun süren tez safhamda beni destekleyen, lisans programında da kendisinden birçok kıymetli bilgi aldığım Sn. Prof. Dr. Mustafa Bakkal'a ve İ.T.Ü. Makina Fakültesindeki değerli akademik kadrosuna,

İş arkadaşlarıma, tezde destekleyen Sn. Erdem Erdoğan'a, Sn. Burak Yeğin'e, Sn. Ergin Kaya'ya, Sn. Engin Aşkın'a,

Her fırsatta bana destek olan babam Mustafa Mutlu'ya, annem Fatma Mutlu'ya ve hayat arkadaşım Feyza Mutlu'ya, bize mutluluk veren kızım Remle Ela Mutlu'ya,

Teşekkürler, saygı ve sevgilerimi sunarım.

Mayıs 2019

Selim Mutlu
Makina Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Literatür Araştırması.....	4
1.3 Tezin Bölümleri.....	15
2. VİTES TOPUZUNUN TASARIM BAŞLIKLARI.....	17
2.1 Özgün Tasarım	17
2.2 Mekanik Tasarım:.....	19
2.2.1 Vites topuzu ana gövde tasarım değişiklikleri	20
2.2.2 Alt montaj parçalarında yapılan iyileştirmeler.....	23
3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ SİMULASYONLAR	25
3.1 Yapısal Dayanım Testleri:	25
3.2 Kalıp Akış Analizi	29
4. DENEME İMALATI VE TESTLER	33
4.1 Ön İmalat ve Kalıp Denemeleri:	33
4.2 Mekanik Dayanım Testleri:.....	34
4.3 Kimyasal ve Çevresel Testler.....	37
5. SONUÇLAR	39
6. ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ	47



KISALTMALAR

AT	: Ağır Ticari
CAE	: Computer Added Engineering
CAD	: Computer Added Design
FEM	: Finite Element Method
ISO	: International Organization for Standardization
DIN	: Deutsches Institut für Normung
CM	: Santimetre
ECE	: Economic Commission for Europe
DFM	: Design for Manufacturing
DFS	: Design for Service
RH	: Room Humidity
UV	: Ultra Violet
MPa	: Mega Pascal
GSQA	: Gear Shift Quality Analysis
RH	: Room Humidity (%)
ICP-OES	: Inductively coupled plasma - optical emission spectrometry
ECM	: Engine Control Module
LHS	: Left Hand Side
RHS	: Right Hand Side
HCV	: Heavy Commercial Vehicle
PLC	: Programmable Logic Controller
DF	: Dış Faktörler
DP	: Dönüşüm Parametresi
GP	: Genleşme Parametresi
LHP	: Lif Hacim Parametresi
LHBO	: Liflerin Hacimde Bulunma Oranı
OUS	: Ortalama Üstel Sapma



SEMBOLLER

ε	: Birim uzama katsayısı
C^v	: Dönüşüm parametresi
σ	: Akma dayanımı
α^v	: Genleşme parametresi
ΔT	: Sıcaklık farkı
c^F	: Lifin en boy oranı
c^m	: Matris yapı oranı
S^M	: Matris yapının elastisite modülü
S^f	: Lif yapının elastisite modülü
ε^m	: Matris birim uzama
ε^f	: Fiberlerin birim uzaması
B	: Ortalama birim şekil değişim parametresi
I	: Birim boy değişimi miktarı



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Ağır ticari vasıta parçaları.	3
Çizelge 1.2 : Vites topuzu ana parçaları.	4
Çizelge 1.3 : Formülüzasyon İsimleri.....	11
Çizelge 1.4 : Kalay ve hidrokarbon limitleri (WSS-M299P2222-F2).....	14
Çizelge 1.5 : Ağır metal limitleri (WSS-M99P2222-F2).	15
Çizelge 3.1 : PA66 GF30 Malzemesinin başlıca mekanik özellikleri.....	26
Çizelge 3.2 : Pulse A35-105 PC/ABS temel malzeme özellikleri.	30



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Ağır ticari vasıta görünümü.	2
Şekil 1.2: Vites topuzu ana parçaları.	3
Şekil 1.3: 16 vites şanzıman vites grupları (ZF AG Dökümanı)	5
Şekil 1.4 : Takviyeli malzemenin genel görünüşü (Mlekusch)	12
Şekil 1.5: Polimerlerin kriterlere göre sınıflandırılması (Uğur Soy).	13
Şekil 2.1 : Özgün tasarım sonrası temel değişiklikler.	18
Şekil 2.2 : Vites topuzunun tuş pozisyon çalışması.	19
Şekil 2.3 : Yeni tasarımda tırnak kalınlıkları arttırılmıştır.	20
Şekil 2.4 : Tırnak yapısından civata somun bağlantısına geçilmiştir.	21
Şekil 2.5 : Yeni tasarımda tırnak bağlantısından insertli civata somuna geçilmiştir.	21
Şekil 2.6 : Yeni tasarımda tırnak kapağa taşınmıştır.	22
Şekil 2.7 : Gövde üstündeki kaburgaların kalınlıkları arttırılmıştır.	23
Şekil 2.8 : Gelime miktarını azaltma için köşelerde çentik etkisi azaltılmıştır.	23
Şekil 2.9 : Şablonda yapılan değişiklik.	24
Şekil 2.10 : Vites ön tuşu altında yapılan iyileştirme.	24
Şekil 3.1 : Vites topuzunun yüzey ve iç mesh modeli.	26
Şekil 3.2 : Vites topuzunun sınır koşulları belirlenmiştir.	27
Şekil 3.3 : Kuvvet uygulama noktası.	28
Şekil 3.4 : Kuvvet uygulama parametreleri.	28
Şekil 3.5 : Malzeme ve özellik ataması.	29
Şekil 3.6 : Parçanın besleyici ve yolluk tasarımı.	31
Şekil 3.7 : Besleyici ve yolluk geometrik özellikleri.	32
Şekil 4.1 : Kapak kalıbı.	34
Şekil 4.2 : Ana gövde yumşak malzeme kalıbı.	34
Şekil 4.3 : GSQA dinamik vites efor sonuçları.	35
Şekil 4.4 : Test bankosu ve parçaları.	35
Şekil 4.5 : Program detay ekranı.	36
Şekil 4.6 : Test ekipmanı.	36
Şekil 4.7 : Sıcaklık ve bağıl nem değişimi.	38
Şekil 5.1 : Sonuç parametre ekranı.	39
Şekil 5.2 : Çentik etkisi gerilme değeri.	39
Şekil 5.3 : İkinci analiz sonrası oluşan değerler.	40
Şekil 5.4 : 700 N yüklem altında kırılan parça.	40
Şekil 5.5 : Kırılma bölgesi daire içine alınmıştır.	41
Şekil 5.6 : Taguchi parametrik tasarımı.	41
Şekil 5.7 : 310 derece enjeksiyon sıcaklığında yüzey görüntüsü.	41
Şekil 5.8 : Moldflow akış hızı analizi.	42
Şekil 5.9 : Moldflow çekinti analizi.	42



AĞIR TİCARİ VASITA VİTES TOPUZU TASARIMI, ANALİZLERİ İLE DAYANIM TESTLERİNİN KIYASLANMASI

ÖZET

Manuel vitesli araçlarda kullanılan vites topuzunun tezin konusunda tasarım adımları belirlenmiş, bilgisayar destekli analizleri yapılarak hem kalıplama hem de ömür testleri ile irdelenerek yapılan analizlerin ömür testi ile ilişkileri kurulmuştur. Tasarım aşamasında müşteri beklentileri belirlenerek ve teknolojik yenilikler belirlenerek başlanmıştır, topuzdan beklenen tasarımlar ve fonksiyonlar irdelenmiştir. Günümüzde kullanılan kalıplama tekniklerini ve plastik malzemelerdeki çeşitlilik artan müşteri beklentileri ile beraber tasarımda, yumuşak dokunuşlu ve kalite algısı daha yüksek polimer bazlı parçaların kullanımına yönlendirmiştir.

Tezin konusu olan vites topuz ana gövdesinde beklenen mukavemet değerlerini sağlamak hem de kalite hissini arttırmak için iki farklı polimer malzeme ile imal edilmesi ön görülmüştür. Polimer bazlı parçaların kalıplama sonrasın çarpılmalarını ve kalıp parametrelerini en iyilemek için bilgisayar destekli simülasyonlar yapılmıştır. Fonksiyonellik olarak, yakıt tüketimini düşürebilmek için şanzımanlardaki vites sayısı artmaktadır.

Ticarileşmiş yaygın kullanım 16 vites'e kadar mevcuttur. Vites aktarımında mekanik kol pozisyonu ile 16 vitesi kullanma zor olacağı için iki adet pinomatik pistondan faydalanmaktadır. Pinomatik piston ile yardım alınan vites grupları buçuk ve ağır-seri grubudur. Bu iki pinomatik vites topuzu üstündeki iki mandal yardımıyla kumanda edilmektedir. Vites kolu içinde bu mandallara ve çalışıkları elektrik tesisatına yer açabilmek için uygun paketleme çalışmaları yapılmıştır.

Yapılan paketleme çalışmaları sonucunda vites topuzuna olan mukavemet etkisini bilgisayar destekli simülasyon ile araştırılmıştır. Bilgisayar destekli analizlerin test bankalarında yapılan testler ile doğrulanmıştır. Ergonomi açısından da vites kolunu araç içindeki yeri ve bunun kullanıcı tarafından uygunluğu standart prosedürlerin firmalar tarafından yorumları dahilinde belirlenmektedir.

Oluşturulan özgün tasarım kabul 3 boyutlu model halinde alındıktan sonra belirlenen fonksiyonları yerine getirebilecek şekilde vites topuzunun alt parçaları boyutlandırılmıştır. Oluşturulan tasarımda mekanik ve kimyasal dayanım kriterlerini sağlayabilecek malzemeler seçilmiştir.

Nihai tasarım, üretilebilirliği açısından da değerlendirilerek kalıplamada oluşabilecek çekintileri ve bunların engellenmesi için besleyici yönleri ve pres kuvvetleri Moldflow analiz yapılmıştır.

Bilgisayar destekli olarak yapılan analizlerde yapılan analizlerden sonrasında parçanın mekanik ve üretim denemeleri yapılarak seri imalat kalıplarının ve parça dayanımının etkisinin analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu sayede Türkiye'de ilk defa tamamen milli imkânlar ile çift mandallı bir vites topuzu yapılarak yerleştirilmiştir.



HEAVY COMMERCIAL VEHICLE SHIFTER KNOB DESIGN, CORRELATION OF COMPUTER CAE SIMULATION & RIG TESTS

SUMMARY

The Manuel transmission shifter knob is one of the key element for interference of machine and human. Customer expectation on the gear knob creases for different aspects, such as style, functionality and quality feeling. On the heavy commercial vehicle side, not only customer expectation increased, but also shifter knob must fulfill transmission new requirements. New heavy commercial vehicle are equipped with up to 16 speed forward gear option for better gradeability and also fuel efficiency. If you consider Manuel transmission in passenger car, there are 6 speed location and additional reverse gear position. However there is space limitation in the heavy commercial vehicle cabin, so that the gear knob can only has 4 position the combination of the additional 2 latches on the gear knob, driver can choose 16 different speed in the transmission. In this thesis there are two main items have been discussed. First is, the gear knob design and production and CAE die simulation and correlation for appropriate surface finishes study, product validation and correlation in the CAE simulation.

The gear knob initial design have been completed by design studio according to main stream of company DNA and styling. This design contains 3D surfaces of finished part, color code and main surface grains. The company strategy is the envelope is a master and must obey the proposed design studio surface. The design have been kept in the design studio envelope and fulfill all requirements and customer expectations. So that first step is detailed part design have been studied on the surface model and prepared a solid model. There were several iteration and design requirements and model have been modified.

In the design the most critical item is that appropriate envelop defining for the latch, switch and their casings. Latch assembly contains switch, a pin and spring and also latch. Switch sends signals to a solenoid valve. The solenoid valve open air and change the gear with a logic in the ECM according to latch position on the shifter knob. The latches located in the middle of the shifter knob body.

In the first section it has been focused on the correlation of the tool and die design and co-injection of the two different part. The first topic have been verified is choosing manufacturing parameters of the co injection part and the die design completely. Moldflow analyses have been completed for 2 main part and detailed tool design have been completed with that design. LHS & RHS knob covers, which are coated with chrome, and second injected part which is TPU have been focused for the moldflow analyses.

The rib thickness on the cover was found there could be a risk for the sink mark, so that total thickness have been increased on the cover and ribs thickness optimized and changed according to moldflow analyses results.

There was a second estimated problem in the CAE. The second layer of the co injection is TPU part and total molding time and sink marks have been found in the CAE. The total molding time and molding temperature have been optimized.

As next step, 3D model have been subjected to durability CAE, which has been done with abaqus and the load have been applied according to maximum design limit which is 700 Nm. HCV transmission shifting systems supported by a servo system to reduce total shifting force. The calculation of load have been taken the maximum limit of the force without servo support and called as emergency shifting.

In the analytic model, maximum static load have been applied on the shifter knob. The critical area have been verified according to material specification. Critical area on the radius improvement have been applied.

The environmental effects have been verified according to company design roles on the shifter knob. The part have been subjected to chemical and thermal and scratch test for the coating of plastic part.

In the thesis heavy commercial vehicle shifter knob development phase have been completed from basic design to mechanical validation by computer added engineering and correlated with Rig tests.

1. GİRİŞ

Günümüzde birçok otomotiv parçasının geçmişe kıyasla daha farklı özelliklere sahip olması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Artan ticari rekabet ile beraber müşteri memnuniyetini hedef alan firmalarda ergonomi, özgün tasarım ve fiyat gibi kriterlerin de tasarımı doğrudan etkilediğini görmekteyiz.

Araç içi parçalarında müşterinin yoğun olarak kullandığı vites topuzunun da firmanın geleneksel çizgileri- özgün tasarımı ile beraber yenilikçi fonksiyonları da müşteriye sunmaları gerekmektedir.

Ağır ticari vasıtalarda artan motor güçleri ve yakıt ekonomisi sağlamak amacıyla 16 ileri 4 geri vites verilebilmektedir. Bu sayede her vites değişimindeki tork düşümü azaltılarak aracın çeki eğrisinin homojen olması sağlanmaktadır. 16 ileri, 4 geri vitesli araçlarda, vites kolu hareket ettirilerek uzayda 6 farklı yerde olabilmektedir. Ayrıca vites kolu üstünde bulunan iki adet mekanik tuş sayesinde de şanzıman içinde bulunan 2 farklı dişli grubu, ana dişli grubuna paralel çalışarak şanzıman çıkışı son son dişli oranını da değiştirebilmektedir.

Vites topuzunun ergonomik, özgün tasarımlarını belirlenip mekanik yükler ve çevresel etkilere dayanıklı olarak tasarımlarının yapılmıştır. Tasarım adımları tamamlandıktan sonra bilgisayar destekli benzetim programlar vasıtasıyla analizlerinin yapılmıştır. Teknolojik gelişmeler ve müşteri beklentilerini sağlayacak polimer seçimi yapılarak uygun imalat teknolojisi ile beraber üretilmesi irdelenecektir.

Vites topuzunda yüzeyinde istenen düşük yüzey sertliğini sağlarken vites değişimleri esnasında uygulanabilecek en yüksek kuvvete mekanik olarak dayanabilmesi için ana gövde üzerinde iki farklı malzeme uygulanması gerekmektedir.

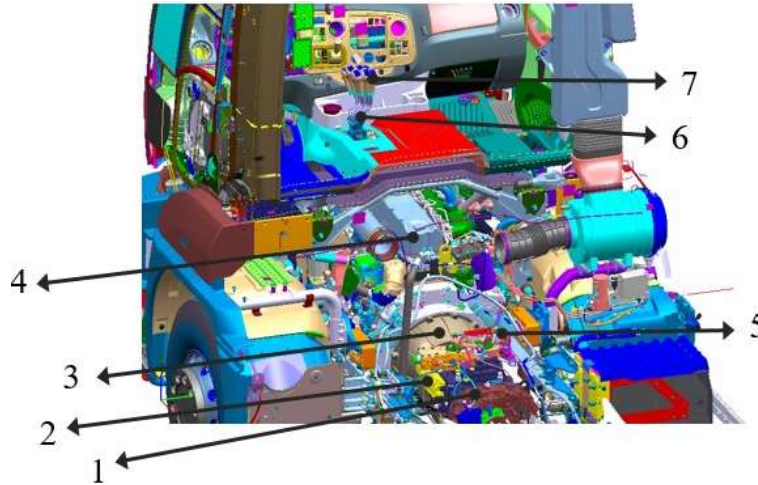
Catia programı kullanılarak oluşturulan 3 boyutlu geotmetrik modelde belirlenen özellikle uygun boyutlar tasarlanmıştır. Oluşturan geotmetrik model abaqus programı yardımıyla meshlenerek mekanik testlerden önce analizler yapılmıştır.

Uygulanabilecek en yüksek kuvvet şanzımanında vites değıştirme esnasında yaklaşık 200 N olarak bilinmektedir. Yapılan modelde yüksek çıkan gerilme değerleri tekrar değerdendirilerek modelde iyileştirmeler yapıp bilgisayar destekli benzetim ile en doğrulaması tekrarlanmıştır. Kalıplanabilirlik açısından parçada yollukların tasarım ve enjeksiyon seçimleri de Moldflow analizi kullanılarak belirlenmiştir. Bu sayede parçalarda çekinti riski oluşup oluşmadığı da belirlenmiştir.

1.1 Tezin Amacı

Ağır ticari vasıta şanzıman tasarımını uygun manuel vite topuzunu tasarımını yaparak, bilgisayar destekli analizler ile imalat ve dayanım testleri bilgisayar ortamında tamamlamaktır. Dayanım ve çevresel testleri de beraberinde en doğrulamasını yaparak müşteri beklentilerinin tamamını karşılayacak güncel ve teknolojik gelişmeleri barındıran bir vites topuzunu yerlileştirmek amaçlanmıştır. Ağır ticari vasıtalarda vites değışiminde oluşan deplasman ve kuvvet iki tane vites halatı ile beraber şanzıman üstüne iletilmektedir. Vites halatların şanzıman üzerinde iki farklı yerde küresel mafsallar ile bağlanmaktadır. Halatlardan birincisi vites bulucu mekanizmaya bu kuvveti iletirken ikincisi de vites seçici mekanizmaya bağlanmaktadır. Seçici kısma bağlanan vites halatı pinomatik destek ile vites değışimi sağlamaktadır.

Şekil 1.1’de 16 vitesli bir ağır ticar vasıtada araç üzerindeki parçalar ve birbiri ile ilişkileri gösterilmektedir.



Şekil 1.1 : Ağır ticari vasıta görünümü.

Çizelge 1.1’de ağır ticari araçların temel parçaları sıralanmıştır. 7 nolu parça vites topuzudur.

Çizelge 1.1 : Ağır ticari vasıta parçaları.

Parça Numarası	Parça Adı
1	Şanzıman Ana Gövde
2	Vites Destek Servosu
3	Baskı-Balata Muhafazası
4	Motor
5	Vites Değişim Kablosu
6	Manuel Vites Kolu Levyesi
7	Vites Topuzu

Şekil 1.2’de görüldüğü üzere vites topuzunun parçaları görülmektedir. Vites topuzu ana gövde üzerine montajlanan mandal grubu, dekoratif unsurların olduğu ve krom satin kaplamaya sahip sol sağ kapak ve kullanıcının vites pozisyon bilgisini görebildiği vites şablonundan oluşmaktadır.



Şekil 1.2: Vites topuzu ana parçaları.

Ana taşıyıcı gövde iki farklı malzemeden oluşmaktadır ve yapısal dayanımı ana taşıyıcı gövdeden almaktadır. Sol tuş üzerinde tasarım karakteristiğini sağlamak amacıyla krom satin kaplama yapılacaktır. Ayrıca alt detayları gösterilmeyen mandal mekanizmalarında elektriksel devreyi açıp kapatmak için devre anahtarları, mandalın içinde çalışan bir yuva ve tuş hissiyatını sağlamak amaçlı kullanılan pim ve yay mekanizması mevcuttur. Tez konusunda mandal mekanizması ve alt detaylarının doğrulamalarından detaylı şekilde bahsedilmeyecektir.

Çizelge 1.2’de ana parçaların tanıtımı yapılmıştır.

Çizelge 1.2 : Vites topuzu ana parçaları.

Parça Numarası	Parça Adı
1	Vites Topuzu Ana Gövde
2	Üst Yüzey
3	Sağ Kapak
4	Sol Kapak
5	Sol Tuş Montajı
6	Ön Tuş Montajı
7	Vites Şablonu

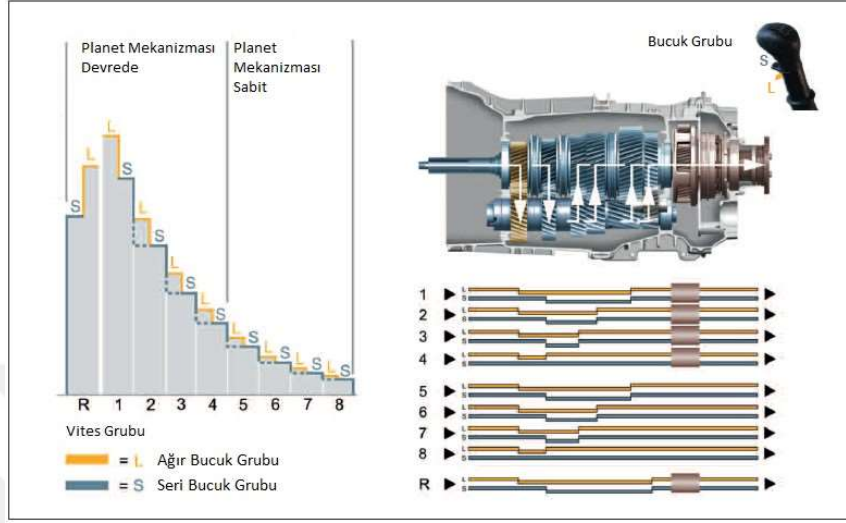
1.2 Literatür Araştırması

DIN 33402-2 ve ISO 12104 Nolu teknik şartnameler ile beraber vites topuzunun temel boyutsal ve ergonomik prensiplerin oluşturulduğu görülmektedir. ISO 12104 nolu şartnamede geçen vites topuzu paternlerine uygun olarak temel boyutsal özellikler belirlenmiştir. Tezin konusu olmadığından araştırmalar kısmında temel boyutsal özellikler irdelenmeyecektir.

Manüel vitesli araçlarda vites topuzların kullanıcının pozisyon komutlarını şanzımandaki sekromeçlere ileterek doğru vites pozisyonu bulunmasını sağlamaktadır. Bunun yanında geleneksel çizgileri- özgün tasarımına ait öğelerini de yansıtmaktadır. Binek araçlarda vites topuzlarının ergonomik ve özgün tasarımları ana girdiler olmak ile beraber ağır ticari araçlarda farklı vites dizilimlerinden dolayı şanzıman içinde bulunan farklı vites gruplarını da aktive etmeye izin vermelidir. Bunun temel nedeni ağır ticari araçlarda çeki eğrisinin homojen olabilmesi için binek otomobillerden göre daha fazla adette vites ihtiyacı vardır. Motor torku ve aracın tonajına göre değişmek ile beraber çoğunlukla manuel şanzımanlı araçlarda 9 ile 16 arasında vites mevcuttur. Tez konusu olan vites topuzu tasarımında da 16 hızlı şanzımanlar için geliştirilmiştir. Vites topuzunun üstündeki tuşlar yardımıyla ağır ve seri grubu tahrik edebilmek mümkündür. Bunun ile beraber vites değişimlerini fiziksel olarak yaparak toplamda 16 vites kullanılabilir.

Şekil 1.3’de 16 vitesli bir şanzımanın moment akış şeması görülmektedir. Vitesin pozisyonları buçuk ve planet gruplarındaki dişli setlerini değişimine izin vermektir. Kullanımı olarak, ağır ticari manüel vitesli araçlarda 4 tane dişli grubu vites

topuzundaki mekanik pozisyonlar ile 2 tane bucuk ve 2 tane planet grubu elektrik switchleri grubu ile kontrol edilmektedir ve toplamda $4 \times 2 \times 2 = 16$ vites sahtiptir.



Şekil 1.3: 16 vites şanzıman vites grupları (ZF AG Dökümanı)

Vites topuzunun orantısal büyüklükleri ve renkleri firmanın özgün tasarım ekibi tarafından belirlenmektedir. Tezin konusu olan vites topuzu ile ilgili olarak aşağıdaki nihai kabuk data üzerinden çalışmaya başlanmıştır. Vites topuzunun üstünde kullanıcıya vites pozisyonlarını gösteren etiket özel bir renk olan satin krom'dur. Sol ve sağ kapaklar vites topuzunun yan taraflarını kaparak ürünün görselliğini tamamlamaktadır. Bu kapakların renkleri de satin krom rengi seçilmiştir. Topuzun önünde bulunan tuş ve ana vites muhafazası siyah renk tercih edilmiştir. Ürünün özgün tasarımında bu renkler araç içinde kullanılan diğer ekipmanlar ve gövde ile renk uyumu ve çizgi uyumu içinde olmalıdır. Firmaların bu konuda uyguladığı genel renk ve tasarım uyumu mevcuttur. Tasarımı stil olarak bir juri değerlendirmettedir ve bunun temel alt başlıkları da global dekoratif parçaların onay sürecinde tamamlanmaktadır.

Plastik esaslı malzemeler otomotiv endüstrisinde birçok alanda ağırlık avantajlarının olması, çeşitli imalat yöntemlerine izin vermesinden dolayı kullanılabilmektedir. Monte vd. göre (2010) fiber takviyeli malzemelerin yapısal dayanım gerektiren uygulamalardaki kullanımları giderek klasik malzemelere göre artmaktadır. Fiber takviyeli malzemelerin çok zor şekillere sadece kalıplama yöntemi ile yapılabilmesi ve pahalı ikincil talaşlı işlemlere ihtiyaç duymaması en önemli nedenlerin başında gelmektedir. Bunu yanında yüksek verimlilik ve adetlere ulaşabilmektedir. Fiber

takviyeli poliamid ayrıca kolayca metal parçalar ile kalıplanabildiğinden dolayı insertlerin kalıpta kullanılmasına da izin verebilmektedir. Ayrıca akma dayanımının karşılaştırılabilecek kadar olması, getirdiği ağırlık avantajları ve buna bağlı yakıt tüketiminde de avantajları vardır. Tezin konusun olan vites topuzunun ana taşıyıcı gövdesinde endüstride dayanım gereken farklı uygulamalarından dolayı cam elyaf takviyeli Polyamid PA6.6-GF30 kullanılması ön görülmüştür.

Chen vd. (2009) e göre plastik parçaların imalatlarında parametre değişiklikleri ve doğru parametre ile parça imalatları çoğunlukla deneme yanılma yöntemi ile yapılarak verimden kayıplara neden olmaktadır. Doğru parametreyi bulabilmek operator deneyi ile ve kullanılan enjeksiyon makinası ile de ilgili olduğundan verim ve zaman kayıplarına neden olabilmektedir. Ayrıca Taguchi parametrik tasarımında tahmin edilen proses parametreleri doğru olarak verileceğinde yakın değerler verebilmektedir. Plastik malzemelerin kalıplanmasında Taguchi parametrik tasarımı seri imalat koşullarında en uygun çözüm olamamakta, ayrıca sistemin karmaşık olması durumunda da doğru sonuç verememektedir.

Chen vd.(2009) göre plastik enjeksiyon 4 fazdan oluşmaktadır; granülerin eritilmesi, enjeksiyonu, kalıbın dolması ve soğumasıdır. Plastik enjeksiyonlu imalatlarda bu yüzden birden fazla değişkenin ilave edilmesi gereklidir, ergime sıcaklığı, enjeksiyon sıcaklığı, ve kalıplanmış parçanın soğuma zamanı üretilen parçanın kalitesini etkilemektedir.

Kiatmanaroj vd. (2003) e göre koenjeksiyon yöntemi birden fazla malzemenin aynı anda kalıplanmasına izin veren bir yöntemdir. Kullanılan malinada aynı anda plastik bazlı malzemenin kullanılmasına izin vermekte, bunlar farklı iki silindirde eritilmektedir. Proseste öncelikle öncelikle yüzey malzemesi kalıba gönderilmekte, sonrasında da çekirdek malzemesi enjeksiyonu yapılmaktadır. Yüzey malzemesi kalıba doldurulduktan sonra kalıp ayırma çizgilerinde sızdırmazlığı sağladığı uygulamaları da vardır. Yüzey plastiği iç malzemeyi tamamen kaplamaktadır. Bu yüzden parça tek bir parça gibi gözükmektedir. Bu teknoloji piyasada çokça kullanılan ve başarılı bir uygulama olmasının nedenlerinden biride ucuz yada geri dönüşümden kazanılan malzemenin üstünü sıfır malzeme ile kaplayabilme kabiliyetidir. En önemli kabiliyeti de yumşak dokunuş hissini veren yüzey malzemesinin altına daha mukavim bir iç malzeme enjekte edilebilmesidir. Vites topuzunda üst yüzeyde istenen yumşak dokunuş hissini veren malzeme ve iç

yüzeydeki mukavement gereksiminden dolayı parçanın koenjeksiyon yöntemi ile üretimine karar verilmiştir.

Huang ve Tai'ye (2001) göre Plastik enjeksiyonda üretilen parçaların kalitesini belirleyen temel 5 prensip üzerinde durmaktadır. Bunlar, Enjeksiyon kalıbını yollukları, eriyik sıcaklığı, kalıp dolum hızı, kalıba dolum sıcaklığı, enjeskiyon basıncı ve süresidir.

Huang ve Tai'ye (2001) göre, malzemenin dolum süresi kalıbın toplam hacminin dolum hızına oranıdır. Yüksek dolum hızları daha düşük dolum sürelerine neden olmaktadır. Kalıp dolum hızının artması ve yüksek basınç, eriyik haldeki malzemi daha hızlı yer değiştirmesine ve ısı transfer süresinin kısılmasına neden olacaktır. Bunların bir sonucu olarak da yüksek basınç ve hız altında kayma gerilmeleri artarak eriyik haldeki malzemenin sıcaklığı yükselecek ve molekür yapısını etkileyecektir. Kalıp içindeki sıcaklık farklarından dolayı oluşan termal gerilmeler, kalıbın çarpılmasına neden olacak ve parçanın çarpılarak çıkmasına neden olacaktır. Besleyici geometrik boyutları kalıbın toplam dolma süresini etkileyecek, soğuma hızlarından kaynaklı parçaların çarpılmalarına neden olabilecektir. Eriyik Sıcaklığı, akış hızını değiştirerek toplam soğuma süresini değiştirmektedir, soğuma hızından kaynaklı farklardan dolayı parçanın termal etkiler ile çarpılması söz konusu olabilmektedir. Enjeksiyon basıncı ve süresi katılma esnasında parçanın yeterli şekilde eriyik ile desteklenmesini sağlayacağı için çarpılmaların engellenmesi ve çekintilerin oluşmaması için önemli bir parametredir.

Yang Y. ve Geo F. (2009) göre plastik enjeksiyon kalıplanmasında kalite karakteristiğini belirlenmesi 3 özellik dikkate alınmalıdır, sırasıyla boyutsal özellikleri, yüzey özellikleri ve mekanik ve görsel özellikleridir. Araştırmacının çalışmalarında belirttiği gibi plastik parçanın ağırlığı yukarıda bahsedilen kalite karakteristiğinde önemli göstergesi olarak belirlenmektedir. Plastik granüllerin yoğunlukları birbirine yakın olduğundan dolayı, ağırlıktaki bir azalma yüzey kalitesini ve parça kalınlığını etkilemektedir. Ayrıca imalat kalitesi ve devamlılığı da yine parça ağırlığı üzerinden kontrol edilmektedir.

Huang ve Tai'ye (2001) göre özellikle elektronik parçaların kalıplarında giderek artan parça kalınlıklarını iç parçaların tasarımlarına alan sağlamak için arttırma yönündeki çalışmalar uzun ve ince parçalarda çarpılma riskini arttırmaktadır. Bu tip

parçalardaki imalat yöntemlerini incelediğimizde, öncelikle ham malzemenin ısıtılarak eritilmektedir. Basıçla beraber eriyik haldeki polimer kalıbın içine yolluklar üzerinden enjekte edilmektedir. Kalıbın tamamı dolduğunda dahi basınç sabit tutularak kalıbı besleme devam etmektedir. Besleme basıncının sürekli tutulmasının nedeni kalıp soğumaya başladığından çekintilere çekintilere engel olarak sürekli olarak sistemi beslemesini sağlamaktır.

Huang ve Tai'ye (2001) göre, çekinti problemin imalattan önce tahmin edilmesi gereken bir parametre olduğunu söylemektedir. Çekinti probleminin ön görülmesi için yapılan hem teorik hem de deneysel çalışmalar vardır. Düz plakalarda amor polimerlerde dengesiz soğuması ile beraber oluşan çarpıntı ve çekintileri simalasyon ile tahmin etmenin mümkündür. Çarpılmanın miktarını kalıbın üst yüzeyi ve alt yüzeyi arasındaki farklardan tahmin edilmektedir. Kalıbı besleyen yollukların dar tasarlanması ve kalıbın besleme basıncının değişimleri ile parçada çarpılmaları tahmin etmek çok zor değildir.

Huang ve Tai'ye (2001) Taguchi'nin deneysel yöntemine göre parçadaki çarpılmaları ürün geliştirmeleri ön görmek mümkündür. Kesirli çok etkenli deneysel tasarımı, isnatiksel dikey sıralar yöntemi, ile problemi ön görülebilecek şekilde tasarlamak mümkündür. Taguchi yönteminde öncelikle parametrik tasarımı yapılmalıdır. Parametrik ürün, ilgili ürünün fonksiyonellikleri en iyilenmiş şekilde tanımlanmış ve dış faktörlerden en az etlenen olmalıdır. Parametrik tasarımın ana amacı parçanın fonksiyonel çalışmasına engel olacak dış faktörleri ön görerek istenilen kalitede parça üretebilmektir. Parametrik tasarımın prosedürleri aşağıdaki gibi özetlenmiştir;

Kalite karakteristiklerini atamak: Uygun kalite karakteristikleri hedeflenen değerler ile belirlenerek denemlerdeki gereklilikler oluşturulur. Örneğin çekintilerin küçük olması kalitenin artması olarak tanımlanmıştır. Denemeye etkisi yüksek öğeler ve dereceleri belirlenmelidir: Denemeye etki edecek öğeler ve bunların deneme üzerindeki etkileri tecrübe ile belirlenmeli, ön çalışmalarda beyin fırtınası ile denemelere etkisi olan maddeler belirlenebilir. Uygun parametrik tasarım için; parametrik tasarımda uygun sayıda satır ve sütun olmalıdır. Her sütun denemede etkili olan bir değişkeni, her satır ise denemedeki sonucun bir fonksiyonunu tarif etmektedir.

Huang ve Tai'ye (2001)'a Taguchi göre parametrik tasarımda belirlenen kontrol edilebilir değişkenler belirlendikten sonra ortagonal oluşturularak sonra etkileşim tablosu hazırlanır ve faktörlerin değişken toplasundaki etkileşimi ile çözülür.

Denklem 1.1'de kalite karakteristiğini belirlemek için en uygun değişkeni belirlemede, D.F.(dış faktöre) bağımlılık oranı en büyük etken olarak seçilmektedir. Her denemede oluşan hata sayısı dış föktörlere bağımlılık derecesini belirlemektedir. D.Ş. matematiksel çözümü aşağıdaki gibidir,

$$D.F.: = -10 \log(O.U.S.) \quad (1.1)$$

D.F. nin küçük olması değişkenlere daha az bağımlı olduğunu göstermektedir.

$$O.U.S.= \ln \sum_{i=1}^n y_i^2 \quad (1.2)$$

Parametrik tasarımda değerin artması belirlene denemenin dış faktörlere en fazla değişkenlik göstermektedir. Bunun yanında dış faktörlere bağımlılık azaldıkta oluşturulan matrisdeki değer de azalmaktadır.

Launay vd. (2010) göre kompozit destekli polimerler PP6.6 otomotiv endüstrisinde maliyet ve ağırlık avantajlarından dolayı birçok noktada kullanılmaktadır. Bu malzemeler mekanik dayanımlarını yanında ısı ve neme dayanımları da yüksektir. Bu yüzden araştırmacılar ilgili malzeme ile ilgili mekanik ve çevrimsel yüklerin bağıntısı üzerinde çalışmaktadır.

Launay vd. (2010) göre CO₂ emisyonlarını düşürmek için otomotiv endüstrisinde her geçen gün plastik bazlı parçaların hem ağırlık avantajları hem de kompleks kalıp tasarımlarına tek işlem ile nihai ürün çıkabildiğinden giderek kullanımı atmaktadır. Tezin konusunda olan, cam elyaf takviyeli termoplastiklerin kullanımları yüksek yapısal dayanımlarından dolayı her geçen gün giderek artmaktadır. Bu malzemelerin kullanım alanlarına örnek olarak, motor hava emiş boruları ve muhafazaları, intercooler bağlantı parçaları ve motor takozlarını verebiliriz.

Launay vd. (2010 ayrıca yorulma türü zorlamalarda da başarılı sonuçlar alınabildiğini iletmektedir. Bu malzemelerin kullanımında dayanıma etki eden parametreler yapısal dayanım limitlerini belirlediğinden dolayı çevresel etkileri de

yapısal dayanım limitleri araştırılırken dikkate alınması gerektiğinde bahsetmektedir. Yapısal dayanım limitlerini belirleyebilmek için temel iki parametreye dikkat edilmelidir. Bunlardan birincisi vites topuzuna etki eden kuvvetler belirlenerek bunların frekanslarını belirlemek gereklidir. İkinciside yorulma ömrünün belirlenmesinde uygun fiziksel parça tasarımını yapmaktır.

Launay vd. (2010) göre cam elyaf takviyeli malzemelerin yorulma dayanımını tahmin etmek birçok nedenden dolayı zordur. Bu zorluklardan kısaca bahsetmek gerekirse, Enjeksiyon yöntemi ile cam elyaflarının mikrojeometrik dağılımı homojen olmayabilmektedir. Cam elyaflarının kuvvet yönüne göre dağılımları kalıp dolma yönüne göre değişmek ile birlikte, enjeksiyon yöntemindeki akış hızı, kalıp soğuma miktarı, enjeksiyon sıcaklığı gibi birçok parametreden etkilenmektedir.

Launay vd. (2010) yine cam elyaf takviyeli malzemeler için yorulma dayanımını belirlemenin liner olmayan mekanik dayanımlarından dolayı zor olduğunu bu yüzden parçanın ömrünü belirlemek için yorulma testleri ile parçaya yüklerin etki etmesi gerektiğini savunmaktadır. Bu yüzden cam takviyeli malzemelerde yorulma dayanımı için bir değerin kabul edilemeyeceğini iletmektedir. Yine mekanik dayanımlarını belirlemede termal yorulmanın ve bağıl nemin termoplastik malzemelerde yüksek oranda etki ettiğini iletmektedir. Otomotif malzemelerinde bu yüzden bağıl nem ve sıcaklığın etkisinin dikkate alınmasını iletmektedir.

Laundry vd. (2010) araştırmasında bağıl neme bağlı olarak yapısal bir modelin nümerik model tasarımı yapılması amaçlanmıştır. Yapısal modelin oluşturulmasında öncelikle enjeksiyon ve sonrasındaki mikro yapıyı değerlendiren iki farklı bakış açısını irdelemektedir. Birincisi herkesin genel kanısı olarak da iletildiği, enjeksiyon sonrası malzemenin homojen olarak dağıldığı kabulü, ikinci kabul ise mikro geometrinin fenomenolojik (betimleme) modelidir. İkinci metotta mikro geometrinin tamamen betimlenerek cam elyafı dağılımının yöne bağlı olmayan (anizotropik) mekanik davranışını mekanik dayanım üzerindeki etkisinin hasaplanması ile yapılmaktadır.

Lanudary vd. (2010) mekanik davranışları liner olmayan termoplastik malzemelerde ölçü dönüşüm matrisinin, cam elyafı takviyesinin mekanik dayanıma olan etkisini hesaplamak için mikrojeometrik yapının etkisini hesaplamak için oluşturulmaktadır. Cam elyaflarının homojen şekilde dağılımı kabulü ile yapılan denemeler ile

hesapların çoğunlukla güvenilir sonuçlar oluşturmadığı çeşitli kaynaklarda görülmektedir. Bunun en önemli nedeni olarak mikrogeometrik yapıda cam elyaf takviyelerinin dağılımları ve üst üste binen cam elyaf takviyelerinin mekanik dayanım üstündeki etikleri olmaktadır.

Lanudary vd. (2010) göre yine fenomenolojik (betimleme) yönetimi ile beraber yapılan çalışmaların dayanım analizinde kullanılmasının güvenilir sonuçlar verdiğini iletmektedir. Cam elyaf takviyeli polimerlerde oluşturulacak yapısal denklemlerin ve modellemesinin anlaşılmasında kullanılmaktadır.

Mlekusch (1999) göre heterojen matris yapı malzemelerde elasto mekanik problemlerin çözümlenmesinde homojen denklemlerin kullanılabilmesinin termoelastik değişkenlerin eklenmesi ile mümkün olabilmektedir.

Denklem 1.3’de liner davranış kabulü ile ilerleyebilmek için, mikrogeometrik şeklin uygun aşağıdaki dönüşüm denkleminin kullanılması gerekli olduğunu iletmektedir,

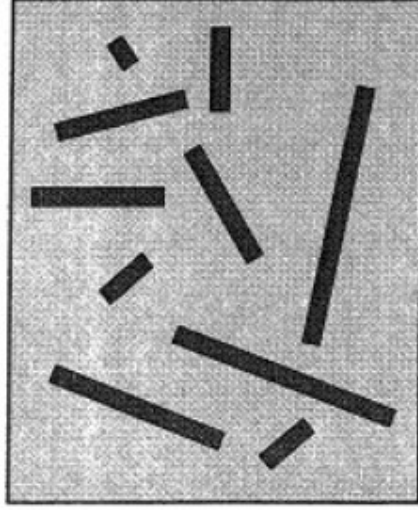
$$\varepsilon = C^v \sigma + \alpha^v \Delta T \quad (1.3)$$

Denkelmdde, C^v dönüşüm parametresi (4. Dereceden), ε birim şekil değişimi (2. Dereceden), σ gerilme parametresi (2. Dereceden), α^v genleşme parametresi (2. Dereceden) ve ΔT ise sıcaklık farkını göstermektedir. Elyaf takviyelerin geometrisi ile dağılımlarının değişkenlikler ve matrisin elastik sabitleri denklemin giriş parametresidir. Silindirik elyaf lifleri için yapı lif hacim parametresi, c^F , lifin en boy oranı, α , liflerin hacimde bulunma oranı, ψ olarak verilmiştir.

Çizelge 1.3’de formülüzasyon isimleri verilmiştir,

Çizelge 1.3 : Formülüzasyon İsimleri

Yapı	D. P.	G.P.	L.H.P	LHBO
Takviyeli Yapı	C_{ijkl}^H	α_{ij}^v	-	ψ
Matris	C_{ijkl}^M	α_{ij}^M	-	-
Cam Lif	C_{ijkl}^{CL}	α_{ij}^{CL}	-	-
Geometri	-	-	c^F	-



Şekil 1.4 : Takviyeli malzemenin genel görünüşü (Mlekusch)

Şekil 1.4’de PA66 GF30 gibi malzemler takviyeli malzemeler olarak görülmektedir, alınan kesit görünüşünde mikroskop altında malzemelerin lifli yapıları ile matrislerini gözle ayırmak mümkündür.

Denkem 1.4’de Mlekusch (1999) göre mukavemet hesaplarının nasıl yapılabileceği anlatılmıştır, buna göre lif hacim parametresi, c^F ve matris hacim parametresi, c^m ne göre ortalama uzama ve gerilme denklemi aşağıdaki gibi verilebilmektedir,

$$c^m \sigma^m + c^F \sigma^F = \sigma \quad \& \quad c^m \epsilon^m + c^F \epsilon^F = \epsilon \quad (1.4)$$

Denklem 1.5’da denklem 1.3 ve 1.4’de türetilerek akma mukavemeti bulunabilmektedir.

$$y_t = \phi_1 \cdot y_{t-1} + \epsilon_t \sigma^m = S^M \epsilon^m \text{ ve } \sigma^m = S^f \epsilon^f \quad (1.5)$$

Denklem 1.6’da gösterildiği üzere takviyeli malzemeler için bir dönüşüm parametresinden faydalınarak birim uzama değerini matris ve lifler arasında kurabilmek mümkündür.

$$\epsilon^f = B \epsilon^m \quad (1.6)$$

Mlekusch (1999) göre belirli bir uzama veya gerilme miktarında 5 bilinmeyişi çözme için 4 denklem yeterli olamamaktadır. 5. Denklem lifteki birim şekil

değişimidir, kabul ile yapılan bu matrisdeki birim şekil değişimi oranından hesaplanmaktadır. Formülü aşağıdaki gibi verilmiştir, B ortalama birim şekil değişimi parametresi olarak kabul edilmektedir.

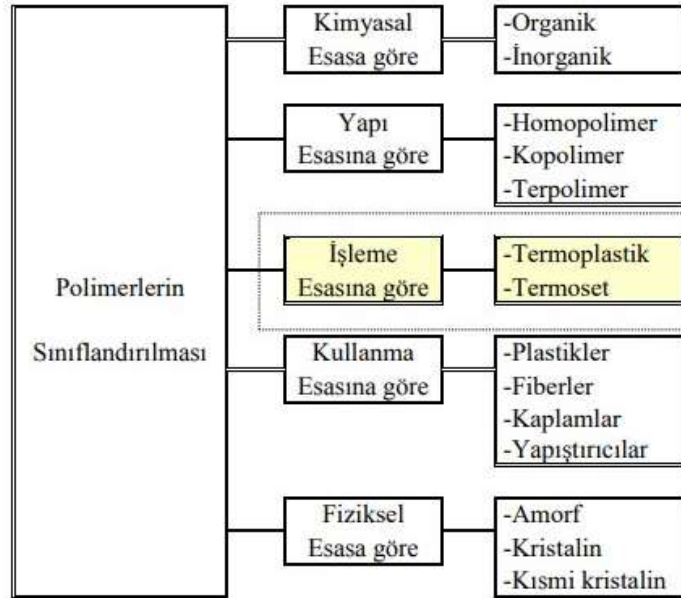
Denklem 1.7’de kompozit malzemenin dayanımı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\sigma = c^m S^M + c^f S^f B c^m I + c^F B^{-1} \epsilon \quad (1.7)$$

Denklem 1.8’de denklem 1.7 ($c^F = 0$) kabulü ile sadeleştirilerek aşağıdaki bağıntı kurulabilir,

$$S^v = S^M + c^f S^f - S^M B + c^F B^{-1} \quad (1.8)$$

Şekil 1.5’de farklı sınıflandırma özellikleri gösterilmiştir, en fazla kullanılan sınıflandırma işleme esaslarına göre yapılmaktadır. Mer olarak adlandırılan moleküllerin bir araya gelmesi ile oluşan yapıya Polimer denmektedir, plastik malzeme grubunun teknik ismi olmaktadır. Polimerler maddenin katı sıvı ve gaz olarak 3 farklı fazında bulunabilmektedir. Polimerler birçok farklı yöntem ile sınıflabilmektedir,



Şekil 1.5: Polimerlerin kriterlere göre sınıflandırılması (Uğur Soy).

Şekil 1.5’de bahsedildiği üzere polimerler üretim metodlarında göre termoplastikler ve termosetler olarak 2 farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Termoset plastikler tekrarlı olarak ısıtılıp soğutulduğunda şekil verilebilen polimerler grubudur. Genel

olarak yüksek sıcaklık dayanımları düşüktür. Endüstriyelmiş bu gruba polimlere örnekler, naylon, polistiren, polietilen ve karbon florürdür.

Termoset malzemeler ise bir kez kalıplamaya izin veren ve polikondasyon reaksiyonu ile kalıplama sonrası yapısı oluşan malzemelerdir. Termosetler kalıplama sonrası moleküller arası bağ oluşturmaktadır bu yüzden tekrar kalıplamaya uygun değildir.

Termosetler ısı ve basınç altında kalıplandıktan sonra tekrar şekil verilmediği gibi yüksek sıcaklık dayanımı termoplastiklere göre daha fazladır. Sürekli çalışma sıcaklığı 150-230 °C sıcaklığa kadar çıkabilmektedir.

Tezin konusu olan poliamidler termoset malzeme sınıfına girer ve 20 farklı türü vardır. En çok ticari olarak kullanılan türleri, PA 6, PA 12'dir. WSS-M99P2222-F1/F2 şartnamelerinde geçen araç içinde kullanılan yüksek performans sağlayan, kalite standartlarına uygun ve alerjen içermeyen şartname dikkate alınmıştır. Bu dökümanlarda araç içindeki koku, ve sis oluşturabilecek, ucucu organik birleşikler (Volatile Organic Carbon Compounds-VOC's) ve deri ile direk temasta olacak parçalar için oluşturulmuş genel standartları içermektedir.

Çizelge 1.4'de WSS-M99P2222-F2 şartnamesinde gövde iç trim parçalarının uyması gereken alerjen kuralları ile ilgili genel şartname verilmektedir. DIN EN ISO 17353 standartına göre kalay veya hidrokarbon içeren kimyasalların içinde aşağıdaki kullanılacak karışımdaki bulunabileceği en yüksek değerler belirlenmiştir ;

Çizelge 1.4 : Kalay ve hidrokarbon limitleri (WSS-M299P2222-F2).

Malzeme Adı	En Fazla İzin verilen Miktar
Trinutylin	0.025 mg/kg
Dibutylin	5 mg/kg
Monobutylin	1 mg/kg
Dioctylin	10 mg/kg
Triphenylin	1 mg/kg

Çizelge 1.5’de Ağır metaller için de belirlenen limitler yine DIN EN ISO 105-E04 göre 3 adet 3mm’lik 1/20’lik asit bonyasında 1 saat $\pm$ 5 dakikada numuneleri sallamadan çıkabilecek en yüksek değerleri verilmiştir.

Çizelge 1.5 : Ağır metal limitleri (WSS-M99P2222-F2).

Malzeme Adı	En Fazla İzin verilen Miktar
Antimon	0.5 mg/kg
Arsenik	0.2 mg/kg
Kadmiyum	0,1 mg/kg
Kobalt	4 mg/kg
Bakır	50 mg/kg
Kurşun	0,8 mg/kg
Civa	0,02 mg/kg
Nikel	4 mg/kg

Kapak kısımlarına kullanılan satin krom parçaların kaplamasına ilişkin elektro-plate kaplama standardı olan WSS-M2P188-B1 standartına uygun olarak yapılmıştır, kapak malzemeleri ABS malzeme olarak seçildiği için müşterinin ilk görüş alanında oluşturulan WSS-M1P82-F1 standartına uygun olarak kaplanması yapılmıştır.

1.3 Tezin Bölümleri

Bu tez çalışması dört bölümden meydana gelirken, bu bölümlere ait içerik aşağıda özetlenmiştir.

Bölüm 1’de tez çalışmasının girişi niteliğinde olup, parçanın fonksiyonu, çalışması ve doğrulama sürecinde kullanılan standartlar ile ilgili bilgiler ve konu ile ilgili literatür taraması verilmektedir. Farklı literatür kaynaklarından polimer malzemeler için hazırlanan teknik bilgileri ve yapılan çalışmalar özetlenmektedir. Tezin konusu olan ağır ticari vasıta vites topuzu tasarım adımları ve kullanım yeri ve araç üstündeki şekilde yine birinci bölümde bahsedilmektedir.

Bölüm 2’de tez aşamasında yapılan farklı tasarımsal değişiklikler ve nedenleri irdelenmiştir. Tasarım ofisinden gelen baz tasarımda parçadan beklenen temel fonksiyonlar ile beraber değişiklikler uygulanmıştır. Ayrıca parçada dayanım ve kullanım ile ilgili iyileştirmeler ve nedenlerinden de bahsedilmiştir. Temelde fonksiyon ve kalıplama ile ilgili iyileştirmelerin planlandığı bu adımlarda iterasyonlar daha çok subjektif olarak yapılmaktadır.

Bölüm 3’de bilgisayar destekli simülasyon yardımıyla yapılan ön doğrulama çalışmaları CAE metodu ile beraber detaylıca bahsedilmiştir, görülen yüklemdeki en yüksek değerlerde yapılan iyileştirmeler ile beraber ön doğrulamalar tekrarlanmıştır, ayrıca Moldflow analizi sayesinde kalıplama ile ilgili analizler yapılarak kalıbın tasarımı ve doğrulaması yapılmıştır .

Bölüm 4’te bilgisayar destekli simülasyonlar ile alınan aksiyonların doğrulaması ön kalıp imalatında tamamlanmış ve test panoları yardımıyla doğrulama süreçleri tamamlanmıştır, CAE’de yapılan akış analizleri ve mekanik doğrulamaların korelasyonları yapılarak aralarındaki ilişkiler değerlendirilmiştir.

Bölüm 5’te CAE ile test bankalarında yapılan doğrulama çalışmaları irdelenerek sonuçların tasarım üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu kısımda araştırmacılara bir sonraki çalışmada yapılması tavsiye edilen önerilerden de bahsedilmiştir.

2. VİTES TOPUZUNUN TASARIM BAŞLIKLARI

Tezin ikinci kısmında vites topuzu tasarımının nasıl olduğu ve ürünün nihai tasarıma taşınmadan önceki tasarımsal değişikliklerin neler olduğu anlatılmıştır. Endüstriyel bir ürünün ortaya çıkmasında öncelikle firmanın bulunduğu sektörde yansıttığı özgün tasarımının yapılmasıdır. Vites topuzu için araç içinde bulunan renkler, araç içinde kullanılan plastik gövde deseni ile beraber özgün tasarım oluşturulmaktadır. Özgün tasarımda parçadan beklenen temel fonksiyonel beklentileri parça mühendisi tanımlamaktadır. Oluşturulan tasarım fonksiyonelliği ile beraber değerlendirilerek gerekli tasarım değişiklikleri yapılmaktadır. Vites topuzunun tasarım adımlarını birbirini takip eden özgün tasarımın oluşturulması ve mekanik tasarımın oluşturulması olarak ilerletilmektedir. Özgün tasarım firma çizgilerini ve müşteri algısını yansıtırken mekanik tasarımda ergonomik detaylar ve mekanik gereklilikler tecrübeler sonucu oluşan kalıp açıları irdelenmiştir. Mekanik tasarım kısmında ana taşıyıcı gövde yapısal dayanımı sağlamanın yanında ve topuz alt detayındaki parçaların tamamı üstüne montajlanmaktadır. Bu yüzden mekanik tasarım kısmında vites topuzu ana gövdesi ve alt montaj parçaları olarak iki kısımda anlatılacaktır.

2.1 Özgün Tasarım

Tasarım ofisi, aracın müşteri gözündeki algısını oluşturacak temel büyüklükler renkler stil ve kaplamaların uygulunluğundan sorumludur. Firmanın çıkaracağı ürünlerde beklenen tasarımını rakip karşılaştırması ve ürünlerin renkleri araç içindeki doku vb değerlendirerek tasarımları oluşturmaktadır. Yerileştirme öncesi kullanılan vites topuzunun temel büyüklükleri ergonomik unsurlar olarak tanımlanarak 3 boyutlu tasarımını kabuk model üzerinden parça mühendisi ile çalışılmıştır.

Tasarım ofisi tarafından paylaşılan kabuk modelde, parçanın genel boyutsal özellikleri, dekoratif-desen bilgileri, renk ve doku bilgileri olmaktadır. Parça mühendisi, gönderilen boyutsal kabuk model üstünde ergonomik veya parçanın fonksiyonelliğini daha iyilemek amaçlı değişiklikler talep edebilmektedir.

Vites topuzunun müşteri beklentilerini sağlayıp sağlamadığı parça mühendisi ve araç kullanımında deneyimli jüri ile değerlendirebilmektedir. Jüri, ileri sürüş eğitimleri almış ve kamyon kullanmada yetkinliği olan kişilerden oluşmaktadır. Yapılan sürüş değerlendirmelerinde vites topuzunun üzerindeki mandalların pozisyonları dinamik araç sürüşlerinde yapılan hızlı prototip ile değerlendirilmiştir. Sürüşlerde konusunda deneyimli ve 20 yıldan fazla aktif araç kullanan değerlendiriciler seçilmiştir. Değerlendirme sırasında vites değişimleri sırasında tuşların hatalı şekilde basılmaması kontrol edildi ayrıca araç kullanımında bu tuşların erişilebilirlikleri değerlendirilmiştir. Sonuç olarak ekibin ortak gördüğü noktada tuş pozisyonları belirlenmiştir.

Şekil 2.1’de özgün tasarımda istenen 3 temel değişiklik yerleri gösterilmektedir.



Şekil 2.1 : Özgün tasarım sonrası temel değişiklikler.

Birinci yapılması istenen değişiklik vites topuzunun arka kısmında daha oval bir yüzey ihtiyacıdır. Bunun temel nedeni araç önüne doğru vites kolunu itilmesi sırasında topuzun (x,y) eksenlerine yaptığı daireye benzer bir yüzey ihtiyacıdır. Bu yüzey sayesinde dönme hareketi yapılarak el üstündeki sürtünme azaltılacak daha rahat bir kullanım sağlanacaktır. İkinci ve üçüncü değişiklik ise mandalların pozisyonlarıdır. Mandal pozisyonları düzenlenen bir sürüş ile Jüri ile beraber belirlenmiştir. Değerlendirmede hazırlanan hızlı prototipleme parçası araca takılarak mandal erişimi ve kullanım kolaylığı değerlendirilerek belirlenen yükseklikte mandalların pozisyonu tasarlanmıştır.

2.2 Mekanik Tasarım:

Tasarım ofisinden gelen kabuk modelde mandal pozisyonu konumu juri tarafından yapılan sürüş ile belirlendiğinden bir önceki başlıkta bahsedilmiştir.

Şekil 2.2’de görüldüğü üzere, tasarım ofisinden gelen modelde sadece mandal pozisyonlarının yerini belli edecek şekilde çentik ve bunların içine de prototip tuşlar konulmuştur. Yapılan deneme sonucunda jurinin belirlediği tuş pozisyonu vites topuzunun üst noktasına göre belirlenmiştir tuşların pozisyonlanmasında deneyime bağlı ergonomik beklentiler ve rakip vites topuzlarının yerleri dikkate alınmıştır.



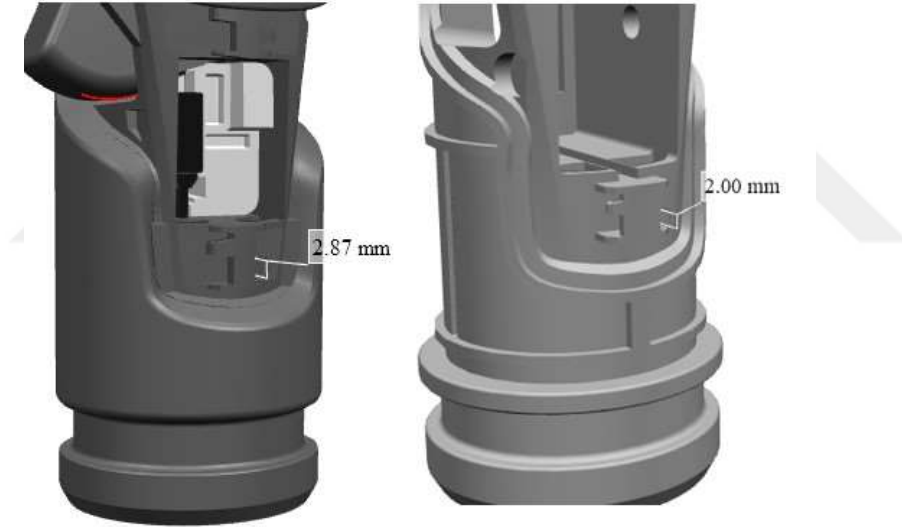
Şekil 2.2 : Vites topuzunun tuş pozisyon çalışması.

Vites topuzunun tasarımının devamında her montaj kendi içinde değerlendirilerek tasarımlar yapılmıştır. Tasarımda genel olarak belirlenen maddeler hızlı prototipleme örneklerinde denemeler sırasında çıkan ve görülen hataların belirlenerek adım adım çözülmesi planlanmıştır, seri üretim kalıbına geçişe kadar toplamda 3 farklı hızlı prototipleme örneği yapılmıştır. Deneme sürüşlerinden çıkan sonuca uygun olarak da parçaların 3 boyutlu modelleri tamamlanmıştır.

2.2.1 Vites topuzu ana gövde tasarım değişiklikleri

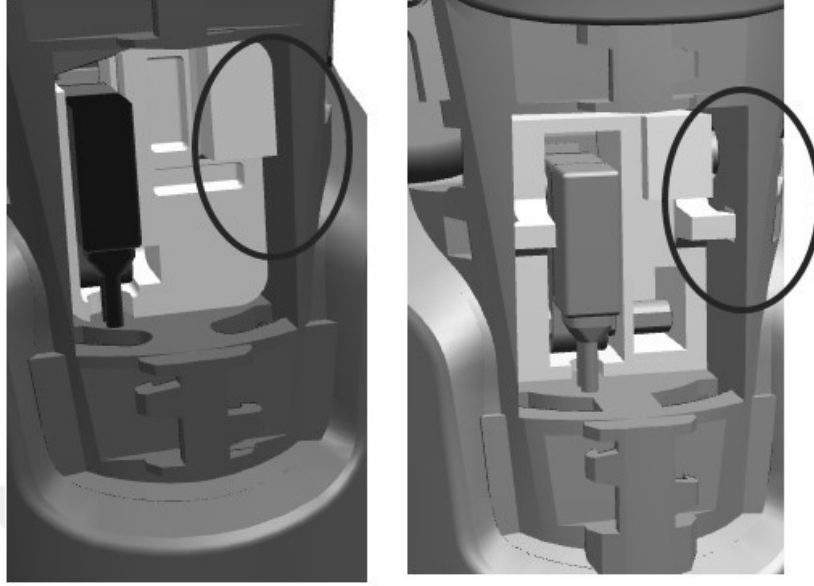
Vites Topuzunda ana gövdede yapılan değişiklikler ve değişiklik nedenleri sırası ile bilgi verilecektir. Değişikliklerin bir kısmı montaj sırasında yaşamabilecek ön görülen problemlerin çözümlerinde bir kısmı da hazırlanan hızlı prototiplerde mukavemetin arttırılması gereken kesitlerde yapılmıştır.

Şekil 2.3’de topuzun sağ ve sol dekoratif kapaklarını tutan tırnakların mukavemeti arttırıldı, ayrıca tırnak boyları uzatılarak daha fazla deplasmanda esnemesine izin verilmiştir. Değişikliğin geometrik farkları aşağıda verilmiştir. Bu değişikliği yapılmasının nedeni, montaj sırasında tırnağın kırılması ve yeterli mukavemeti gösterememesidir. Yapılan değişiklik ile beraber görsel olarak parçanın kapaklarının bölgesindeki ayırım çizgisini azaltılması da sağlanmıştır.



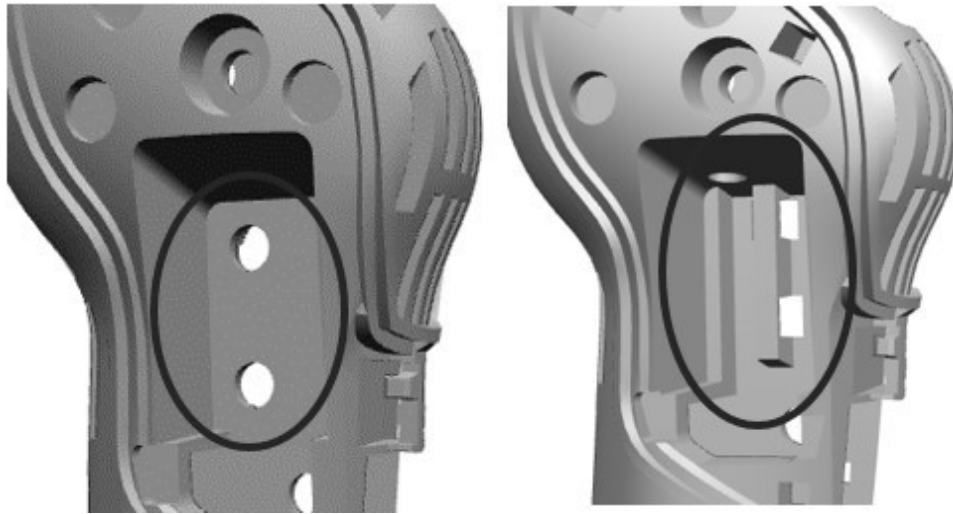
Şekil 2.3 : Yeni tasarımda tırnak kalınlıkları arttırılmıştır.

Şekil 2.4’de görülen tırnaklı mandal montajının yerine civata somun bağlantısına geçilmiştir. Bunun sebebi vites mandalını yukarı aşağı hareketinde tırnaklı yapıdan dolayı toplam boşluk ön görülenin üstünde olmaktadır, ön mandal kasetine metal somun ile enjeksiyon yapılarak kaset ve topuzun üstündeki delik konumları değiştirilmiştir. Bu sayede ön tuşun farklı pozisyonlara getirilmesi sırasındaki hareketlerde oluşan boşluklara engel olunmuştur. Mandalın üst ve alt pozisyonlarındayken görevi dışında boşluklardan dolayı hareket etmesi parçada kalitesizlik hissine neden olabilmektedir.



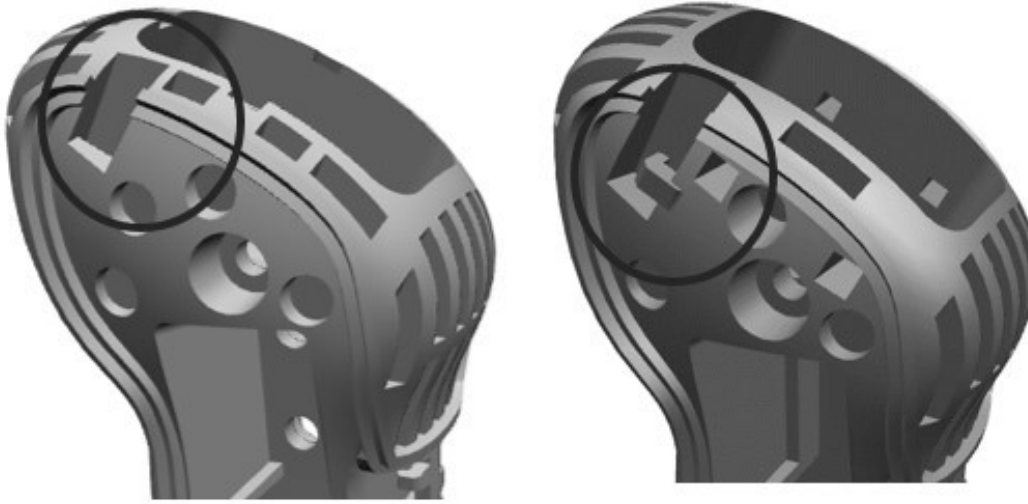
Şekil 2.4 : Tırnak yapısından civata somun bağlantısına geçilmiştir.

Şekil 2.5’de sağ tuş gövde montajında kullanılması planlanan tırnaklar hem servis edilebilirliği zorlaştırdığı hem de kalıptan çıkması mümkün olmadığı için civata somun montajına çevrilmiştir. Somun mandal montajının yapıldığı gövde üzerinde enjeksiyon kalıbında insetli olarak alınmaktadır. Mandaldaki şekil bağını yan yüzeylerde boşluklu geçme sayesinde elde edilmektedir. Ayrıca parçanın oturduğu kaset üzerinde üst ve alt yüzeyde şekil bağları da kurulmaktadır. Kullanıcı mandalı üst ve alt noktaya getirirken kurulan bu şekil bağları sayesinde parçanın hareket etmesinin önüne geçilmiş olunmuştur.



Şekil 2.5 : Yeni tasarımda tırnak bağlantısından insertli civata somuna geçilmiştir.

Şekil 2.6’de görülen soldaki parçada topuz üzerinde sağdaki gibi bir tırnak yapısı düşünülmüştür. Hızlı prototipleme safhasında yapılan en son numunede görülen montajlama esnasında parçanın üstünde oluşturulan PTU malzemenin yeterli boşluğa sahip olmamasından dolayı montajında sol ve sağ kapakları konumlandırılmamıştır. Taşıyıcı gövde ve kapak montajında kullanılan tırnaklı yapı değiştirilerek tırnak gövde üzerinden kapak üstüne alınmıştır. Montaj sırasında yaşanabilecek sorunları ön görebilmek amacıyla yapılan son numune sayesinde tırnak yapısındaki boşluğun taşınması gerektiğine karar verilmiştir.



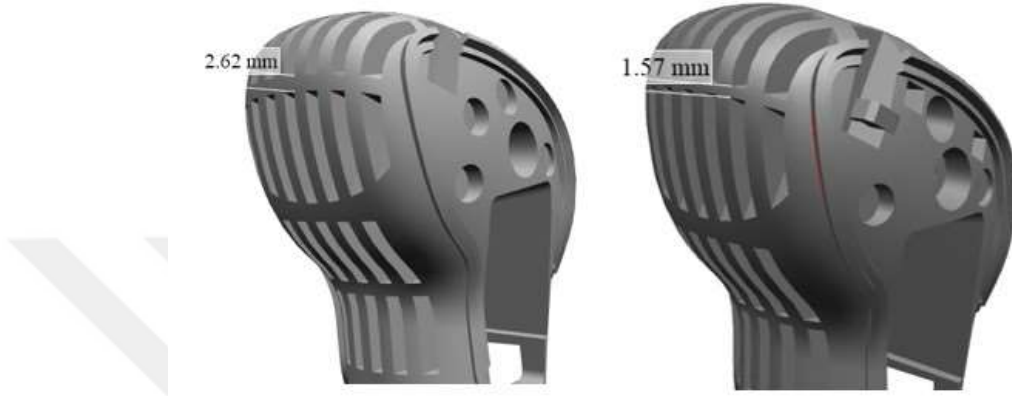
Şekil 2.6 : Yeni tasarımda tırnak kapağa taşınmıştır.

Şekil 2.6’de görüleceği üzere ayrıca kapağın oturduğu deliklerin konumlarında da değişiklikler yapılmıştır. Bu değişiklikler parçanın 3 eksende tutarak hareketlerini engellemektedir. Bu sayede kapağın 3 eksendeki hareketleri de engel olunmuştur. Bu sayede parçanın daha sağlam bir şekilde yerinde durabilmesi sağlanmıştır.

Maçaların çalışma boşlukları da tekrar parçada gözden geçirilmiştir. Kalıpta yapılan ikinci iyileştirme olarak kalıp içinde çalışan maçaları azaltmak için üstteki yüzeyde basitleştirmelere gidilmiş ve maça sayısı 3 adetten 1 adete düşürülmüştür.

Son olarak montajlı halde parçanın daha az hareket edilmesi için 2 adet civata somun bağlantısına yer açılmıştır. Bu bağlantı sayesinde tuş montajının gövdeye kontrol edilebilir bir şekilde montajı sağlanmıştır.

Şekil 2.7’de görüldüğü üzere parça üzerindeki kaburgaların kalınlıkları ve boşlukları arttırılmıştır. Bu arttırmanın temel nedeni de parçanın kalıptan daha kolay çıkarılabilmesini sağlamaktır.



Şekil 2.7 : Gövde üstündeki kaburgaların kalınlıkları arttırılmıştır.

Şekil 2.8’de yapılan değişiklik ile ilgili hem testler sırasında yaşanan kırılma olayı hem de analizler sırasında görülen yüksek gerilme değerlerinden dolayı köşeli yapıdaki çentik etkisini azaltmak amaçlanmıştır.



Şekil 2.8 : Gelime miktarını azaltma için köşelerde çentik etkisi azaltılmıştır.

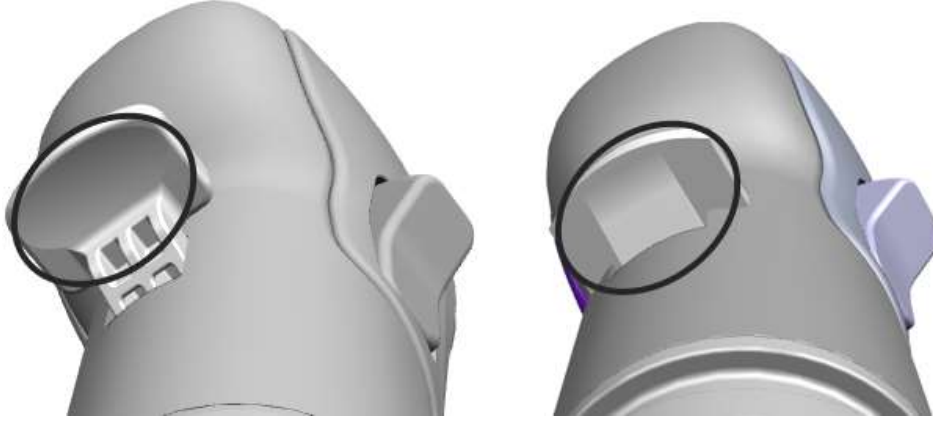
2.2.2 Alt montaj parçalarında yapılan iyileştirmeler

Vites şablonunda tırnaklı yapıda montajda delik pozisyonlarını karşılanmasında ve uzun tırnakların montaj sırasında kırılma riski ortaya çıkardığı için tasarım değiştirilmiştir. Parçadan tırnaklar tamamen iptal edilmiş, 4 klavuz ile nihai tasarım yapılmıştır. Şekil 2.9’da sol taraftaki tasarım yeni, sağ taraftaki değiştirilmiş tasarımdır.



Şekil 2.9 : Şablonda yapılan değişiklik.

Şekil 2.10’da görüldüğü üzere ön mandalda bulunan keskin köşeli yapı yerine daha geniş basma yüzeyi bir tuş tasarlanmıştır. Soldaki yeni tuşun alttan görseliyken sağdaki de eski tasarımıdır. Bu tasarım değişikliğinin bir diğer nedeni de kalıptan çıkarken kalınlık farkının fazla olmasından dolayı yaşanabilecek olası çarpılmalardır.



Şekil 2.10 : Vites ön tuşu altında yapılan iyileştirme.

3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ SİMULASYONLAR

Bilgisayar destekli simülasyonlar tasarımları hem kalıp parçalarının tasarımlarında hem de mekanik dayanım gerektiren parçaların mekanik tasarımlarında yapılmıştır. Kalıp için yapılan akış analizleri mold flow programı yardımıyla yapılırken mekanik dayanımda da boyutlandırma ve kullanım ile esaslar irdelenmiş, oluşturulan geometrik modele malzemeler atanıp geometrinin doğrulaması yapılmıştır. Topuzun tasarımında Catia V5 R21 kullanılarak temel katı yüzeyler oluşturulmuştur. Catia V5 piyasada kullanılan diğer cad programlarına göre en önemli avantajları, birçok yazılım dili ile sonunsuz olarak çalışabilmektedir, bu yazılım dillerinin belli başlıcaları Windows, IBM, AIX, HP-UX ve Solaris ayrıca catia'da açılabilen formatlarında çokluğu (dxf, step, iges) ve catia'dan oluşturulabilen dosyalarında çeşitliliği (wrl, stl, dxf, step, iges) bu seçime etki eden başlıca nedenlerdir. Catia'da yüzeylerde çıkarak katı oluşturmak gerektiği için ayrıca yüzeylerde oluşan hataların düzeltilmesi Catia'da daha kolay olduğu için catia tasarım ve analiz için seçilmiştir.

3.1 Yapısal Dayanım Testleri:

Vites topuzu mekanik dayanım analizleri için Abaqus çözücüsü kullanılmıştır. Modelin hazırlanmasında ANSA pro-processor programı kullanılmıştır.. İlgili firmanın global olarak kabul ettiği kalite kriterleri kullanılarak toplam yapısal mesh boyutları 3 mm olarak tanımlanmıştır.

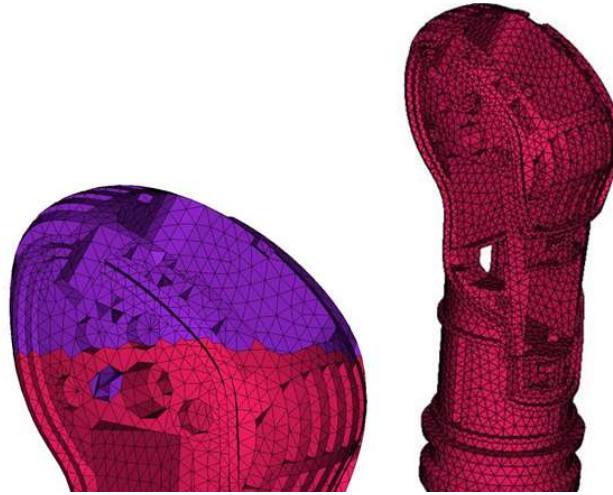
Çizelge 3.1'de PA 66 GF 30 için imalatçı firmanın tanımladığı mekanik özellikler gösterilmektedir. Yapılan analizde malzeme değerleri imalatçıdan alındığı şekilde tanımlanmaktadır. ANSA yardımıyla yapılan analizde plastik malzemenin ortalama ortam sıcaklığında ve nemde çalıştığı ön görülerek tamamlanmaktadır. Bu yüzden malzeme tanımı olarak atanan değerler bir miktar daha düşük olmuştur.

Çizelge 3.1 : PA66 GF30 Malzemesinin başlıca mekanik özellikleri.

Mekanik Özellikleri	Test Metodu	Birim	Değer	%50 RH
Kopma Noktasındaki Akma dayanımı	ISO 527	Mpa (Ksi)	195 (28.3)	130 (18.9)
Kopma Noktasındaki Uzama	ISO 527	%	3	5
Çekme Modulu	ISO 527	Mpa (Ksi)	10000 (1450)	7200 (1045)
Çentik Darbe Deneyi	ISO 179/1eA	KJ/m ²	75	90

Vites topuzu modeli hazırlanarak, ANSA programı kullanılarak meshleme işlemi yapılmıştır. Topuzun üst yüzeyine yaklaşık 0,5 mm kalınlığında ince bir kabuk ve modelin tamamını dolduracak şekilde ayrı bir mesh atılmaktadır. Kabuk yüzeyde tetra-rapid, iç kısımda ise tria türü meshler kullanılmıştır.

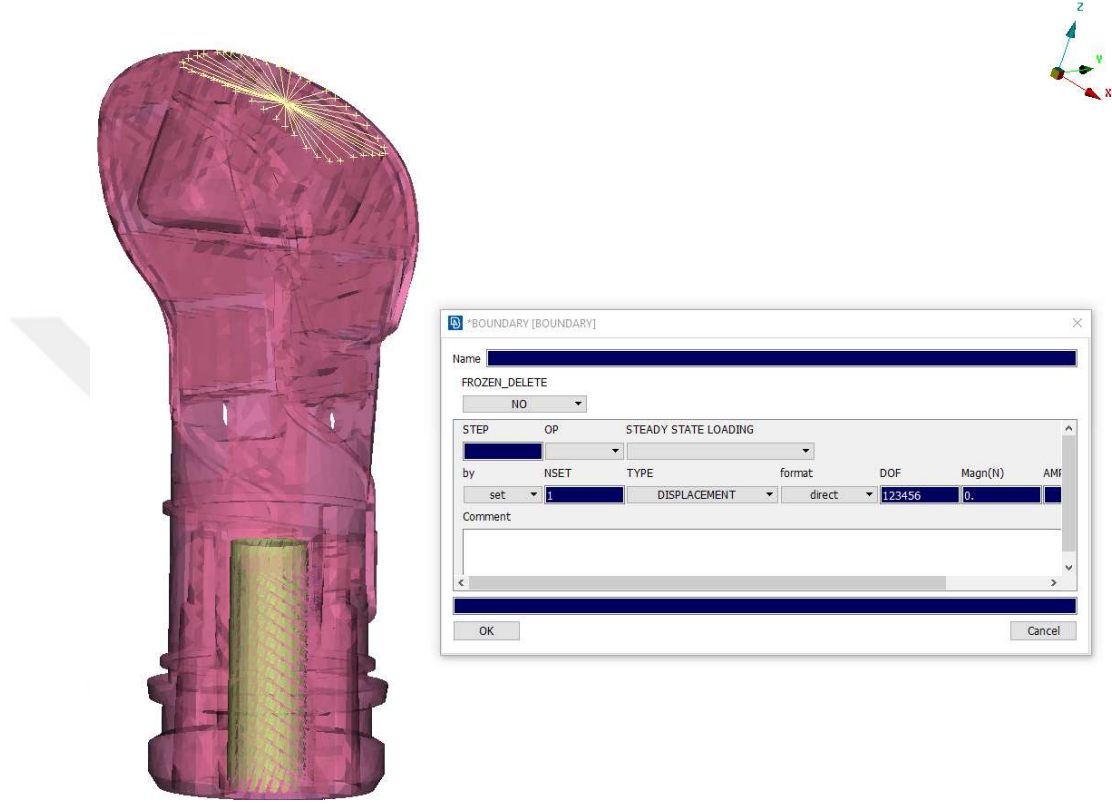
Şekil 3.1 de mor ile gösterilen kısım solid olarak meshlenen kısım, kırmızı ile gösterilen kısımda da yüzey meshler görülmektedir. Her iki mesh elemanında kullanılan eleman boyutları 3 mm'dir ve tetrapid türü meshler kullanılmıştır.



Şekil 3.1 : Vites topuzunun yüzey ve iç mesh modeli.

Modelde plastik malzemeler arasındaki ilişkiler oluşturulmayarak ana taşıyıcı gövde üzerinden yük taşınacağı varsayımı yapılmıştır. Bu yüzden sınır koşulları oluşturulmamış ve taşıyıcı gövde tek başına yapısal dayanımı sağlayacağı ön görülmüştür. Bu ön görünün dezavantajı yapısal dayanım sağlayan kasetlerin ve dış kabuğun dayanıma olan etkisini yansıtmamasıdır. Avantajı ise, bilgisayar destekli simülasyonda montaj boşluklarının etkisini ve toplam deformasyonu tek tek görmek

ve kalıp toleranslarını yanstmak zordur. Bu sayede analizi basitleştirmiştir. Taşıyıcı gövdenin tek başına yapısal tasarıma olan etkisini araştırmak en kötü senaryoda dayanımın gerekli şartnameyi sağlayacağını düşünmektir.



Şekil 3.2 : Vites topuzunun sınır koşulları belirlenmiştir.

Şekil 3.2’de vites topuzu için belirlenen sınır koşulları gösterilmiştir, mukavemet analizinde yapılan kabul parçanın statik olarak taşıyabileceği en yüksek kuvvete kadar zorlamaktır. Bu yüzden x, y ve z yönlerinde hem ileri geri hareketleri hem de dönme hareketleri sınırlandırılmıştır. Topuzun gövdesinde sarı renk ile gösterilen metal insert üzerinde parçanın ankastre mesnet olduğu kabul edilmiştir.

Şekil 3.3.’de kuvvet uygulama noktası görülmektedir. Topuz üstüne etki edebilecek kuvvetlerin tamamını mesnet noktasına en uzak konumdan verilmiştir. Bunun temel amacı ankstre mesnet noktasından en uzak konumda kuvveti uygulayarak, moment kolunu arttırmaktır.



Şekil 3.3 : Kuvvet uygulama noktası.

Şekil 3.4’de ansa programının ara yüzü ve kuvvetin uygulama istimakteti ve temel büyüklükleri gözükmemektedir. Vites topuzunun etiketin oturduğu bölgeden aracın ön istikametine doğru 700 N kuvvet uygulanmıştır Belirlenen kuvvet değeri vites topuzu üstüne uygulanabilecek en yüksek kuvvettir. Araç vites değişimlerinde şanzıman ve vites sistemi üzerindeki toplam sürtünmeler de dahil edildiğinde yaklaşık olarak 150 N kadar bir değer ölçülebilmektedir.

STEP	OP	AMPLITUDE	FOLLOWER	STEADY STATE LOADIN
1				

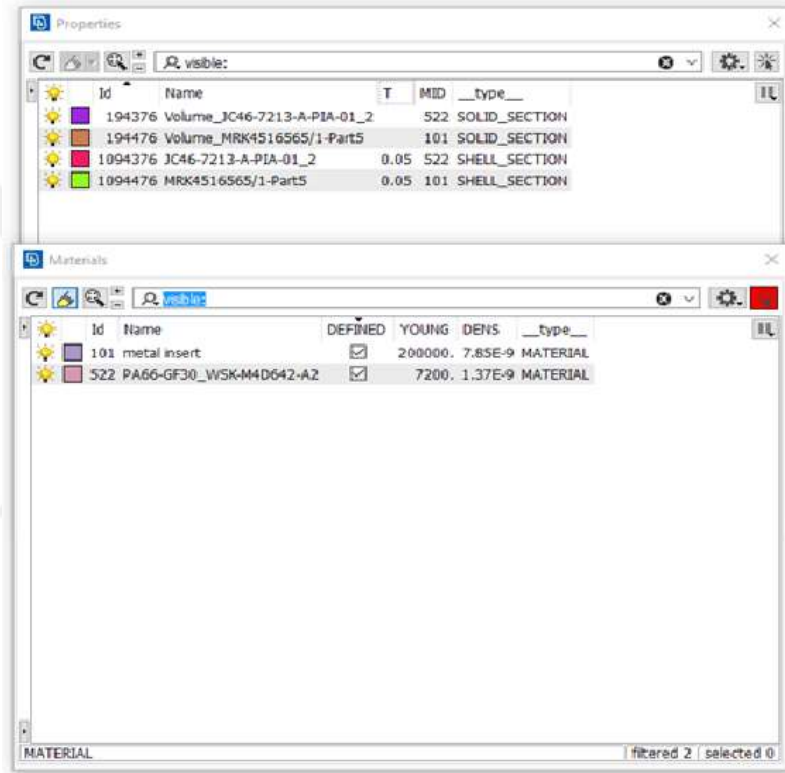
by: node, NODE: 17349, DOF: 1: Fx, magn: -700.

Şekil 3.4 : Kuvvet uygulama parametreleri.

Şekil 3.5’de ilgili programın malzeme atanması ve mekanik özelliklerin atanmasının nasıl yapıldığı gösterilmiştir. Mekanik özellik olarak 2 farklı malzeme tanımlanmıştır. Vites topuzunun metal insert malzemesi ve ana plastik gövdedir. Plastik malzeme atanması sırasında kullanılan mekanik özellik Henkel firmasından alınmıştır. Metal parça için de basit yapısal demir olarak atama yapılmıştır. Görüleceği üzere plastik malzeme için elastisite modülü 7200 MPa olarak atanmış,

metal gövde içinde 200000 Mpa olarak atanmıştır. Analiz öncesi son adım malzeme atama başlatılmıştır. Sonuçlar kısmında yapıdaki mekanik davranışlar irdelenmiştir.

Vites topuzu analizlerinde hem kapakların hem de tuş takımını taşıyan parçaların analiz sırasında yer verilmemiştir. Bunun nedeni de analizler sırasında parçalar arasındaki montaj ilişkilerinin simulasyonlar sırasında beklenenden fazla hataya neden olmasıdır.



Şekil 3.5 : Malzeme ve özellik ataması.

3.2 Kalıp Akış Analizi

Kalıp akış analizleri iki farklı açıdan değerlendirmiştir. PC-ABS polimerden üretilen sağ ve sol vites topuzu kapaklarında kalıp akış analiz ve testlerini Autodesk firmasının yazılımı olan, moldflow analiz programı ile yapılmıştır. Moldflow programındaki ana amaç görsel plastik malzemelerde yaşanan çekme ve çökmelerin oluşup oluşmadığını görmek ve eriyik haldeki malzemin kalıbı tamamen doldurup doldurmadığını anlamaktır.

İkinci yaklaşım da analitik yöntemlerden, Taguchi yöntemleri kullanılarak ana gövdenin enjeksiyon parametrelerini belirlemedir. Bunun temel nedeni enjeksiyon

sırasında birden çok değişkene bağlı olan (Ana gövde sıcaklığı, kalıp sıcaklıkları, yüzey sıcaklıkları, malzeme, ütüleme basıncı gibi) analitik yöntemler ile tahmin edilmesi ve doğru sonuç vermesi zordur. Bu yüzden ana gövde üstüne gelen TPU malzemedeki çeklemleri hesaplamak ve uygun parametreleri belirlemek için Taguchi yönteminden destek alınacaktır.

Çizelge 3.2’de sağ ve sol kapaklarda kullanılan malzemenin temel mekanik özellikleri verilmektedir. Oluşturulan modelde kalıp akış analizlerinde erime ve kalıp sıcaklığı belirlenmesinde aşağıdaki malzeme özellikleri kullanılmıştır. Analizler sırasında parçanın çekinti miktarı görselliği etkilediği için yolluk ve besleyici tasarımlarında bu iki özellik dikkate alınmıştır.

Çizelge 3.2 : Pulse A35-105 PC/ABS temel malzeme özellikleri.

Malzeme Özelliği	Test Metodu	Birim	Değer
Yoğunluk	ISO 1183/A	g/cm^3	1,12
Eriyik Kütle Akışkanlığı	ASTM D1238	230 °C/3,8 kg	3 gr/10 dak.
Eriyik Kütle Akışkanlığı	ASTM D1238	250 °C/5 kg	17gr/10 dak.
Yüzde Çekinti	ASTM D955	%	0,03-0,07
Young Modülü	ISO 527-2	MPa	2200
Akma Gerilmesi	ISO 527-2/5	Mpa	50
Kopma Gerilmesi	ISO 527-2/5	Mpa	52
Erime Sıcaklığı	İmalatçı bilgisi	°C	260-290
Kalıp Sıcaklığı	İmalatçı bilgisi	°C	70-90

Analiz adımları olarak sırasıyla, Catia’da hazırlanan 3D model oluşturularak Ansa programında abaqus ara yüzünü üzerinde meshlerin hazırlanmıştır.

Bu tez konusunda detaylandırılmayacak olmasına rağmen mesh model hazırlanırken uygunlanan mesh tipi analizin sonuca etki etmektedir. 3 farklı tip mesh modeli autodesk tarafından uygulanabilmektedir. Bu mesh modelleri, Merkez hatlı (Midplane), Çift alanlı mesh (Dual Domain mesh ve 3 boyutlu (3D) mesh’dir. Kullanılan model hem ana gövde hem de kalıp için çift alanlı mesh kullanılmıştır. Bunun nedeni olarak, çift alanlı meshler kabuk datalarında ve ince gövdelerde (aspect ratio, boy/en oranı 8 ve 200 arasında olan parçalar için uygundur.)

Hazırlanan modelde çıkışarak hata veren meshler tekrar onarılmıştır. Kalıbın modellemesi yapılmıştır. Modelleme esnasında besleyicilerin konumları, kalıp soğutmasının tasarımı yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre kalıp tasarımı

tamamlanmıştır, analiz sonuçları kapak ve ana gövde için aşağıdaki şekilde verilmektedir.

Şekil 3.6'da parçanın besleyici ve yolluk tasarımları gösterilmiştir. Kalıp iki gözlü olarak tasarlanmıştır ve ortak tek yolluk üzerinden besleme yapılmıştır. Yine her göz için tek yolluk ile kalıp altından beslenmektedir.

Sol ve sağ kapaklar tek kalıptan çıkarılmaktadır. Toplam besleme süresi ve kalıp sıcaklıkları bu yüzden benzerdir. Bu neden ile yolluk tasarımları her iki parça için benzer tasarlanmıştır.



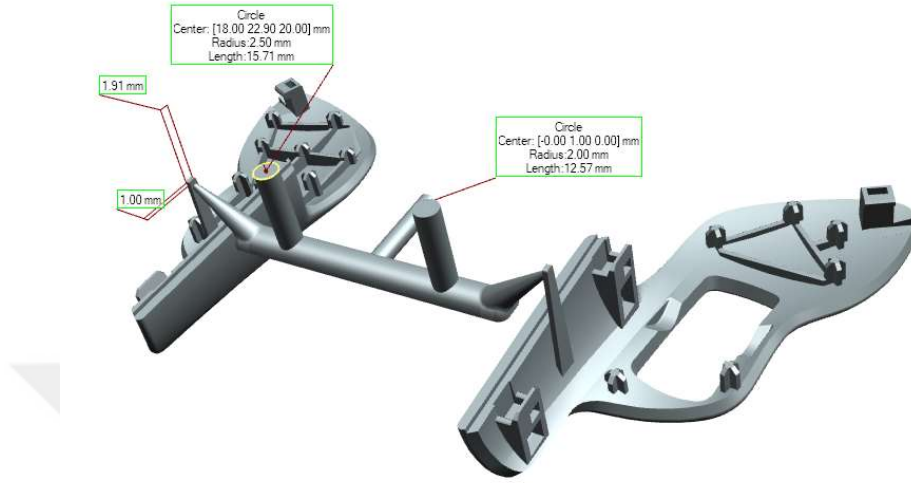
Şekil 3.6 : Parçanın besleyici ve yolluk tasarımı.

Besleyici ve yollukların temel boyutsal büyüklükleri verilmiştir. Yolluklarda silindirik tasarım yapılarak yaklaşık 15 mm besleyici ile parça üzerindeki çekintinin yönlendirilmesine izin verilmiştir. Kalıba girişte tek yolluk ile hemen kapakların görselinin alt kısmından yönlendirilmiştir. Kalıbın ilk tasarımında bu şekilde planlanmasının temel nedeni yolluk ve besleyicilerin mümkün olan en basit ve uygun maliyetli tasarımı ile yapılmasıdır. Kalıp ayırım çizgisi de hemen üst ve alt kalıp olarak kapakların alt kısmından verilmektedir.

Kapaklar PC-ABS malzemesinden üretilecektir, bu malzemenin enjeksiyon sıcaklıkları 230 derece olarak verilmektedir. Ayrıca kalıbı da ısıtarak 50 derecede şartlandırmak çekintilere engel olmak için gerekmektedir. Üretim adetlerinden dolayı kalıplamada toplamda tek gözlü kalıp işlenmiştir.

Şekil 3.7'de besleyici ve yollukların temel geometrik özellikleri verilmiştir. Kalıpta akış dikey olarak yerleştirilen ana yolluk yardımıyla iki yolluğa ayrılmaktadır. Her

göze de besleyici yardımıyla çekintiler kontrol altına alınmıştır. Yolluk kesitleri parça ile buluşma noktasında mümkün olan en dar kesitte oluşturulmuştur.



Şekil 3.7 : Besleyici ve yolluk geometrik özellikleri.

Ana taşıyıcı ikinci malzemesinin enjeksiyonu için Taguchi yöntemi kullanılmıştır. Bunu yumşak dokunuş hissini verene TPU malzemesinin enjeksiyonunda soğuma çevrimi, ikinci malzemenin yüzeyi, kurulan kimyasal bağlar vb gibi birçok değişken vardır. Bu yüzden bunların herbirinin etkisini dikkate alarak deneysel olarak Taguchi denklemi kurularak hangi parametrenin daha çok etkidiğine dair çalışılmıştır. Yapılan kontrollü deneylerde TPU malzemenin farklı parametrelere bağlı olarak çekintiye neden olabilecek başlıca etkileri, TPU polimerin sertliği & katkıları, erime sıcaklığı, enjeksiyon basıncı, ütüleme basıncı, kalıp sıcaklıkları, enjeksiyon sıcaklığı olarak belirlenmiştir.

4. DENEME İMALATI VE TESTLER

Vites topuzunun ana gövde taşıyıcı malzemesi ve yüzey kaplamada kullanılacak yumşak dokulu malzeme olmak üzere 2 tip farklı plastik malzeme kullanılması gerekmektedir. Bunun temel nedeni kullanıcının araç kullanımında vites değişimlerinde sert malzemenin hissiyat olarak kullanıcıda düşük kalite hissiyatı vermesini engellemektir. Gövde malzemesinin ise mekanik mukavemetinin daha yüksek olması gerekmektedir, vites topuzu malzeme seçiminde çalışma koşullarına uygun malzemeleri şirket şirket malzeme kataloglarında yayınlanan WSS-M99P9999-A1 teknik şartnamesi öncelikle baz alınarak yapılmıştır.

Vites Topuzu ile ilgili tasarım doğrulama kriterlerinin belirlenmesinde belirlenen adımlar sırasıyla, soğuk- sıcak iklimlerde müşterinin araç içinde kullanımına izin verecek termal dayanıma sahip olması, vites değişiminde mekanik dayanımın yeterli olması ve kolay hasarlanabilir olmaması, çevresel etkiler ile zaman ile kullanılacak malzemenin hasarlanmaması, yorulma dayanımının belirlenen araç ömrü boyunca fonksiyon ve görevini yerine getirmesi gerekmektedir, kolay üretilebilir, kalıplamaya uygun olmalıdır.

4.1 Ön İmalat ve Kalıp Denemeleri:

Ön imalat denemelerinde hem kapaklar hem de gövde için yapılan kalıp tasarımları tamamlanmıştır. 3 tane hızlı modelleme ile vites topuzu imalat ettirilerek tasarımsal ve montaj ile alakalı sorunlar tesbit edilmiş ve iyileştirmeler nihai ürüne yansıtılmıştır. Tasarımsal sorunların tamamı çözüldükten sonra kalıplara başlanmıştır, Kapaklar için 1 gözlü tek kalıp, tuş ve mandal takım kalıpları, ana gövde kalıpları dahil olmak üzere toplamda 5 ana enjeksiyon kalıbı tamamlanmıştır. Kalıplar ve fotoğrafları aşağıdaki gibidir

Şekil 4.1' de görülen tek gözlü kalıptan hem sağ hem de sol kapak alınabilmektedir. Ortalama olarak senelik 20000 adet parça üretilmesine izin veren kalıbun erkek

tarafının üstünde kalıp ayırıcıları gözükmektedir. PC-ABS malzemenin basılması için kullanılan kalıpta kalıbı soğutucusu da mevcuttur.



Şekil 4.1 : Kapak kalıbı.

Şekil 4.2’de görülen ikinci malzemenin enjekte edildiği kalıptır. Bu kalıbın 3 yönden hareketli maçaları sol taraftaki kalıp üzerinde görülmektedir. Yüzey üzerinde henüz desenleme çalışması tamamlanmadığı için mat bir yüzey görülmektedir.



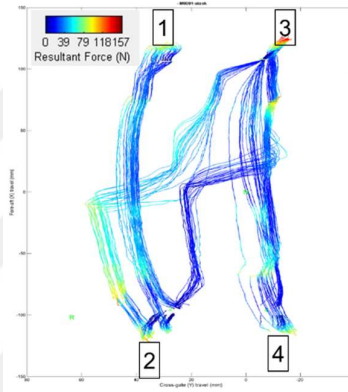
Şekil 4.2 : Ana gövde yumşak malzeme kalıbı.

4.2 Mekanik Dayanım Testleri:

Kullanıcı kolaylığı olması hem de şanzımanın mümkün olan en kısa boyutta ve ağırlıkta 16 vitesine sahip olabilmesi için ana dişli grubunun dışındaki bucuk ve planet gruplarını vites topuzu üstündeki pozisyon aktivasyon tuşları ile yapmaktadır. Tuşlar elektriksel olarak şanzıman bağlıdır ve valfların açılarak pinomatik olarak dişli gruplarının değişimine izin vermektedir. 16 hızlı kamyon şanzımanlarında vites değiştirme kuvvetleri mekanik kol pozisyonlarında genel olarak 30-160 N arasında değişmektedir. Vites değişim kuvvetleri temel olarak mekanik 4 pozisyonun her biri arasındaki konumlardan gelmektedir.

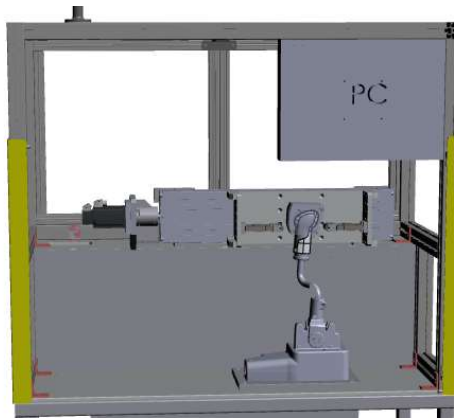
Vites topuzunun tasarımında özgün tasarım belirlendikten sonraki adımlarda, özgün tasarımın 3 boyutlu tasarım ile beraber tasarlanarak uygun ve üretilebilir bir parçanın belirlenmesi gereklidir. Yapılan tasarımın bilgisayar ortamında çeşitli yükler altında doğrulması ve üretime uygun tasarım yapılması için yine kalıplama için kullanılan simülasyon yöntemlerinin uygulanması yapılacaktır.

Şekil 4.3’de üretimde olan ağır ticari vasıtlarda farkı dinamik koşullarda ölçümler alınmıştır, dayanım testleri sırasında belirlenen kuvvetler araçlar üzerinden yapılan Ricardo GSQA ekipmanı ile yapılmıştır. Ölçüm sonuçları aşağıdaki gibidir,



Şekil 4.3 : GSQA dinamik vites efor sonuçları.

Şekil 4.4’de bilgisayar kontrollü test düzeneği görülmektedir, hareket bir servo motor yardımıyla yapmaktadır. Servo Motor dişli sonsuz vida ile tahriği ilettiği için hem topuzun her iki yönünden de kuvvet uygulamasına izin vermektedir.

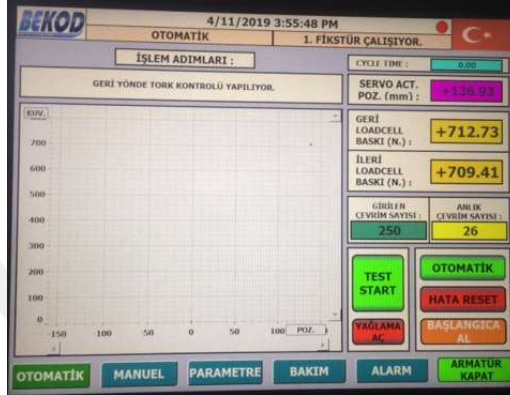


Şekil 4.4 : Test bankosu ve parçaları.

Vites topuzu yorulma testleri test bankosu üzerinde yapılması planlanmıştır. Uygulanan kuvvetin sürekli kontrolü için her iki yönde yerleştirilen strain-gage’lerden

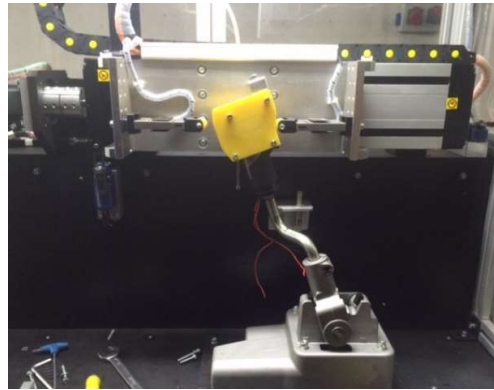
sürekli olarak kuvvet ölçülmektedir. Anlık olarak kuvvet ölçülerek maksimum ve minimum kontrol edilmektedir.

Şekil 4.5’da test ekipmanının kontrol ekranı görülmektedir. Her çevrimde ulaşılan en gerilme değeri gerilim ölçer üzerinden anlık olarak ölçülmektedir.



Şekil 4.5 : Program detay ekranı.

Şekil 4.6’de görüldüğü üzere her ileri ve geri hareketinde vites topunuzun bir çevrimlik ömür testi tamamlamış olacaktır. Çalışma anında testin hedeflenen zamanda bitmesi için her çevrimi yaklaşık 3 sn yapması gerekmektedir. Servo motor anlık olarak hız değerini değerlendirirse, 200 ms’lik bir gecikme ile bilgisayar servo motoru tahrik edebilmektedir. Bu yüzden anlık olarak ölçülen gerilmeler hedeflenen değerin %5’e kadar üstünde çıkmaktadır.



Şekil 4.6 : Test ekipmanı.

Mekanik yorulma testinin tasarım kriterleri arasında şanzıman ve vites mekanizmasının çevrim miktarı dizayn limiti olarak yer almaktadır. Maksimum vites değiştirme kuvveti olan 700 N’luk kuvvette 250 adet yapılarak müşterinin çarpması

veya hatalı kullanımı sırasında doğacak yüksek kuvvet düşük çevrim test edilecektir, 400 N'luk kuvvet ile 300.000 ve 200 N'luk kuvvet ile yapılacak çevrimler ile ömür testleri yapılmıştır.

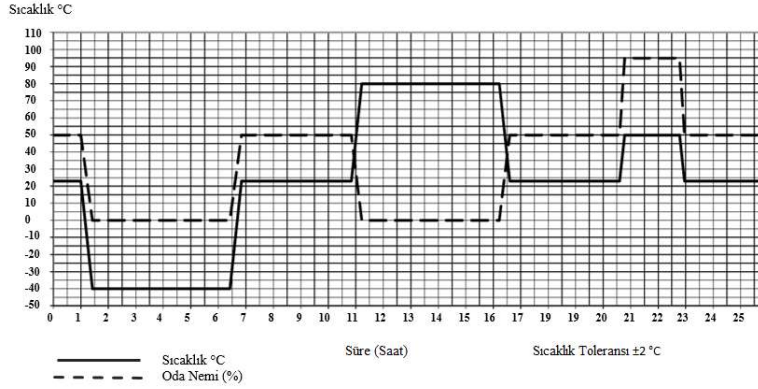
Mekanik çizilmelere karşı dayanım testler: Vites mekanizması çeşitli dış etkenlerden dolayı mekanik olarak aşınmalara dayanıklı olması aracın uzun dönemdeki ömrü için önemlidir. Bu yüzden de FLTM BI 106-01 nolu şartnamede belirtilen kontrol B metoduna göre testleri sorunsuz tamamlanması gerekmektedir.

4.3 Kimyasal ve Çevresel Testler

WSS-M99P2222-F1 standartında koku ve araç içindeki sis oluşu ile ilgili genel şartnameler verilmektedir. Bu şartnameye göre üretimden sonra malzeme 24 saat boyunca şartlandırılmış odada $23 \pm 2^{\circ} \text{C}$ 'de ve $\% 50 \pm 5$ bağıl nemde tutulması gereklidir, bir gün sonunda numune belirlenen PE kaplanmış alüminyum bir folyoya ile katılarak, ağzı hava almaz şekilde kapatılarak aynı gün içinde şirket bünyesinde agredide olmuş labavutara gönderilmelidir. Gönderilen numune $65 \pm 2^{\circ} \text{C}$ 'de ön ısıtma yapılmış fırına ağzı kapaklı bir cam kaba içine destile edilmiş 50 ml su ile konularak konumaktadır. Sonrasında 2 saat ± 10 dakika $65 \pm 2^{\circ} \text{C}$ 'de bekletiliyor ve koku testine alınmaktadır. Koku testi her tekrarında fırında 15 dakika bekletilmektedir. Bu test sonunda beklenen koku sıklası 3'den fazla olmaması beklenmektedir. Skalalar ve anlamları aşağıdaki gibi verilmektedir. Bu test en az iki farklı numune ile beraber 3 kez tekrarlanarak ortalama sonucu alınmalıdır. Kabul kriteri laboratuvar ortamında değerlendiriciler tarafından kontrol edilmektedir. Kontrollerde parça ısıtıldıktan sonra ortama verdiği sis miktarı ve koku kontrol edilmektedir. Test sırasında, oluşan sis ve koku miktarının en az olması durumunda 1 puan verilmektedir, herkes tarafından fark edilebilir ve rahatsız edici olması durumunda da en kötü puan 6 olarak verilmektedir.

Araç içi gövde parçası olduğunda dolayı parçanın yanmaya karşı olan dayanımı FMSS 302 VE 95-28-EC standartları sağlayabilecek şekilde seçilmektedir. Parçanın iç gövde de koku ile ilgili testleri de labratuvar ortamında FLTM-BO 131-01 numaraları test standartları ile sağlanmaktadır.

Şekil 4.7’de sıcaklık ve bağıl nem değişimi grafiği verilmiştir. Termal testleri neme ve sıcaklığa bağlı olarak belirlenen bir çevrim üstünden koşturulacaktır. Bu testteki amaç malzemenin sadece termal etkenler karşısındaki direncini anlayabilmektir. Bu ısı ve Neme bağlı çevrim aşağıdaki gibidir,



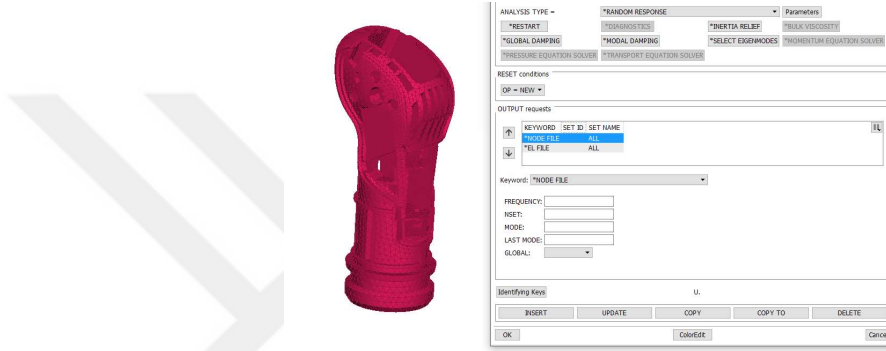
Şekil 4.7 : Sıcaklık ve bağıl nem değişimi.

- 1 Saat $+23$ °C ± 2 °C ve 50% oda nemi. (Normal hava koşullarında şartlandırılmış)
- 5 Saat -40 ± 2 °C (Aşırı soğuk hava koşullarında şartlandırılmış)
- 4 Saat 23 ± 2 °C and ve 50% oda nemi. (Normal hava koşullarında şartlandırılmış)
- 5 Saat 80 ± 2 °C (Aşırı sıcak hava koşullarında şartlandırılmış)
- 4 Saat 23 ± 2 °C ve 80% oda nemi. (Normal hava koşullarında şartlandırılmış)
- 1 Saat 50 ± 2 °C ve 95 ± 5 % oda nemi. (Sıcak hava koşullarında şartlandırılmış)
- 1 Saat 23 ± 2 °C ve 50 % oda nemi. (Normal hava koşullarında şartlandırılmış)

Blok olarak hızlandırılmış test sonunda çıkan parçaların tamamı uzun dönem ısı testine tabi tutulmuştur. Uzun dönem ısı testinde parçaları 7 gün boyunca $+80$ °C ile -2 °C arasında koşturulmaktadır. Parçaların testi geçip geçmediği görsel olarak kontrollerde deformasyon olup olmadığı, kullanılan elektrik anahtarlarının bozulup bozulmadığının kontrolleri ve çatlak kontrolleri sonrasında karar verilecektir.

5. SONUÇLAR

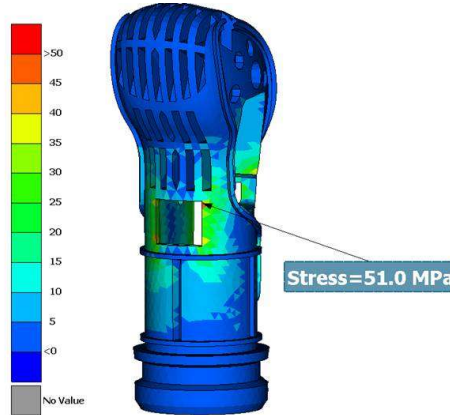
Şekil 5.1’de görüldüğü üzere analiz sonucu olarak en yüksek kuvvete göre sonuç alınması hedeflenmiştir.



Şekil 5.1 : Sonuç parametre ekranı.

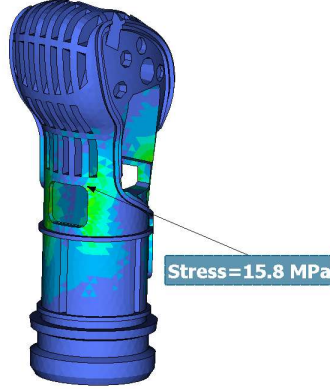
Analiz sonucunda şekil iterasyonu yapılmadan önceki halde uygulanan 700 N kuvvet ile en dar kesitte 51 Mpa’lık gerilme değeri okunmuştur. Malzemenin uzun dönem analizlerinde bu değerin akma sınırının üstünde olduğu görülmektedir.

Şekil 5.2’de görülen keskin köşeden kaynaklanan çentik etkisi ile beraber diğer bölgelere göre çok yüksek çıktığı görülmüştür.



Şekil 5.2 : Çentik etkisi gerilme değeri.

Şekil 5.3’de tekrar analizler tekrarlanmıştır, ikinci analizde görüleceği üzere gerilme değeriler düşerek 51 Mpa’dan 18 Mpa düşmüştür. Kalıp üzerinde yapılan düzeltme ile yapısal dayanım testleri tekrar başlatılmış ve daha önce 700 N kuvvette yaşanan hasar tekrarlanmayarak istenen 250’lik çevrimi tamamlamıştır. Aynı parçada ömür testleri de sorunsuz şekilde tamamlanmıştır.



Şekil 5.3 : İkinci analiz sonrası oluşan değerler.

Şekil 5.4’de 700 N yükleme altında kırılan parça görülmektedir. Her ne kadar malzeme akma mukavemetinin analiz sonucunda neredeyse yarısına, %50 hemli ortamda akma dayanımı 130 Mpa iken analizde 51 Mpa görülmektedir, parçanın hasarlanması ile sonuçlanmıştır.



Şekil 5.4 : 700 N yüklem altında kırılan parça.

Parçanın testleri esnasında sadece ana gövde test edilmektedir. Bu yüzden bu yüklemenin araçta ulaşılabilecek en yüksek değer olacağı bilinmektedir. Analizlerde benzer şekilde yapılmıştır. Kırılma bilgisayar destekli analizlerde görülen yerde başlamıştır. Sonucunda da gövdede hasar gerçekleşmiştir. 250 adet çevrimlik testte 26 çevrimde görülen hasar sonrası çentik etkisinin görüldüğü bölge düzeltilmiştir.

Şekil 5.5’de numunede kırılan bölge gösterilmiştir. Çatlak hemen çentik etkisinin başladığı yerden ilerleyerek vites kolu boyunca ilerlemiştir.



Şekil 5.5 : Kırılma bölgesi daire içine alınmıştır.

Taguchi parametrik kalıp analizi ile beraber çekintiler değerlendirilerek uygun besleyici tipi ve yönü seçilmiştir ayrıca parçayı destekleyici kaburgalarda çekintileri en düşük değere indirecek şekilde kalınlık atamaları yapılmıştır.

Şekil 5.6’da farklı parametreler ile kalıp ve iyileştirme etkileri karşılaştırılmıştır. Kalıp yolluk sıcaklığı 285, kalıp sıcaklığı 50 derece ve ütüleme basıncı da 20 bar seçilmiştir.

Deney no	A Kalıp yolluk Sıcaklığı	B Kalıp Sıcaklığı	C Ütüleme Basıncı	Yüzeyde çentik (5 en iyi 1 en
1	285	30	15	3
2	285	30	20	4,5
3	285	50	15	4
4	285	50	20	5
5	310	30	15	1
6	310	30	20	2
7	310	50	15	3
8	310	50	20	2,5

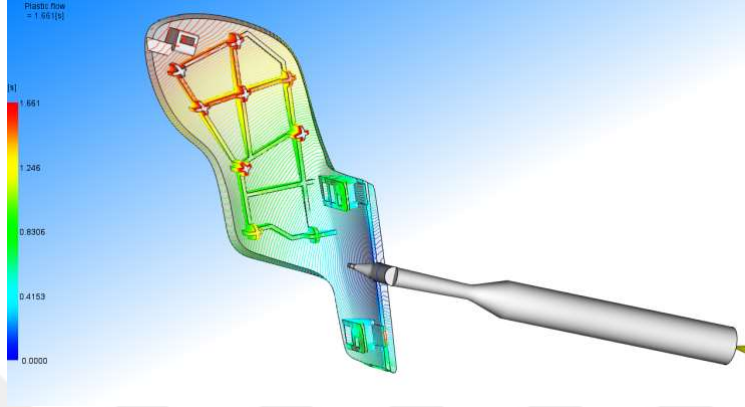
Şekil 5.6 : Taguchi parametrik tasarımı.

Şekil 5.7’de kalıp yolluk sıcaklığı 310 derecede yapılan sonrası yüzeydeki çekintiler görülmektedir.



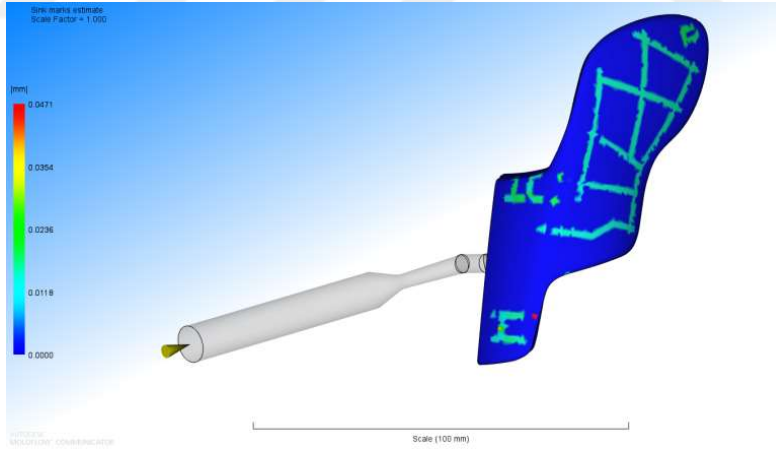
Şekil 5.7 : 310 derece enjeksiyon sıcaklığında yüzey görüntüsü.

Şekil 5.8’de bilgisayar destekli simülasyon sonucunda belirlenen enjeksiyon bölgesinde, kapaklarda çekinti yaşanmamış ve görsel olarak uygun parçalar üretilmiştir. Birim akış hızı analiz sırasında değerlendirilerek uygun bulunmuştur.



Şekil 5.8 : Moldflow akış hızı analizi.

Şekil 5.9’da sol ve sağ kapak için yapılan analizde kalıp çekintileri kontrol edilmiştir. Bilgisayar destekli analizler bu bölgelerde de kabul edilen seviyelerde çekintiler olduğu görülmüştür.



Şekil 5.9 : Moldflow çekinti analizi.

Türkiye’de ilk defa ağır ticari vasıtalarda kullanılmak üzere bir vites topuzu tamamen yerli ve milli imkanlar ile tasarlanmış, kalıpları testleri Türkiye’de yapılarak üretime hazır hale gelmiştir. Bu tezin konusu olan kısımda topuz tasarım ve kalıpları bitmiş, mekanik dayanım testleri tamamlanmış. Kimyasal ve ortam testleri de planlandığı şekilde devam etmektedir.

6. ÖNERİLER

Yapılan denemelerde taguchi yöntemi ile beraber kalıp tasarımında TPU malzeme ile yumşak malzeme bölgesinde yapılan iyileştirmeler planlanmış ve bunların görsellik üzerine etkisi araştırılmıştır. Parça kalitesine en fazla etki eden parametrelerde kaliteyi ve dayanımı etki edeceği için kaplama yapılan kapaklar ve gövde malzemesi seçilmiştir. Yapılan kalıp analizleri ve denemeler bu iki parça üzerinde yoğunlaşmıştır. Ayrıca topuzun dış görünüşüne etki eden ve yumşak dokunuşu veren polimerin-TPU'nun ticari ismi ile BASF elastollan LP9307 kalıplamadaki parametrik denklemlerinin incelenmesi PP üstüne kalıplanmasındaki kalıp parametrelerinin belirlenmiş, iki malzemenin üretiminde oluşan toplam yüzey deformasyonları parametrik etkileri tek tek araştırılmamıştır.

Mekanik tasarımda da yapılan CAE'de ve dayanım testlerinde ön kötü durumu analiz etmek için vites topuzu montajlı halde test edilmeyip sadece enjeksiyondan çıkan ana gövde test edilmiştir. Plastik malzemelerin analizlerinde kaset ve yan kapakların getirdiği mukavemet CAE analizlerini birden fazla değişken ile yapılmasını gerektiğinden ilgili matematiksel modelin kurulmasını ve yapılacak analizin çözülmesini zorlaştıracaktı. Bu yüzden analizi yalınlaştırmak amaçlı sadece PP6.6 malzemeli dayanım ve mukavemet testleri yapılmıştır. Tasarımcıların ilerleyen teknoloji ile beraber ağırlık azaltma ve birim maliyet avantajlarını değerlendirebilmek için kurulacak matematiksel modele montajlı analizi dahil ederek iyileştirilmiş bir tasarım yapılması mümkündür.



KAYNAKLAR

- [1]**Keller K., Verse P.** (2018) Ford *Restricted Substance Management Standart* (Rapor No. *WSS-M99P9999-A1.*) Ford Global Standartları.
- [2]**Technische Universität Dresden, , Insitut für technische logistik und Arbeitssystem** (2015). *Arbeitswissenschaft/Technische betriebsführung Fernstudium- Konultantion* [PowerPoint slides]. Retrieved from https://turesden.de/ing/maschinenwesen/itla/a iw/ressourcen/dateien/studium/skripteordner/fernstudium_arbeitsgestaltung_ss/fs_konsultation_1_ss15_awi.pdf?lang=en
- [1]**ISO** (2017). *Basic Human body measurements for technological design- Part1: Body measurement definitions and landmarks* (ISO 7250-1). Retrieved from <https://www.sis.se/api/document/preview/922251/>
- [3]**Chen W.-C., Fu G.-L.,Tai G.-L., Deng W.-J.** (2009). Process parameter optimization for MIMO plastic injection molding via soft computing. *Sciencedirect* Retrived 15.05.2019 from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417407005222?via%3Dihub#fig2>
- [4]**Huang M.-C., Tai C.-C.** (2001) The effective factors in the warpage problem of an injection-molded part with a thin shell feature. *Sciencedirect form:* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092401360000649X>
- [5]**Monte M.D., Moosbrugger E., Quaresimin M.** (2010) Influence of temperature and thickness on the off-axis behaviour of short glass fibre reinforced polyamide 6.6 – Quasi-static loading. *Sciencedirect form:* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359835X10000795>
- [6]**Kiatmanaroj S., Goodship V., Smith G.F.** (2003). Sandwich Injection Moulding of Thermosetting Materials. Part I: Initial Experiments (Vol. 2,No. 3, pp.177-185)Retrieved.from: <http://www.polymerjournals.com/pdfdownload/911129.pdf>
- [7]**Yang Y., Gao F.** (2006). Injection molding product weight: Online prediction and control based on a nonlinear principal component regression model. (Vol. 46,No. 4, pp.540-548)Retrieved.from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pen.20522>
- [8]**Arif M. F., Meraghni F., Chemisky Y., Despringre N.** (2014). In situ damage mechanisms investigation of PA66/GF30 composite: Effect of relative humidity. *Research Gate form:* https://www.researchgate.net/publication/259265940_In_situ_damage_mechanisms_investigation_of_PA66GF30_composite_Effect_of_relative_humidity

- [9]Launay A., Marco Y., Maitournam M.H., Raoult I. Szmytka F. (2010). Cyclic behavior of short glass fiber reinforced polyamide for fatigue life prediction of automotive components *form:* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705810000986>
- [10]Mlekusch B. (1999). Thermoelastic properties of short-fibre-reinforced thermoplastics *Sciencedirect form:* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026635389800133X>
- [11]BÖLÜM 7. PLASTİKLER (t.y.). Erişim: 20 Nisan 2019, <http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/70488/46137/plastikler.pdf>

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Selim MUTLU
Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul / 02.06.1983
Adres : ÜSKÜDAR/İstanbul
E-Posta : selimmutlu@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü
- **Yüksek Lisans:** İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Programı

MESLEKİ DENEYİM:

- ❖ **Haziran 2008–Devam Ediyor:** Ford Otosan
 - Şanzıman ve Vites Sistemleri Ekip Lideri– Makina Mühendisi