

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**2018 MODEL AĞIR TİCARİ ARAÇLARIN HAVA KUTUSU BRAKETİNİN
ELEKTRİK SOKETİ KAPAKLARINA ÇARPMASINI ÖNLEMELERİ AMACIYLA
YAPILAN TOLERANS OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ürfet Demirkan

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Malzeme ve İmalat Programı

Haziran 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**2018 MODEL AĞIR TİCARİ ARAÇLARIN HAVA KUTUSU BRAKETİNİN
ELEKTRİK SOKETİ KAPAKLARINA ÇARPMASINI ÖNLEMELİK AMACIYLA
YAPILAN TOLERANS OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ürfet Demirkan
(503111315)**

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Malzeme ve İmalat Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Adnan Dikicioğlu

Haziran 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503111315 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ürfet DEMİRKAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “2018 MODEL AĞIR TİCARİ ARAÇLARIN HAVA KUTUSU BRAKETİNİN ELEKTRİK SOKETİ KAPAKLARINA ÇARPMASINI ÖNLEMEK AMACIYLA YAPILAN TOLERANS OPTİMİZASYONU” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Adnan DİKİCİOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Şafak YILMAZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Selahattin YUMURTACI**
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **08 Mayıs 2018**
Savunma Tarihi : **07 Haziran 2018**





Aileme,



ÖNSÖZ

Mevcut pazarda sürekli gelişen otomotiv sektörüne paralel olarak gelişen kamyon pazarının müşteri beklentileri de çoğalmakta ve kalite algısı tıpkı otomobillerde olduğu gibi önem arz etmektedir. Yüksek lisans tezimde bu bağlamda kalite parametresi sayılabilecek olan elektrik soketleri kapaklarının filtre braketine çarpmasından dolayı ortaya çıkan tam açılmama veya açılıp takılma probleminin çözümü aranmıştır.

Yüksek lisans tezimi hazırladığım zaman zarfında desteğini ve yardımını benden esirgemeyen danışmanım sayın hocam Prof. Dr. Adnan DİKİCİOĞLU'na, tezimin hazırlarken bilgilerinden ve faydalı yönlendirmelerinden istifade ettiğim Ford Otosan A.Ş. Ürün Geliştirme Mühendisi ekip arkadaşım Özgür Cebeci ve Arda Aksungur'a, aynı şekilde çalışmanın ana konusunu oluşturan VisVSA programı çalışmalarında benden yardımlarını esirgemeyen sayın Bülent Çoban'a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak okul ve iş hayatım boyunca benden desteğini esirgemeyen aileme ve eşime teşekkürleri borç bilirim.

Nisan 2018

Ürfet Demirkan
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	1
1.2 Literatür Araştırması	2
2. HAVA EMİŞ SİSTEMİ	3
2.1 Hava Emiş Sisteminin Bileşenleri	3
2.1.1 Kirli Hava Borulaması	6
2.1.2 Hava Temizleyici	9
2.1.2.1 Hava filtresi	9
2.1.2.2 Hava kutusu	10
2.1.3 Temiz Hava Borulaması.....	11
2.1.3.1 Düşük Basınç Borulaması	12
2.1.3.2 Yüksek Basınç Borulaması.....	12
2.2 Hava Emiş Sistemlerinde Kullanılan Üretim Yöntemleri.....	14
2.2.1 Şişirme Yöntemi (Blow molding)	15
2.2.1.1 Enjeksiyon Şişirme Yöntemi (Injection Blowmolding)	16
2.2.1.2 Ekstrüzyon Şişirme Yöntemi (Extrusion Blow Molding)	18
2.2.2 Plastik Enjeksiyon Yöntemi	21
2.2.2.1 Malzeme Hazırlama.....	21
2.2.2.2 Enjeksiyon İşlemi	22
2.2.2.3 Montaj Hattı ve Kontrol	24
2.2.3 Kauçuk Enjeksiyon Yöntemi	24
2.2.3.1 Karıştırma	25
2.2.3.2 Bileşim Oluşturma ve Mekanik Doğrulama.....	25
2.2.3.3 Enjeksiyon	26
2.2.3.4 Çapak Temizleme ve Montaj.....	27
3. TOLERANS YÖNETİMİ	29
3.1 Tolerans Kontrolü	30
3.2 Tolerans Kontrol Yöntemleri	30
3.2.1 Doğrusal Tolerans Kontrolü.....	30
3.2.2 İstatistiksel Tolerans Kontrolü	31
3.2.3 Monte Carlo Simülasyon Methodu (VSA Method)	32

3.2.3.1 Geometrik Ölçülendirme ve Toleranslandırma for VSA.....	33
3.3 Form Kontrolleri.....	36
3.3.1 Doğrusallık	36
3.3.2 Düzlemsellik.....	36
3.3.3 Dairesellik	37
3.3.4 Silindiriklik.....	37
3.4 Oryantasyon Kontrolleri.....	38
3.4.1 Diklik.....	38
3.4.2 Paralellik.....	38
3.4.3 Açısallık	39
3.5 Pozisyon Kontrolleri.....	39
3.5.1 Pozisyon Toleransı	39
3.5.2 Eşmerkezlilik.....	40
3.5.3 Simetriklik	40
3.5.4 Kompozit Pozisyon Toleransı	41
3.5.5 Profil Kontrolleri	42
3.5.6 Kaçıklık Kontrolleri.....	43
4. VSA PROGRAMINA GİRİŞ	45
4.1 VSA Analizi	48
4.2 Fiziki Ölçümlerle VSA Analizi Doğrulaması	65
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	69
KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ.....	73

KISALTMALAR

NVH	: Noise Vibration Harshness
MAF	: Mass Air Flow
ECU	: Electronic Control Unit
EGR	: Exhaust Gas Recirculation
MAF	: Mass Air Flow
mm	: Milimetre
PA	: Poliamid
PE	: Polietilen
PM	: Partikül madde
PP	: Polipropilen
PU	: Poliüretan
PES	: Poliester
PCV	: Positive Crank Case Ventilation
CCV	: Crank Case Ventilation
HDPE	: High Density Polietilen
LDPE	: Low Density Polietilen
PET	: Polietilen Tereftalat
VisVSA	: Visual Variance Simulation Analysis
EPDM	: Ethylene Propylene Diene Monomers
AEM	: Ethylene Acrylate Rubber
VMQ	: Vinyl Methyl Silicone
M	: Metrik
Cpk	: Process Capability
CAD	: Computer Aided Design



SEMBOLLER

O_2 : Oksijen
 6σ : Altı sigma
 $^{\circ}C$: Derece Celcius





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : VSA yöntemiyle 2 boyutlu tolerans kontrolü arasındaki farklar	46
Çizelge 4.2 : VSA kontrol yönteminin yetenekleri ve faydaları	47
Çizelge 4.3 : Seri fazın başlangıcında gelen parçaların ölçüm sonuçları	67





ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Ağır ticari araçlarda hava emiş sistemi genel görüntüsü.....	3
Şekil 2.2 : Ağır ticari araçlarda kullanılan bir hava bacası.....	5
Şekil 2.3 : Ağır ticari araçlarda kullanılan plastik bir boru.	5
Şekil 2.4 : Ağır ticari araçlarda kullanılan hava bacası örneği.	6
Şekil 2.5 : Ağır ticari araçlarda kullanılan bir ön ayrıştırıcı örneği.....	7
Şekil 2.6: Ağır ticari araçlarda farklı taraflara konumlanmış hava bacası ve egzost örneği.	8
Şekil 2.7 : Ağır ticari araçlarda kullanılan bir hava filtresi örneği.	10
Şekil 2.8 : Ağır ticari araçlarda kullanılan bir hava kutusu örneği.....	11
Şekil 2.9 : Ağır ticari araçlarda kullanılan bir düşük basınç borusu.....	12
Şekil 2.10 : Ağır ticari araçlarda kullanılan bir yüksek basınç sıcak taraf hortumu..	13
Şekil 2.11 : Ağır ticari araçlarda kullanılan bir yüksek basınç soğuk taraf hortumu.	14
Şekil 2.12 : Hava emiş sisteminde kullanılan üretim yöntemleri arasındaki fark.	15
Şekil 2.13 : Enjeksiyon şişirme yöntemi şeması.	17
Şekil 2.14 : Ekstrüzyon şişirme yöntemi şeması.	19
Şekil 2.15 : Üç boyutlu ekstrüzyon şişirme yöntemi şeması.	20
Şekil 2.16: Ekstrüzyon şişirme ve enjeksiyon şişirme yöntemi arasındaki farklar ...	20
Şekil 2.17 : Plastik enjeksiyon yöntemi malzeme hazırlama.	21
Şekil 2.18 : Plastik enjeksiyon itici elemanları.....	22
Şekil 2.19 : Plastik enjeksiyon itici kısmının bölümleri.	22
Şekil 2.20 : Plastik enjeksiyon kalıba malzeme itilmesi (1).	23
Şekil 2.21 : Plastik enjeksiyon kalıba malzeme itilmesi (2).	23
Şekil 2.22 : Plastik enjeksiyondan elde edilmiş parçaların hattan inmesi.	23
Şekil 2.23: Plastik enjeksiyondan elde edilmiş parçaların temizlenmesi ve kontrolü.	24
Şekil 2.24 : Kauçuk enjeksiyon yöntemi malzeme karıştırma işlemi.....	25
Şekil 2.25 : Kauçuk enjeksiyon yöntemi haddeleme ve mekanik doğrulama.	26
Şekil 2.26 : Kauçuk enjeksiyon kalıba malzeme yollama.	27
Şekil 2.27 : Kauçuk enjeksiyon çapak temizleme ve montaj.	28
Şekil 3.1 : Tolerans yönetimi bileşenleri.	29
Şekil 3.2 : Tolerans yönetimi bileşenleri.	30
Şekil 3.3 : Doğrusal tolerans kontrolü örnek.	31
Şekil 3.4 : İstatistiksel tolerans kontrolü hesaplama.....	31
Şekil 3.5 : İstatistiksel tolerans kontrolü örnek.	32
Şekil 3.6 : Monte Carlo Simülasyon Metodu grafikleri.	33
Şekil 3.7 : GD&T sembolleri tablosu.	34
Şekil 3.8 : Limit toleranslama örneği.	35
Şekil 3.9 : Geometrik toleranslama tablosu.....	35
Şekil 3.10 : Geometrik toleranslama detaylarını gösteren örnek resim.....	36
Şekil 3.11 : Doğrusallık toleransı gösterimi.	36
Şekil 3.12 : Düzlemsellik toleransı gösterimi.....	37

Şekil 3.13 : Dairesellik toleransı gösterimi.....	37
Şekil 3.14 : Silindiriklik toleransı gösterimi.....	38
Şekil 3.15 : Diklik toleransı gösterimi.....	38
Şekil 3.16 : Paralellik toleransı gösterimi.....	39
Şekil 3.17 : Açısallık toleransı gösterimi.....	39
Şekil 3.18 : Pozisyon toleransı detayları.....	40
Şekil 3.19 : Eşmerkezlilik toleransı gösterimi.....	40
Şekil 3.20 : Simetriklik toleransı gösterimi.....	41
Şekil 3.21 : Kompozit pozisyon toleransı gösterimi.....	42
Şekil 3.22 : İki boyutlu profil kontrolleri gösterimi.....	43
Şekil 3.23 : Üç boyutlu profil kontrolleri gösterimi.....	43
Şekil 3.24 : Kaçıklık kontrolü gösterimi.....	43
Şekil 4.1 : VSA analizinin çıktılarının gösterimi.....	45
Şekil 4.2 : VSA analizinin sonuçlarının dağılım grafiği.....	46
Şekil 4.3 : Problemin görüldüğü bölgenin araç üzerindeki yeri.....	48
Şekil 4.4 : VSA analizine konu olan parçalar.....	49
Şekil 4.5 : Girişim probleminin prototip fazında çekilmiş resmi.....	50
Şekil 4.6 : Alternatif olarak sunulan elektrik soketleri.....	51
Şekil 4.7 : Girişim halinde bulunan paketin CAD detayları.....	52
Şekil 4.8 : Girişim problemi giderilmiş ilk opsiyon.....	53
Şekil 4.9 : VSA programına data atılması.....	54
Şekil 4.10 : VSA analizinde uygulanacak olan montaj sırası.....	55
Şekil 4.11 : VSA programında 3 boyutlu yüzey modelleme.....	55
Şekil 4.12 : VSA programında toleransları düzeltme.....	56
Şekil 4.13 : VSA programında montajı tanımlama işlemi.....	57
Şekil 4.14 : VSA programında analiz sonrası ölçü alma.....	58
Şekil 4.15 : VSA programında analiz ölçütlerini ve şartlarını belirleme.....	59
Şekil 4.16 : VSA programında analiz sonrası operasyon sonrası performans grafiği.....	60
Şekil 4.17 : VSA programında analiz sonucuna etki eden etkenlerin katkı miktarı.....	61
Şekil 4.18 : VSA programında denemesi yapılan son opsiyonun detayları.....	62
Şekil 4.19 : VSA programında 5000 ve 10000 iterasyonla denemesi yapılan opsiyonun sonuçları.....	63
Şekil 4.20 : VSA programında 20000 iterasyonla denemesi yapılan opsiyonun sonuçları.....	64
Şekil 4.21 : İlk araçta braketlerin ayakları arasındaki mesafe,soket kapakları braket ayakları arası mesafe ve kapakların açılması.....	65
Şekil 4.22 : İkinci araçta braketlerin ayakları arasındaki mesafe,soket kapakları braket ayakları arası mesafe ve kapakların açılması.....	66
Şekil 4.23 : Fiziki ölçümlerin konumları.....	67

2018 MODEL AĞIR TİCARİ ARAÇLARIN HAVA KUTUSU BRAKETİNİN ELEKTRİK SOKETİ KAPAKLARINA ÇARPMASINI ÖNLEMEK AMACIYLA YAPILAN TOLERANS OPTİMİZASYONU

ÖZET

Her geçen gün gelişen otomobil pazarının bir parçası olan kamyonlarda ergonomik kalite otomobillerde olduğu gibi önemli bir parametre haline gelmiştir. Bu durumu yıllardır süregelen kamyon pazarına bakarak anlayabiliriz.

Özellikle çekici tip araçlarda, fiyatın yanında dış görünüm, iç dizayn, araç iç ve dış ergonomisi daha da ön planda olmaya başlamıştır. Arkasına trailer diye tabir ettiğimiz römorku bağlanıp yük taşımacılığında kullanılan bu araçlarda, trailer yapılan ile göre araçtan çıkarılır ve başka bir trailer tipi takılabilir. Bu işlem sırasında trailer bağlı olan mekanik ve elektrik aksamaları da araçtan ayrılır. Bu işlemlerin bir kısmı elle veya otomatik olarak gerçekleştirilir.

Bu durum haricinde aynı şekilde araç üzerinde bulunan elektrik kaynağı, gerek trailerde, gerekse başka bir amaç için kullanılabilir. Kullanım sırasında şoförün zorlandığı bir durum ortaya çıkarsa bu durum müşteri memnuniyeti açısından olumsuz bir durum oluşturur.

Çalışma özelinde bu kalite parametrelerin biri sayılacak olan elektrik soketlerinin tam açılmasını sağlamak için yapılan revizyonlar incelenmiştir.

İlk durumda elektrik soketinin kapağı ile hemen üzerinde bulunan hava kutusu braketinin etekleri girişim halinde bulunmaktaydı. Zira bu durum ilk başta problem olarak bahsedilmemişti. Ancak prototip fazında bu durumun müşteri memnuniyeti açısından problem olacağı üst yönetim tarafından dile getirildi ve düzeltilmesi talep edildi.

İlk olarak braketin, soket ile girişim halinde olan bölgesi ve filtre ayağına kadar olan kısım traşlandı. Filtre ayağı geçilmedi, çünkü filtre ayağının oynatılması kalıp değişikliği ve ek maliyet demektir. Bu sayede her iki taraftan soket kapaklarına 2.4mm mesafe elde edildi. Bu aksiyonun performansı VisVSA tolerans analiz programında kontrol edildi. Elde edilen sonuçlarda alınan bu aksiyonun yeterli olmadığı, yapılacak olan 4 montajdan birinin tekrar filtre braketini ayağına takılacağı görüldü. Bu sonucun da şirketin beklentisi olan 6σ çıktıklarına uymadığı görüldü.

Bu sonucun üzerine soket kapağı ile filtre braketini arasında mesafeyi artırmak için filtre ayağına müdahale edildi ve aradaki mesafe 6.5mm'ye çıkarıldı ve sonuçlar tekrar incelendi. Bu sefer sonuçların 6σ çıktıklarına uyduğu görüldü.

Çalışma bu şekilde tamamlandıktan sonra araç üzerinde yapılan fiziki denemelerde de bir problem olmadığı görüldü ve çalışma bu şekilde tamamlandı.



A TOLERANCE OPTIMIZATION WHAT IS TO PREVENT AIRCLEANER BRACKET TOUCHES ELECTRICAL SOCKET BRACKETS ON 2018 MODEL YEAR HIGH COMMERCIAL VEHICLES

SUMMARY

As passenger cars have, the trucks have and air induction system too and system design really important for truck performance and NVH quality.

First of all, there is a maximum pressure drop target for the turbo efficiency and this effects the vehicle performance and fuel consumption.

Air induction system directly effects this target due to its design because air goes inside air induction system path, in order to prevent deviating from this target it must avoided from sharp bends and nonstraight and long routing.

Aircleaner is the most important member of the system and it has important roles for vehicle and driver. If the aircleaner is big enough, accordingly the service life of it will be longer and driver does not need to get clean it often, that means it will not cause more waste of time and not seen any wearing due to cleaning process.

Moreover volume of the aircleaners directly effect the system pressure restriction like other components of the system, smaller aircleaner volume is worse because it means bigger restriction for air flow.

Also NVH (noise vibration harshness) performance of the vehicle is related with aircleaner volume, bigger aircleaner volume is better for NVH performance, aircleaner volume works like an expansion chamber for the noise which is coming from turbo inlet or air which goes to the intake manifold.

Materials of the system parts are important as well due to effecting appearance of the parts. Some materials can be cause degradation under some hard conditions. Those conditions may be temperature, ozone effect, high pressure and chemical abrasion.

Outer parts which is exposed to the sunshine, may be face weathering issue, especially it might be a threaten for rubber parts. So natural rubber usage is not allowed in this condition. It may cause a unacceptable appearance for the customers, also it may progress to cracking by embrillement. In order to avoid this failure mode, natural rubber must reinforced by peroxide and other additives. There are much rubber materials like that.

Another failure mode is high temperature. Plastic or rubber parts may be close a heat source like exhaust manifold and exhaust gas recirculation pipes, accordingly part materials must be chosen this requirements.

For example, for the plastic parts, if the temperature is between 0-110°C, PE and PP can used, but the temperature is between 110-140°C, PP can be used by reinforced by talc and glass fiber. If temperature is higher than 140°C, PA and its reinforced

derivatives which is supported by talc and glass fiber, can be used. If any plastic materials are not suitable regarding temperature, aluminium or steel material can be chosen, those will be heavier but more durable for high temperature.

Another risk for the plastic and rubber materials is high pressure, it is valid for the parts which are connected after turbo charger part. Because of this risk, especially rubber parts are reinforced by textile pattern, there are different types of textile materials (polyester, kevlar, etc.). Generally textile material and number of pleats are defined by experimentally. If design fails under required pressure value, pleat number may be increased or stronger textile materials may be selected.

Final potential threat is chemical contaminants which are come from environment and engine rooms. For example, there is a port which called crank case ventilation that is connected to the air induction systems routing. It carries oil and fuel steam from oil pan, engine room and cylinder. These contaminants may harm to rubber parts like swelling and abrasion and leakage issue may be occurred. In order to prevent this problem, especially inner side of the pipe must be chemical resistant material.

On the other hand ergonomic quality is the one of the biggest parameter of the high commercial vehicles market what is raised day by day as passenger car market. We can recognize it by seeing to high commercial vehicle market, customer expectations are similar to passenger cars in truck market as well.

Truck manufacturer can provide different options on the vehicle attract the customers. For example, there is a sleeper cab option on the trucks, that means there is a inside the cabin just behind the driver and passenger side. Bed width may be important for the customers, because they are mostly using the vehicle on long way so that effects the comfort.

Outer appearance, interior design, interior and exterior ergonomi are being important beside cost for especially on tractor vehicles. There is a part which is called as trailer is connected to just behind the vehicle and it is attached or removed from the vehicle regarding content of the work. Duration of this action, electrical and mechanical features on the trailer split up the vehicle. These actions are taken by manual or automatically and it is expected that this operation should be easy enough for the driver to decrease problem may be taken after selling.

Electrical hub may be used on trailer or for another reason and if there is a problem or difficulty to use this source for driver, it would be negative sensation for customer satisfaction.

Specific to this study, the action what is implemented to provide to full opening the electrical socket cover, is investigated.

There was interference between the aircleaner bracket extension and socket covers and this status was not assessed as a problem by vehicle attribute team beginning of the study. However a collision and touch condition are observed by attribute team on second prototype phase of 2018MY vehicles and it was determined that it may be a problem regarding customer satisfaction. Thus upper management evaluate that it is not acceptable for customer expectation and they request to improve this condition.

First of all, the alternative electrical hubs are investigated by powertrain team and proposed some of them. But electrical team rejected those options by mentioning they were not suitable option for current connection strategy.

Moreover orientation options of the socket is tried to be changed but it did not help to provide full opening position as well.

Then extension of the aircleaner bracket is trimmed to create more space to socket cover opening zone. Filter leg assumed as limit due to avoid additional tooling change. By this action socket cover opening zone expanded to 2.4mm both side. This action analysed on VisVSA program and it is seen that trimmed area is not enough to provide 6σ output requirements. Analysis results showed that aircleaner bracket has interferences with socket covers on each one of 4 samples and it does not fit to the output requirement of the 6σ .

After that, filter leg shifted to right side to increase the clearance to 6.5mm between bracket and cover and package is run on VisVSA again and results are checked. It is seen that the results are fitted to the output requirement of the 6σ and the bracket is revised accordingly.

Consequently, best design option used on first serial production phase and checked opening performance of the sockets. It is seen that there is no interference or touch condition between the aircleaner bracket and sockets. Also measured clearance values between the parts were close to the analysis results. By this way new proposal has been verified by trials. You can see the pictures end of the report.

1. GİRİŞ

Ağır ticari ara diye tabir edilen araçlarda da ergonomik kalite ve konfor ticari olmayan binek araçlarda olduğu gibi 6nemli bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır.

Konfor ve kalite maddelerinden biri de müşterinin, 6zellikle ağır ticari aracı daha çok kullanan şof6r6n, aracın 6zelliklerinden yararlanırken yaşadığı zorlukların en aza indirgenmesidir diyebiliriz. Yani araçta bulunan fonksiyonların şof6r6 tatmin edecek derecede kolay ve ulaşılabilir olması 6nem teşkil etmektedir.

Bu parametrelerden biri de şof6r6n sık sık kullandığı elektrik soketine, ulaşımının kolay olmasıdır diyebiliriz. Zira bulunduğum şirkette bu problemi gidermek adına birçok ekibin katkısının olduğu, azımsanmayacak bir s6rede bu çalışma yapılmıştır.

Karşılaştığımız problem hava kutusu braketinin uzantısından dolayı, elektrik soketi kapaklarının hava kutusu braketine çarpması ve tam olarak aılamamasıdır. Bu problemi gidermek adına ilk olarak açılmaya engel teşkil eden braketin veya soketin konumunu değiştirme fikri değerlendirilmiştir. Ancak paketsel problemlerden dolayı bu değerlik yapılamamıştır.

Bu çıktıya istinaden soketin açılmasına engel olan filtre braketi kulağı yeterli miktarda traşlanmış ve VisVSA adı verilen tolerans analiz programında doğrulanmıştır.

Hemen ardından, yapılan bu analiz, seri 6retimden alınan parçalarla ile fiziki olarak da doğrulanmıştır. Çalışmanın detaylarını ilgili b6l6mde g6rebilirsiniz.

1.1 Tezin Amacı

Tezin amacı ergonomik kalite problemi ortaya çıkaran soket kapaklarını açılmasını engelleyen braket ayağının ne kadar traşlanması gerektiğini, herhangi bir 6retim denemesine gerek kalmadan belirlemektir.

Bu y6ntem uygulanırken Siemens şirketinin bir 6r6n6 olan VisVSA tolerans stack-up programı kullanılmıştır.

Bu program sayesinde toleransın başrolde olduğu buna benzer montaj problemlerinin önceden öngörölüp herhangi bir yatırım maliyeti olmadan çözülebilmektedir.

1.2 Literatür Araştırması

Bu tez için yapılan literatür araştırması, VisVSA programı özelinde yapılan çalışmanın içeriği çok bilinen bir bilgileri içermediğinden sınırlı kalmıştır.

Diğer bölümler içinse hava emiş sistemi için mesleki tecübeler, üretim yöntemlerinden blowmold ve plastik enjeksiyon yöntemleri için de mesleki tecübeler ve internette yer alan sunumlardan yararlanılmıştır.



2. HAVA EMİŞ SİSTEMİ

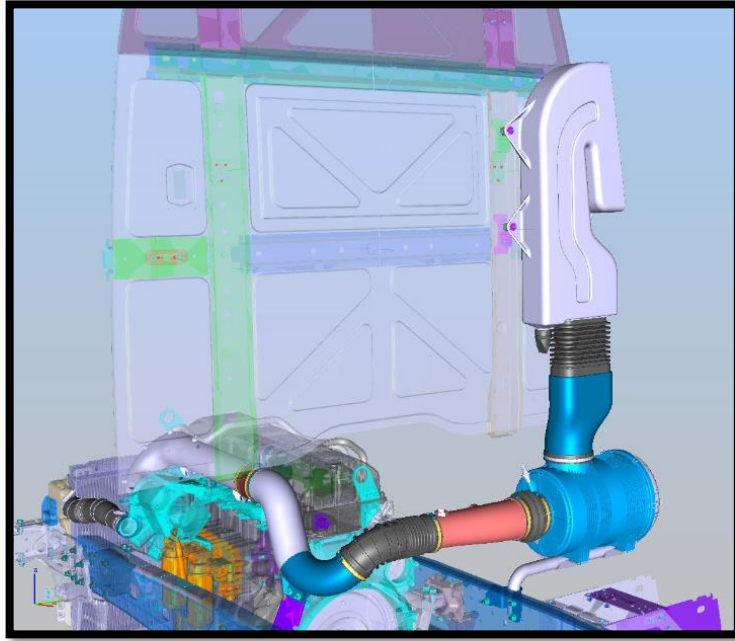
2.1 Hava Emiş Sisteminin Bileşenleri

İçten yanmalı motorlarda yanma olayının gerçekteşebilmesi için hava (O_2) ve yakıt (enerji kaynağına) ihtiyaç vardır. Yakıt tipleri motor tiplerine göre değışir. Genel olarak hava emiş sistemi bulduran motorlarda 3 tip yakıt kullanılır:

1. Dizel
2. Benzin
3. LPG

Her ne kadar yakıt sistemleri farklı olsa da bu motorlarda kullanılan hava emiş sistemleri konsept olarak çok benzerdir. Genel olarak hava emiş sistemleri kendi içinde 3 bölüme ayrılır[1]:

1. Kirli Hava Borulaması
2. Filtre
3. Temiz Hava Borulaması



Şekil 2.1 : Ağır ticari araçlarda hava emiş sistemi genel görüntüsü.

Hava emiş sistemi diğer sistemlerle entegre çalışan bir sistemdir. Dolayısıyla diğer sistemlerin de düzgün çalışabilmesi için hava emiş sisteminin de belli görevleri yerine getirmesi beklenmektedir.

Sistemden beklenen ilk gereklilik, sistemin basınç düşümünün azgari ölçüde düşük olmasıdır. Bunu tetikleyen performans çıktısı ise yakıt tkemi ve turbo verimidir. Bu da sistemi oluşturun unsurların ölçütlerine bağlıdır:

1. Borulamanı kesit alanı ve şekli
2. Borulamanın uzunluğu
3. Borulamanın doğrultusu

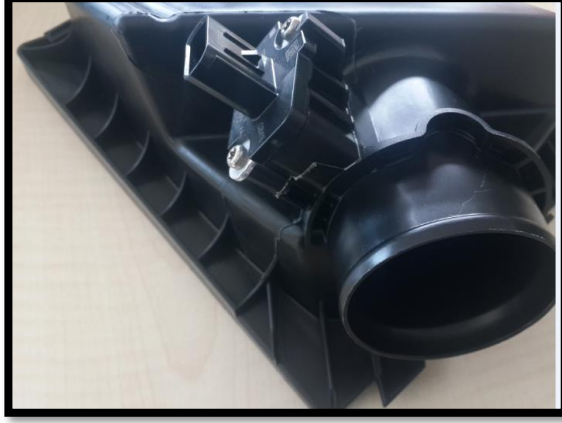
Borulamanın kesit alanının mümkün merteye, paketin ve diğer performans ölçütlerinin izin verdiği ölçüde büyük olması gerekiyor. Bu şekilde havanın hızı düşerek statik basınç artar, akış karakteristiği de düzeler, aynı şekilde önemli olan bir diğer nokta da akışının laminar akış sınırları içinde kalmasıdır. Havanın ilerleme hızının 10 m/s yi aşmaması sistemin tutarlılığı açısından önem arz etmektedir[1].

Bu mekanizma yine aynı şekilde turbo verimini de etkilemektedir. Zira havanın ilerleme hızının belirli bir değerin üzerine çıkmaması gereklidir. Kalibrasyon ekibinden gelen veriler doğrultusunda sistem tasarlanırken optimum bir basınç bir değeri hedeflenmektedir. şayet bu değerin üzerine çıkılırsa turbo verimi de azalmaktadır. Bu da sisteme gönderilen havanın az olması ve tork kaybı demektir.

Borulamanın uzun olması gürültü performansı NVH bakımından avantajlı olsa da basınç düşümü açısından dezavantajlıdır. Zira borulama ne kadar fazla olursa sistemdeki hava direnci bir o kadar artmaktadır[2].

Yukarıda anlatılan her iki hata modu sistemde yer alan MAF sensor tarafından tespit edilmekte ve aracın bu sensörün çıktısına göre yanıt vermesi sağlanır.

şayet sensör tarafından sistemin hava basıncının düştüğü tespit edilirse sensör ECU denilen kontrol ünitesine sistemden olması gerekenden hava az geçtiğini bildirmekte, ECU da bu veriye istinaden sisteme daha az yakıt ve hava göndermektedir.



Şekil 2.2 : Ağır ticari araçlarda kullanılan bir hava bacası.

Yukarıda anlatılan parametrelere ek bir parametre sistemin borulamanın doğrultusudur. Keza aynı şekilde borulamanın doğrultusu ne kadar düz ve yumuşak geçişli olursa sistemin hava direnci bir o kadar azalacak turbonun verimi de bir kadar artacak, buna bağlı olarak güç kaybı asgari düzeyde olacak ve yakıt tüketimi de bir o kadar azalacaktır.

Bu kısımda değinilmesi gereken bir diğer konu da borulama hattı üzerinde yer alan çap geçişleridir. Sistemde daha sonra anlatacağımız raf ürünü olan elemanlar kullanılabilir. Mali anlamda bu strateji bu makul bir seçim olmaktadır. Dolayısıyla sistemde kullanılan bu elemanların çapları da birbirleriyle uyuşmamaktadır. Farklı çapa sahip olan iki hattı birbirine bağlarken de çap geçişinin maksimum ölçüde yumuşak olması gerekir[2].



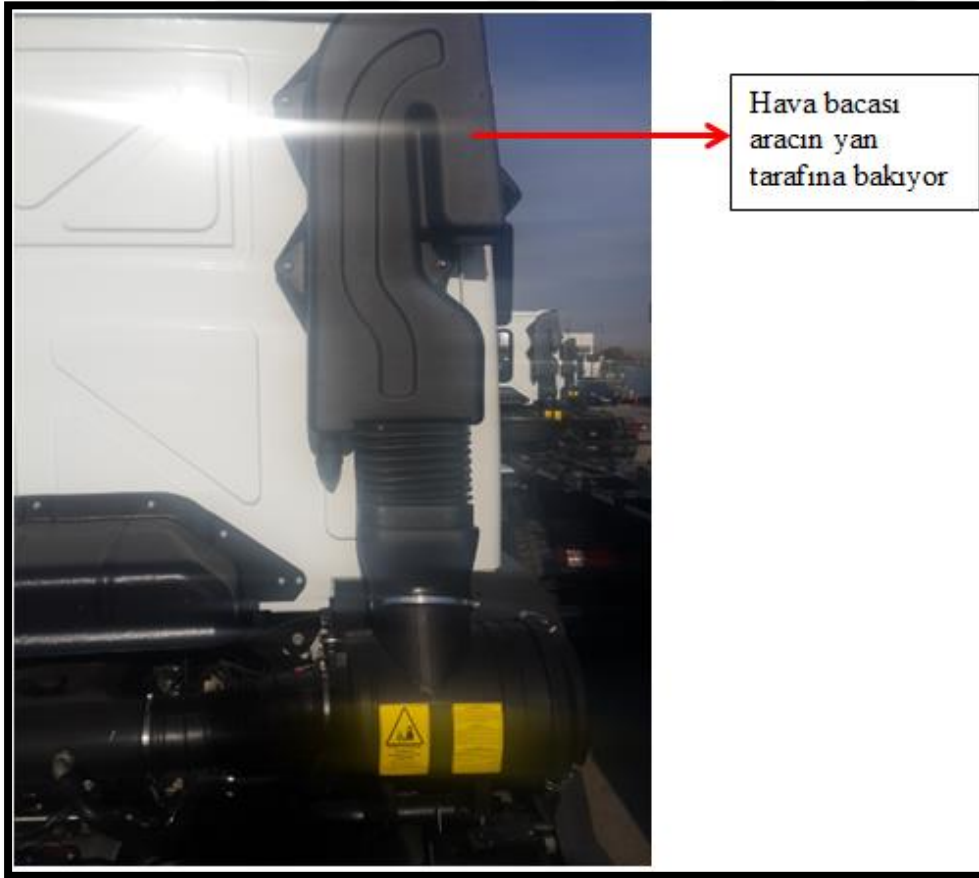
Şekil 2.3 : Ağır ticari araçlarda kullanılan plastik bir boru.

Şimdi hava emiş sisteminin sınıflandırmasına göz atabiliriz.

2.1.1 Kirli Hava Borulaması

Bu bölüm havanın sisteme giriş yaptığı ilk bölümdür. Filtreye kadar olan borulamayı kapsamaktadır. Bu bölüm genel olarak binek araçlar ve hafif ticari araçlarda kaput altında, motor kompartımanında kalırken, ağır ticari araçlarda ise genel olarak kabin gövdesinin arkasında yer almaktadır. Havanın sisteme ilk girdiği kısım hava bacası diye tabir edilen bölümdür ve genelde aracın yan tarafına bakacak şekilde konumlandırılır. Bu kısım tasarlanırken doğru yere konumlandırılması çok önemlidir.

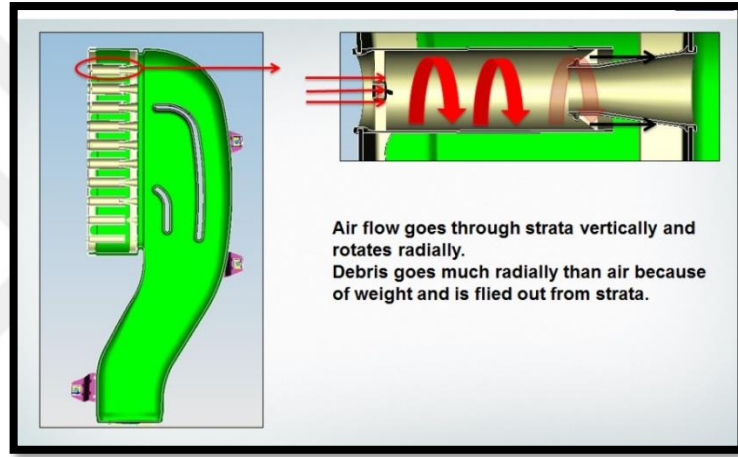
Hava bacasının sistemin kolayca hava çekebileceği yöne doğru konumlandırılması gerekir. Aşağıda bacanın aracın yanına doğru tasarlandığını görebilirsiniz. Çoğunlukla araç üreticisi farketmeksizin hava bacaları bu yönde konumlandırılmaktadır. Bazı araç üreticileri ise hava bacalarını daha temiz hava çekmesi için daha yüksek seviyeye konumlandırmaktadır. Bu tasarım daha maliyetli olduğundan, fiyat/fayda oranı yüksek olduğunda bütün üreticiler uygulamamaktadır[3].



Şekil 2.4 : Ağır ticari araçlarda kullanılan hava bacası örneği.

Kirli hava borulamasından beklenen bir diğer özellik de sisteme giriş yapan su ve toz partiküllerinin ön ayrıştırmasıdır. Bunun için hava bacasının girişinde ön ayrıştırıcı mekanizmaya sahip elemanlar kullanılmaktadır. Bu elemanlar piyasada farklı ticari isimlerle yer almış olup, fonksiyonları genel olarak benzerdir.

Aşağıda genel kullanımı olan bir hava bacasının girişine yerleştirilmiş bir ön ayrıştırıcı elemanın görüyorsunuz. Eleman üzerinde bulunan vortexlerden oluşuyor olup, santrifüj etkisiyle bünyesinde bulunan bu ve tozu duvarlara çarpıtılarak ayrıştırılmaktadır.[4]



Şekil 2.5 : Ağır ticari araçlarda kullanılan bir ön ayrıştırıcı örneği.

Bu mekanizmanın haricinde hava bacasının tasarımıyla da su ve toz ayrıştırma işlemi yapılmaktadır. Baca içinde duvarlar oluşturularak su ve tozun çarpmasını sağlayacak engeller oluşturulmaktadır. Ancak bu mekanizmaların olumsuz tarafı sistemin basınç düşümünü artırmalarıdır. Dolayısıyla ön ayrıştırıcı sistemi tasarlarken minimum basınç düşümü hedeflenmektedir.

Kirli hava borulaması ve sistemin geri kalanı konumlandırılırken gözönünde bulundurulması gereken bir diğer faktör de sıcaklık kaynaklarından olabildiğince uzak olmasıdır. Ortam sıcaklığı ile havanın motora giriş sıcaklığı arasında hedeflenen bir maksimum sıcaklık farkı hedefi vardır[2].

Bu hedeften yola çıkarak kirli hava borulaması konumlandırılırken gözönünde bulunması gereken önemli bir nokta da hava bacasının bulunduğu lokasyonun dikey

olarak konumlandırılan egzostun bulunduğu yönün tersine yönlendirilmelidir. Aksi takdirde hava bacasından sıcak ve pis hava girecek, yanma verimliliği azalacak ve filtre kirli hava yüzünden daha çabuk dolacak ve servis ömrü kısılacaktır[2].

Yine borulamanın filtreye kadar olan bölümleri de egzost manifoldu, susturucu, EGR hattı gibi sıcaklık kaynaklarından uzak olması veya izole edilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.6 : Ağır ticari araçlarda farklı taraflara konumlanmış hava bacası ve egzost örneği.

2.1.2 Hava Temizleyici

Sisteme kirli hava borusundan girip ön ayırıştırmaya tutulan havanın tam olarak temizlendiği bölümdür. Hava temizleyicisinde genel olarak 2 bölüm parça vardır [1]:

- Hava kutusu
- Hava filtresi

2.1.2.1 Hava filtresi

Bu bölüm selüloz bazlı kağıttan oluşmaktadır. Hava kutusundan içeri giren havayı üzerinde bulundurduğu gözenekler sayesinde temizlemektedir. Filtre kağıdı üretildiği gibi düz olarak kullanılmamaktadır. Filtreleme alanının yüksek olması için pile diye tabir edilen yapılar oluşturulmaktadır. Filtre elemanında hava geçirgenliği, toz tutma kapasitesi ve basınç düşümü gözönünde bulundurulması gereken birincil hedeflerdir. Bu parametlerin ayrıntılarına aşağıda gireceğiz.

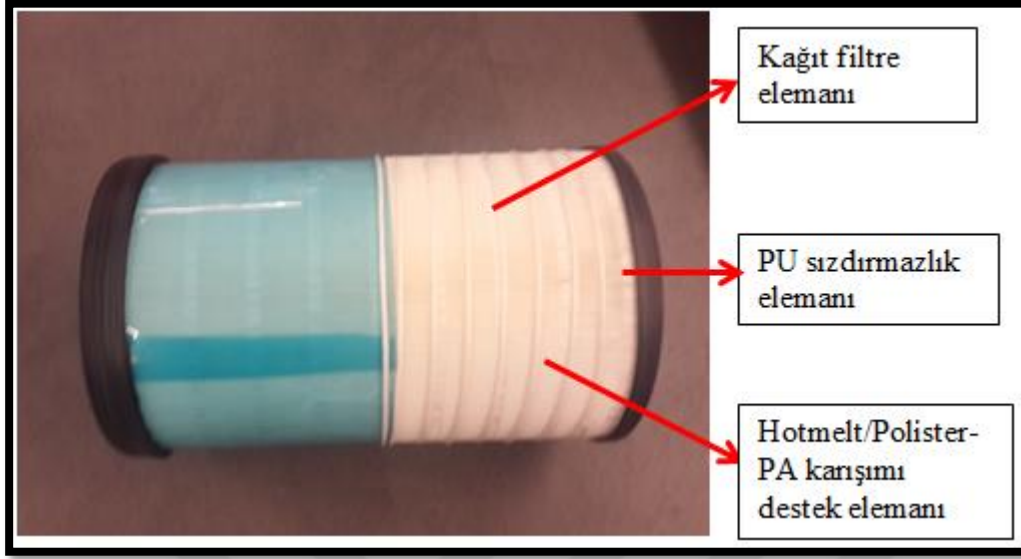
Filtrelerin geometrisi binek ve hafif ticari araçlarda panel filtre diye tabir edilen dikdörtgenler prizması şeklinde olup ağır ticari araçlarda silindirik yapıda olmaktadır.

Katlama yapılarak elde edilen filtre elemanını birarada tutmak için PU bazlı termoset malzemeler kullanılmaktadır. Pileleme işleminin hemen ardından edilen filtre elemanı PA malzemedeki işlenmiş kalıba dökülür ve filtre elemanı kalıba dökülmüş PU ya yerleştirilir ve kalıplama gerçekleştirilir.

Ayrıca filtre elemanının vakum ve nem etkisiyle dağılmasını önlemek amacıyla üzerinde metal veya hotmelt de denilen PA-PES bazlı destekler yer almaktadır.

Filtrenin birincil görevi turbo ve manifolda gitmemesi gereken tozu tutmaktır ve paketin izin verdiği ölçüde maksimum toz tutma kapasitesi hedeflenmektedir. Bu değer raf ürünü olan filtre elemanlarının performans kartında yer alır, üzerinden geçen havanın debisine göre değişmektedir.

Basınç düşümü de aynı şekilde elemanın performans kartında yer alıyor olup üzerinden geçen havanın debisine bağlıdır.



Şekil 2.7 : Ağır ticari araçlarda kullanılan bir hava filtresi örneği.

2.1.2.2 Hava kutusu

Hava filtresini muhafaza eden elemandır. Kirli hava ve temiz hava borulaması arasında köprü vazifesi görür. Malzemesi binek ve hafif ticari araçların neredeyse hepsinde plastik (PA ve PP türevi), ağır ticari araçlarda genel olarak plastik olup bazı durumlarda metal, iş makineleri vs. araçlarda ise genellikle metaldir.

Hava kutusu giriş ve çıkış olmak üzere 2 koldan dışarı açılır. Giriş kısmı kirli hava borulamasına, çıkış kısmı ise temiz hava borulamasına bağlanır.

Hava kutularının tasarımları da içinde bulundurduğu filtre elemanın şekline göre değişmektedir. Panel tip filtre muhafaza eden hava kutusunun şekli yine dikdörtgenler prizmasına benzer olup, içinde silindirik eleman bulunduran hava kutusunun şekli de silindirik tiptir.

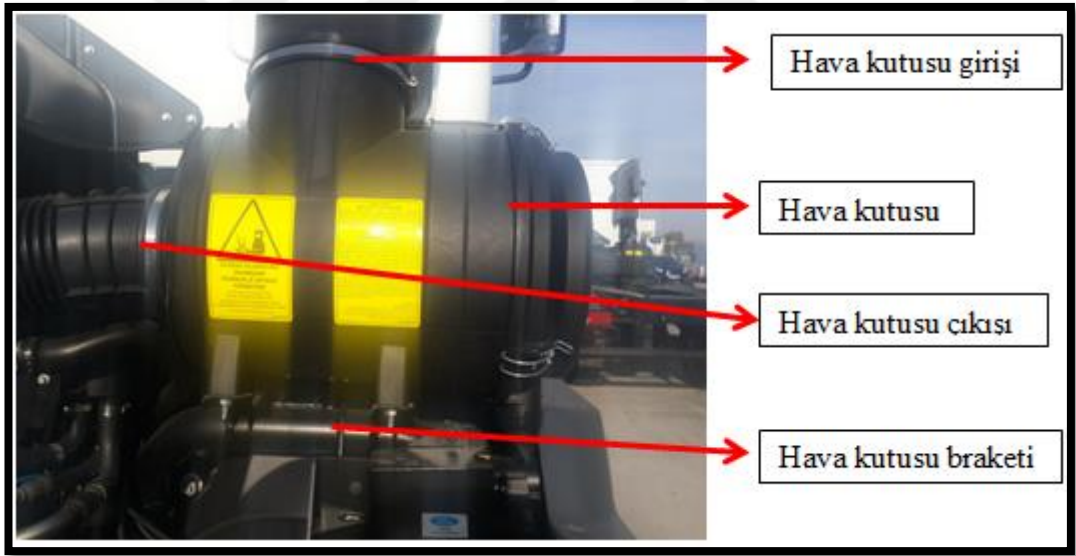
Hava kutusu girişinden içeri giren kirli havanın içindeki toz ve suyun bir kısmı filtre elemanına yapışırken bir kısmı da filtre kutusunun tasarımıyla oluşturulan santrifüj etkiyle duvar çeperine çarpıp hava kutusunun içine düşmektedir. Kutu üzerinde bulunan tahliye valfi de yabancı maddeleri kutunun dışına atmaktadır.

Hava kutusu hava filtresini muhafaza etmenin dışında aynı zamanda bir gürültü sönümleyici olarak görev alır. Dolayısıyla filtrenin hacminin maksimum mertebe yüksek olması gürültü açısından pozitif etkiye sahiptir.

Öte yandan gürültü dışında diğer bölümler de bahsettiğimiz basınç düşümü parametresi de filtre hacmi belirlenirken gözönünde bulundurulur. Zira hava kutusu hacmi ne kadar büyük olursa sistemde bulunan havanın direnci o kadar az olur.

Ağır ticari araçlarda hava kutusunun üzerinde, çıkış kısmında genel olarak filtrenin servis ömrünü gösteren (elektriksel ya da mekanik) sensör bulunur. Sensör hedeflenen basınç düşümüne ulaştığında filtre değişmesi için şoföre uyarı verir[2].

Hava kutusu sabitleme işlemi genel olarak metal braketlerle sağlanır. Teze konu olan metal braketlerin montajının Teamcenter programının tolerans kontrol modülü olan VSA programında, sanal ortamda yapılan tolerans analizidir.



Şekil 2.8 : Ağır ticari araçlarda kullanılan bir hava kutusu örneği.

2.1.3 Temiz Hava Borulaması

Hava filtresi ile turbo manifoldu arasında kalan borulamadır. Hava filtresinin temizlediği havanın izlediği yoldur. Bu hat üzerinde fren gibi temiz havaya ihtiyaç duyulan sistemlere besleme yapılır. Ayrıca geçen havanın debisini ölçen MAF sensörü de bu borulama üzerinde yer almaktadır.

Bazı durumlarda atmosfere verilen bazı durumlarda da sisteme tekrar dahil edilen motor yapı buharını sisteme veren bağlantı (PCV/CCV) bu kısımda bulunur.

Temiz hava borulaması aslında basıncı referans aldığımızda 2 grupta incelenir:

- Düşük basınç borulaması
- Yüksek Basınç Borulaması

2.1.3.1 Düşük Basınç Borulaması

Bu bölüm isminden de anlaşılacağı üzere turboya kadar olan düşük basınçlı borulamadır. Vakum etkisi vardır. Dolayısıyla bu kısımda kullanılan boruların maksimum vakuma dayanıklı olması gerekir.



Şekil 2.9 : Ağır ticari araçlarda kullanılan bir düşük basınç borusu.

2.1.3.2 Yüksek Basınç Borulaması

Bu bölüm isminden de anlaşılacağı gibi yüksek basınca maruz kalan borulamadır. Turbo ile intake manifold arasında yer almaktadır. Yüksek basıncın yanında yüksek sıcaklık faktörü de vardır.

İntake manifolda yanmak üzere gönderilen hava yanma veriminin yüksek olması için intercooler adı verilen soğutma elemanında soğutulur.

Bu bölüm de kendi içinde sıcak ve soğuk taraf olmak üzere 2 bölümde incelenir.

2.1.3.2.1 Yüksek Basınç Sıcak Taraf Borulaması

Bu bölümde hemen turbo çıkışı ile intercooler arasında yer alan yüksek sıcaklık ve yüksek basıncın yer aldığı kısımdır. Bu bölümde kullanılan malzemeler tekstil fiberli yapıda kompozit malzemelerdir.

Ayrıca bu kısım motor ile şasiye bağlı olan intercooleri birbirine bağlayan bir parça olduğundan ve motor ile intercooler birbirine göre relatif hareket ettiğinden dolayı bu hareket farkını sönmölemek durumundadır. Bunu yapabilmek için esnek boru ya uzun tutulur ya da boru üzerine körük yerleştirilir.

Yine aynı şekilde bazen hortum ile etrafındaki parçalar paketten dolayı birbirlerine olması gerekenden yakın olabilir. Hortuma uygulanan iç basınç ve basıncın hortumunu rotasını değıştirmesinden dolayı, mevcut olan mesafe dinamik durumda daha da azalabilir. Dolayısıyla 2 parça arasında temas durumu oluşur. Temas durumunda da parçalarda aşınma gözlemlenir. Bunu engellemek için hortumun dışına polyester ya da farklı bir malzemedan kılıf monte edilir. Aşağıda kılıf monte edilmiş hortumu görebilirsiniz.



Şekil 2.10 : Ağır ticari araçlarda kullanılan bir yüksek basınç sıcak taraf hortumu.

2.1.3.2.2 Yüksek Basınç Soğuk Taraf Borulaması

Bu bölüm yine yüksek basınca sahip ancak içinden geçen havanın sıcaklığının daha düşük mertebelerde olduğu bölümdür. Intercooler (Hava soğutucu) ile motor intake manifoldu birbirine bağlar.

Bu kısımda kullanılan parçaların sıcaklık dayanımı, yüksek basınç tarafına göre daha az olacağından maliyetten tasarruf edilebilir.

Ek olarak bu borulamada göreceli hareket (motor ve şasi) olduğundan, parçaların olması gerekenden daha uzun olması veya körüklü yapıya sahip olması gerekliliği mevcuttur. Bu parçaların düz kısımlarında da yüksek basınçta olduğu gibi kılıf tipi yapılar olabilir.



Şekil 2.11 : Ağır ticari araçlarda kullanılan bir yüksek basınç soğuk taraf hortumu.

2.2 Hava Emiş Sistemlerinde Kullanılan Üretim Yöntemleri

Hava emiş sisteminde en çok plastik malzemeler kullanılır. Bu malzemeler çoğunlukla termoplastik malzemeler olup, elastomerler ve termoset malzemeler de yaygın olarak kullanılır.

Plastik malzemeler dışında özellikle destek elemanlarında metal malzemeler de sıklıkla kullanılmaktadır.

Üretim yönremi olarak plastik malzemelere ve dairesel profillere en uygun üretim yöntemi olan şişirme (blowmolding) yöntemi, şişirme yönteminin yetersiz kaldığı

durumlarda plastik enjeksiyon yöntemi ve yine dairesel geometrili ve yıllık adetlerin az olduğu projelerde de savurma (rotamold) yöntemi kullanılır.

Hammaddenin kauçuk grubundan olduğu durumlarda ise kauçuk enjeksiyon, kauçuk ekstrüzyon, sıkıştırma ile kalıplama (compression molding) ve sarma yöntemi kullanılır.

Bahsettiğim bu üretim yöntemlerinin en çok kullanılanların detaylarına ileriki bölümlerde değinmeden önce aşağıdaki karşılaştırma tablosunda en çok kullanılan 3 üretim yönteminin çeşitli parametrelere göre karşılaştırma tablosunu Şekil 2.12'de görebilirsiniz[5].

	Tooling Cost	Cycle Time	Part Price	Finish Cost	Tolerance Control	Physical Property
Blow Molding	3	2	2	2	2	2
Injection Molding	4	1	1	1	1	1
Thermoforming (Twin Sheet)	2	3	3	4	3	3
Rotocasting	1	4	4	3	4	4

1 indicates the best or least costly method
4 indicates the worst or highest cost method
*Assumes that a part can be produced by any of these four methods.

Şekil 2.12 : Hava emiş sisteminde kullanılan üretim yöntemleri arasındaki fark.

2.2.1 Şişirme Yöntemi (Blow molding)

Blowmolding içi boş olan parçaları üretmek için kullanılan üretim yöntemidir. Bu üretim yöntemi 1900'lü yıllarda cam şişirme yönteminden esinlenilerek ortaya çıkmıştır. En başta plaka formundaki parçaları ısıyla şekillendirip istenilen formu verme şeklindeydi, daha sonra plastik parçaları eritip parçaya istenilen şekli verme safhasına geçmiştir [5].

Bugünkü kullanılan malzemelerde ilk olarak LDPE bu üretim yönteminde kullanılmaya başlanmıştır. Bu malzeme ev ürünlerinin oluşturduğu plastik şişelerde çokça kullanılmaya başlanmıştır [5].

Yüksek yoğunluklu politetilen malzemesinin keşfinden sonra da bu üretim yöntemi süt şişeleri gibi üretim adedi oldukça yüksek olan ürünlerde kullanılmıştır.

Ardından PET malzemesi bu yönteme uygun bir hale evrilmiş ve bugünkü bugünkü bildiğimiz gazlı içecekler vs. şişelerin yapımında kullanılmıştır.

Hemen ardından Polipropilen malzemesinin de blowmold için de evrilmesinden sonra bu malzeme de sıklıkla blowmold yönteminde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır.

Hava emiş sistemlerinde en çok kullanılan blowmold malzemesi PP ve PE'dir.

Blowmold uygulama yöntemi açısından ekstrüzyon ve enjeksiyon blowmolding metodu olarak ikiye ayrılır, detaylarına değinmeden önce bu 2 yöntem arasındaki en belirgin fark enjeksiyon yöntemiyle elde edilen parçalar ekstrüzyon yöntemiyle elde edilen parçalara göre daha küçük ve girintili ve çıkıntılıdır. Ekstrüzyon blowmolding yönteminin yetersiz kaldığı durumlarda bu yöntem kullanılır. Daha dar toleransı gerektiren parçalarda, geometrilerde kullanılır[5].

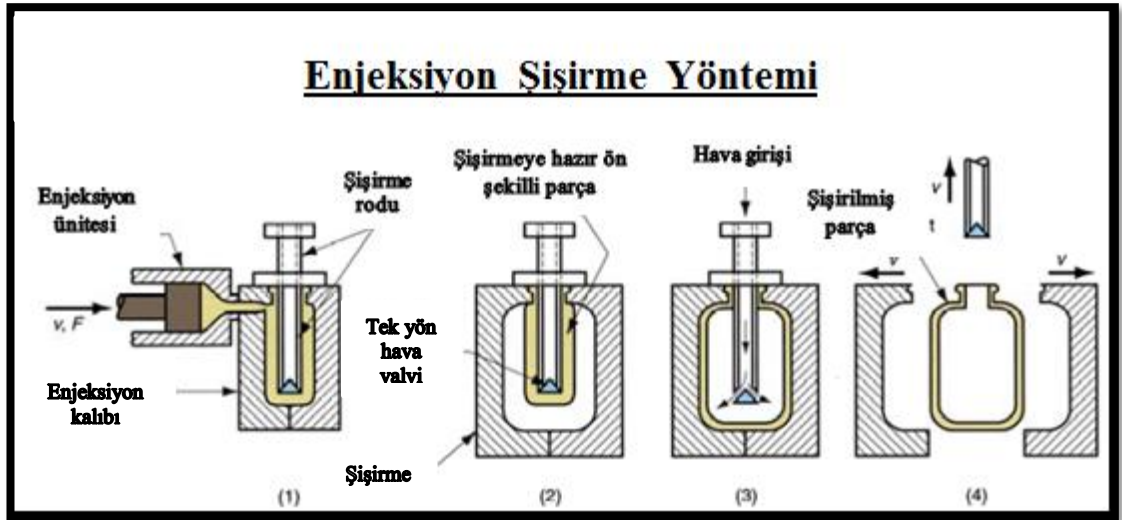
Ayrıca PET ve PS gibi bazı malzemelerin ekstrüzyon blowmoldingde üretilebilirliği çok zordur. Bu yüzden bu malzemeler söz konusu olduğundan enjeksiyon blowmolding metodu uygulanır. Ayrıca enjeksiyon blowmold'dan alınan parçalar çapaklı çıkmazken, ekstrüzyon blowmoldingden alınan parçalar çoğunlukla çapaklı olup temizleme işlemine ihtiyaç duyarlar.

Enjeksiyon blowmolding metodunun kalıbı daha karmaşık ve gelişmiştir, fakat aynı zamanda parça başına operasyon süresi daha kısadır.

2.2.1.1 Enjeksiyon Şişirme Yöntemi (Injection Blowmolding)

Bu yöntemde şişirilecek olan hammadde plastik enjeksiyon yönteminde olduğu gibi bir ısıtıcı bir extruder yardımıyla yüksek basınç altında eritilir. Daha sonrasında bir enjeksiyon ünitesiyle parçanın ön form kalıbına yönlendirilir. Bu noktada ön form kalıbı olarak bahsettiğimiz kalıp, genellikle soğutma donanımı olmayan bir enjeksiyon kalıbıdır. Parça burada ön şeklini alır ve hemen ardından kısa bir süre içinde blowmold kalıbına aktarılır. Aktarma sırasında parçayı tutan destekleyen kısma şişirme rodu adı verilir. Birden fazla kalıp montajından oluşan düzenekte bu parça, ara ürün veya son ürünle beraber dönme hareketi yapar.

Şişirme kalıbına alınan enjeksiyon çıkmış, esnekliğini ve ısını henüz yitirmemiş parçaya şişirme rodundan yüksek basınçlı hava verilir ve parça burada son şeklini alır. Ardından blowmold kalıbı açılır ve ürün kalıp içinden alınır. Bu prosesi Şekil 2.13'de görebilirsiniz[6].



Şekil 2.13 : Enjeksiyon şişirme yöntemi şeması.

Bu döngü kalıpta devam eder. Kalıp montajında açıklamada da bahsettiğimiz enjeksiyon ve şişirme kalıpları entegredir. Kalıbın çok detaylı resimlerini internetten ve ilgili makinenin üreticilerinden ulaşabilirsiniz.

Bu üretim yönteminin birçok avantajı vardır [4]:

- Boyunlu parçaların üretimi bu yöntemle çok kısıtlı toleranslarda elde edilir.
- Üretim işleminden sonra herhangi bir traşlama vs. görülmez.
- Tekrarlanabilir bir işlemdir.
- Üretilen parçanın yüzey kalitesi çok iyidir.
- Uygulanabileceği malzeme yelpazesi çok geniştir.
- İçi boş olan parçalar üretilir.
- En düşük çap/en büyük çap oranı oldukça düşük olan parçalar bile bu yöntemle sorunsuz üretilir.
- Birden fazla malzeme tek bir parçada entegre kullanılır.
- Enjeksiyon üretim yöntemine göre daha ucuz bir metoddur.

Bu üretim yöntemi konunun başında da belirttiğimiz gibi PET malzemelerden elde edilen gazlı içecek şişelerinin üretiminde kullanılmaktadır. Sistemin yatırım maliyeti bir hayli fazla olduğundan üretim adetleri çok yüksek olduğunda fizibil olmaktadır.

Yine bu noktada Şu bilgiyi vermek yararlı olacaktır. Bu yöntemle üretilen parçanın et kalınlığı belli değerin altında ve form olarak daha basit bir parça ise termoforming adı verilen ısıyla Şekil verme üretim yöntemi kullanılır. Zira bu üretim yönteminin yatırım maliyeti enjeksiyon Şişirme yöntemine oranla çok daha düşüktür.

Hava emiş sisteminde yer alan parçalarda enjeksiyon Şişirme yöntemi neredeyse hiç kullanılmaz.

Bu üretim yönteminin avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır [5]:

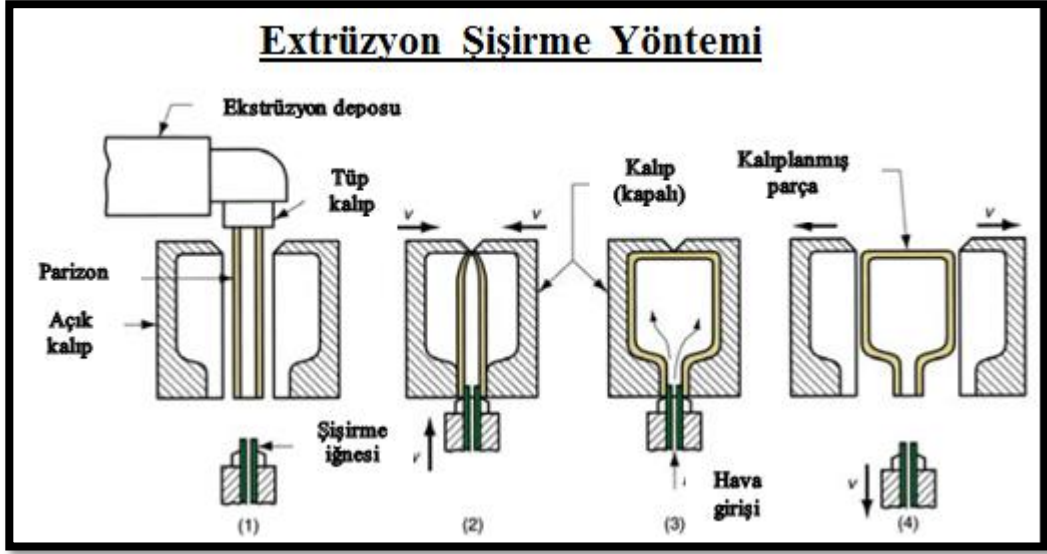
- Şayet parçada herhangi bir tutamak yapısı varsa elde edilmesi zordur.
- Parça eliptikse büyük çap/küçük çap oranı azami 3 olabilir.
- Parçanın çap/boy oranı azami 12 olabilir.

2.2.1.2 Ekstrüzyon Şişirme Yöntemi (Extrusion Blow Molding)

Bu yöntemde enjeksiyon yönteminde olduğu gibi karmaşık bir kalıp yapısı yoktur. Enjeksiyon kalıbı sistemde yer almaz sadece ön Őekillendirme sağlayan tüp kalıp ve parçanın ŐiŐmesini sağlayan Şişirme kalıbı sistemde yer alır. Parçanın hammaddesi ekstrüzyon fiçisi adı verilen haznede eriyik halde bulunur, ardından ön Őekillendirme için tüp kalıp vasıtasıyla silindir Şeklinde ekstrüze edilir. Bu noktada malzeme sıcaklığı ortalama 100°C derece civarında, yarı sıvı haldedir [5].

Parça tüp kalıp üzerindeyken Şişirme kalıbı tüp kalıp üzerinde kapanır, kalıp kapandığında parçaya tüp kalıptan hava basıncı verilir ve yarı eriyik parça kalıp cidarlarına yapışarak son ürüne benzer bir ürün ortaya çıkar. Şişirme işleminden sonra kalıbın tipine göre(bazı kalıplar bünyesinde soğutma sistemi bulundurur, bazıları bulundurmaz) para soğutulduktan sonra parçanın fazlalık kısımları traŐlanır ve son ürün ortaya çıkar.

Şekil 2.14'de ekstrüzyon Şişirme işleminin nasıl yapıldığını görebilirsiniz[6].



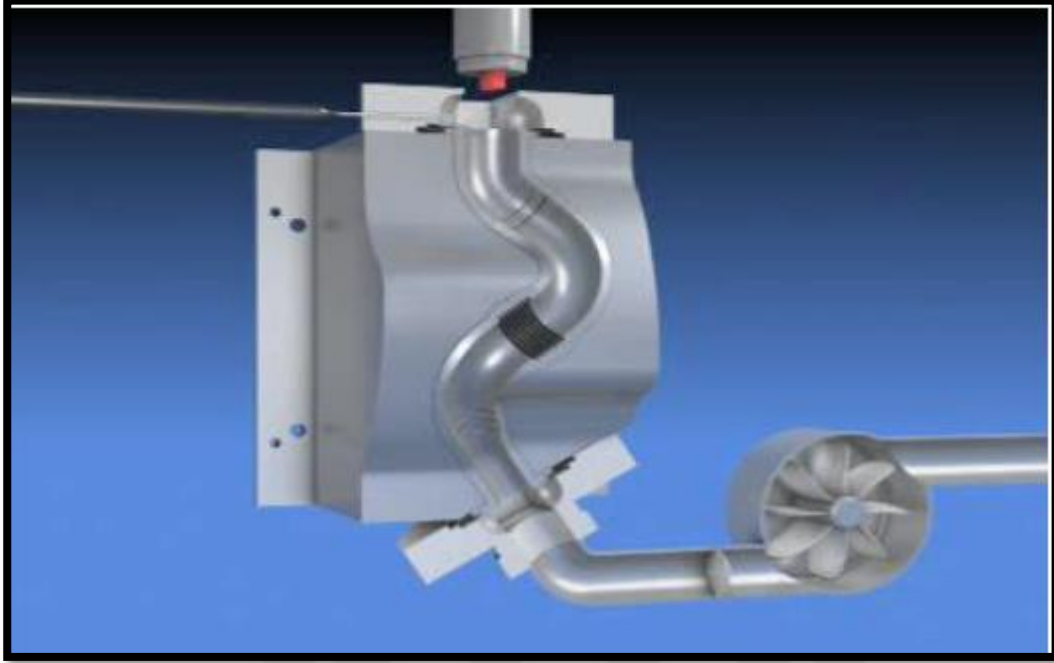
Şekil 2.14 : Ekstrüzyon şişirme yöntemi şeması.

Hava emiş sisteminde yer alan parçaları büyük ölçüde ekstrüzyon blowmolding ile üretilir. Plastik enjeksiyon üretim yöntemine göre yatırım maliyeti düşük olup, birim maliyet daha yüksektir. Ekstrüzyon şişirme yönteminde kullanılan başlıca malzemeler PE türevleri, PP ve PA'dır. Bazen de amaca uygun olarak hibrit malzemeler kullanılarak parça üretilir. Bunlardan bazıları PP-EPDM, cam veya pudra katkılı PP'dir.

Diğer üretim yöntemlerinde olduğu gibi her parça her üretim yöntemiyle elde edilemez, bu yöntem özelinde de her içi boş parça blow mold yöntemiyle elde edilebilir diyemeyiz. Zira üretim şemasından da anlaşılacağı gibi parça üzerinde bulunan kalıp ayırım çizgisinde aykırı olan uzantılar kalıptan çıkarılamaz, parça kalıptan çıkarken ya da kalıp parçadan çıkarken giriş olabilir.

Bahsi geçen ekstrüzyon şişirme yöntemi aslında 2 boyutludur diyebiliriz. Yani parçanın üçüncü bir ekseninde daha yüksek bir hacmi var ise parçanın şişmesi oldukça güçleşir, zira parça şişirildiğinde yeterli et kalınlığı sağlanamaz veya gövdesinde kopmalar olabilir. Bu gibi geometriler için ekstrüzyon yöntemi vakumla desteklenir ve malzemesinin akması kolaylaşır. Bu sayede en karmaşık geometriler bile bu yöntemle şişirilebilir. Tabiki tahmin edebileceğiniz gibi bu yöntemin yatırım maliyeti geleneksel şişirme yönteminde göre daha az olup, enjeksiyon yöntemine göre daha ucuzdur.

Şekil 2.15’de 3 boyutlu veya vakumla desteklenmiş şişirme yönteminin ana hatlarını görebilirsiniz [7].



Şekil 2.15 : Üç boyutlu ekstrüzyon şişirme yöntemi şeması.

Şekil 2.16’da enjeksiyon blowmold metodu ile ekstrüzyon şişirme metodu arasındaki farkı görebilirsiniz.

TABLE 7-2 Molding Process Comparison		
	Extrusion Blow	Injection Blow
L/D ratio	25:1 or more	12:1 need development
Elliptical ratio	12:1 or more	3:1
Blow-up ratio	20:1 or more	3:1
Handeware	Yes	No
Offset neck	Yes	No (development)
Tooling cost	Low	2.5-3 times cost of extrusion blow
Number of parts/year	Low	7,000,000 or more
Neck finish and tolerance	Limited	Superior
Bottle size-high volume advantage	Over 16 oz (0.473 L) small neck Over 32 oz (0.946 L) medium neck Over 1 gal (3.8 L) wide neck	16 oz and under 32 oz and under 1 gal and under
Materials		
Styrene	Very poor	Excellent
Polypropylene	Good	Excellent
PVC - small	Excellent	Excellent
PVC - large	Excellent	(To be developed)
Polycarbonate	Good	Excellent
HDPE	Excellent	Excellent
Barex	Good	Excellent

Şekil 2.16 : Ekstrüzyon şişirme ve enjeksiyon şişirme yöntemi arasındaki farklar

2.2.2 Plastik Enjeksiyon Yöntemi

Bu üretim yöntemi hayatın birçok alanında kullanılan ürünlerin elde edilmesinde kullanılır ve şişirme yöntemine göre daha çok bilinen bir yöntemdir. Bu yüzden bu yöntemi şişirme yöntemi kadar detaylı incelemeyeceğiz.

Enjeksiyon yöntemi temel olarak 3 temel safhadan, adımdan oluşur [7]:

- Malzeme hazırlama
- Enjeksiyon işlemi
- Montaj hattı ve kontrol noktaları

2.2.2.1 Malzeme Hazırlama

Malzeme hazırlama kısmından malzemeler granül halinde fabrikaya giriş yapar ve depolanır. Hava emiş sistemi parçalarında enjeksiyon yönteminde PP, PA ve HDPE ve bu malzemelerin katkılı türevleri (cam veya pudra katkılı) kullanılır.

Üretimde kullanılacak olan malzemeler enjekte edilme işlemine hazırlık olarak nemlerinin alınması için fırınlara alınır.



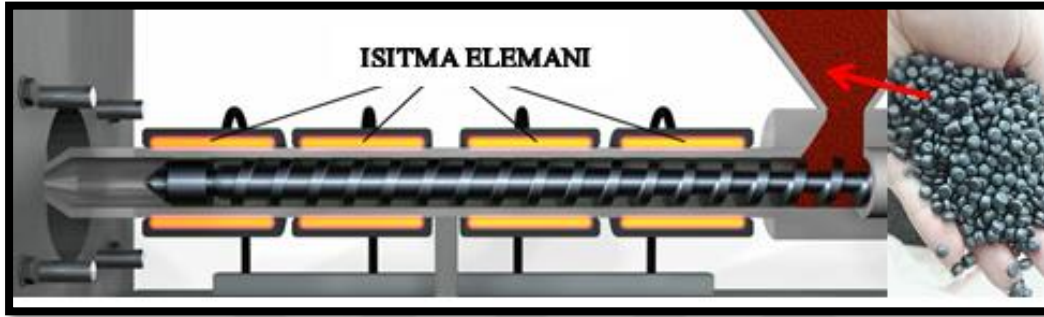
Şekil 2.17 : Plastik enjeksiyon yöntemi malzeme hazırlama.

2.2.2.2 Enjeksiyon İşlemi

Enjeksiyon yöntemi isminden anlaşılacağı üzere eriyik plastik bir malzemenin bir kalıp içine enjekte edilmesi yöntemidir.

Bu yöntemle termoplastiklerden elastomerlere, cama kadar birçok malzeme basılabilir.

Granül halinde nemden arındırılmış olan malzemeler vida formunda olan bir rod vasıtasıyla rodu barındıran bir silindirin içinde, ısıtıcılar vasıtasıyla eritilerek itilir.



Şekil 2.18 : Plastik enjeksiyon itici elemanları.

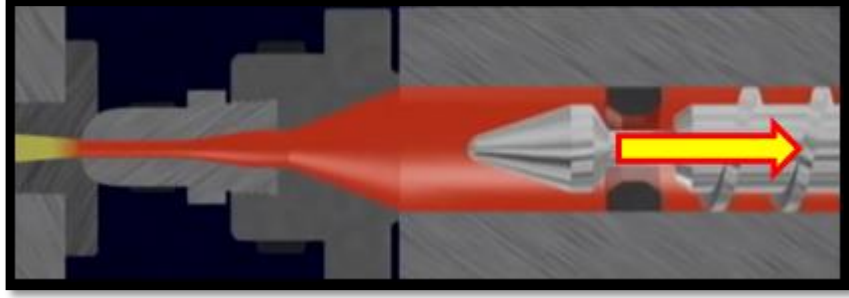
Rod yapısı itibariyle değişken çapa, diş derinliğine sahip bir formdadır. Bu formu sayesinde malzemenin basınçlı olarak kalıba gönderilmesi sağlanır.

Şekil 2.19’da göreceğiniz üzere granül malzemenin kalıba ilk girdiği hacim, besleme hacmi, sonraki hacim malzemenin eridiği geçiş hacmi, en soldaki hacim ise ölçme ve basınçlandırma hacmidir diyebiliriz [7].



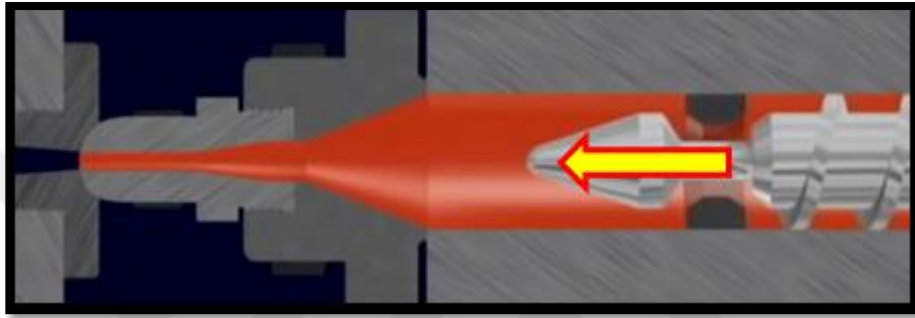
Şekil 2.19 : Plastik enjeksiyon itici kısmının bölümleri.

Kalıba malzeme enjekte edilme işlemini aşağıda görebilirsiniz. Eriyik malzeme şayet yeterliyse rod geriye doğru çekilir.



Şekil 2.20 : Plastik enjeksiyon kalıba malzeme itilmesi (1).

Tekrar malzeme basımına geçildiğinde rod tekrar ileri doğru hareket eder.



Şekil 2.21 : Plastik enjeksiyon kalıba malzeme itilmesi (2).

Enjeksiyon işleminden sonra otomasyonlu olan sistemlerde parçalar kalıplardan alınır ve konveyörler vasıtasıyla stoklanır. Şekil 2.22’de bir binek aracın hava filtresi kapağının bant vasıtasıyla stoklanmasını görebilirsiniz.



Şekil 2.22 : Plastik enjeksiyondan elde edilmiş parçaların hattan inmesi.

2.2.2.3 Montaj Hattı ve Kontrol

Enjeksiyon kalıbından alınan parça görsel olarak kontrol edilir, herhangi bir yerinde olması istenmeyen çapak gibi çıkıntı uzantı varsa temizlenir. Akabinde parça 3 boyutlu kontrol, master veya kumpasla olarak ölçüsel kontrole tabi tutulur ve kontrolü tamamlanır.

Şekil 2.23’de aşağıda hava kutusu kapağına enjeksiyon işleminden sonra uygulanan çapak temizleme işlem ve bir master ile dikdörtgen havuz kontrolünü görebilirsiniz.



Şekil 2.23 : Plastik enjeksiyondan elde edilmiş parçaların temizlenmesi ve kontrolü.

2.2.3 Kauçuk Enjeksiyon Yöntemi

Bu üretim yöntemi metod olarak plastik enjeksiyon yöntemine benzer. Ancak proses biraz daha farklı olup, proses süresi daha uzundur. Ayrıca kauçuk enjeksiyon kalıplarında plastik enjeksiyon kalıplarında olduğu gibi herhangi bir soğutma kanalı bulunmaz. Parçalar oda sıcaklığında soğumaya bırakılır[7].

İsminden anlaşılacağı üzere bu kalıplarda plastik parçalar yerine elastomer malzemeler basılır. Başlıca kullanılan malzemeler EPDM, AEM ve VMQ diyebiliriz.

Kauçuk enjeksiyon üretimini aşağıdaki gibi safhalandırabiliriz:

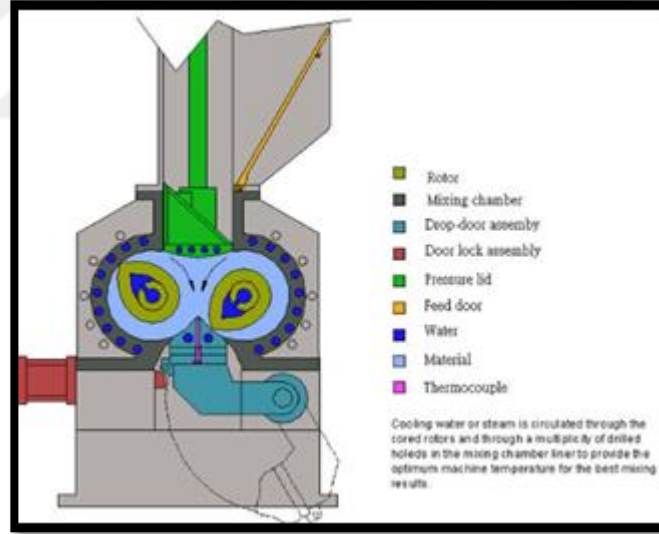
- Karıştırma
- Bileşim oluşturma ve mekanik doğrulama

- Enjeksiyon
- Çapakları temizleme
- İleri Kütleme
- Temizleme ve Montaj

2.2.3.1 Karıştırma

Gerekli olan bileşenler sipariş edilir, koşullandırılmış olan odada muhafaza edilir. Karışımında kullanılacak olan malzemelerin miktarları terazi vasıtasıyla belirlenir ve karıştırılmak üzere beklenir.

Ardından ölçeklendirilen bu malzemeler karıştırıcı makinede sıcaklık bilgileri, karıştırma süresi, karıştırma hızı vb. bilgiler girilerek karıştırılır ve öncül kütleme yapılarak malzeme kimyasal olarak basılmaya hazır hale getirilir. Örnek olarak EPDM malzemesi elde edilirken bu makineye doğal kauçuk, kükürt, karbon ve ilgili katalizör ilave edilerek karıştırma işlemi gerçekleştirilir[7].

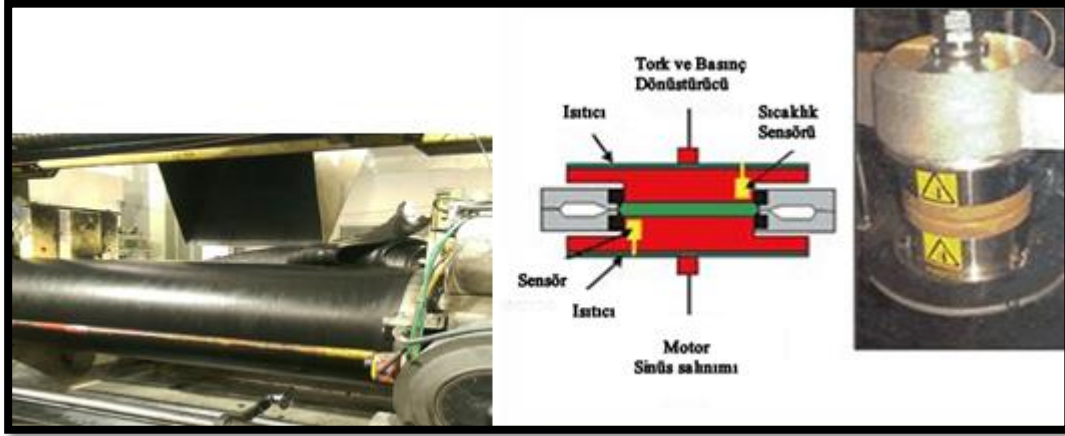


Şekil 2.24 : Kauçuk enjeksiyon yöntemi malzeme karıştırma işlemi.

2.2.3.2 Bileşim Oluşturma ve Mekanik Doğrulama

İlgili malzemeler karıştırıldıktan sonra haddeleme operasyonu ile ince plakalar elde edilir. Daha sonra bu plakalar ince bir profil şeklinde kesilir, bu profillerden alınan

numuneler mekanik teste tabi tutulur. Test sonucunda problem yoksa haddeleme işlemleri devam eder ve üretime başlanır.

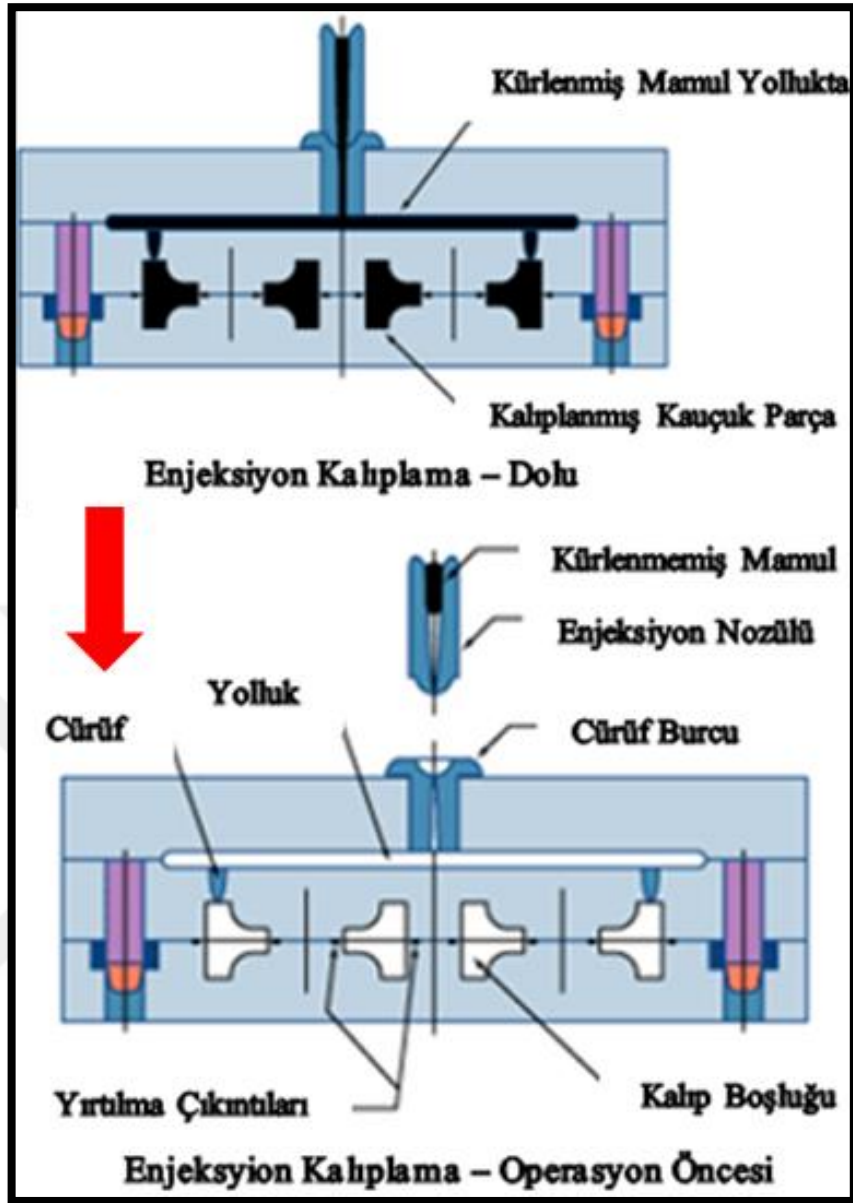


Şekil 2.25 : Kauçuk enjeksiyon yöntemi haddeleme ve mekanik doğrulama.

2.2.3.3 Enjeksiyon

Karıştırıda karıştırılmış olan malzemeler profil halinde hazırlandıktan sonra parça kalıbına enjekte edilir. Malzeme kalıba girerken kalıbın stoklama bölümüne girer. Ardından parçanın son şeklinin verileceği kalıba girer, malzeme bu hacimlerde burada yüksek sıcaklık ve basınçta kürlendikten sonra parça kalıplarını doldurur ve parçanın sok şekli verilir.

Kürleme süresi ve bağlayıcı maddelerin içeriğine bağlı olarak elastomer malzemelerin sertlik değerleri belirlenir.



Şekil 2.26 : Kauçuk enjeksiyon kalıba malzeme yollama.

2.2.3.4 Çapak Temizleme ve Montaj

Enjeksiyon işleminden elde edilen parça üzerindeki kalıp ayırım çizgisi, proses vb. sebeplerle ortaya çıkan çapaklar temizlenir. Zira çapaklar dairesel bağlantı yüzeylerinde sızdırmazlık için risk oluşturabilir. Ardından parçalara ihtiyaca göre kelepçe takılıp sevkiyat yapılır.



Şekil 2.27 : Kauçuk enjeksiyon çapak temizleme ve montaj.

3. TOLERANS YÖNETİMİ

Öncelikle tolerans yönetiminde temel olarak kullanılan terimleri bilmekte fayda var. Temel olarak [8]:

- 1) Ölçü
- 2) Tolerans
- 3) Aksam

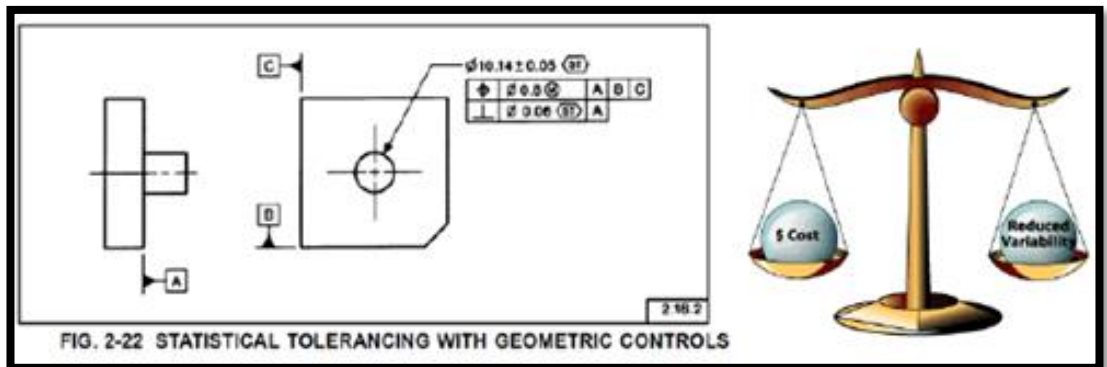
Ölçü; bir parçanın ya da parçanın bir bölümünün yüzeyinin, deliğinin ya da geometric karakteristiğinin ölçüsünün rakamsal değeridir.

Tolerans; mevcut ölçüden izin verilen sapma oranıdır, maksimum ve minimum ölçü arasında izin verilen farktır.

Aksam; genel bir terim olup bir parçanın fiziksel bir kısmına verilen addır. Mesela yüzey, pin, delik gibi.

Tolerans yönetimini ilgilendiren 2 parametre mevcuttur.

Bu parametrelerden birinci maliyet, ikincisi proseste düşük sapma oranıdır. Bu 2 parametre genel olarak birbirine ters orantılıdır.



Şekil 3.1 : Tolerans yönetimi bileşenleri.

3.1 Tolerans Kontrolü

İki parça, iki aksam ya da iki montaj elemanı arasındaki azami ve asgari sapmayı belirlemektir.

Kontrol işlemi tasarım üretime geçene kadar tekrarlı olarak gerçekleştirilir. Bu aşamada aşağıdaki parametreler hedeflenir[8]:

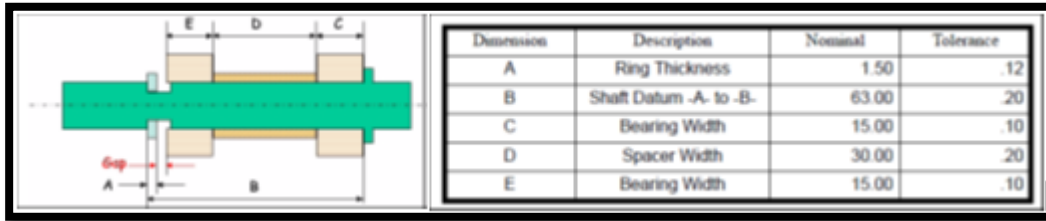
- İyi bir ürün ortaya koymak
- Ürün maliyetini azaltmak
- Üretimden önce ortaya çıkması muhtemel problemleri ortaya koymak
- Güvenilir bir tasarımdan emin olmak

3.2 Tolerans Kontrol Yöntemleri

Temel olarak üç tip tolerans kontrol yöntemi vardır diyebiliriz[8].

3.2.1 Doğrusal Tolerans Kontrolü

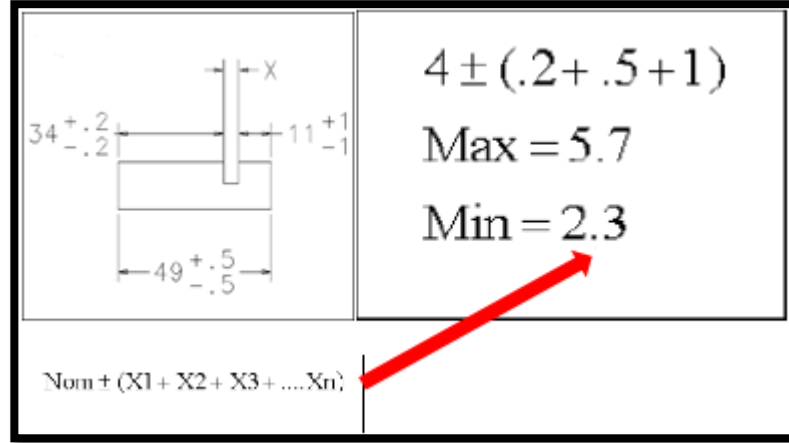
Bu analiz bütünsel tolerans hesaplama konusunda uygulanan en temel uygulamadır. Teknik resimde yer alan toleransları toplayarak ortaya çıkabilecek en kötü durumu simüle etmektir. Aşağıda bir tolerans analizi kontrol örneği görebilirsiniz.



Şekil 3.2 : Tolerans yönetimi bileşenleri.

Aşağıda bir doğrusal tolerans analizi kontrol çalışmasını görebilirsiniz.

Şekil 3.3'deki teknik resimde yer alan X ölçüsünü azami ve asgari değerleri hesaplayalım.

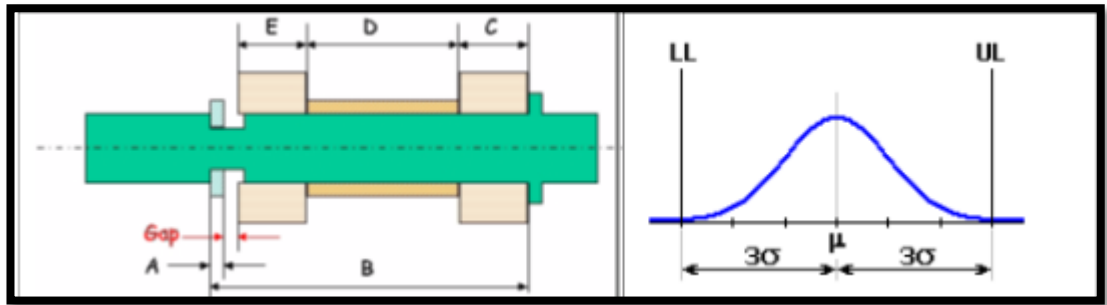


Şekil 3.3 : Doğrusal tolerans kontrolü örnek.

Sonuçlarda görüldüğü üzere X değerinin azami değeri 5.7 mm olurken, asgari değeri 2.3mm'dir.

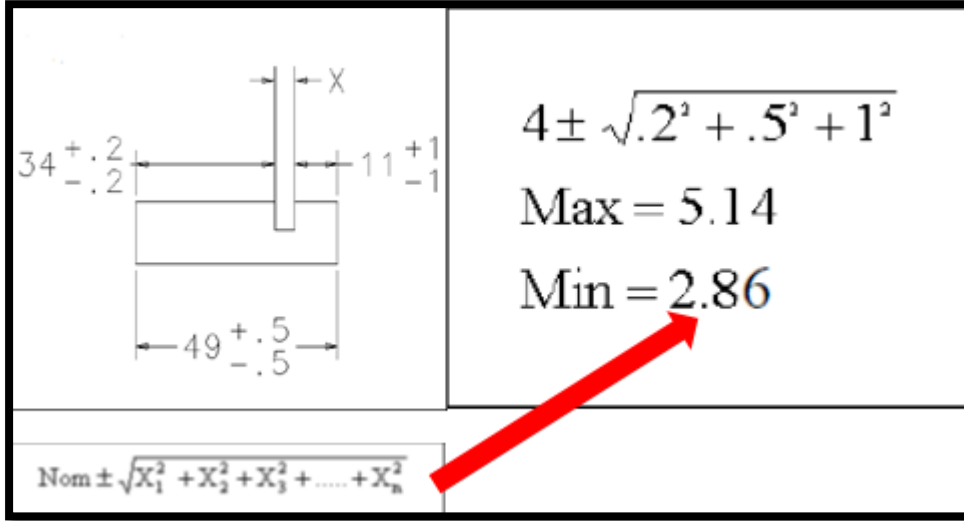
3.2.2 İstatistiksel Tolerans Kontrolü

Bu yöntemde analizde istatistiksel bir yaklaşım sergilenir. Analizin ana mantığı kombinasyonların olasılığını hesaplamaktır. Bütünsel toleransın alt ve üst limitleri belirlenir ve deneysel olarak ortaya çıkan sonuçların da etkisini gözününde bulundurarak aşağıdaki grafik oluşturulur. Aşağıdaki grafik ideal 6σ çalışmasının sonucudur [8].



Şekil 3.4 : İstatistiksel tolerans kontrolü hesaplama.

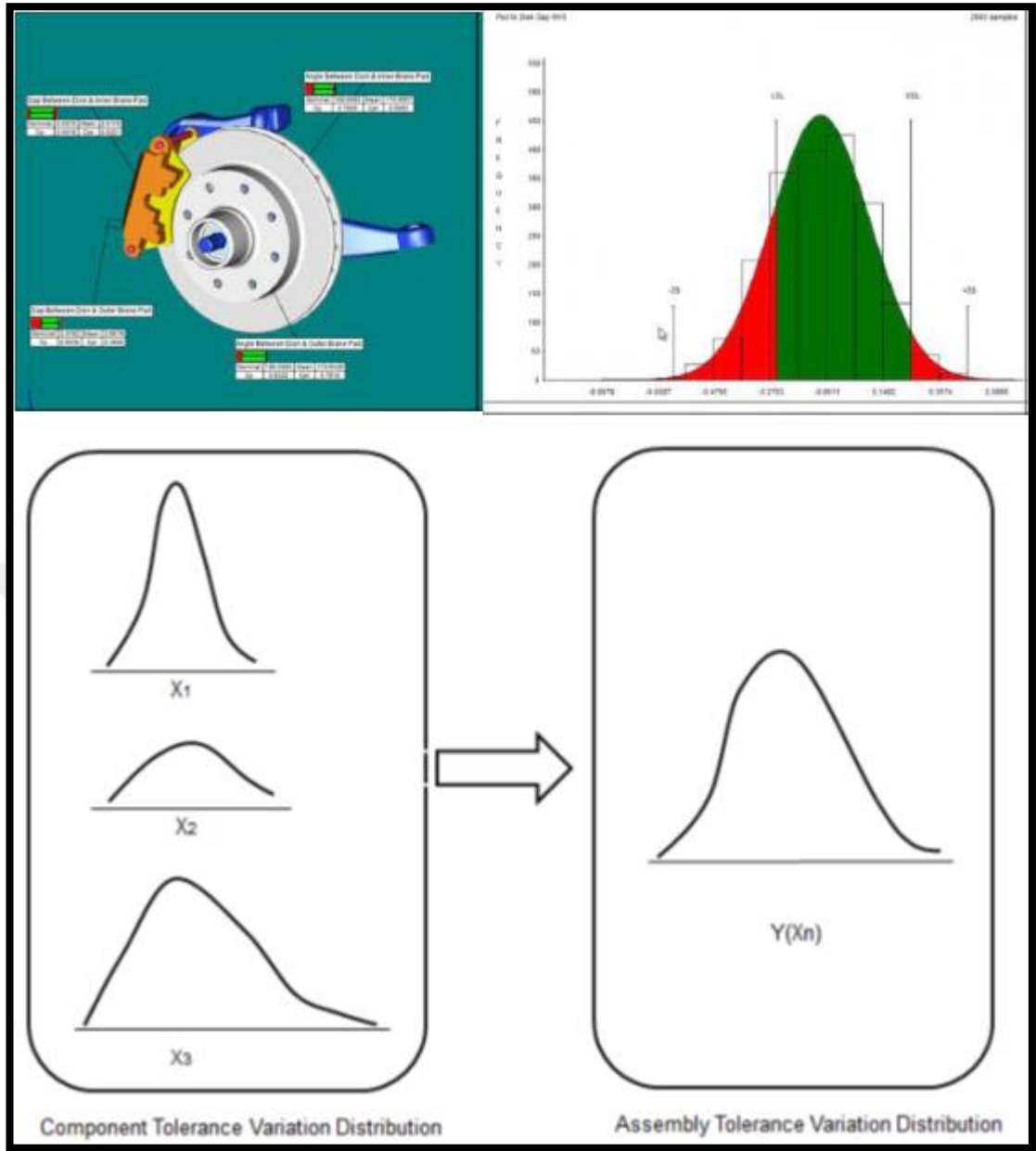
Aşağıda bir önceki örnekteki çalışmayı istatistiksel tolerans kontrolünü baz alarak yaparsak;



Şekil 3.5 : İstatistiksel tolerans kontrolü örnek.

3.2.3 Monte Carlo Simülasyon Methodu (VSA Method)

Bu analiz şeklinde ise bütünsel tolerans sonuçları olasılık hesabı Monte Carlo simülasyon hesabına göre yapılır. Analiz çalışması yapılırken hem parçanın toleranslarının dağılımı, hem de montaj toleransları gözönünde bulundurulur. Elde edilen sonuçlar da istatistiksel yöntemle benzer şekilde standart sapma grafiğine dökülür ve üretim hedeflerine göre sonuç belirlenir. (Örnek 6σ hedefi). Bu analiz yapılırken Siemens Teamcenter Vismockup programının bir uzantısı olan VisVSA programı kullanılır. Bu tezde konu olan braket tolerans çalışmasında VisVSA programında yapılan bir çalışma anlatılacaktır.



Şekil 3.6 : Monte Carlo Simülasyon Metodu grafikleri.

3.2.3.1 Geometrik Ölçülendirme ve Toleranslandırma for VSA

GD&T sembollerin başrolde olduğu teknik resim üzerinde yer alan ölçülendirme ve toleranslandırma dilidir. Aşağıda teknik resimlerde kullanılan sembolleri, açıklamaları ve farklı standartlara göre sembollerini görebilirsiniz.

	SYMBOL	ASME Y14.5M	ISO
	FEATURE CONTROL FRAME		
	DIAMETER	\varnothing	\varnothing
	SPHERICAL DIAMETER	S \varnothing	S \varnothing
	AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION	(M)	(M)
	AT LEAST MATERIAL CONDITION	(L)	(L)
	REGARDLESS OF FEATURE SIZE	NONE	NONE
	PROJECTED TOLERANCE ZONE	(P)	(P)
X	FREE STATE	(F)	(F)
X	TANGENT PLANE	(T)	(T) (proposed)
X	STATISTICAL TOLERANCE	(ST)	NONE
X	RADIUS	R	R
X	CONTROLLED RADIUS	CR	NONE
	SPHERICAL RADIUS	SR	SR
	BASIC DIMENSION <small>(theoretically exact dimension in ISO)</small>	50	50
X	DATUM FEATURE		
	DATUM TARGET		
	TARGET POINT	X	X
	DIMENSION ORIGIN		
	REFERENCE DIMENSION <small>(auxiliary dimension in ISO)</small>	(50)	(50)
	NUMBER OF PLACES	8X	8X
	COUNTERBORE/SPOTFACE		
	COUNTERSINK		
	DEPTH/DEEP		
	SQUARE		
	ALL AROUND		NONE
	DIMENSION NOT TO SCALE	150	150
	ARC LENGTH		
	BETWEEN		NONE
	SLOPE		
	CONICAL TAPER		
	ENVELOPE PRINCIPLE	NONE (implied)	(E)

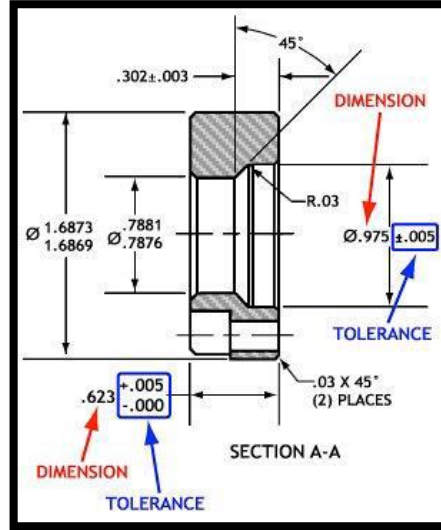
*MAY BE FILLED OR NOT FILLED

Şekil 3.7 : GD&T sembolleri tablosu.

3.2.3.1.1 Limit Toleranslama

Bu toleranslama yapılırken herhangi bir uzunluğun, çap ölçüsünün vs. azami ve asgari limitleri belirtilir. Bu limitleri belirleyen veya destekleyen bir sürü unsur vardır. Bunların arasında üretim yöntemi, malzeme, imalatçının kabiliyetlerini sayabiliriz.

Aşağıda örnek bir resimde delik ve uzunluk ölçüsü için limit toleranslama örneği görebilirsiniz.



Şekil 3.8 : Limit toleranslama örneği.

3.2.3.1.2 Geometrik Toleranslama

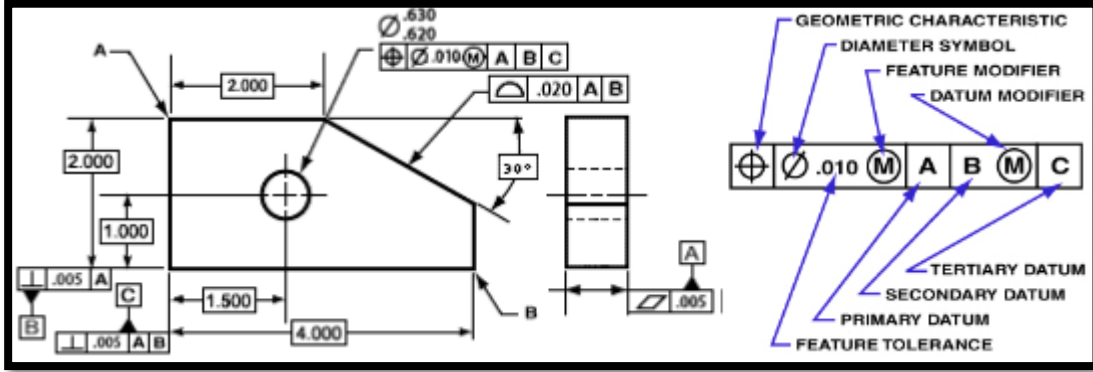
Bu toleranslandırma, limit toleranslandırmadan farklı daha geniş kapsamlı olarak ifade edilme şeklidir. Bu toleranslandırma tipinde önce referans bir yüzey, delik vs belirlenir daha sonra orası sabit kabul edilerek ölçülendirme yapılır. Ölçülendirme yapılırken de çeşitli geometrik karakteristikler kullanılır. Bunların arasında form, profil, konum, oryantasyon ve sapma toleranslarını sayabiliriz. Aşağıda tabloda bu karakteristikleri ve uygulamalarını gösteren tabloyu görebilirsiniz. Bu ifadelerin üzerinden daha sonra tek tek geçeceğiz.

Type	Application	Characteristic	Symbol	Datums	Shape of tolerance zone
Form	Single Feature	Straightness	—	Datums not allowed	Parallel lines or planes, cylinder
		Flatness	▭		Parallel planes
		Circularity	○		Concentric circles
		Cylindricity	∕		Concentric cylinders
Profile	Single or Related Feature	Profile of line	∩	Datums required*	2D uniform boundary
		Profile of surface	∩		3D uniform boundary
Location	Related Feature	Position	⊕	Datums required	Parallel planes, cylinder, sphere, cone
		Concentricity	◎		Cylinder
		Symmetry	≡		Parallel planes
Orientation	Related Feature	Parallelism	∥	Datums required	Parallel planes, cylinder
		Perpendicularity	⊥		
Run-Out	Related Feature	Angularity	∠	Datums required	Concentric circles, parallel circles
		Circular Runout	↗		
		Total Runout	↗↗		Concentric cylinders, parallel planes

* There are some exceptions when profile and position may not require a datum.

Şekil 3.9 : Geometrik toleranslama tablosu.

Aşağıda üzerinde geometrik karakteristiklerin yer aldığı geometrik ölçülendirme yapılmış bir teknik resim örneği ve geometrik ölçülendirme gösteriminin açıklamasını görebilirsiniz.



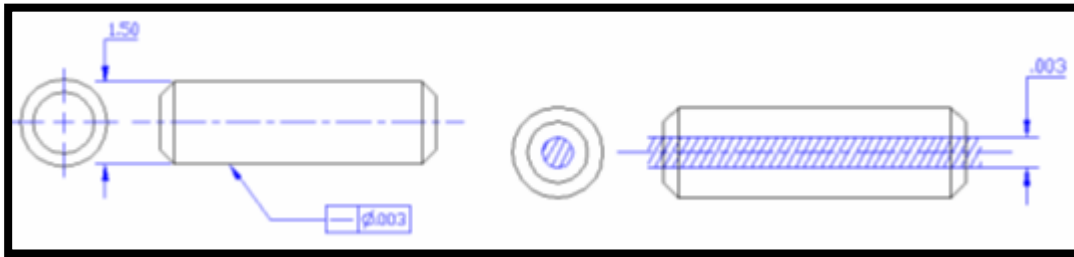
Şekil 3.10 : Geometrik toleranslama detaylarını gösteren örnek resim.

Bir sonraki bölümde geometrik karakteristiklerin açıklamalarını görebilirsiniz.

3.3 Form Kontrolleri

3.3.1 Doğrusallık

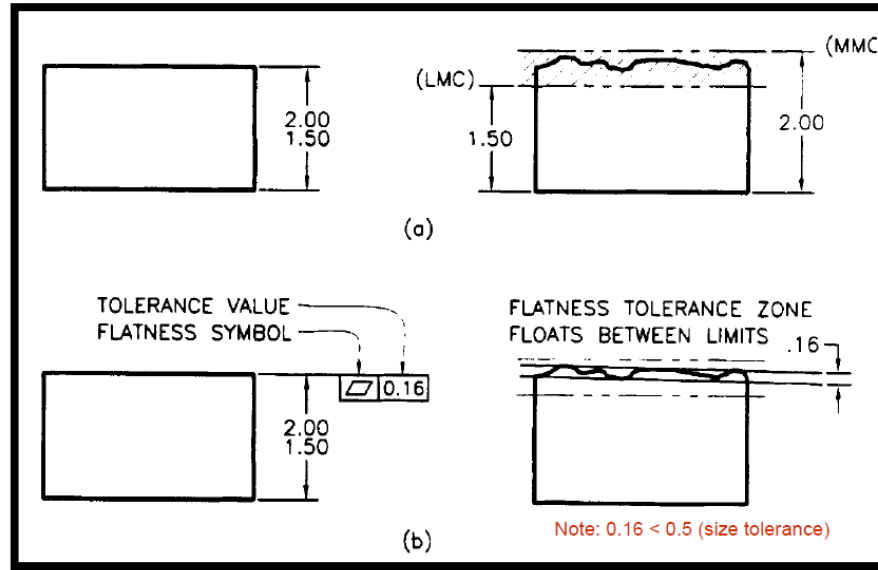
Bu tolerans bir eksenin doğrusallığını kontrol eder. Alt ve üst limit belirtilerek sınırlandırma yapılır. Aşağıdaki örnekte silindirin eksenin toplamda 0.003 birim sapabileceğini görebiliriz[8].



Şekil 3.11 : Doğrusallık toleransı gösterimi.

3.3.2 Düzlemsellik

Bu toleranslandırma ise bir yüzeyin pürüzlülüğünü ifade eder. Yani parçadan sonsuz sayıda kesit alındığında bahsi geçen ölçünün asgari ve azami ölçüleri arasındaki farkı ifade eder. Aşağıdaki örnekte ölçülendirme yapılan yüzeyin toplamda 0.16 birim sapabileceğini görebiliriz.

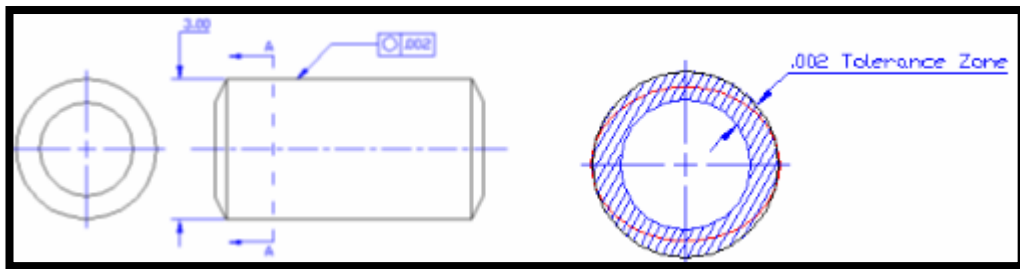


Şekil 3.12 : Düzlemsellik toleransı gösterimi.

3.3.3 Dairesellik

Bu tolerans ise isminden de anlaşılacağı üzere dairesel kesitli veya kısmi dairesel kesitli parçalar için kullanılır. Ölçü ifade edilirken silindirin dış yüzeyi kullanılır. Silindirik eksen boyunca herhangi bir noktadan alınan kesitin belirtilen sınırların içinde olup olmaması durumudur.

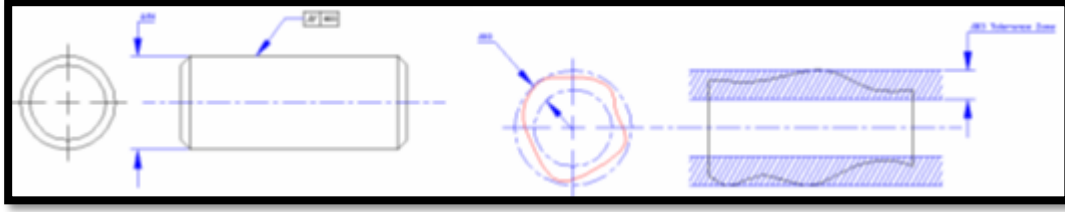
Aşağıda örnek basit bir uygulamayı görebilirsiniz.



Şekil 3.13 : Dairesellik toleransı gösterimi.

3.3.4 Silindiriklik

Bu tolerans daise genel olarak silindirik parçaların kontrolü için kullanılır. İç içe geçen parçaların ölçülendirmesi için önemlidir. Bu tolerans dairesellikten farklı olarak eksen boyunda geçerlidir. Aşağıda örnek bir parçadaki gösterimi görebilirsiniz.



Şekil 3.14 : Silindiriklik toleransı gösterimi.

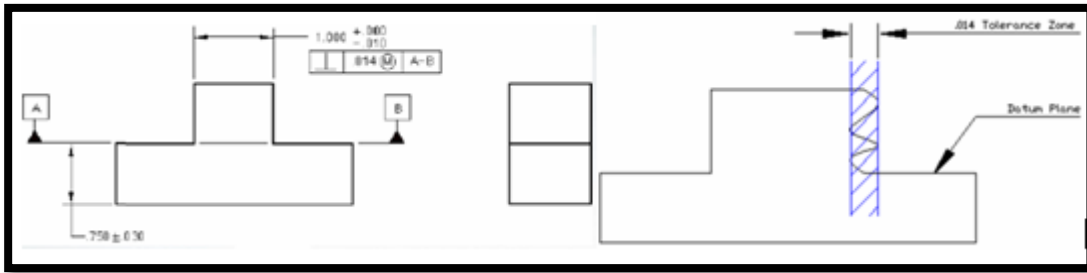
3.4 Oryantasyon Kontrolleri

Oryantasyon kontrolleri form kontrollerinden farklı olarak referans bir yüzeye ihtiyaç duyar. Aşağıda oryantasyon kontrol tiplerinde detaylarını görebilirsiniz. Ford toleransı verilen bir yüzeye, deliğe ayrıca oryantasyon toleransı da tanımlanabilir.

3.4.1 Diklik

Bu tolerans ismi üzerinde bir yüzeyin eksenin kendisine dik olan başka bir yüzeyden ne kadar sapabileceğini gösterir. Diklik toleransını verirken datum adı verdiğimiz referans bir yüzeye ihtiyaç duyulur.

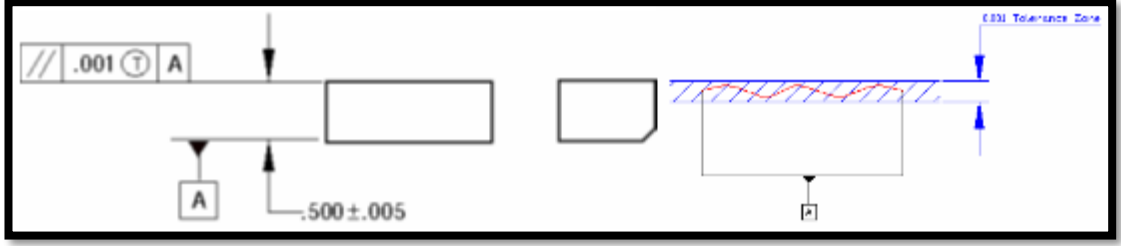
Aşağıdaki örnekte A-B referansına dik olan bir yüzeyin ne kadar sapabileceğini gösteren bir örnek görebilirsiniz. Gösterim daha önce taslağını gösterdiğimiz tabloya göre yapılmaktadır.



Şekil 3.15 : Diklik toleransı gösterimi.

3.4.2 Paralellik

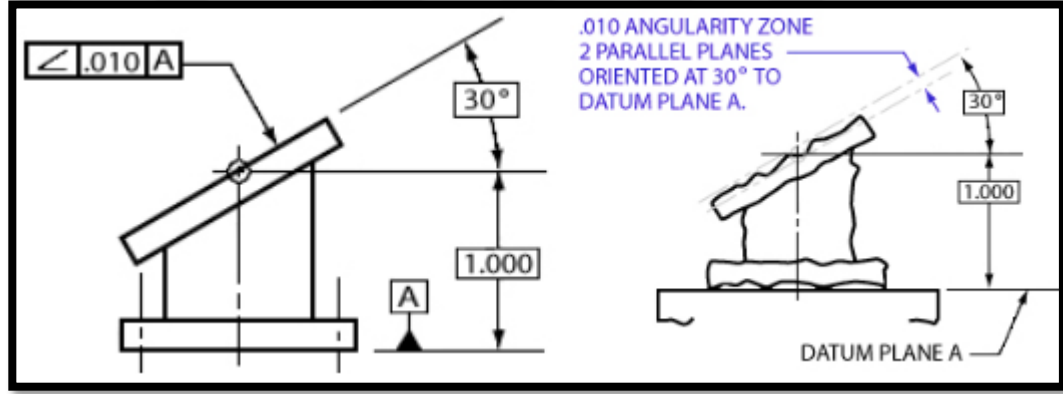
Bu toleransta da belirtien yüzeyin kendisine paralel referans başka bir yüzeyden sapma miktarıdır. Aşağıdaki örnekte de A referans yüzeyine paralel bir yüzeyin sapma miktarını görebilirsiniz.



Şekil 3.16 : Paralellik toleransı gösterimi.

3.4.3 Açısallık

Bu tolerans tanımlaması da yine, bulunduğu düzleme eksene belirli bir açıda konumlanmış referans bir yüzeyden sapmak miktarını belirtir. Aşağıdaki örnek resimde açısallık toleransı tanımlamasını görebilirsiniz.



Şekil 3.17 : Açısallık toleransı gösterimi.

3.5 Pozisyon Kontrolleri

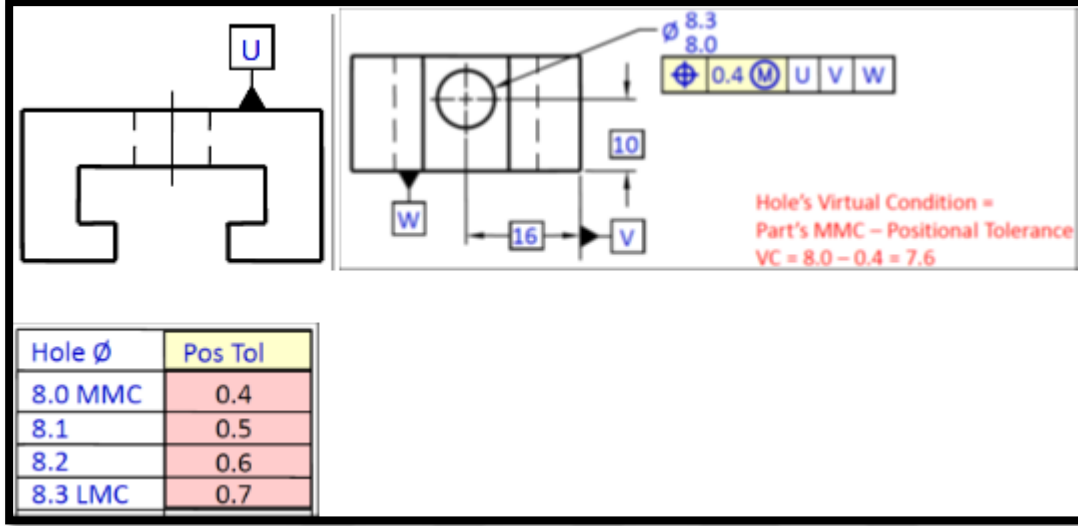
Bu kategoride açıklayacağımız toleranslar bir referans yüzeye ihtiyaç duyar. Referans yüzey olmadan göstermek anlamsızdır.

3.5.1 Pozisyon Toleransı

İsminden de anlaşılacağı üzere bir deliğin, pim in ya da başka bir uzvun bir referansa göre pozisyonunu göstermek için kullanılan ifadedir.

Aşağıdaki örnekte bir gösterilen bir resimde deliğin pozisyonu U referans yüzeyine göre gösterilmiştir. Örnekteki resimde de görüldüğü üzere delik ekseni azami 0.4 birim hareket edebilir.

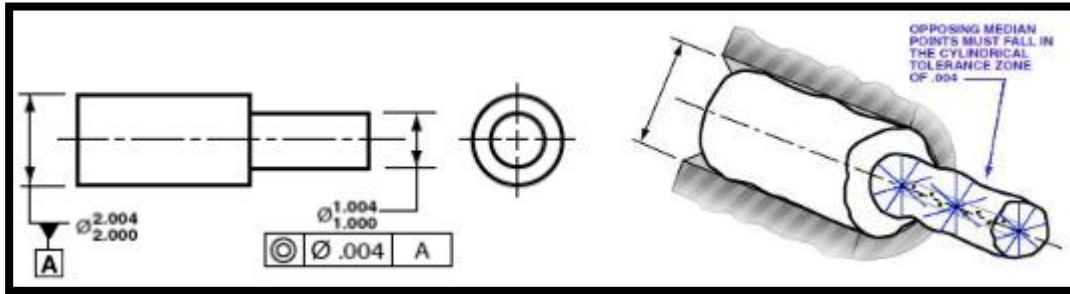
Ek bilgi olarak aşağıdaki örnekte mevcut tolerans M işareti gösterilmiştir. Bunun anlamı bu tolerans azami malzeme koşulunda geçerlidir. Parçanın azami malzeme şartı ise deliğin çapının en düşük olduğu durumda geçerlidir. Yani delik çapı 8 birim olduğunda pozisyon toleransı 0.4 birim olur. Diğer delik çaplarına göre tolerans dağılımını Şekil 3.18’de görebilirsiniz.



Şekil 3.18 : Pozisyon toleransı detayları.

3.5.2 Eşmerkezlilik

Silindirik bir geometrinin, uzun, referans bir silindirik uzun merkezinden sapma miktarını belirtir. Aşağıdaki örnekte görüldüğü üzere yekpare ve eşmerkezli olan 2 adet pinin merkezlerinin sapma miktarı çapta 0.04 birimdir.

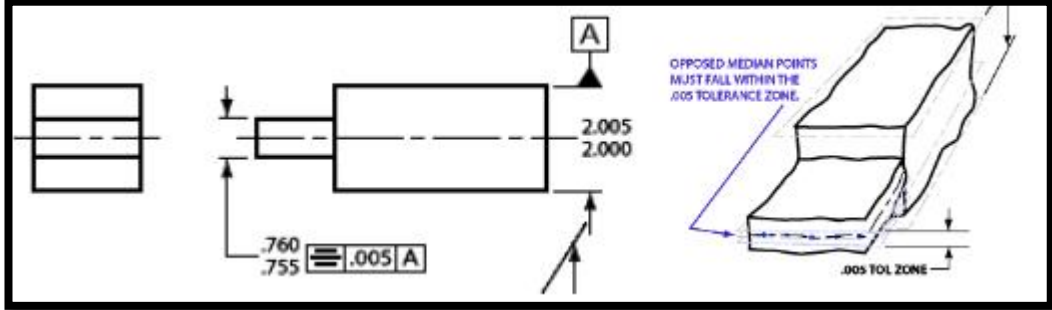


Şekil 3.19 : Eşmerkezlilik toleransı gösterimi.

3.5.3 Simetriklik

Simetriklik de parçanın merkezinden geçen bir yüzey bir eksene göre olan simetrikliğin sapmasını gösteren tolerans tipidir.

Aşağıdaki örnekte de görüldüğü üzere parçanın merkezinden geçen eksene göre simetrik yüzeylerin azami sapma miktarı verilmiştir. Parçanın maksimum sapma miktarı 0.05 birimdir.

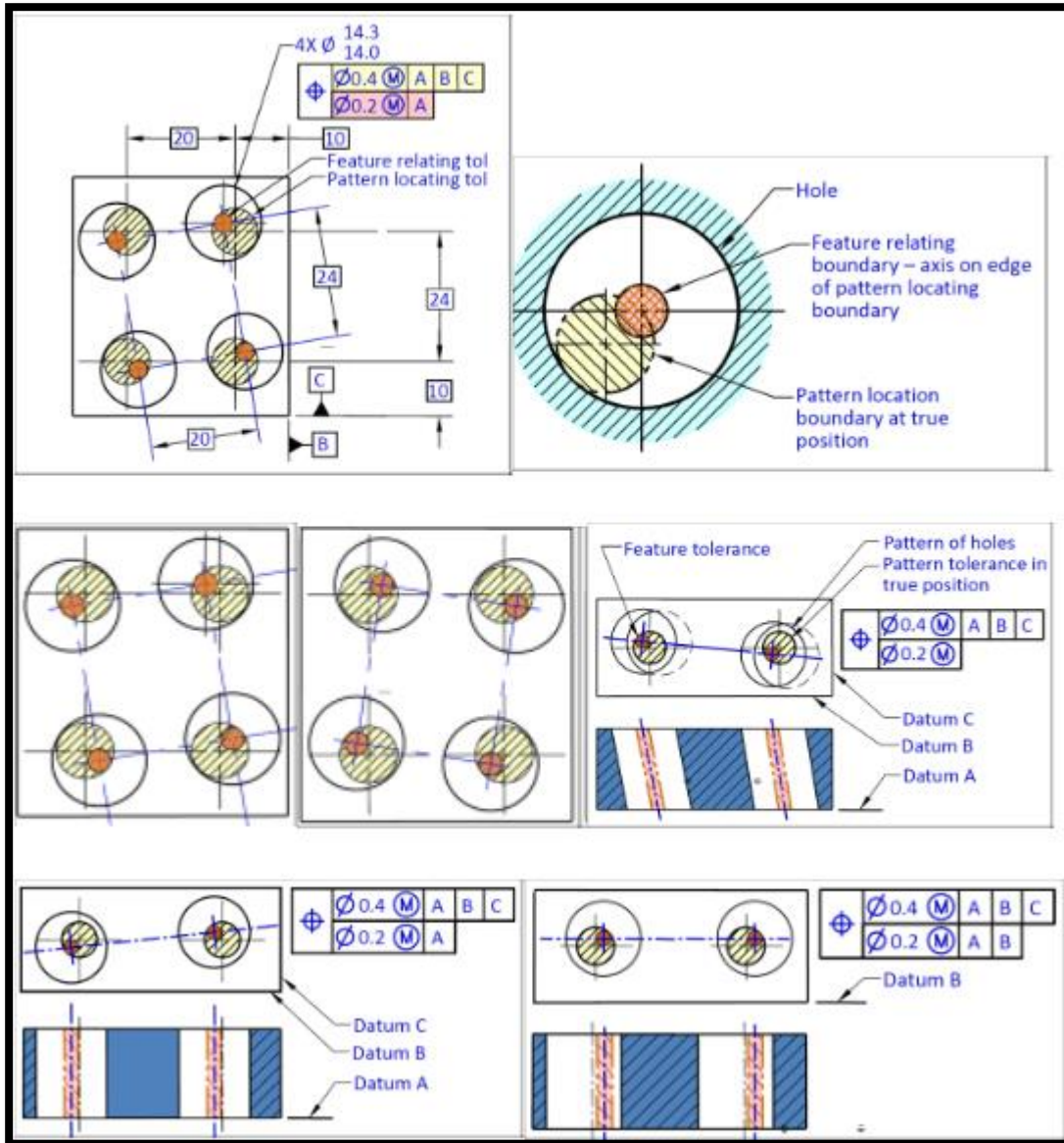


Şekil 3.20 : Simetriklik toleransı gösterimi.

3.5.4 Kompozit Pozisyon Toleransı

Kompozit tolerans pozisyon toleransının gelişmiş versiyonudur diyebiliriz. Bir deliğin, eksenin önce 3 eksen de kapsayan referanslara göre toleransı verilir. Ancak buna ek olarak belirli bir referansa göre artı bir hassasiyet gerekiyorsa o da genel toleransın altında belirtilir.

Aşağıdaki örnekte görüldüğü üzere parça A,B,C referanslarına göre 0.4mm hareket edebiliyorken sadece A referansına göre 0.2mm hareket edebilir durumdadır. Bunun anlamı deliğin eksenin 0.4 birim çapında bir alanda dolaşabilirken delik eksenin 0.2 birimlik eğiklik alanını ihlal etmemelidir[8].

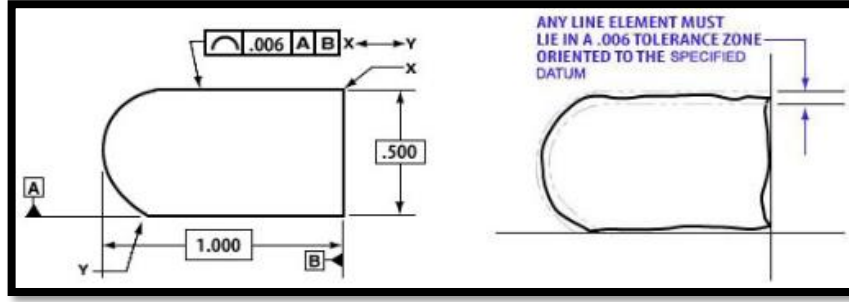


Şekil 3.21 : Kompozit pozisyon toleransı gösterimi.

3.5.5 Profil Kontrolleri

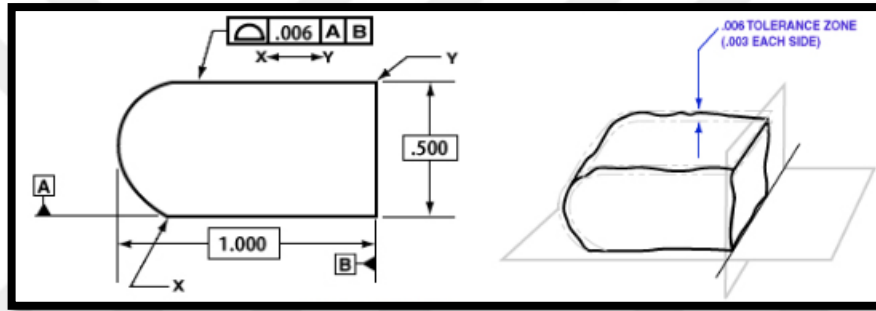
Profil toleransı belirtilirken kenardan ya da yüzeyden referans alınabilir ve o şekilde gösterim yapılır.

Aşağıda gördüğümüz örnekte toleransın verildiği görünüşün hattına 0.006 birimlik tolerans verilmiştir. Bunun anlamı gösterilen hattın 0.006 birimlik bir sınır içinde kalmalıdır.



Şekil 3.22 : İki boyutlu profil kontrolleri gösterimi.

Aşağıda gösterilen bir diğer örnekte profil toleransı tanımlanmış yüzeye atıf yapılarak gösterilmiştir. Aynı tolerans değeri tanımlanmış olup, tolerans sadece görünüşün hattını değil de parçanın bütün yüzeyini ilgilendirmektedir.

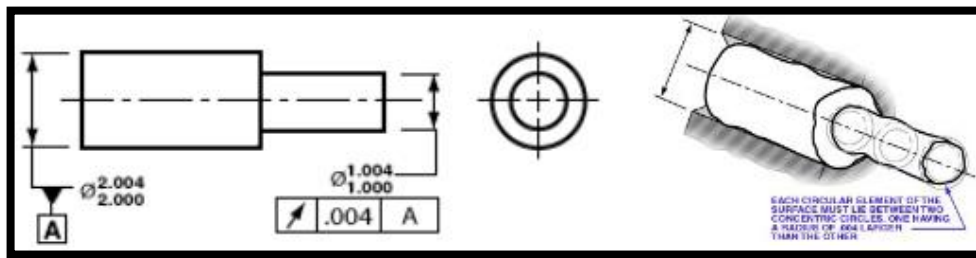


Şekil 3.23 : Üç boyutlu profil kontrolleri gösterimi.

3.5.6 Kaçıklık Kontrolleri

Bu tolerans yüzey form toleransının yekün halidir denebilir. Gösterilen eksene ait olan toplam kaçıklığı ifade eder. Aşağıdaki örnekte görüldüğü gibi parçanın dairesel olan kesitinde azami 0.004 birimlik kaçıklık olabileceği ifade edilmiştir.

Bu tip kontroller genelde komparatör denilen aletler ile kontrol edilir.

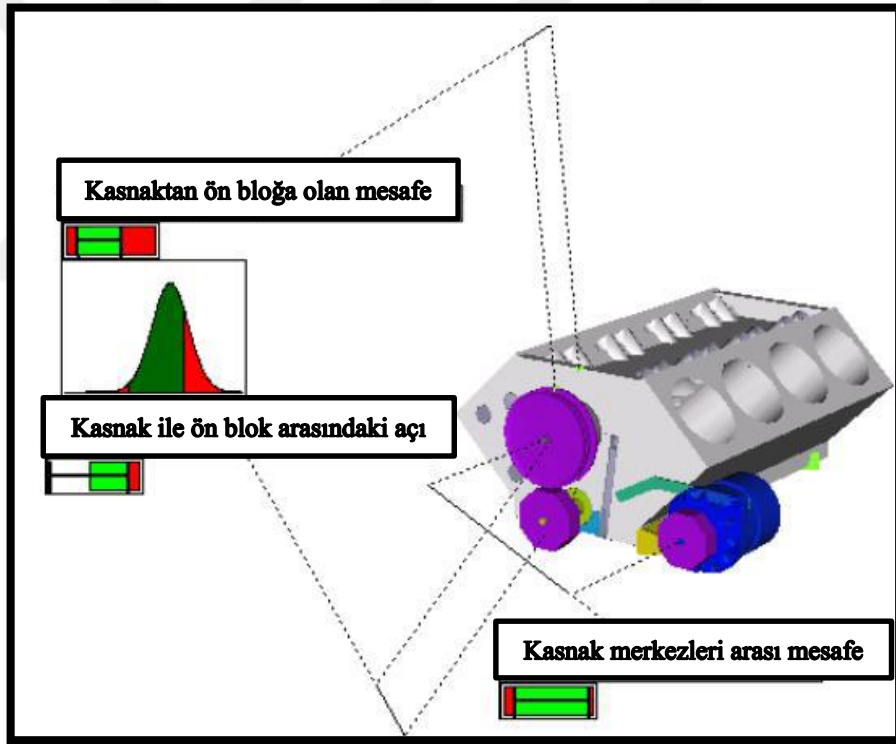


Şekil 3.24 : Kaçıklık kontrolü gösterimi.

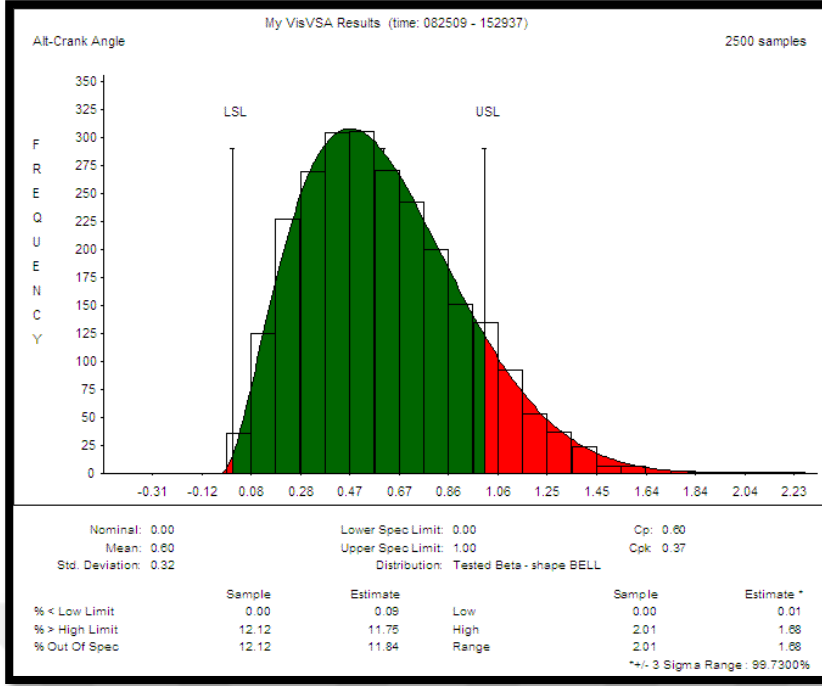


4. VSA PROGRAMINA GİRİŞ

VSA programı üretim ve montaj prosesini simüle eden boyutsal bir analiz programıdır. Program ürünlerde, tolerans ve proses kaynaklı olan sapmaları dijital ortamda hesaplar ve sunar.VSA programı sayesinde proste meydana gelen sapmaların niteliği ve miktarı hesaplanır. Bu sayede ürünleri ve prosesleri iyileştirme konusunda yardımcı olur. Bu sayede önceden çıkabilecek problemler öngörülebildiği için maliyette iyileşme olur.



Şekil 4.1 : VSA analizinin çıktılarının gösterimi.



Şekil 4.2 : VSA analizinin sonuçlarının dağılım grafiği.

VSA programında yapılan analiz ile 2 boyutlu tolerans kontrolü karşılaştırma tablosu hazırlarsak aşağıdaki gibi bir görüntü ortaya çıkar:

Çizelge 4.1 : VSA yöntemiyle 2 boyutlu tolerans kontrolü arasındaki farklar[8].

Varyasyon Simülasyon Analizi	2 Boyutlu Kontrol
Trigonometrik hazırlıklar çok zaman alabilir.	Geleneksel tolerans ve trigonometri hesabı ile sonuç bulunur.
Kapsamlı tolerans bilgileri girdi olarak kullanılmalıdır.	Asgari ve azami toleranslar gereklidir.
2 boyutlu ve 3 boyutlu grafikler problemin tarifi için önemlidir.	2 boyutlu tolerans bilgileri gereklidir.
Montaj işlemini istatistiksel sapma şeklinde göstermek mümkündür.	Herhangi bir istatistiksel sapmayı gözlemlemek mümkün değildir.

VSA programının yeteneklerini ve faydalarını aşağıdaki gibi göstermek mümkündür.

Çizelge 4.2 : VSA kontrol yönteminin yetenekleri ve faydaları[8].

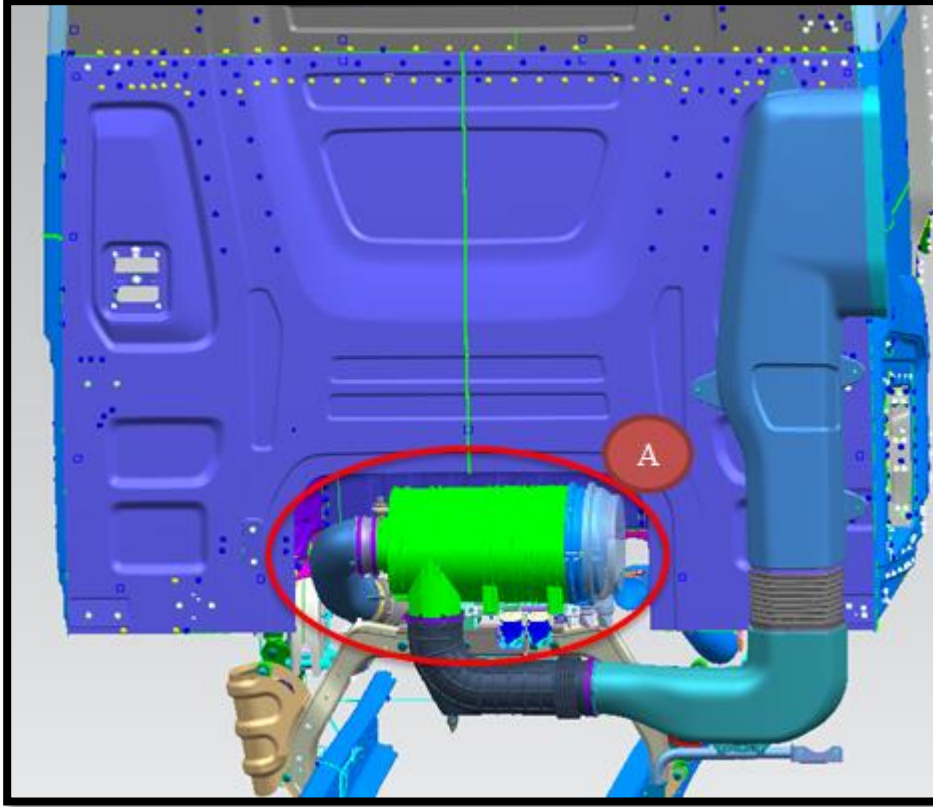
Yetenekler
<ul style="list-style-type: none">• CAD ortamının verdiği esneklik sayesinde üretim ve ürün bilgileri programda kullanılabilir.
<ul style="list-style-type: none">• Başlıca tolerans sapma nedenleri tespit edilebilir ve hangi parametrenin ne kadar katkısının olduğu da görülebilir.
<ul style="list-style-type: none">• 3D geometriye bağlı grafiksel raporlar elde edilebilir.
<ul style="list-style-type: none">• Geometrik model güncellemesi çalışmaya otomatik olarak yansır.

Faydalar
<ul style="list-style-type: none">• Tasarım kusurlarından kaynaklanan kalıplama masrafları öngörülerek, gereksiz yatırımların önüne geçer
<ul style="list-style-type: none">• Gereksiz hassas toleransların önüne geçerek üretim maliyetleri düşürülebilir.
<ul style="list-style-type: none">• Montaj prosesinden kaynaklanan sapmaların hesaplanmasını sağlar.
<ul style="list-style-type: none">• Mühendislikten kaynaklı daha sonra ortaya çıkabilecek olan değişiklikleri %30 oranında düşürür.

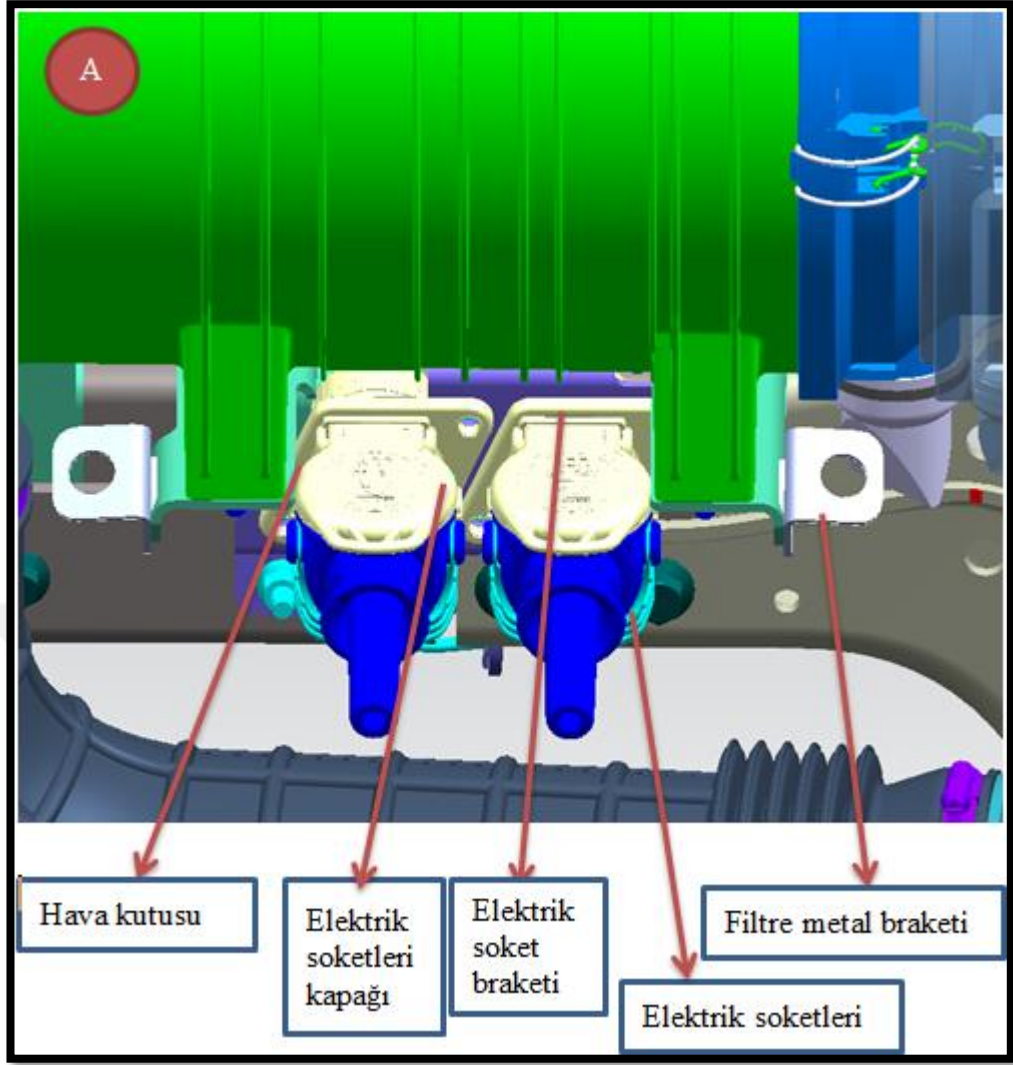
4.1 VSA Analizi

2018 yılında piyasaya sürülecek olan kamyonun hava filtresi braketini ile braketin hemen altında yer alan elektrik soketinin açılması sırasında ortaya çıkan girişim probleminin çözümü için VSA analiz çalışması yapılmıştır.

Söz konusu parçaların oluşturduğu paketi aşağıda görebilirsiniz.



Şekil 4.3 : Problemin görüldüğü bölgenin araç üzerindeki yeri.



Şekil 4.4 : VSA analizine konu olan parçalar.

Mevcut tasarımda Z ekseninden bakıldığından filtre braketi ile soket kapakları arasında girişim mevcuttu. İlk toplanan prototip araçta bu sebepten ötürü, beklenildiği gibi soket kapakları tam açılmıyordu. Tasarım yapılırken bu durum ilgili parça sahibi tarafından problem olarak görülmemiş ve bu tasarımla devam edilmişti.

Soket kapaklarının açılması şoförün sıklıkla uyguladığı bir aksiyon diyebiliriz. Zira aracın arkasına takılan trailer diye tanımladığımız üst yapıya elektrik ihtiyacı olduğunda bu soketlerdeki pinler takılarak elektrik ihtiyacı karşılanır. Elektrik soketlerinin kapakları ise sızdırmazlık ihtiyacından dolayı yaylı bir yapıya sahiptir ve sürekli kapanma eğilimindedir.



Şekil 4.5 : Girişim probleminin prototip fazında çekilmiş resmi.

Soket kapakları açılırken şoför aracın arka tarafına çıkar ve o ayak hizasında olan soket kapaklarını açarak fişi sokete takar. Kapak tam açılmadığında sürücü oldukça eğilir ve fişi sokete taktığı bölgeyi göremez, işlem kör operasyon olur.

Bu durum kalite ve ergonomik açıdan kabul görmediğinden kapakların açılması beklentisi oluştu. Bu beklentiyi elde etmek adına asgari maliyet ile yapılabilecek olan opsiyonlar gözden geçirildi.

İlk olarak akla ilk gelen çözüm olan filtre braketinin seviyesinin yükseltilmesi opsiyonu veya soket braketlerinin seviyesinin alçaltılması ve bu sayede kapak açılması esnasında süpürülen hacmin braket ile girişim durumu ortadan kaldırılmaya çalışıldı.

Ancak parçaların yer değiştirmeleri paketten dolayı mümkün olmadı. Zira geometrik entegrasyon ekibi tarafından dikte edilen parçalar arasın minimum mesafe değerleri sağlanamadı.

Keza aynı şekilde soketleri yönlerinin değişmesi aksiyonu da paketsel anlamda mümkün olmadı.

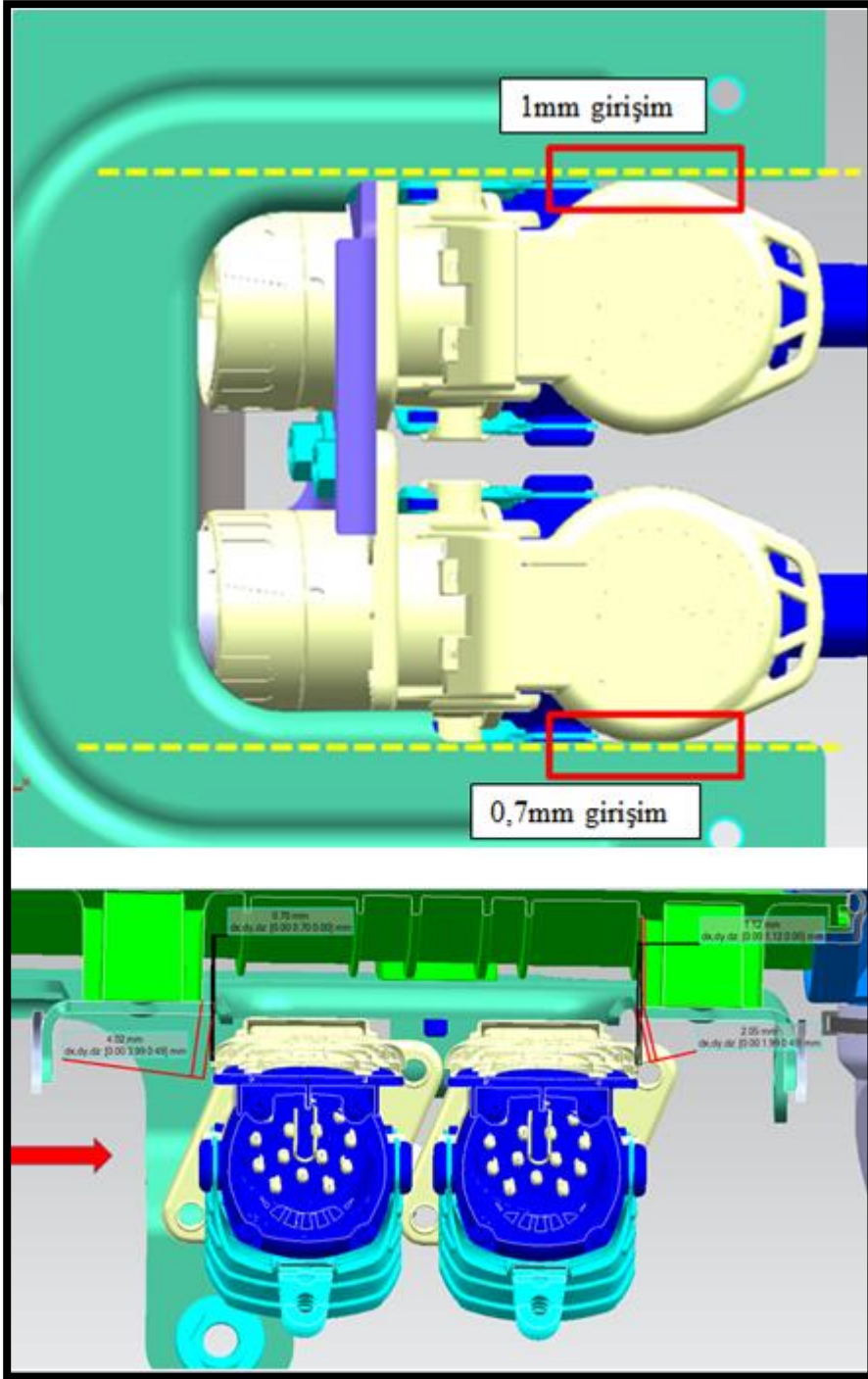
Soketlerin kapak tipinin değiştirilerek kapak süpürme hacminin elenmesi önerisi de elektrik ekibi tarafından uygun bulunmadı. Zira önerilen soket tipinin fişlerle olan uyumu kabul görmedi. Önerilen soket tiplerini Şekil 4.4 de görebilirsiniz.



Şekil 4.6 : Alternatif olarak sunulan elektrik soketleri.

Bu sebeple paketin kapakların açılmasına uygun hale gelmesi için alınacak tek aksiyon filtre braketlerinin ayakları arasındaki açıklığı artırmak olduğu teyit edildi.

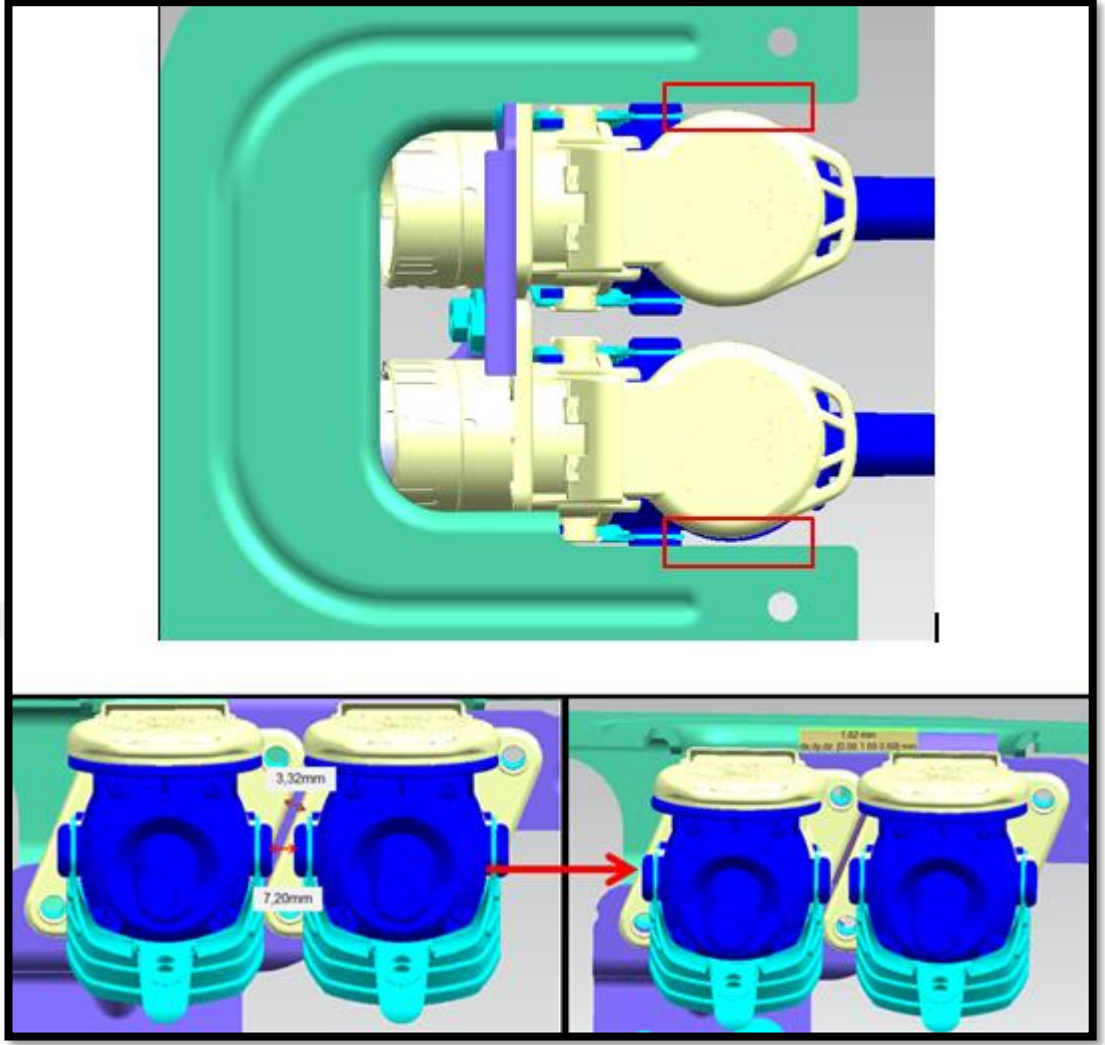
Aşağıda filtre braketleri ayakları ile kapak girişimlerinin detaylı görebilirsiniz.



Şekil 4.7 : Girişim halinde bulunan paketin CAD detayları.

İlk planda girişime sebebiyet veren braket ayaklarının fazlalığı paketin izin verdiği ölçüde traşlandı. Pakette braketin traşlanma miktarını etkileyen başlıca parametre olarak filtrenin ayaklarını ele alabiliriz.

Metal braket filtre ayaklarına kadar traşlandıktan sonra soket kapakları ile arasında, soket pozisyonları da ortalanarak, her iki taraftan 2,4'er mm mesafe bırakıldı.



Şekil 4.8 : Girişim problemi giderilmiş ilk opsiyon.

Bu tasarım üzerinden bir VSA analizi uygulandı ve analiz sonucunda kapaklar ile braket ayakları arasındaki mesafenin uygun olmadığı görüldü. VSA analizinin detaylarının aşağıda görebilirsiniz.

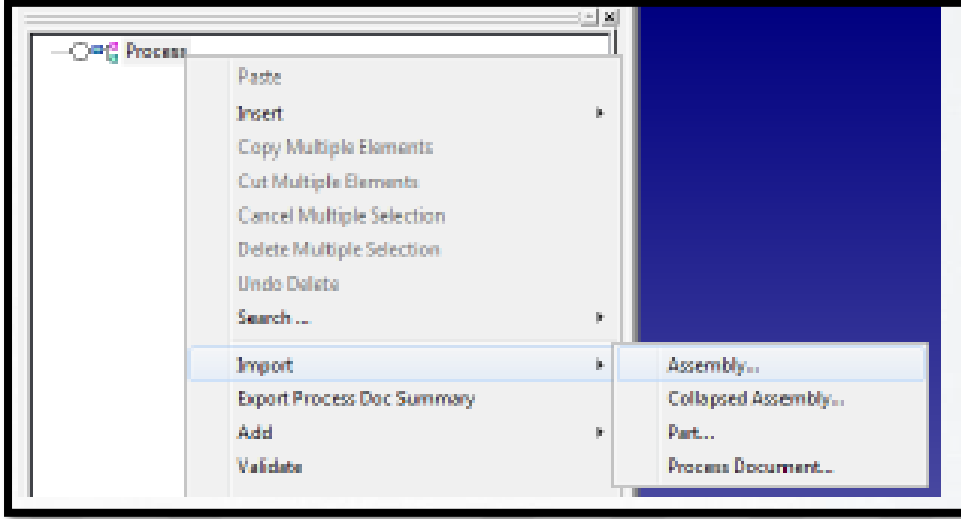
Sonuca bakmadan önce modellemenin nasıl yapıldığı konusunda bilgi vereceğim.Siemens'e ait bir 3D görüntüleme yazılı olan Teamcenter VisMockup programından yeni bir proje sayfası oluşturuyoruz.

File > New > Process Document > OK > Select document units: Millimeters

Daha sonra bu sayfaya analizni yapacağımız modelleri import ediyoruz.

Process Tab > Import > Assembly > File Name: [pick reference .jt file] > Open

Bu analizi yaparken kullandığımız 3D modelin uzantısının .jt olmasına dikkat etmeliyiz.



Şekil 4.9 : VSA programına data atılması.

Modeli import ettikten sonra artık parçaların modelleme işine gelebiliriz. Bizim proje dosyasına attığımız her parça aslında bir referans parçadır. Bu parçaları direk olarak analizde kullanmayız. Parçaların fonksiyonel yüzeylerinden, teknik resimdeki toleransları baz alarak, bir yüzey model oluşturacağız.

Bahsettiğimiz yüzeyleri oluştururken parçanın ilgili yüzeylerine gelip, o uzva uygun belli başlı temel geometrik yapıları kullanacağız. O geometrik yapılar şunlardır[8]:

Pin:Bu tanımlama erkek bir silindiri, dairesel bir limiti belirlerken kullanılır.

Hole:Bu tanımlama da isminden anlaşılacağı üzere bir deliği ve yine ifade etmek için kullanılır,

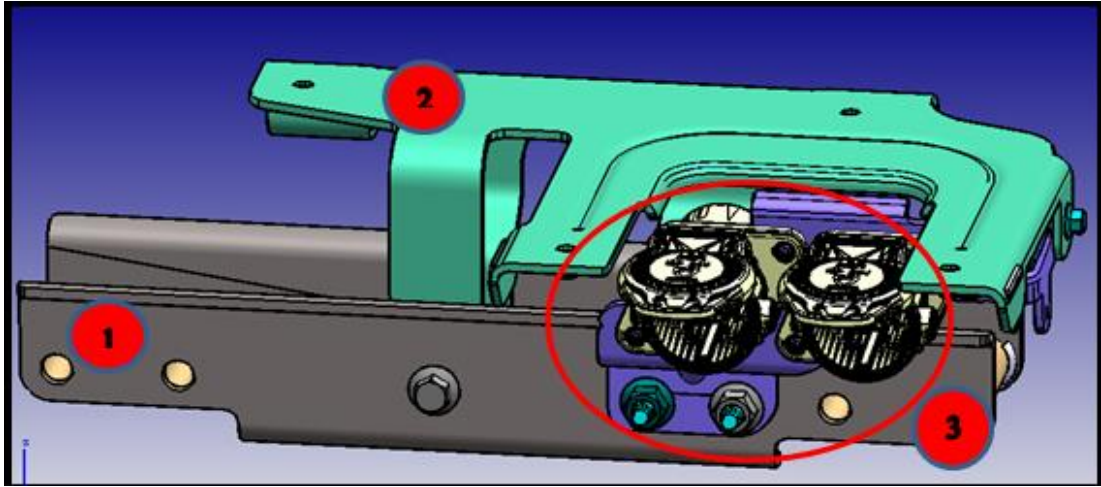
Plane:Bu tanımlama da düzlemsel bölgeleri ifade etmek için kullanılır.

Tab or Slot:Bu ifade ise kanal şeklindeki yapıları ifade etmek için kullanılır.

Montajda yer alan herbir parça VSA ortamına aktarılır. Bu işlem yapılırken montaj sırası ve teknik resimde yer alan toleransları VSA analiz ortamına doğru aktarmak ciddi önem arz eder.

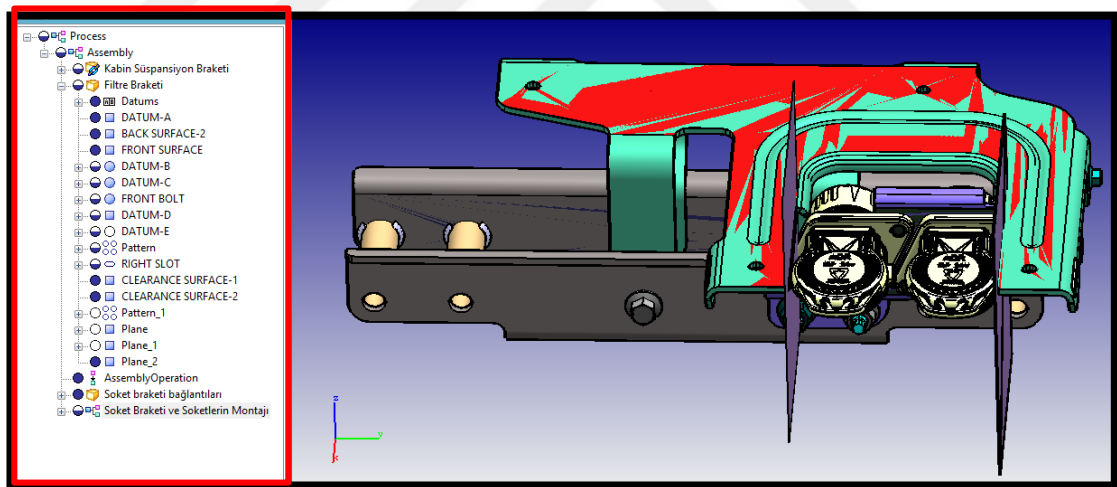
Şimdi parçaların modelleme işlemini kısaca gösterebiliriz.

Parçaların montaj sırasını-şemasını doğru sırayla programda oluşturuyoruz:



Şekil 4.10 : VSA analizinde uygulanacak olan montaj sırası.

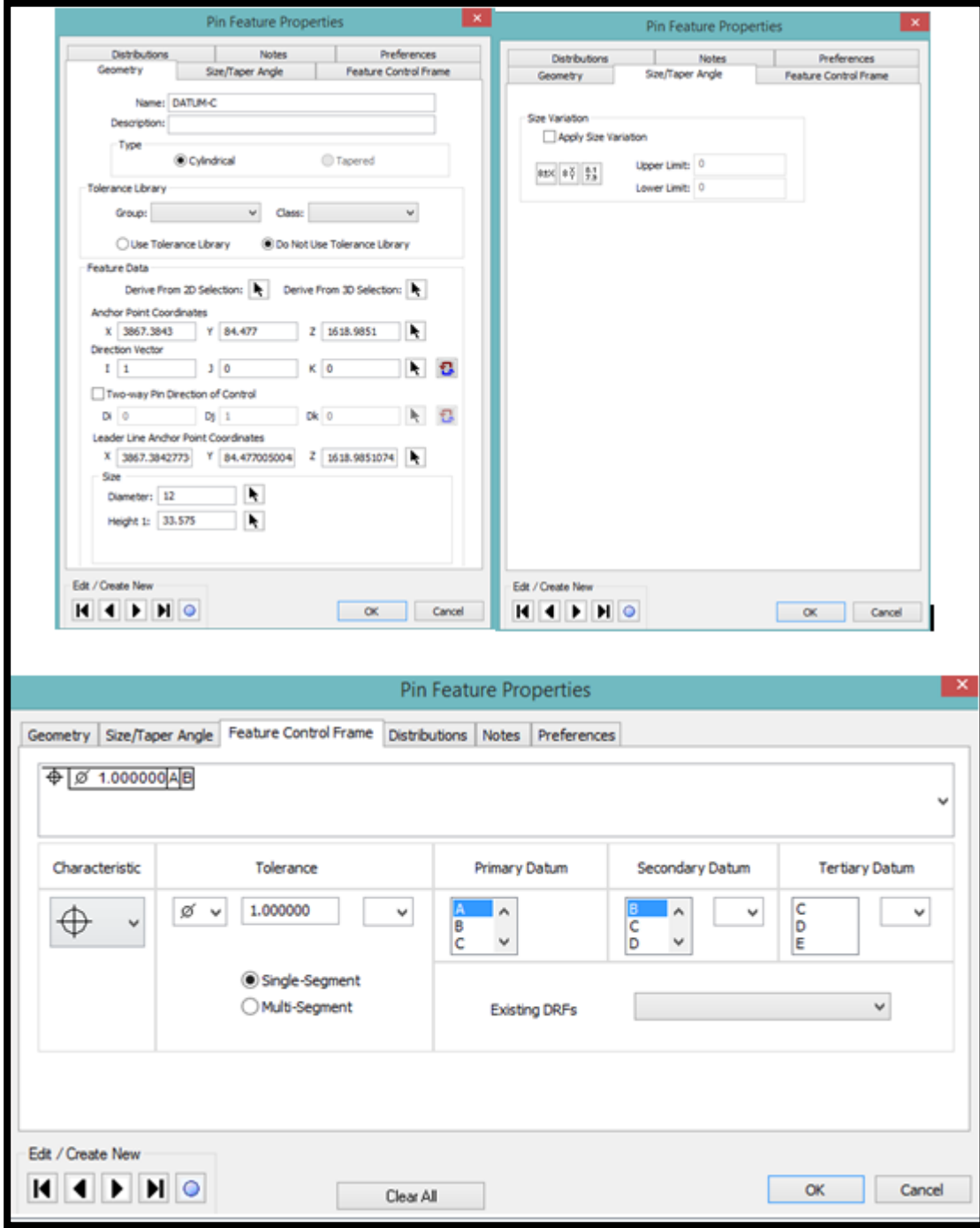
Şekil 4.10’da parçaların montaj sırası görülmektedir. Fikstürde önce 1 numaralı parçaya (kabin süspansiyon braketini) 2 numaralı parça (filtre braketini), ardından bu montaja 3 numaralı altmontaj (soket ve soket braketini montajı) takılmaktadır.



Şekil 4.11 : VSA programında 3 boyutlu yüzey modelleme.

Montaj içindeki her bir parçanın yüzeyi, fonksiyonel olan delikleri modellenir. Bunu yapmak için ilgili yüzeye deliğe dokunulur ve teknik resim özellikleri açılan pencereye girilir. Hangi yüzeyini uzvun modellendiğini ve referans yüzey olarak atanıp atanmadığını da programın sol tarafındaki menüden (yukarıdaki resimde kırmızı kutu içine alınan menü) takip edilebilir, özellikleri tekrar değiştirebilir, açılıp kapanabilir.

Şekil 4.12’de numaralı parça için bilgilerin nasıl girildiğini gösteren pencereleri görebilirsiniz.



Şekil 4.12 : VSA programında toleransları düzeltme.

İlk resimde oluşturulan uzvun özelliklerini görebilirsiniz. Bu resimde filtre braketini kabin süspansiyon braketine bağlayan M12 civatanın modeli gösterilmektedir. İlk

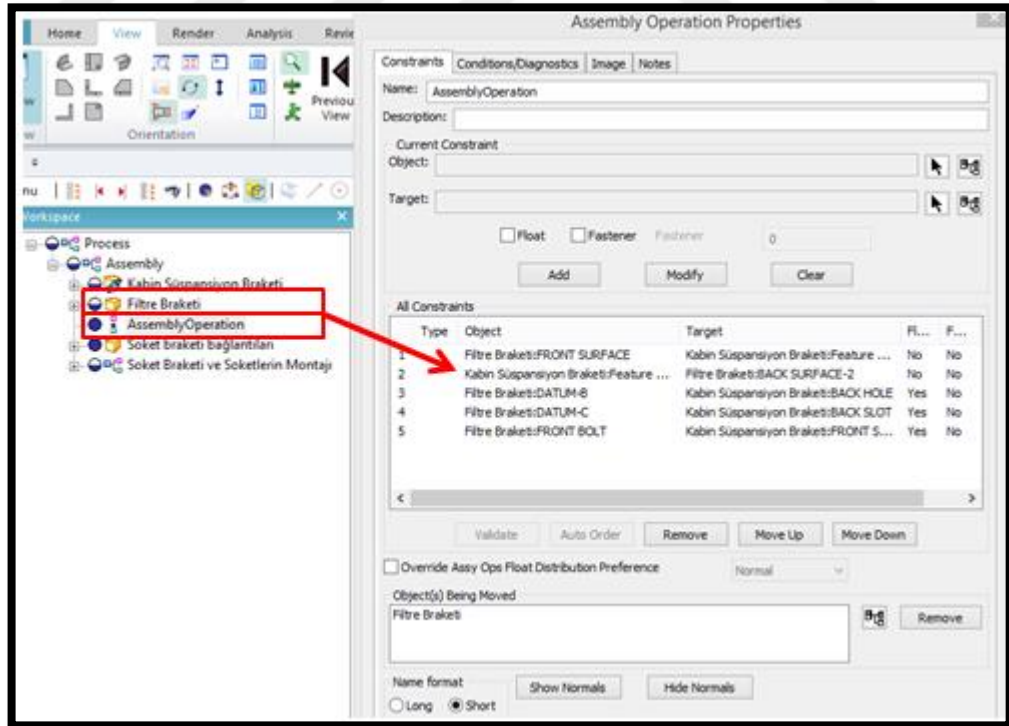
resimde bu civatanın çapı uzunluğu ve uzaydaki yeri gibi geometrik özellikler görünür.

İlk resmin sağındaki resminde ise civatanın çap toleransını görebilirsiniz. Ancak kullanılan civata standart bir civata olduğundan çap toleransı verilmedi. Şayet civata yerine talaşlı üretim veya talaşsız üretimden elde edilen parçaya entegre bir uzuv olsaydı, ilgili toleranslar bu sayfaya dahil edilebilirdi.

Sondaki resimde ise parçaya ait olan konum pozisyon toleransları girilir. Bu parçada ilgili civata, filtre braketini üzerinde yer alan kaynaklı somuna takılmaktadır ve kaynaklı somunun da konum toleransı 1mm olduğundan, bu değer girildi.

Yukarıda bahsedilen modellem işlemlerini her parça için tamamladıktan sonra, parçaların birbirine montaj işlemi programda ifade edilir. Hangi parçanın hangi uzvu, nereye takıldığını belirtmek gerekir, aksi takdirde program model çalışmayacaktır.

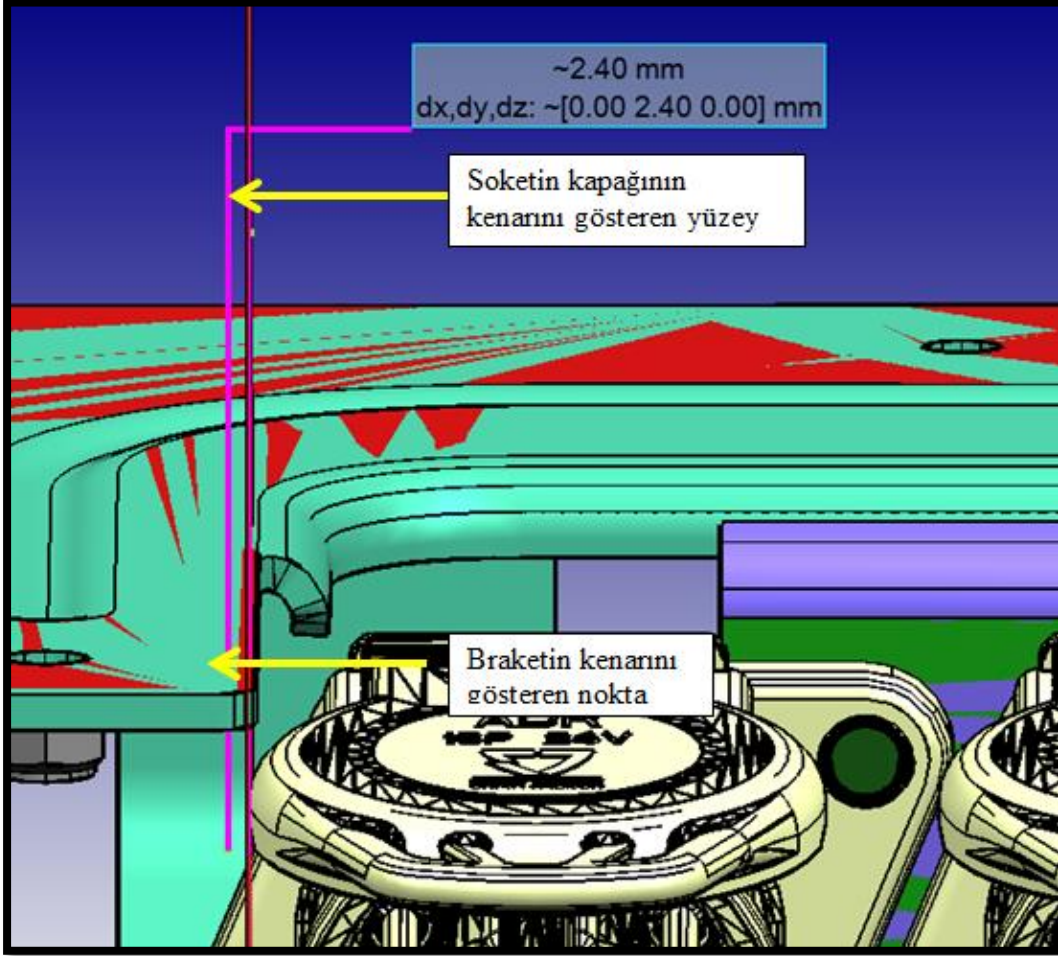
Şekil 4.13'de filtre braketini ile kabin süspansiyon braketinin montaj işleminin gösterimini görebilirsiniz.



Şekil 4.13 : VSA programında montajı tanımlama işlemi.

Her iki braketin öpüşme yüzeyleri, hangi deliklerden birbirlerine takılıyorlar her bir ilişki bu sayfada ifade edilir. Bu işlem de tamamlandıktan sonra hazırlık aşamasında geriye birtek montaj işlemi sonrasında birbirleriyle etkileşim halinde olan parçalar arasındaki mesafeyi ölçmek için o parçalar üzerinde 2 referans nokta gerekiyor.

Aşağıda şekilde gördüğümüz gibi 2 parça arasında 2.4mm mesafeyi tanımlayan yüzey ve noktayı tanımladık.



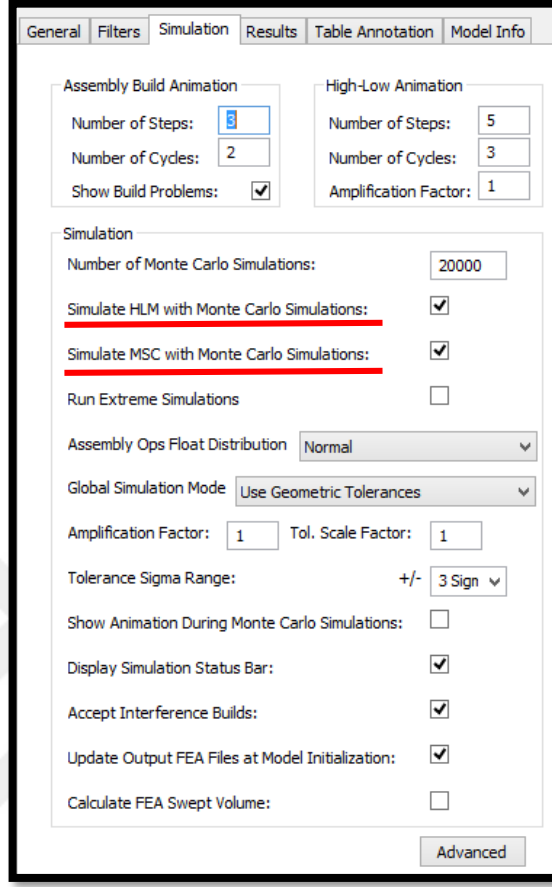
Şekil 4.14 : VSA programında analiz sonrası ölçü alma.

Montaj ve tolerans analizi hazırlık kısmını bu işlemle bitirmiş olduk.

Bu işlemin hemen ardından yapmamız gereken işlem bu montaj işlemini sanal ortamda gerçekleştirmek. Bunun için ilgili seçenekleri işaretliyoruz.

Aşağıda gördüğümüz gibi VSA tolerans analizini gerçekleştirirken programa girilen tolerans bilgilerini işleyip sonuçları,olasılıkları Monte Carlo Simulation teorisine

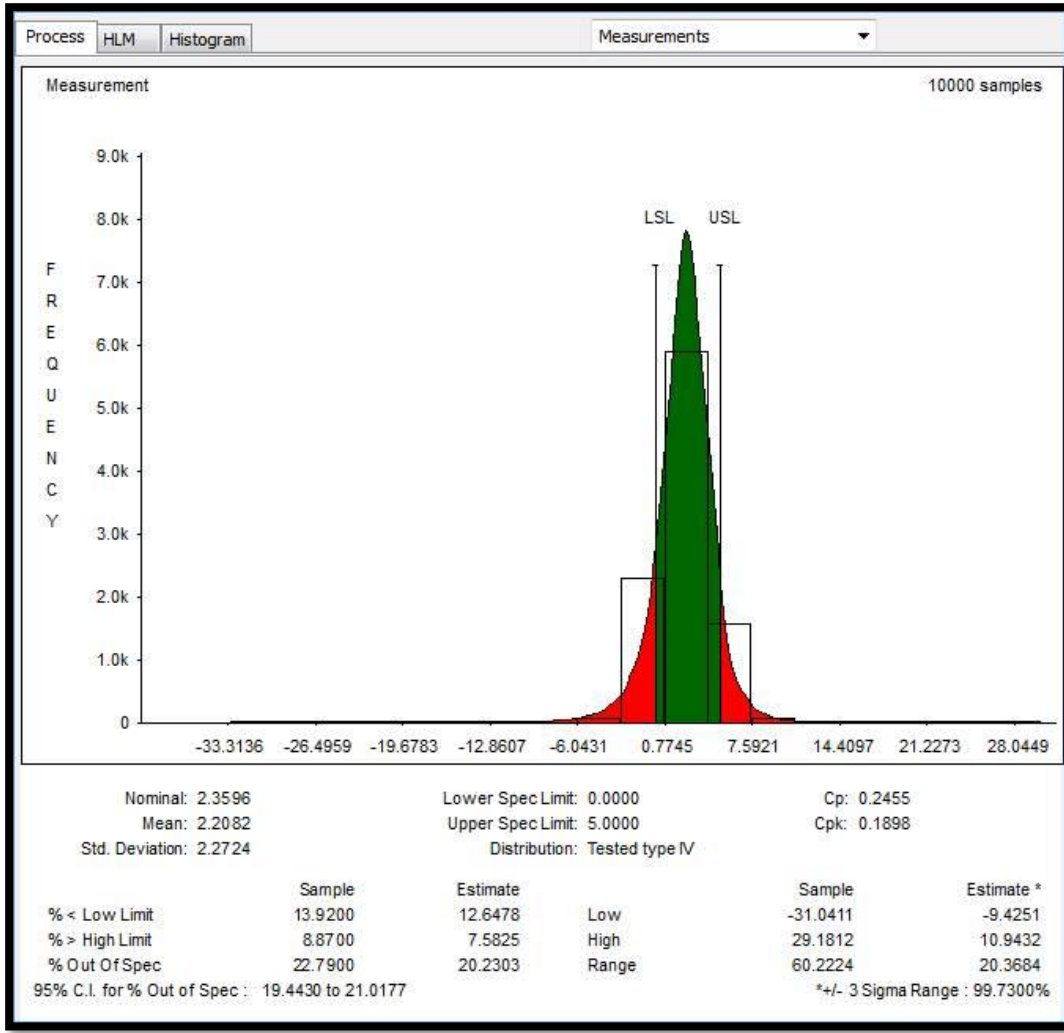
göre oluşturmaktadır[8]. Simulasyon sayısı olarak optimum değer olan 20000 değerini seçiyoruz.



Şekil 4.15 : VSA programında analiz ölçütlerini ve şartlarını belirleme.

Bu işlemi de gerçekleştirdikten sonra run tuşuna basıp parçanın analizi gerçekleştiriyoruz. Bu kısımda değinilmesi gereken bir diğer nokta da tolerance sigma range bilgisidir. Ford şirket olarak 6σ gerekliliklerine göre çalıştığından bu kısmı $\pm 3\sigma$ seçiyoruz.

Bu ölçütlere göre ölçüm sonuçlarını Şekil 4.16'da görebilirsiniz.

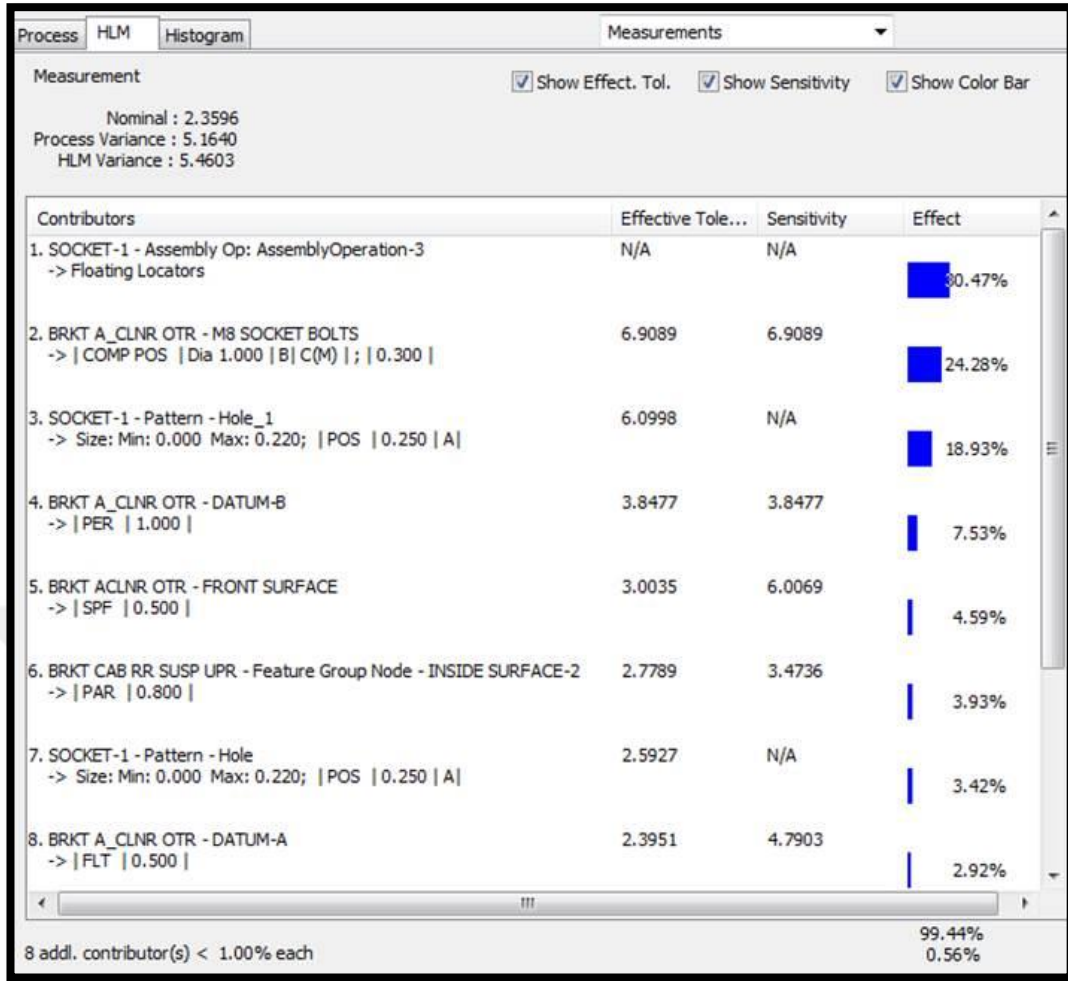


Şekil 4.16 : VSA programında analiz sonrası operasyon sonrası performans grafiği.

Grafikteki sonuçları analiz ettiğimizde; önceden belirlediğimiz ölçüm mesafe ölçütlerine (upper and lower spec limit) göre tekrar edilen 20000 denemenin %22.79 (1) kadarının, istenen kriterlere uymadığını (out of spec) görüyoruz. Bu değerlere bağlı olarak da Cpk değerinin 0,19 olduğunu görüyoruz. Bu değer normal şartlarda 1 olması gerekiyor.

Bu ölçüt dışı olan sonuçlara neden olan ölçüleri de katkıları ile beraber Şekil 4.17’de görebilirsiniz. Tabloda gördüğümüz gibi bu sonucun çıkmasında en büyük parametre elektrik soketleri brakete takılırken braket üzerine kaynaklanan somunun pozisyon toleransıdır.

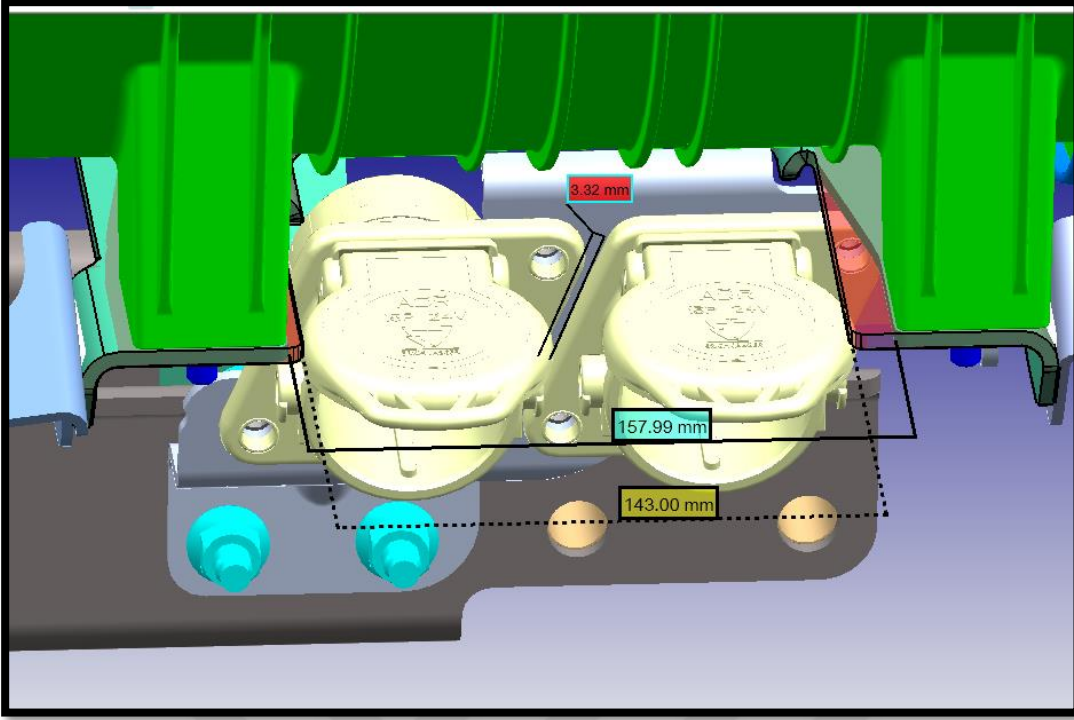
İkinci en büyük sebep ise soket braketini üzerinde yer alan M8 kaynaklı somunun pozisyon toleransıdır.



Şekil 4.17 : VSA programında analiz sonucuna etki eden etkenlerin katkı miktarı.

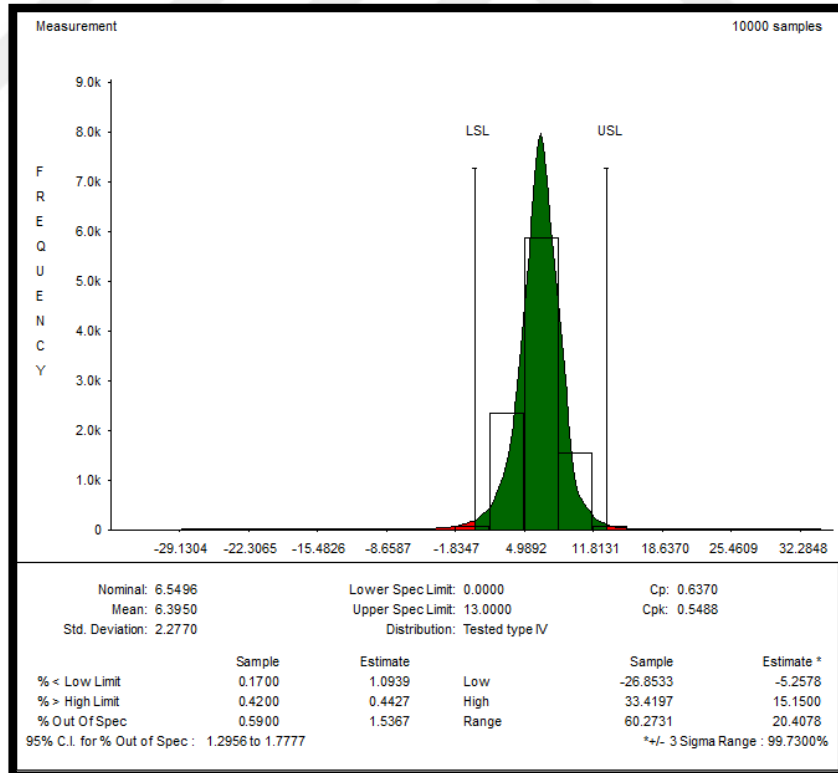
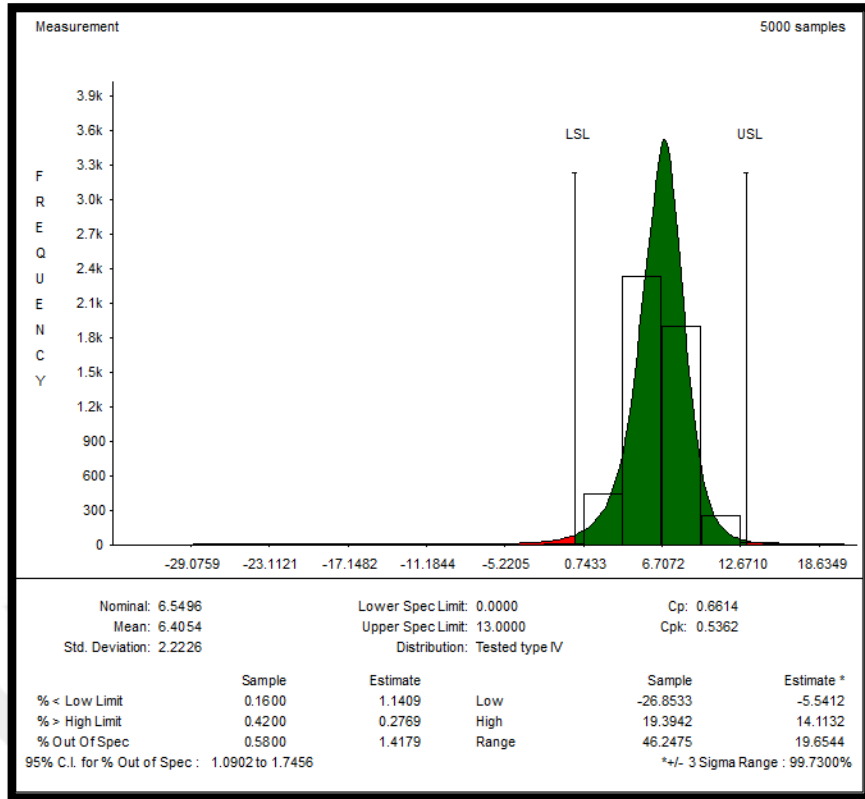
Ancak bu maddeler imalat toleransı ile alakalıdır, imalatçı bu toleransları kabiliyetini aştığından değiştirmemektedir. Bu nedenle montaj edilebilirliği artırmak adına, filtrenin 2 ayağının arasındaki ölçüyü, soket kapakları açılacak şekilde artırmak gerekmektedir.

Tasarım değişmeden önce 143 mm olan braket ayakları arası mesafe, braketlerin ayakları traşlanarak ve filtrenin ayağı da azami ölçüde kaydırılarak 158mm'ye çıkarıldı. Aynı zamanda kapakların çarpma riskini azaltmak için de her iki soket beraber resme göre 4mm sağa kaydırıldı. Toplamda her iki taraftan 6,5 mm mesafe sağlandı. Bu tasarıma göre tasarım paketi bir kez daha VSA analizi koştu.

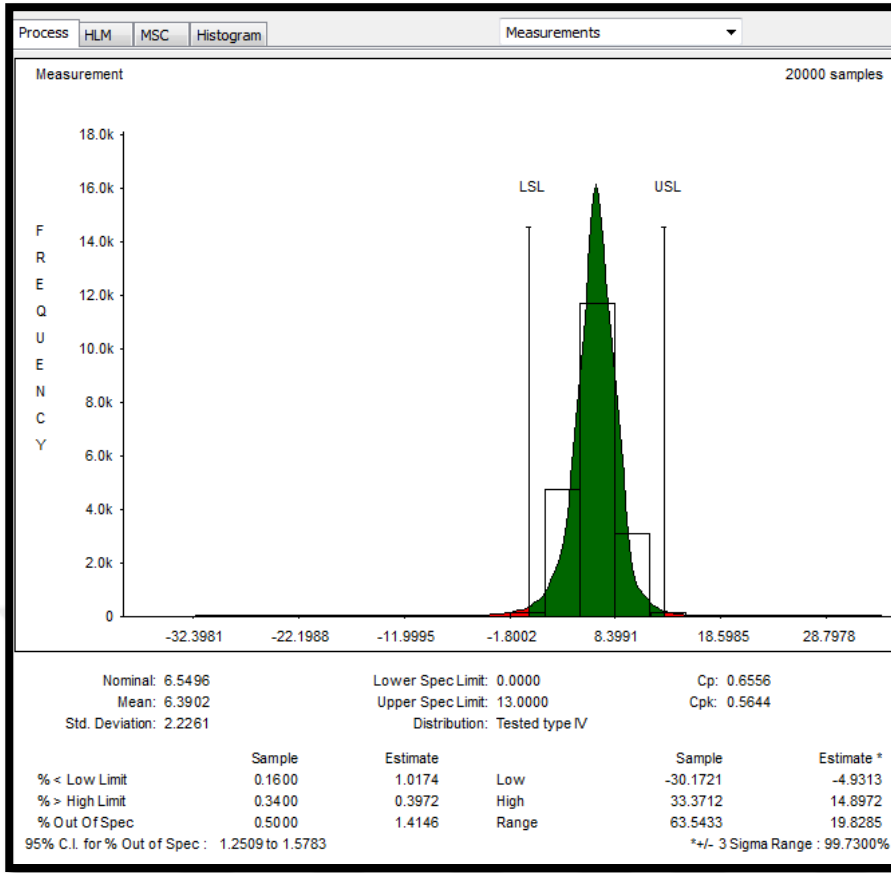


Şekil 4.18 : VSA programında denemesi yapılan son opsiyonun detayları.

Güncellenen tasarımın analiz sonuçlarını aşağıda görebilirsiniz. Analiz, montaj sayısı 5000, 10000 ve 20000 olacak şekilde adet 3 farklı iterasyon ile koşulmuştur. İterasyonlar arasındaki sonuçların farkı çok küçük olup, sonuçta radikal değişikliklere sebep olmamıştır. Analiz sonucunda problem çıkan parçaların oranının %0.5 e düştüğünü görebilirsiniz. Bu sonuç 6σ hedefine çok yakın bir değer olduğundan kabul edildi ve öncül seri fazında bu parça ile ilerlenmesi kararlaştırıldı.



Şekil 4.19 : VSA programında 5000 ve 10000 iterasyonla denemesi yapılan opsiyonun sonuçları.



Measurement Show Effect. Tol. Show Sensitivity Show Color Bar

Nominal : 6.5496
 Process Variance : 4.9554
 HLM Variance : 5.4603

Contributors	Effective Tole...	Sensitivity	Effect
1. SOCKET-1 - Assembly Op: AssemblyOperation-3 -> Floating Locators	N/A	N/A	30.47%
2. BRKT A_CLNR_OTR - M8 SOCKET BOLTS -> COMP POS Dia 1.000 B C(M) ; 0,300	6.9089	6.9089	24.28%
3. SOCKET-1 - Pattern - Hole_1 -> Size: Min: 0.000 Max: 0.220; POS 0.250 A	6.0998	N/A	18.93%
4. BRKT A_CLNR_OTR - DATUM-B -> PER 1.000	3.8477	3.8477	7.53%
5. BRKT ACLNR_OTR - FRONT SURFACE -> SPF 0.500	3.0035	6.0069	4.59%
6. BRKT CAB RR_SUSP_UPR - Feature Group Node - INSIDE SURFACE-2 -> PAR 0.800	2.7789	3.4736	3.93%
7. SOCKET-1 - Pattern - Hole -> Size: Min: 0.000 Max: 0.220; POS 0.250 A	2.5927	N/A	3.42%
8. BRKT A_CLNR_OTR - DATUM-A -> FLT 0.500	2.3951	4.7903	2.92%

8 addl. contributor(s) < 1.00% each
 99.44%
 0.56%

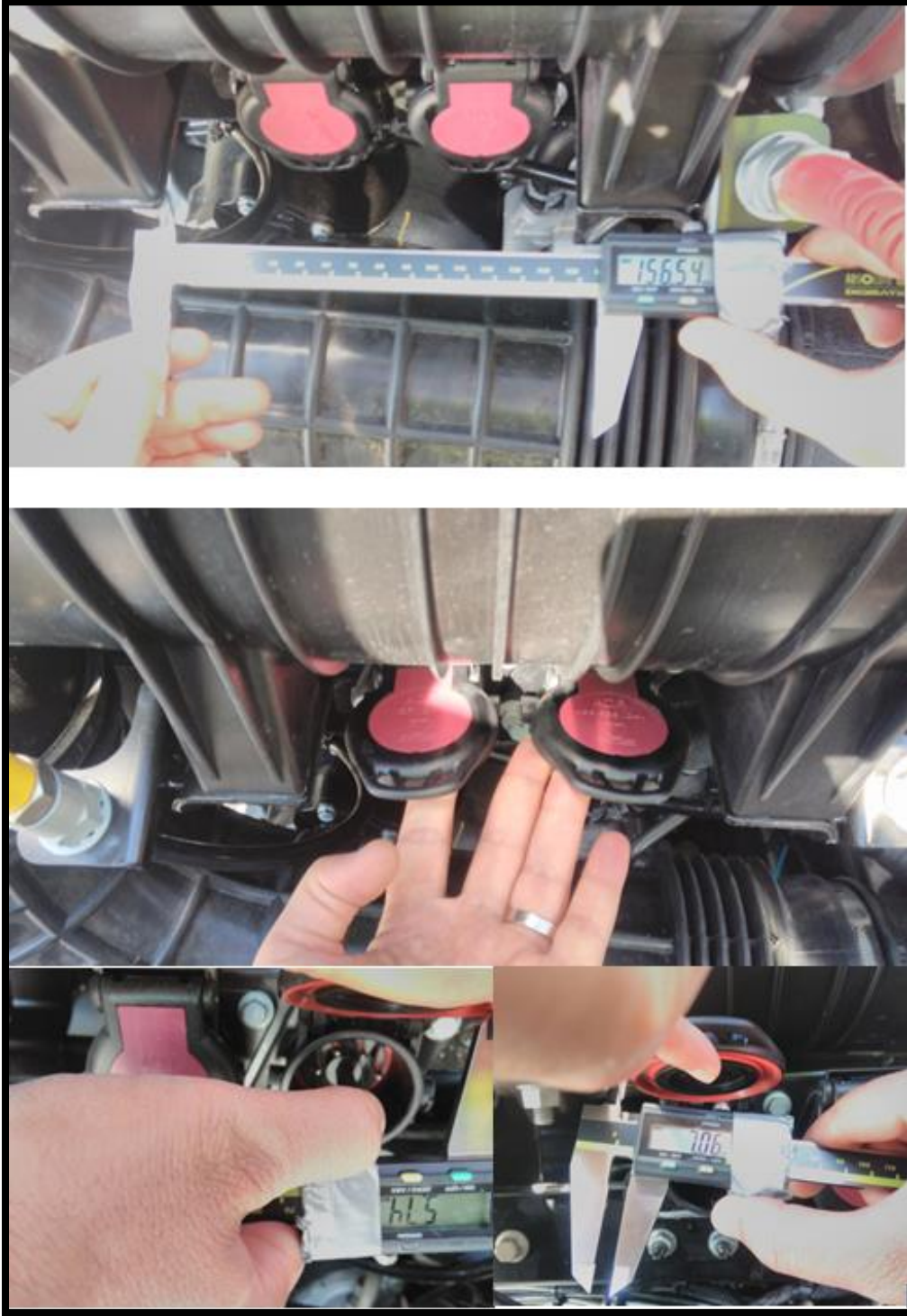
Şekil 4.20 : VSA programında 20000 iterasyonla denemesi yapılan opsiyonun sonuçları.

4.2 Fiziki Ölçümlerle VSA Analizi Doğrulaması

VSA sonuçların ardından en son analizde bahsedilen değişiklikler parçalara uygulandı ve şu andaki üretim fazında 2 tane araçtan bu parçaların mesafeleri kontrol edildi. Kontrol numunelerinin resimlerini Şekil 4.20’de görebilirsiniz.



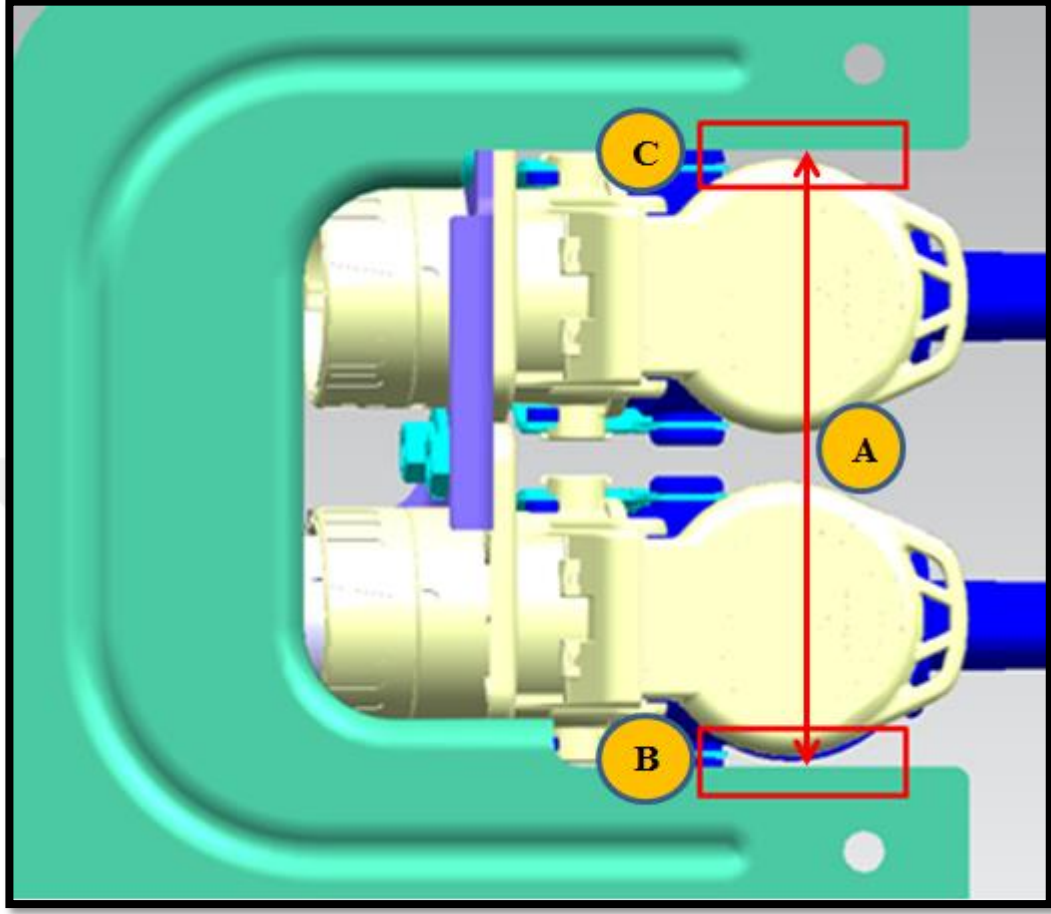
Şekil 4.21 : İlk araçta braketlerin ayakları arasındaki mesafe, soket kapakları braket ayakları arasındaki mesafe ve kapakların açılması.



Şekil 4.22 : İkinci araçta braketlerin ayakları arasındaki mesafe, soket kapakları braket ayakları arası mesafe ve kapakların açılması.

Şekil 4.20'deki resimlerden de görebileceğiniz üzere iki araçta da kapakların açılmasıyla ilgili problem giderilmiş oldu. Kapağın açılması sırasında herhangi bir girişim ya da takılma durumu görülmedi. Kapak ile braketin ayakları arasındaki

mesafeleri, mevcut CAD ölçümleri ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.21'den yararlanarak bakıp Çizelge 4.3'den bakabiliriz.



Şekil 4.23 : Fiziki ölçümlerin konumları.

Çizelge 4.3 : Seri fazın başlangıcında gelen parçaların ölçüm sonuçları.

Araç Numarası	A (mm)	B (mm)	C (mm)
1	156.35	6.01	4.59
2	156.56	7.06	5.24



5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmanın neticesinde imalat ve montaj toleranslarının parçaların montajının başarısına olan etkisi sanal tolerans VisVSA programıyla incelenmiştir.

Çalışmada ilk durumda birbirlerine göre girişim durumunda olan elektrik soket kapakları ve filtre braketinin durumu müşteri açısından istenilmeyen bir durum olarak değerlendirilmiştir. Elektrik soketleri, kamyon şoförlerinin sık kullandığı bir donanım olarak değerlendirilmiş, kalite, ergonomi ekibi ve üst yönetim tarafından var olan girişimin düzeltilmesi talep edilmiştir.

Bu talebe istinaden ilk olarak elektrik soketlerinin yerinin değişmesi veya farklı tip soket tipi seçenekleri değerlendirilmiştir. Ancak bu öneriler paketsel uygunluk sağlanamadığından ve teknik gereklilikler sağlanamadığından uygulanamamıştır.

Tek çözümün filtre braketinin soket ile girişim olan kısmının traşlanması olduğu kabul edilmiştir. Bu çözümü uygulamak adına minimum maliyetle problemi çözmek adına ilk olarak sadece filtre braketinin fazla olan kısmı kesilmiş ve bu şekilde VisVSA programında teknik olarak kontrol edilmiştir.

Alınan aksiyonun hedeflenen 6σ çıktılarına uygun çıktılar vermediği ve yeterli olmadığı görülmüştür. Buna bağlı olarak filtre braketini, filtrenin ayak pozisyonuna da müdahale edilerek daha fazla traşlanmıştır.

Bu değişikliğin performansını da görmek adına tekrara VisVSA programında tolerans kontrolü yapılmış ve alınan aksiyonun çözüm olduğu görülmüştür.

Bu sayede herhangi bir prototip maliyeti olmadan 20000 deneme neticesinde soket kapaklarının kaç tanesinin açılmadığı istatistiksel olarak tespit edilmiştir. Bu da beraberinde maliyet avantajı getirmiştir.

Çoklu parçaların birbirine bağlandığı tolerans kontrolünün çok zor ve kompleks olduğu durumlarda VisVSA ve türevi programlarından yardım alarak kontrol işlemi yapmak mali ve zaman anlamında çok büyük avantajlar getirmektedir. VisVSA programı şirket bünyesinde birçok projede ve farklı parçada kullanılmış ve alınan çıktıların büyük ölçüde gerçek durumu yansıttığı görülmüştür.



KAYNAKLAR

- [1] Ford Otomotiv Sanayi A.Ş., (2012). *PTI AIS 101* [PowerPoint sunumu]
- [2] Ford Otomotiv Sanayi A.Ş., (2011). *AIS Team Awareness_v1* [PowerPoint sunumu].
- [3] M+H AIS Development Presentation (2012). Pdf Sunumu
- [4] Donaldson Production Development Studies (2011) Pdf Sunumu
- [5] National Institute of Technology Üretim Yöntemleri Dersi
Kullanım: Şubat 2018
<ftp://doc.nit.ac.ir/mec/m.falahati/PLastic1/2/Chap07.pdf>
- [6] Conccordia Üniversitesi Üretim Yöntemleri Dersi Kullanım: Mart 2018
<http://users.encs.concordia.ca/~mmedraj/mech421/lecture%2017%20plastics%204.pdf>
- [7] Ford Otomotiv Sanayi A.Ş., (2012). *AIS Plastik ve Kauçuk Üretim Yöntemleri* [PowerPoint sunumu]
- [8] Ford Otomotiv Sanayi A.Ş., (2013). *Tolerance Stack Up Document* [Pdf sunumu]



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Ürfet Demirkan
Doğum Tarihi ve Yeri : İstanbul, 01.02.1987
E-posta : urfet1987@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2010, Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 15 Temmuz 2013'den beri Ford Otomotiv Sanayi A.Ş. Ürün Geliştirme Genel Müdür Yardımcılığı, Motor Sistemleri Geliştirme Müdürlüğü, Hava Emiş Sistemler Ekip Liderliği'nde kıdemli tasarım ve yayın mühendisi

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- WO2014161798 (A1) - Buzdolabına dondurma yapma modülü ekleme
- WO2014198558 (A1) - Buzdolabına buz yapma modülü ekleme