

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

**TEK VE ÇİFT YOĞUNLUKLU POLİÜRETAN MOTOR ÜSTÜ
KAPAK GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre GÜRTAŞ

Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Can HAŞİMOĞLU

Aralık 2019

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TEK VE ÇİFT YOĞUNLUKLU POLİÜRETAN MOTOR ÜSTÜ
KAPAK GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre GÜRTAŞ

Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 12/12/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Fehim
FINDIK
Jüri Başkanı



Prof. Dr. Can
HAŞİMOĞLU
Üye



Prof. Dr. Hakan
Serhad SOYHAN
Üye

BEYAN

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

Emre GÜRTAŞ

12/12/2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Can HAŐIMOĐLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Test ve analiz olanakları konusunda anlayış ve yardımını esirgemeyen Tofaş Türk Otomobil Fabrikası'na, yöneticilerim Dr. Türker GÜdü, Cengiz Özkan'a, Malzeme ve Araç Doğrulama Mühendisliği'ndeki değerli iş arkadaşlarıma, tedarikçi firmamız olan Pimsa'ya teşekkürlerimi sunarım.

Bu zor süreçte sürekli yanımda olup beni destekleyen değerli eşim Uzm. Psk. Nilay Gürtaş'a teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmayı maddi açıdan destekleyen TUBİTAK 1501 Sanayi Arge Projeleri Destekleme Programına teşekkür ederim. (Proje No: 3151086).

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	2
1.2. Literatür Araştırması	2
1.2.1. Mevcut uygulamalar.....	3
1.2.1.1. Plastik motor üstü kapak	4
1.2.1.2. Plastik ve sünger motor üstü kapak.....	4
1.2.1.3. Plastik ve keçe motor üstü kapak	5
1.2.1.4. Poliüretan (tek bileşenli pü) motor üstü kapak	5
1.2.1.5. Poliüretan (çift bileşenli pü) motor üstü kapak	6
2. METOD VE YÖNTEM	7
2.1. Kullanılan Malzeme	7
2.2. Üretim Yöntemleri	8
2.3. Tasarım ve Stil Çalışmaları.....	10
2.4. Test Metodları	14
2.4.1. Akustik test metodları	14
2.4.1.1. Empedans tüp test metodu	14
2.4.1.2. Kabin içi gürültü seviyesi akustik test metodu	15
2.4.1.3. Rölanti gürültü seviyesi akustik test metodu	17
2.4.2. Motor sıcaklık test metodu.....	17
2.4.3. Sıcaklık dayanım test metodları.....	18
2.4.3.1. Boyutsal dayanım sıcaklık test metodu.....	19
2.4.3.2. Termal çevrim test metodu.....	20
2.4.3.3. Isıl yaşlandırma test metodu	20
2.4.3.4. Termal şok test metodu	20

2.4.4. Dinamik test metodları	20
2.4.4.1. Parça çıkma yükü test metodu.....	20
2.4.4.2. Dikey yönlü motor titreşim test metodu.....	21
2.4.5. Gerçek yol test metodu	22
3. ARAŞTIRMA BULGULARI	24
3.1. Akustik Testler	24
3.1.1. Empedans tüp testi	24
3.1.2. İç ortam ses seviyesi akustik testi	25
3.1.3. Rölanti gürültü seviyesi akustik testi	26
3.2. Motor Sıcaklık Testi.....	27
3.3. Sıcaklık Dayanım Testleri.....	27
3.3.1. Boyutsal dayanım sıcaklık testi.....	27
3.3.2. Termal çevrim testi	28
3.3.3. Isıl yaşlandırma testi	29
3.3.4. Termal şok testi	30
3.4. Dinamik Testler.....	31
3.4.1. Parça çıkma yükü testi	31
3.4.2. Dikey yönlü motor titreşim testi	32
3.5. Gerçek Yol Testleri	32
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	34
KAYNAKLAR.....	36
ÖZGEÇMİŞ.....	40

KISALTMALAR

dB	: Desibel
HZ	: Herzt
kHZ	: Kiloherzt
PÜ	: Poliüretan
s	: Saniye



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 : Örnek bir motor üstü estetik kapak.....	3
Şekil 1.2 : Günümüzde kullanılan araçlarda bulunan bazı estetik motor kapakları.....	3
Şekil 1.3 : Plastik motor üstü kapak.....	4
Şekil 1.4 : Plastik & sünger motor üstü kapak.....	4
Şekil 1.5 : Plastik & keçe motor üstü kapak.....	5
Şekil 1.6 : Tek bileşenli poliüretan motor üstü kapak.....	5
Şekil 1.7 : Çift bileşenli poliüretan motor üstü kapak.....	6
Şekil 2.1 : Kimyasal reaksiyon ile poliüretan polimerizasyonu.....	7
Şekil 2.2 : Plastik kapak altında kullanılan poliüretan izolasyon malzemesi.....	8
Şekil 2.3 : Çift yoğunluklu poliüretan motor kapağına ait teknik çizimler.....	9
Şekil 2.4 : Ürünün katmanları kesit görüntüsü.....	10
Şekil 2.5 : Tek yoğunluklu poliüretan motor üst kapak için üç boyutlu model görüntüsü.....	11
Şekil 2.6 : Tek yoğunluklu poliüretan motor üst kapak plastik destek braketini üç boyutlu model görüntüsü.....	11
Şekil 2.7 : Tek yoğunluklu poliüretan motor üst kapak stil tasarım üç boyutlu model görüntüsü. (Üst yüzey).....	12
Şekil 2.8 : Tek yoğunluklu poliüretan motor üst kapak stil tasarım üç boyutlu model görüntüsü. (Alt yüzey).....	12
Şekil 2.9 : Tek yoğunluklu poliüretan motor üst kapak plastik destek braket konumları üç boyutlu model görüntüsü. (Alt yüzey).....	12
Şekil 2.10 : Tek yoğunluklu poliüretan motor üst kapak plastik destek braket konumları üç boyutlu model görüntüsü. (Üst yüzey).....	13
Şekil 2.11 : Çift yoğunluklu poliüretan motor üst kapak üç boyutlu model görüntüsü. (Üst yüzey).....	13
Şekil 2.12 : Çift yoğunluklu poliüretan motor üst kapak üç boyutlu model görüntüsü. (Alt yüzey).....	13
Şekil 2.13 : Mikroskop. (Leica dvm6 model).....	14
Şekil 2.14 : Tek ve çift yoğunluklu poliüretan kapakları mikroskop görüntüsü.....	14
Şekil 2.15 : Araç üzeri motor üstü kapak görünümü. (Tek yoğunluklu).....	15
Şekil 2.16 : Araç üzeri motor üstü kapak görünümü. (Çift yoğunluklu).....	16
Şekil 2.17 : Akustik testler için kullanılan tam yalıtımlı oda.....	16
Şekil 2.18 : Araç üzeri mikrofon konumları A motor ön, S motor sağ, B motor sol, 1 sürücü sağ kulak.....	16
Şekil 2.19 : Mikrofon. (Brüel & Kjaer marka 4190 model).....	17
Şekil 2.20 : Veri toplama cihazı. (Siemens Marka Simcenter SCADAS Mobile 05 model).....	17
Şekil 2.21 : Motor sıcaklık testi ölçüm noktaları.....	18
Şekil 2.22 : Motor sıcaklık testi ölçüm noktaları.....	18

Şekil 2.23 : Araç üzerindeki konumu simule eden motor kapağı fikstürü	19
Şekil 2.24 : Termik çevrim kabini	19
Şekil 2.25 : Çıkma yükü test fikstürü	21
Şekil 2.26 : Çıkma yükü test bankosu	21
Şekil 2.27 : Dikey yönlü test bankosu	22
Şekil 2.28 : Dikey yönlü test bankosu üzerine montajlı motor üstü kapak	22
Şekil 2.29 : Gerçek yol testi aracına takılmış tek yoğunluklu poliüretan motor üst kapağı	23
Şekil 3.1 : Empedans tüp testi sonucu	24
Şekil 3.2 : İç ortam/sürücü sağ kulak akustik ölçüm grafiği. (Mevcut üretim - tek yoğunluk)	25
Şekil 3.3 : İç ortam/sürücü sağ kulak akustik ölçüm grafiği. (Mevcut üretim - çift yoğunluk)	25
Şekil 3.4 : Rölanti gürültü seviyesi akustik ölçüm grafikleri. (Mevcut üretim - tek yoğunluk)	26
Şekil 3.5 : Rölanti gürültü seviyesi akustik ölçüm grafikleri. (Mevcut üretim - çift yoğunluk)	26
Şekil 3.6 : Tek yoğunluklu poliüretan motor kapağı boyutsal dayanım sıcaklık testi sonucu görünümü	27
Şekil 3.7 : Çift yoğunluklu poliüretan motor kapağı boyutsal dayanım sıcaklık testi sonucu görünümü	28
Şekil 3.8 : Tek Yoğunluklu poliüretan motor kapağı termal çevrim testi sonucu görünümü	28
Şekil 3.9 : Çift Yoğunluklu Poliüretan Motor Kapağı Termal Çevrim Testi Sonucu Görünümü	29
Şekil 3.10 : Tek yoğunluklu poliüretan motor kapağı ısıl yaşlandırma testi sonucu görünümü	29
Şekil 3.11 : Çift yoğunluklu poliüretan motor kapağı ısıl yaşlandırma testi sonucu görünümü	30
Şekil 3.12 : Tek yoğunluklu poliüretan motor kapağı termal şok testi sonucu görünümü	30
Şekil 3.13 : Çift yoğunluklu poliüretan motor kapağı termal şok testi sonucu görünümü	31
Şekil 3.14 : Çıkma yükü test sonucu	32
Şekil 3.15 : Tek yoğunluklu PÜ motor üstü kapak gerçek yol test sonucu görüntüsü. (Üst yüzey)	32
Şekil 3.16 : Tek yoğunluklu PÜ motor üstü kapak gerçek yol test sonucu görüntüsü. (Alt yüzey)	33
Şekil 3.17 : Tek yoğunluklu PÜ motor üstü kapak gerçek yol test sonucu görüntüsü. (Bağlantı noktaları)	33

TEK VE ÇİFT YOĞUNLUKLU POLİÜRETAN MOTOR ÜSTÜ KAPAK GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

Günümüz şartlarında çevre kirliliği insan sağlığını en fazla tehdit eden bir unsur haline gelmiştir. Çevre kirliliğini oluşturan sebeplerden biri de motorlu taşıtlardan yayılan zararlı gazların atmosfere salınmasıdır. Motorlu taşıtlardan çıkan bu zararlı gazların miktarını etkileyen unsurlardan birisi taşıtın ağırlığıdır. Otomotiv sektöründe bir aracın binlerce parçanın birbiri ile montajlanarak üretildiğini düşünürsek, bu aracı oluşturan her bir parça aracın toplam ağırlığına etki edecektir. Bu durumda tüm parçalar kendinden beklenen görevi yerine getirirken aynı zamanda hafif olması çok önemlidir. Ayrıca imal edilen parçaların son alıcı olan müşteri tarafından tercih edilmesi için maliyet çok önemli bir faktördür. Aracın maliyetinin de üzerinde bulunan parçaların maliyetlerin toplanarak elde edildiği bilindiğine göre aracın müşteri tarafından tercih edilmesinde her bir parçanın tek başına maliyeti önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, araç parçalarından biri olan motor üstü kapağı tek ve çift yoğunluklu poliüretan malzeme ile üretilerek, şu an otomotiv sektöründe aktif olarak kullanılan plastik motor kapaklarına bir alternatif oluşturmaya çalışılmıştır. Motor kapağından beklenen gürültü önleme performansı ve dayanım testleri dikkate alınarak en iyi sonuçlar elde edilmesi hedeflenmektedir. Elde edilen testlerin çıktısı ilgili test uzmanları ile değerlendirilecek ve bu değerlendirmeler sayesinde testlerin başarıyla geçilmesi için alınması gereken önlemler belirlenip uygulanacaktır.

Anahtar kelimeler: Poliüretan kapak, Motor estetik kapağı, Motor Kapağı, Motor üst kapağı, Poliüretan motor kapağı.

SINGLE AND DOUBLE DENSITY POLYURETHANE ENGINE TOP COVER DEVELOPMENT

SUMMARY

In today's conditions, environmental pollution has become the most threatening factor for human health. One of the reasons of environmental pollution is the release of harmful gases emitted from motor vehicles into the atmosphere. One of the factors affecting the amount of these harmful gases emitted from motor vehicles is the weight of the vehicle. In the automotive industry, considering that a vehicle is manufactured by assembling thousands of parts with each other, each component that forms this vehicle will affect the total weight of the vehicle. In this case it is very important that all parts are light at the same time as they perform the expected task. In addition, cost is a very important factor for the customer to be the final buyer of the manufactured products. Since it is known that the costs of the parts which are above the cost of the vehicle are obtained by summing the costs, the cost of each part alone is important for the customer to choose the vehicle.

In this study, the engine cover, which is one of the vehicle parts, will be studied with single and double density polyurethane material method and an alternative will be tried to be created for the plastic engine covers which are actively used in the automotive sector. It is aimed to obtain the best results considering the expected noise prevention performance and endurance tests from the engine cover. The output of the obtained tests will be evaluated with the relevant test experts and the necessary measures for the successful passing of the tests will be determined and applied.

Key Words: Polyurethane cover, Motor aesthetic cover, Motor cover, Motor top cover, Polyurethane motor cover.

1. GİRİŞ

Motorlu araç üretim sektöründe teknolojik gelişmelerle beraber malzemelerden beklenen özellikler değişmektedir. Bu değişen özelliklerle birlikte yenilikçi malzemelere olan istek de günbegün artmaktadır. Son yıllarda otomobil üreticileri için elektrikli motorlar içten yanmalı motorların yerini almaya başlamıştır. [1]. Elektrikli motorlardaki hafiflik ve maliyetlerin düşürülmesi dışında akustik performans gibi daha değişik faktörlerin de önemi artmıştır. Motorun çalışması sırasında çıkardığı gürültü daha önce kabin içinde yolcu tarafından hissedilmeyen ancak gerçekte var olan gürültülerin duyulmaya başlanması, daha iyi akustik performansa sahip aynı zamanda hafif, düşük maliyetli ve ideal dayanım değerlerinde otomobil parçaları ihtiyacını doğuracaktır.

Araç ağırlığının %72-75'ini metaller oluşturmaktadır ve geriye kalan oranı ise plastik, çeşitli kompozit malzemeler ve seramikler (plastikler yüzdece daha fazla) tamamlamaktadır. Özel üretim performans araçlarında ise karbon fiber gibi çeşitli hafif ve dayanımı yüksek malzemeler kullanılmaktadır. [2]. Otomotiv sektöründeki üreticilerin temel isteği, düşük tutulan malzeme maliyetiyle parçaların beklenen özellikleri sağlanmasıdır. Maliyet optimizasyonu yapılırken aynı zamanda parçaların ağırlığının düşürülmesi, motorlu taşıt emisyonlarının azaltılmasına da katkı sağlayacaktır. [3]. Kolay ulaşılabilir olmaları nedeniyle plastik malzemeler geleneksel olan malzemelerin yerini almıştır. Bu değişim de hem ürün hem de üretim maliyetinde ciddi bir azalmaya sebep olmuştur. [4].

Son yıllarda kritik görevleri üstlenmesi için mühendislik plastikleri ve kombinasyonları ile kompozit malzemeler, araçlarda tercih edilmektedir. [5]. Birçok sektörde kullanılan poliüretan uzun bir süredir mühendislik malzemeleri arasında önemli bir kullanım yerine sahiptir. Aynı zamanda araçlarda hafifliğin daha fazla tercih edildiği uygulamalar arttıkça poliüretana olan talep de artmaya devam edecektir. [6]. Poliüretan; mühendislik

sektöründe kolay üretilebilir ve kolay şekillendirilebilir olmasından dolayı birçok dalda üretim yapan imalatçılar için sık kullanılmaya başlanan polimer bir malzemedir. [7]. İki ya da daha fazla sayıda hidroksil (-OH) grubu içeren bir alkol olan poliöl ile birden fazla reaktif -NCO grubu içeren izosiyanatların reaksiyonundan elde edilen poliüretan; tekstil, medikal ve otomotiv sektörü gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. [8]. Otomotiv sektöründe de araç iç ve dış ses izolasyon parçaları, kabin içi parçaları, direksiyon, vites topuzu, güneşlik, kolçak vb. gibi birçok farklı ürün grubunda poliüretan tercih edilmektedir. [9]. Araç kaput altı bölgesinde bulunan motor üstü kapak parçasının da tek ve çift yoğunluklu poliüretan olarak tercih edilmesi akustik, estetik ve iyi mekanik özellikleri olan bir ürün olarak farklı bir çözüm olacaktır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Her geçen gün maliyetin bir adım daha ön plana çıktığı otomotiv sanayi sektöründe aynı kalitede, aynı işi yapacak daha uygun maliyetli ve daha hafif parçaların kullanımı önem kazanmaktadır. [10]. Bu sayede firmaların sektörde rekabet güçleri artacak müşterilerin ise ucuzlayan ürünlere sahip olabilme şansı yükselecektir. [11]. Aynı zamanda hafifleyen parçaların aracın toplam ağırlığında azalmaya katkı sağlayacağından dolayı çevre için çok önemli bir faktör olan egzoz emisyonlarında düşüş meydana gelecektir. Bilindiği gibi egzoz emisyonlarının en büyük zararı Dünya'nın ortalama sıcaklığını her geçen gün artırmasıdır. [12].

Bu çalışmanın amacı; otomotiv sanayi de yüksek adetlerde kullanılan motor kapaklarına alternatif olarak daha düşük maliyette tek ve çift yoğunluklu kapakların birbirleri ile testler vasıtası ile karşılaştırılarak devreye alınmasını sağlamaktır. Böylelikle yeni geliştirilmiş tek ve çift yoğunluklu motor kapakları kendilerinden beklenen görevi parça başı daha düşük maliyetle yerine getirirken araç birim fiyatını da düşürmüş olacaklardır.

1.2. Literatür Araştırması

Otomotiv sektöründe motor kapağı, motor üstü kapağı ve motor estetik kapağı gibi çeşitli şekilde adlandırılmıştır. Motor üstü kapak günümüzdeki araçlarda kaput altı estetik algının iyileştirilmesini ve motordan yayılan gürültünün bastırılmasını sağlayan

parça olarak tanımlanmaktadır. [13]. Örnek bir motor üstü estetik kapak resmi Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1 : Örnek bir motor üstü estetik kapak.

1.2.1. Mevcut uygulamalar

Otomotiv sektöründe birçok farklı üretim yöntemi ve malzeme kullanımı ile araçlarda motor estetik kapak kullanılmaktadır. Bazı firmalar tarafından kullanılan motor estetik kapak örnekleri Şekil 1.2’de verilmiştir.



Şekil 1.2 : Günümüzde kullanılan araçlarda bulunan bazı estetik motor kapakları. [14].

1.2.1.1. Plastik motor üstü kapak

Şekil 1.3'te gösterildiği gibi motor kapağı sadece plastik malzemeden oluşmaktadır. Sadece plastik malzeme olmasından dolayı ses, ısı, izolasyon ve titreşim sönümlenme özellikleri kötüdür.



Şekil 1.3 : Plastik motor üstü kapak.

1.2.1.2. Plastik ve sünger motor üstü kapak

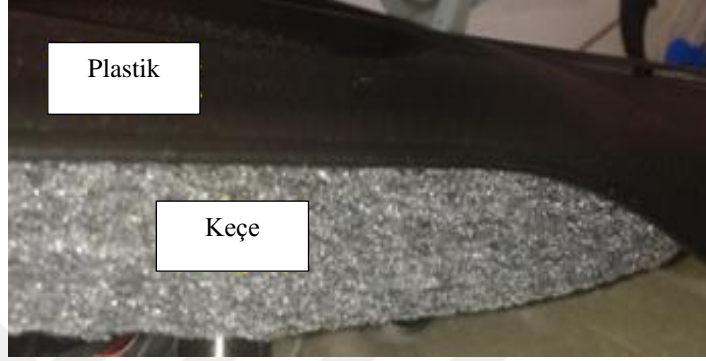
Plastik ve sünger olmak üzere Şekil 1.4'de gösterildiği gibi iki farklı malzemeden oluşmaktadır. Plastik parça ve sünger parça farklı üretim hatlarında imal edilip, daha sonra montajı yapılmaktadır. Plastik kapaklara göre plastik ve sünger olan motor üstü kapakların ses ve ısı izolasyonu ve titreşim sönümlenme değerleri daha iyidir.



Şekil 1.4 : Plastik & sünger motor üstü kapak. [14].

1.2.1.3. Plastik ve keçe motor üstü kapak

Plastik ve keçe motor üstü kapaklar Şekil 1.5'te gösterildiği gibi plastik ve keçe olmak üzere iki farklı malzemeden oluşmaktadır. Plastik parça ve keçe parça farklı üretim hatlarında imal edilip, daha sonra montajı yapılmaktadır. Ses, ısı izolasyon ve titreşim sönümlenme değerleri plastik motor kapaklarına göre nispeten daha iyidir.



Şekil 1.5 : Plastik & keçe motor üstü kapak. [14].

1.2.1.4. Poliüretan (tek bileşenli pü) motor üstü kapak

Sadece poliüretan hammaddeden ve tek proseste üretilmektedir. Ses, ısı izolasyon ve titreşim sönümlenme değerleri plastik motor kapaklarına göre daha iyidir. [15]. Şekil 1.6'da örnek bir resim ile gösterilmiştir.



Şekil 1.6 : Tek bileşenli poliüretan motor üstü kapak.

1.2.1.5. Poliüretan (çift bileşenli pü) motor üstü kapak

İki tip poliüretan malzemeden üretilmektedir. Şekil 1.7’de detaylar gösterilmiştir. Aynı üretim istasyonunda(kalıp) üretilmektedir. İki farklı yoğunlukta poliüretan kullanılmasına rağmen montaj operasyonu gerektirmez. Ses ve ısı izolasyon ve titreşim sönümleme değerleri plastik motor kapaklarına göre daha iyidir.

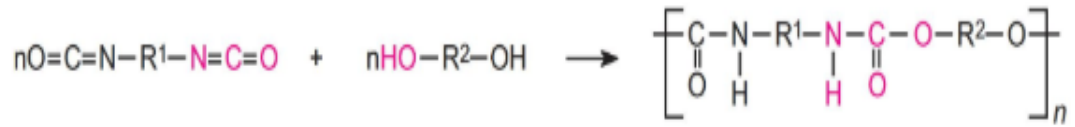


Şekil 1.7 : Çift bileşenli poliüretan motor üstü kapak. [14].

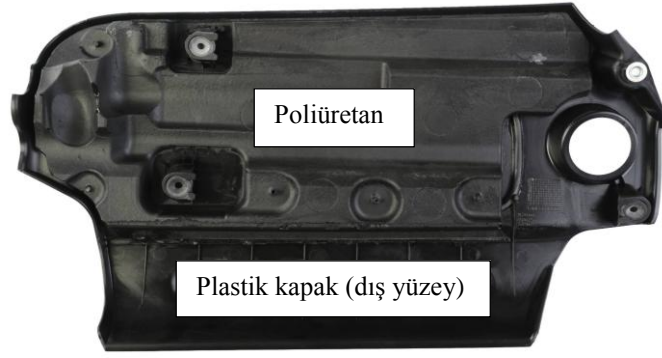
2. METOD VE YÖNTEM

2.1. Kullanılan Malzeme

Bu tezde motor üstü kapakların malzemeleri incelenmiştir. Poliüretanlar, polioller (molekül başına en az iki reaktif hidroksil grubu içeren alkoller) ile diizosiyanatların veya polimerik izosiyanatların uygun katalizör ve katkı malzemeleri varlığında, ekzotermik reaksiyonları sonucu oluşurlar. [16]. (Şekil 2.1). Ürünün yoğunluğu kullanılan üfleme maddesinin miktarına ve esnekliği veya sertliği de kullanılan polioller ve diizosiyanat türüne bağlıdır. [17]. Diizosiyanatların çeşitliliği ve çok çeşitli poliollerin kullanım alanlarının geniş olmasından dolayı, çeşitli malzemeler kullanılarak spesifik uygulamaların gereksinimlerini karşılayacak tarzda üretilmektedir. Poliüretanlar çoğunlukla termoset malzemelerdir. [18]. Termoset malzeme olduklarından dolayı eritildikten sonra termoplastik malzemelerdeki gibi yeniden şekillendirilemezler. Poliüretanlar pek çok farklı biçimde olabilirler; esnek köpükler, rijit (sert) köpükler, kimyasal-dayanıklı kaplamalar, özel yapıştırıcılar, dolgu malzemeleri, elastomerler. Plastik motor kapağı altında izolasyon malzemesi olarak kullanılan poliüretan malzeme örnek olarak Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 : Kimyasal reaksiyon ile poliüretan polimerizasyonu. [19].



Şekil 2.2 : Plastik kapak altında kullanılan poliüretan izolasyon malzemesi. [20].

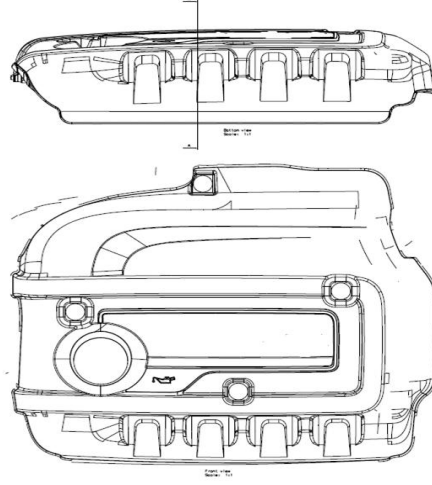
Farklı fonksiyonel taleplere göre kullanılan poliöl ve diizosiyanatların yapıları değiştirilerek istenilen viskozite ve sertlik değerlerinde ürünler elde edilebilmektedir. Bu çalışmada da 25°C'deki viskozite ve yoğunluk değerleri sırasıyla 1350 MPa.s ve 1,05 g/ml olan poliöl ve 25°C'deki viskozite ve yoğunluk değerleri sırasıyla 145 MPa.s ve 1,19 g/ml olan diizosiyanat kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda belirli oranlarda karıştırılarak nihai ürün elde edilmiştir.

2.2. Üretim Yöntemleri

Tez çalışması kapsamında; tek ve çift yoğunluklu, her ikisi de farklı tasarımda olacak şekilde poliüretan motor üstü kapaklar üretilmiştir. Üretilen motor üstü kapakların özellikleri incelenmiş ve çeşitli testler yapılmıştır. Tek ve çift yoğunluklu poliüretan kapakların karşılaştırılacağı halihazırda seri üretimde kullanılan kapak ise iki farklı malzeme ile üretilmiştir. Üst kabuk yüzey beş milimetre kalınlığında poliamid plastikten üretilmiştir. Bu plastik kabuğun altına 60gr/dm³ yoğunluğundaki poliüretan katman montajlanmıştır.

Araştırma doğrultusunda ilk olarak poliüretan malzemedен oluşan tek yoğunluklu motor kapağı elde edilmiştir. Daha sonrasında, iki katmanlı yapıda olan ve tek bir malzemenin (poliüretan) farklı yoğunluklarda aynı kalıpta üretilmesiyle çok yoğunluklu poliüretan kapak adını verdiğimiz kapak elde edilmiştir. Tek yoğunlukta olan poliüretan kapağın montaj yuvaları tasarım ile birlikte zaten elde edilmektedir ve kalıptan tek parça halinde çıkmaktadır. Çift katmanlı poliüretan kapak ise tasarım kısıtları nedeniyle bu yuvalara

sahip olamadığından montaj için farklı komponentlere ihtiyaç vardır. Çift yoğunluklu poliüretan motor üstü kapağının teknik çizimi Şekil 2.3’de verilmiştir.

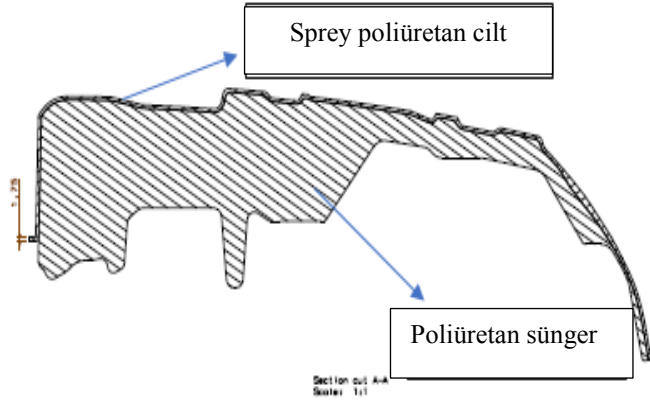


Şekil 2.3 : Çift yoğunluklu poliüretan motor kapağına ait teknik çizimler.

Tek yoğunluklu kapak üretim yöntemi tek aşamadan oluşmaktadır. Hazırlanan kalıba 250 g/dm^3 yoğunluğunu geçmeyecek şekilde sıvı poliüretan enjekte edilir. Poliüretan malzemesinin içerdiği poliöl ve izosiyanat hammaddeleri sayesinde kimyasal tepkimeler meydana gelir ve hacim genişleyerek kalıbın şeklini alır.

Çift yoğunluklu poliüretan kapak üretim yöntemi sırasıyla iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada bir robot kolu sayesinde kalıp yüzeyine poliöl ve izosiyanat hammaddelerini içeren 750 g/dm^3 yoğunluğu geçmeyecek şekilde sprey poliüretan püskürtülür. Bu işlem sprey katman homojen olarak $2 \pm 0,25 \text{ m}$ kalınlığa ulaşınca kadar devam eder. Bu sprey katman sayesinde istenilen yüzey görüntü kalitesine rahatça ulaşılır.

İkinci aşamada sprey katmanı oluşturulmuş yüzeyin üstüne aynı kalıpta 85 g/dm^3 yoğunluğu geçmeyecek şekilde poliüretan enjekte edilir. Kimyasal tepkimeler ile hacmini genişleten poliüretan kalıbın şeklini alır ve sprey poliüretan katmana yapışır. Bu 85 g/dm^3 yoğunluğundaki katmanla birlikte toplam kapak yoğunluğu düşmüş ve içerdiği daha fazla hava boşluğu nedeniyle ses sönümleme performansı artmış olur. Şekil 2.4’te ürüne ait kesit görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.4 : Ürünün katmanları kesit görüntüsü.

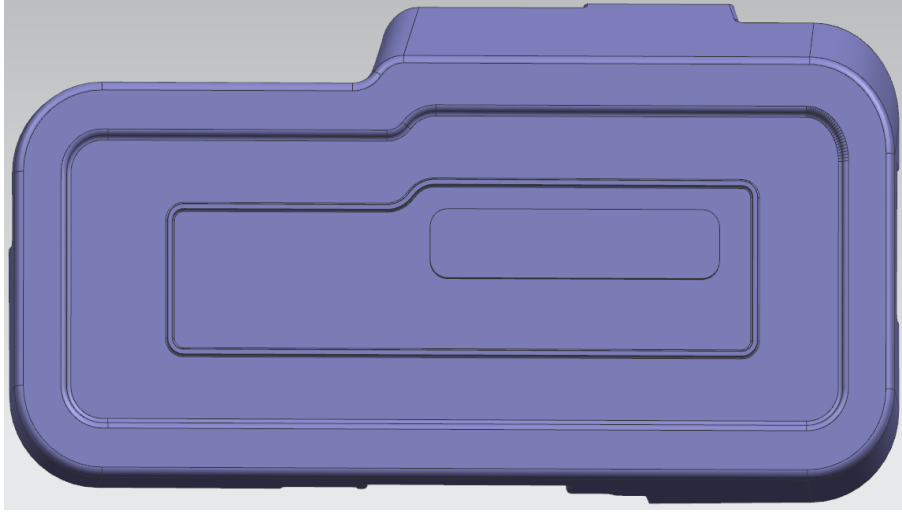
2.3. Tasarım ve Stil Çalışmaları

Tek yoğunluklu ve çift yoğunluklu poliüretan kapakların tasarımı için 3 boyutlu tasarım yazılımından faydalanılmıştır. Tek yoğunluklu kapak için, motor üst bölgesinde bulunan komponentlerin tasarımlarına göre motor kapağının alt bölge tasarımları şekillendirilmiş ve normlar ile belirlenmiş sınır şartlara göre, üç boyutlu tasarım yapılmıştır.

Üç boyutlu tasarım seride kullanılan kapağın tasarımı ile maliyet nedeniyle aynı yapılamamış ve fiyat açısından rekabet edebilmesi için daha küçük tasarım uygulanmıştır. Çift yoğunluklu kapak için halihazırda seri şartlarda kullanılan motor üstü kapağı baz alınmış, son tasarım bazı montaj parçaları tasarımları ile elde edilmiştir.

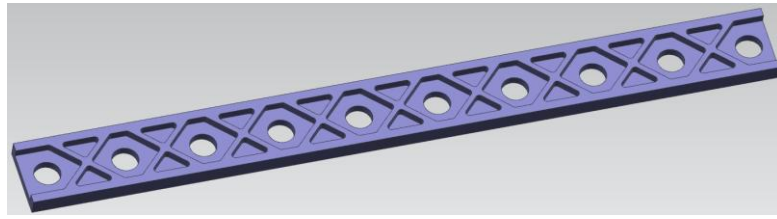
Sınır şartlara uygunluk kontrolü için tasarım, sanal mesafe doğrulama birimi tarafından normlara göre kontrol edilmiş, geri bildirimler alınmış ve gerekli düzeltmeler yapılarak teknik tasarımın son haline getirilmesi amaçlanmıştır.

Tek yoğunluklu poliüretan motor üstü kapağında motor üstünde bulunan montaj kulelerine takılabilmesi için kendi tasarımında bulunan yuvalar kullanılmış çift yoğunluklu poliüretan motor üstü kapağında ise ek yuva tasarımları yapılmıştır. Şekil 2.5'te tek yoğunluklu poliüretan kapağın üç boyutlu görüntüsü verilmiştir.



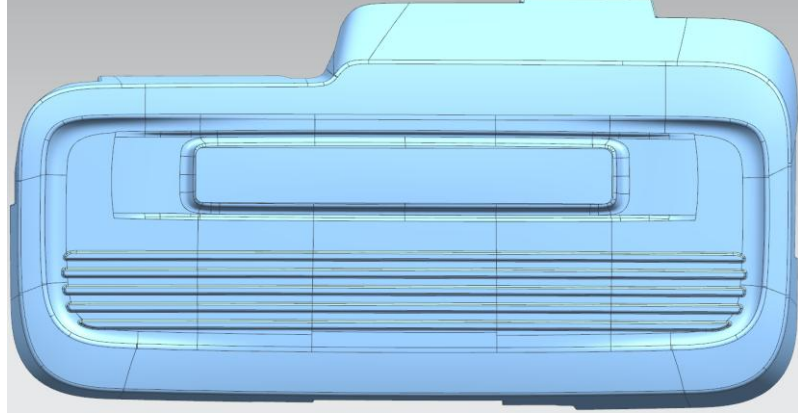
Şekil 2.5 : Tek yoğunluklu poliüretan motor üst kapak için üç boyutlu model görüntüsü.

Tasarım iyileştirilmelerinde aynı zamanda akustik ve malzeme testlerinin sonuçları da dikkate alınmış ve tasarımda birtakım değişiklikler yapılmıştır. Örneğin; sıcaklık testlerinde deformasyona uğrayan tek yoğunluklu poliüretan kapak için deformasyonu engellemesi amacıyla motor üst bölgesine izin verilen bölgelerden temas edebilecek çıkıntı kuleler tasarlanmıştır. Yine kabul edilebilir seviyeye gelmeyen tek yoğunluklu poliüretan motor üstü kapak için Şekil 2.6’da gösterilen iskelet görevi yapacak ve deformasyonu engelleyecek olan poliamid malzemeden iki adet plastik destek braketi tasarlanmış olup dışarıdan görülemeyecek şekilde poliüretan kapağın içinde konumlandırılmıştır.

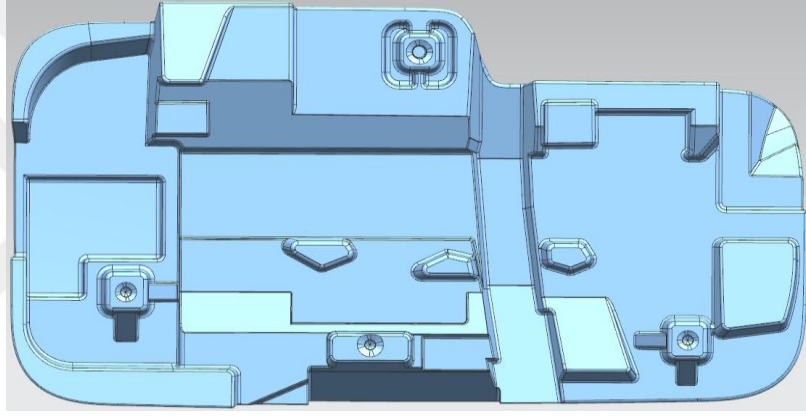


Şekil 2.6 : Tek yoğunluklu poliüretan motor üst kapak plastik destek braketi üç boyutlu model görüntüsü.

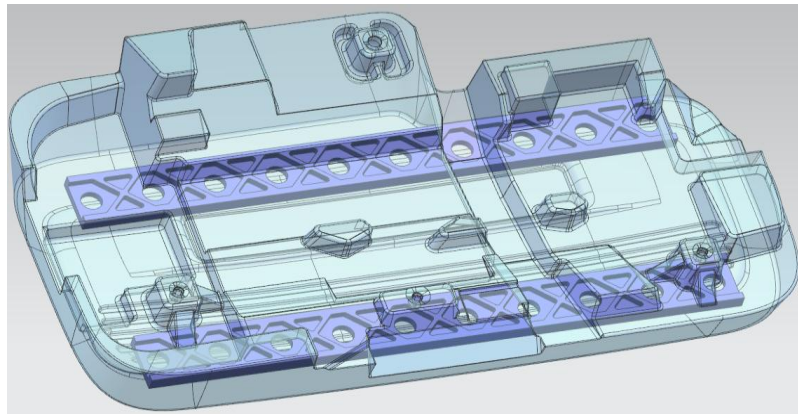
Teknik olarak bütün testleri geçen tek yoğunluklu poliüretan motor üstü kapağı için stil tasarımının da tamamlanması sonrası kalıp açıldırılması yapılmıştır. Stil tasarımı tamamlanan üç boyutlu kapak görüntüleri Şekil 2.7 ve 2.8’de verilmiştir. Şekil 2.9 ve 2.10’da poliamid plastik braketin poliüretan kapak içerisinde konumları gösterilmiştir. Şekil 2.11 ve 2.12’de ise çift yoğunluklu poliüretan kapağın son üç boyutlu tasarım görüntüleri verilmiştir.



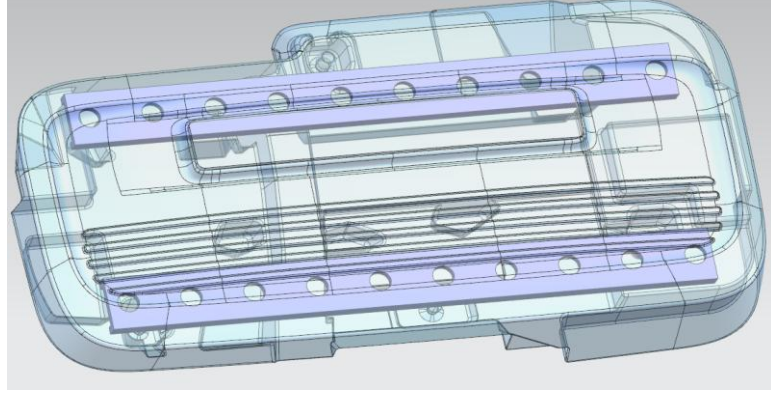
Şekil 2.7 : Tek yoğunluklu poliüretan motor üst kapak stil tasarım üç boyutlu model görüntüsü. (Üst yüzey).



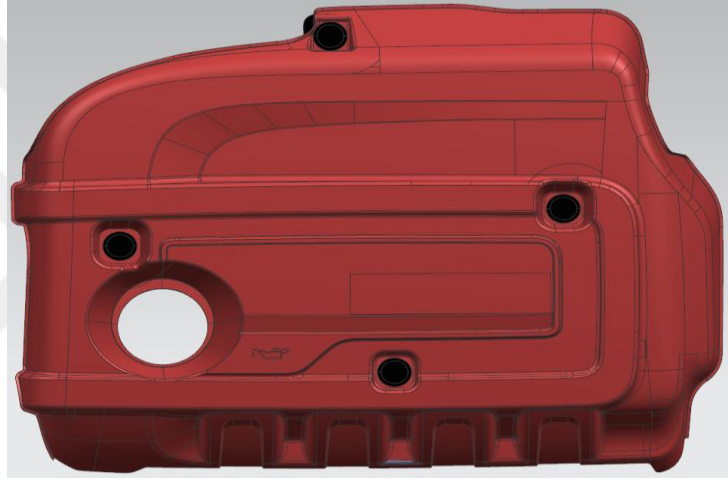
Şekil 2.8 : Tek yoğunluklu poliüretan motor üst kapak stil tasarım üç boyutlu model görüntüsü. (Alt yüzey).



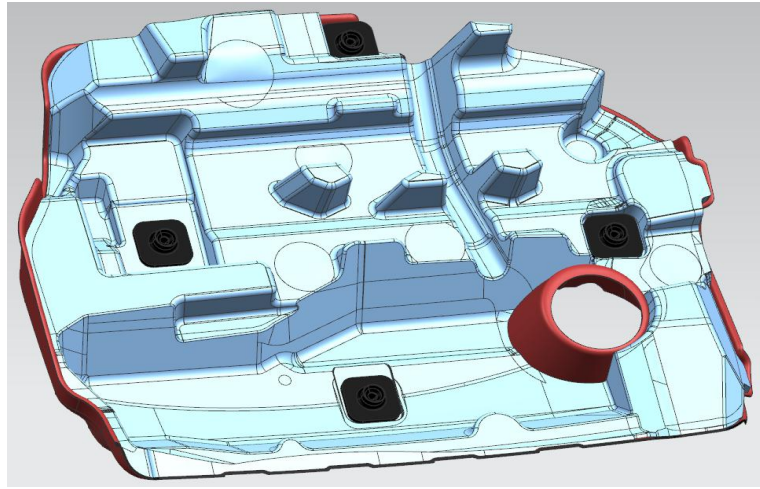
Şekil 2.9 : Tek yoğunluklu poliüretan motor üst kapak plastik destek braket konumları üç boyutlu model görüntüsü. (Alt yüzey).



Şekil 2.10 : Tek yoğunluklu poliüretan motor üst kapak plastik destek braket konumları üç boyutlu model görüntüsü. (Üst yüzey).



Şekil 2.11 : Çift yoğunluklu poliüretan motor üst kapak üç boyutlu model görüntüsü. (Üst yüzey).



Şekil 2.12 : Çift yoğunluklu poliüretan motor üst kapak üç boyutlu model görüntüsü. (Alt yüzey).

2.4. Test Metodları

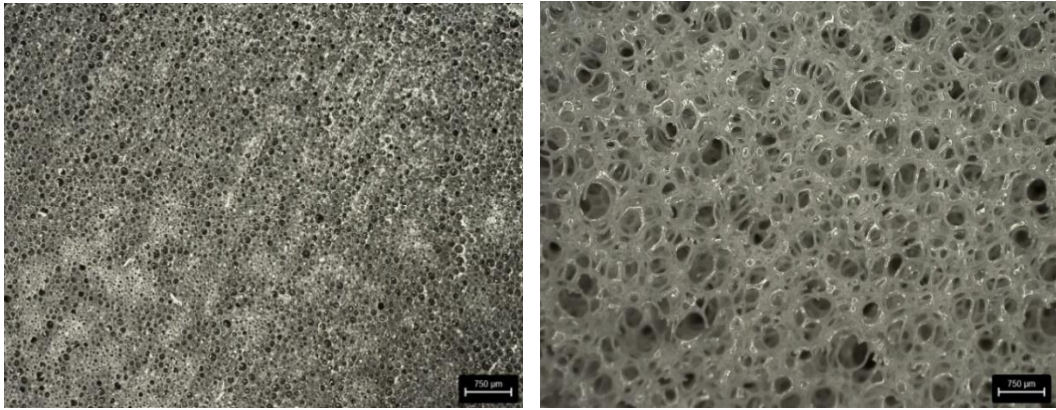
2.4.1. Akustik test metodları

2.4.1.1. Empedans tüp test metodu

Tek yoğunluklu poliüretan motor üstü kapak, çift yoğunluklu poliüretan motor üstü kapağı ile gözenek yapısı ve ses sönümleme performansı açısından karşılaştırılmıştır. Yüzey görüntüleri motor kapaklarına ait Şekil 2.13'te gösterilen Leica marka stereo mikroskoptan alınmıştır. Görüntüler Şekil 2.14'te verilmiştir.



Şekil 2.13 : Mikroskop. (Leica dvm6 model). [21].



a. Tek yoğunluklu.

b. Çift yoğunluklu poliüretan motor kapağı.

Şekil 2.14 : Tek ve çift yoğunluklu poliüretan kapakları mikroskop görüntüsü

Şekil 2.14'teki görüntüler incelendiğinde (a.) görüntüsünde kapalı gözenekler bulunduğu ve bu gözeneklerin birbirine çok yakın konumlandığı anlaşılmaktadır. Fakat (b.) görüntüsünde bu gözenekler arasında boşluklu bir yapı gözlemlenmektedir. Bu

yüzden sprej poliüretan ile üretilen ürünün akustik performansının daha iyi olması beklenmektedir. Çünkü gürültünün ilerlemesini, gözenekler arasında bulunan boşluklar engellemektedir. [22].

Yukarıda anlatılan ürünlerin akustik performanslarını belirlemek için tip 4206 empedans tüp sisteminde, 30 santimetre çapında, 30 mm kalınlığında olan tek ve çift yoğunluklu poliüretan numunelere 20 ile 100 desibel aralıkları ile testler uygulanmıştır.

2.4.1.2. Kabin içi gürültü seviyesi akustik test metodu

Araç üzeri akustik test karşılaştırmaları, mevcut üretimde kullanılan plastik kapak ile tek/çift yoğunluklu poliüretan motor üstü kapaklar arasında yapılmıştır. Şekil 2.15'te ve Şekil 2.16'da gösterildiği gibi her iki kapak aynı araca sırasıyla monte edilip şekilde 2.17'de gösterilen gibi tam yalıtımlı odada Şekil 2.18'deki sürücü sağ kulak konumuna yerleştirilen şekil 2.19'daki hassas mikروفon ve Şekil 2.20'deki veri toplama cihazıyla akustik ölçümleri yapılmıştır.

Bu testin yapılmasındaki temel amaç şehir içi hızlanmalarda hissedilen gürültü seviyesini sürücü sağ kulak konumu için ölçmektir. Hızlanmalar araç üçüncü vitesteyken yapılmıştır.



a. Mevcut üretimde kullanılan



b. Tek yoğunluklu PÜ

Şekil 2.15 : Araç üzeri motor üstü kapak görünümü. (Tek yoğunluklu).



a. Mevcut üretimde kullanılan

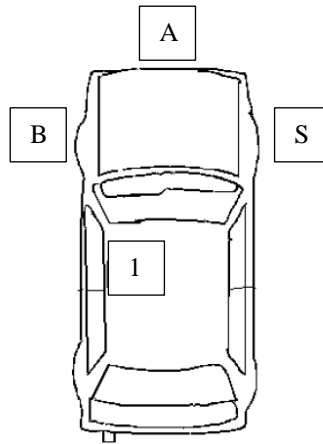


b. Çift yoğunluklu PÜ

Şekil 2.16 : Araç üzeri motor üstü kapak görünümü. (Çift yoğunluklu).



Şekil 2.17 : Akustik testler için kullanılan tam yalıtımlı oda. [23].



Şekil 2.18 : Araç üzeri mikrofon konumları A motor ön, S motor sağ, B motor sol, 1 sürücü sağ kulak.



Şekil 2.19 : mikrofon. (Brüel & Kjør marka 4190 model). [24].



Şekil 2.20 : Veri toplama cihazı. (Siemens Marka Simcenter SCADAS Mobile 05 model). [25].

2.4.1.3. Rölanti gürültü seviyesi akustik test metodu

Her iki kapak, aynı araca sırasıyla monte edilip şekil 2.17’de gösterilen tam yalıtımlı odada sürücü sağ kulak, motor ön, motor sağ ve sol konumlarına yerleştirilen hassas mikrofon sayesinde akustik test ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Mikrofon yerleşimleri Şekil 2.18’de gösterildiği gibi yapılmıştır. Mikrofon ve veri toplama cihazları sırasıyla Şekil 2.19’da ve Şekil 2.20’de gösterilmiştir. Rölanti gürültü seviyesi akustik testinde temel amaç, taşıt rölanti devrinde çalışıyor iken sürücü ve yolcu konforunun ne yönde değişeceği görebilmektir. Ayrıca dışarıda bulunan yayanın, o araca karşı gürültü algısı ne kadar değişeceği sonucunu belirlenmesi amaçlanmaktadır.

2.4.2. Motor sıcaklık test metodu

Geliştirilen son seviye kapak araca takılarak normda belirtilen test metoduna göre değerlendirilmiştir.

Bu test, motor boşluğundaki parçaların araç yol yaparken (tam performansta, uzun süre) termal değerlendirmesi için yapılmaktadır. Test öncesi sıcaklık ölçümü yapılacak noktalara sıcaklık ölçer konularak sürüş esnasında sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Sıcaklık ölçerlerin konumları Şekilde 2.21’de ve Şekilde 2.22’de gösterilmiştir.



Şekil 2.21 : Motor sıcaklık testi ölçüm noktaları.



Şekil 2.22 : Motor sıcaklık testi ölçüm noktaları.

2.4.3. Sıcaklık dayanım test metodları

Sıcaklık dayanım testlerinde tek ve çift yoğunluklu poliüretan motor estetik kapakları araç üzerindeki konumu ve montaj şeklini simüle eden şekil 2.23’de gösterilen bir fikstüre oturtulmuş ve Şekil 2.24’de gösterilen termik çevrim kabinine konulup parçanın deformasyon kontrolü, görsel ve estetik kontrolleri yapılmıştır. Parça, kalibrasyonları tamamlanmış bir kabin içerisinde, kabin duvarlarına olan mesafesi hava sirkülasyonunu engellemeyecek şekilde konumlandırılmıştır.



Şekil 2.23 : Araç üzerindeki konumu simule eden motor kapağı fikstürü.



Şekil 2.24 : Termik çevrim kabini.

2.4.3.1. Boyutsal dayanım sıcaklık test metodu

Boyutsal dayanım sıcaklık testinde, tek ve çift yoğunluklu kapaklar kurumsal normda belirtilen $\sim 120^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 18-24 saat sıcaklık ve zaman değerlerinde fırında bekletilmiş ve kapaklar ölçüm fikstürlerine yerleştirilmiştir. Test öncesi alınan görsel durum ile test sonrası görsel durum değerlendirmesi planlanmıştır. Bu testin yapılma amacı parçanın

yüksek sıcaklık altında boyutsal olarak ne kadar deformasyona uğradığını görsel olarak kontrol edilmesidir. [26].

2.4.3.2. Termal çevrim test metodu

Termal çevrim testinde tek ve çift yoğunluklu kapaklara $\sim 120^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ fırında $\sim 35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ~ 90 min. bağıl nemde ve $\sim -35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ soğutucu kabiniinde farklı süreler bekletilerek toplam ~ 24 saatlik bir çevrim uygulanmıştır. Termal çevrim sırasında her bir sıcaklık adımı geçişinin kademeli olmasına dikkat edilmiştir. Bunun amacı parçanın maruz kaldığı farklı sıcaklıklardaki, ani geçişlerdeki deformasyonları görsel olarak değerlendirmektir. [27].

2.4.3.3. Isıl yaşlandırma test metodu

Isıl yaşlandırma testinde tek ve çift yoğunluklu motor kapakları $\sim 130^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa fırında 3-4 gün maruz bırakılmıştır. Bu testin amacı parçanın maruz kaldığı gerçek sıcaklıklardaki uzun süreli kullanımı sırasında oluşabilecek deformasyonları görsel olarak kontrol etmektir. [28].

2.4.3.4. Termal şok test metodu

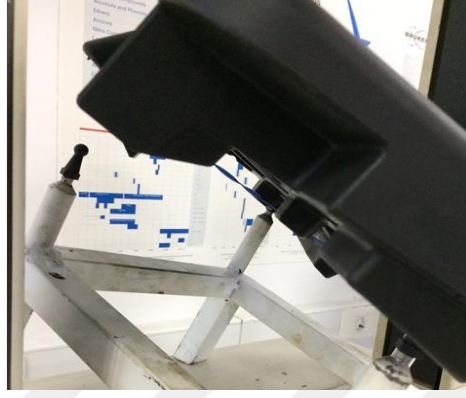
Termal şok testinde tek ve çift yoğunluklu motor kapakları $\sim 170^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa ~ 2 saat fırında maruz bırakılmıştır. Bu testin amacı kısa süreli oluşabilecek gerçek şartlardaki (aracın uzun bir süre yüksek devirde çalıştırdıktan sonra ani olarak kontağın kapatıldığı ve fanın çalışmadığı durum) ani sıcaklık değişimlerinde oluşabilecek deformasyonları görsel olarak kontrol etmektir. [29].

2.4.4. Dinamik test metodları

2.4.4.1. Parça çıkma yükü test metodu

Motor üstü kapağın araçtan sürüş sırasında çıkmaması, fakat bir bakım esnasında da operatör tarafından rahatlıkla sökülüp takılabilmesi gerekmektedir. Bu yüzden Şekil 2.25'te gösterildiği gibi motor üst bölgesinin montaj bölgelerini simüle eden bir fikstüre, motor kapağı montajlanarak çıkma yükünün ölçülmesi amaçlanmıştır. Norma

göre çıkma yükünün belirli bir değerden yüksek olması gerekmektedir. [30]. Çift yoğunluklu poliüretan motor üstü kapak, sıcaklık testlerinde bağlantı noktalarındaki deformasyonlar nedeniyle başarısız olduğu ve çözüm bulunamadığı için dinamik testlere sokulmamıştır.



Şekil 2.25 : Çıkma yükü test fikstürü.

Çıkma yükü test bankosu, motor üst kapağı küçük bir vinç sayesinde iplerle tutularak şekilde 2.26'daki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 2.26 : Çıkma yükü test bankosu.

2.4.4.2. Dikey yönlü motor titreşim test metodu

Günümüzde otomobillerini her türlü yol koşullarında kullanan sürücüler, bozuk ve engebeli yollarda dahi araçlarındaki bir parçanın deforme olmamasını bekler. Bu parçalar aynı zamanda farklı sıcaklık değerlerine uzun süre maruz kalmış ve ilk günkü malzeme yapısını koruyamamış olabilir. Bu tür parçaların yüksek kilometreler boyunca görevlerini müşteri memnuniyeti açısından eksiksiz şekilde yerine getirmektedir. Motor

üst kapağı parçasından da bu şartlar altında beklenen herhangi bir yol koşulunda yerinden çıkmadan görevini uzun kilometreler boyunca yerine getirmesidir. Bu yüzden fırında ~ 110 °C sıcaklıkta 3-4 gün bekletilen motor kapağı Şekil 2.27’de verilen test bankosu üzerinde dikey yönlü titreşim testi ile bağlantı noktalarından çıkıp çıkmayacağını gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Test için belirtilen normlara göre, motor üst kapağı 30 saat boyunca aralıksız olarak dikey yönlü titreşim testine tabi tutulmuştur. [31]. Motor kapağının banko üzerine montajlı hali Şekil 2.28’de gösterilmiştir.



Şekil 2.27 : Dikey yönlü test bankosu.



Şekil 2.28 : Dikey yönlü test bankosu üzerine montajlı motor üstü kapak.

2.4.5. Gerçek yol test metodu

Yeni geliştirilen kapakların satış sonrasında herhangi bir müşteri memnuniyetsizliğe sebep olmaması için gerçek yol testlerinin normda belirtilen 45 bin kilometre şeklinde tamamlanması amaçlanmıştır. [32]. Bu testlerde görevli personel yeni motor üstü kapaklı aracı zorlu yol koşullarında sürecek ve varsa kapakta oluşan deformasyon veya

diğer problemleri raporlayacaktır. Şekil 2.29’da görüldüğü gibi motor üstü kapağı orijinal kapak sökülerek gerçek yol testine başlayacak olan araca takılmıştır.



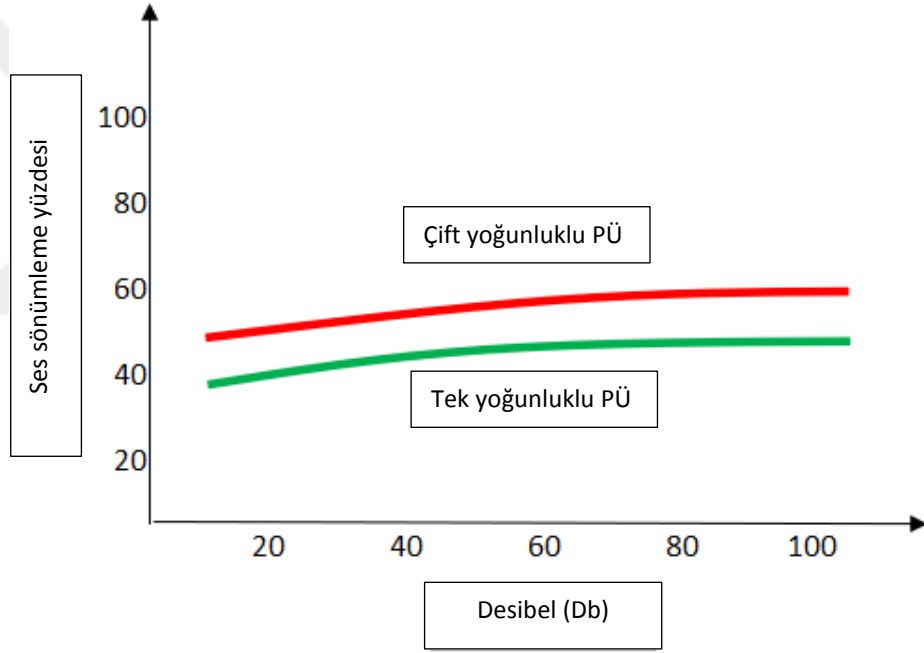
Şekil 2.29 : Gerçek yol testi aracına takılmış tek yoğunluklu poliüretan motor üst kapağı.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Akustik Testler

3.1.1. Empedans tüp testi

Test sonuçları Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



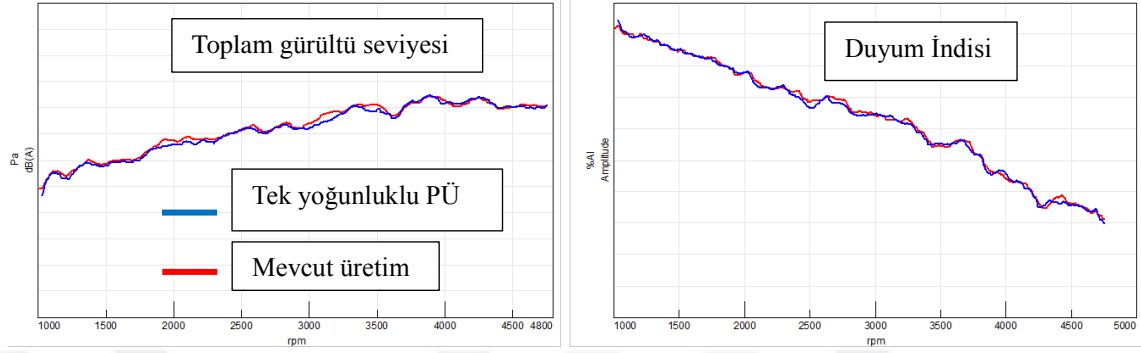
Şekil 3.1 : Empedans tüp testi sonucu.

Şekil incelendiğinde tek yoğunluklu motor kapağının ses sönümlenme değerinin çift yoğunlukluya kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun nedeni çift yoğunluklu poliüretanın içindeki sesi sönümleyen hava boşluklarının daha büyük olmasıdır. [14].

Diğer akustik testler mevcut üretimde kullanılan dış kabuğu plastik ve altında montajlı poliüretan olan motor üstü kapak ile önerilen tek ve çift yoğunluklu motor üstü kapaklar arasında karşılaştırma şeklinde yapılmıştır.

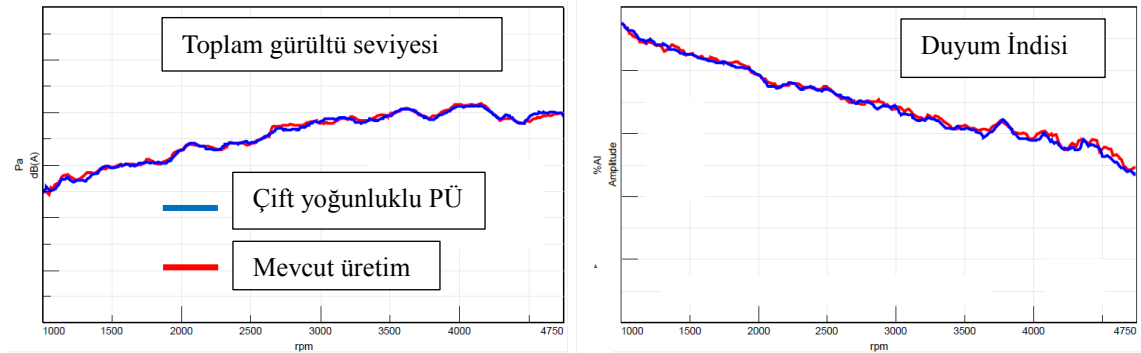
3.1.2. İç ortam ses seviyesi akustik testi

Sürücü sağ kulak konumuna yerleştirilen hassas mikrofon sayesinde akustik test ölçümü yapılmış ve aşağıdaki gibi grafikler elde edilmiştir.



Şekil 3.2 : İç ortam/sürücü sağ kulak akustik ölçüm grafiği. (Mevcut üretim - tek yoğunluk).

Soldaki akustik test grafiğinde toplam gürültü seviyesi, sağdaki grafikte ise ölçülen gürültünün kalitesi, yani araç içerisinde iki kişinin birbiri ile konuşurken ne kadar rahat anlaşılacağı ölçümlenmiştir. Toplam gürültü seviyesinde desibel değeri ne kadar düşükse o kadar iyidir şeklinde, duyum indisinde ise yüzdesel olarak ne kadar yüksek ise o kadar iyidir şeklinde değerlendirilmiştir. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi mevcut ve tek yoğunluklu PÜ kapak arasındaki gürültü seviyesindeki farkın sadece %2.5 olduğu görülmüş ve norma göre %5 değerinin altında olduğu için müşteri tarafından algılanamaz şeklinde değerlendirilmiştir. [33].

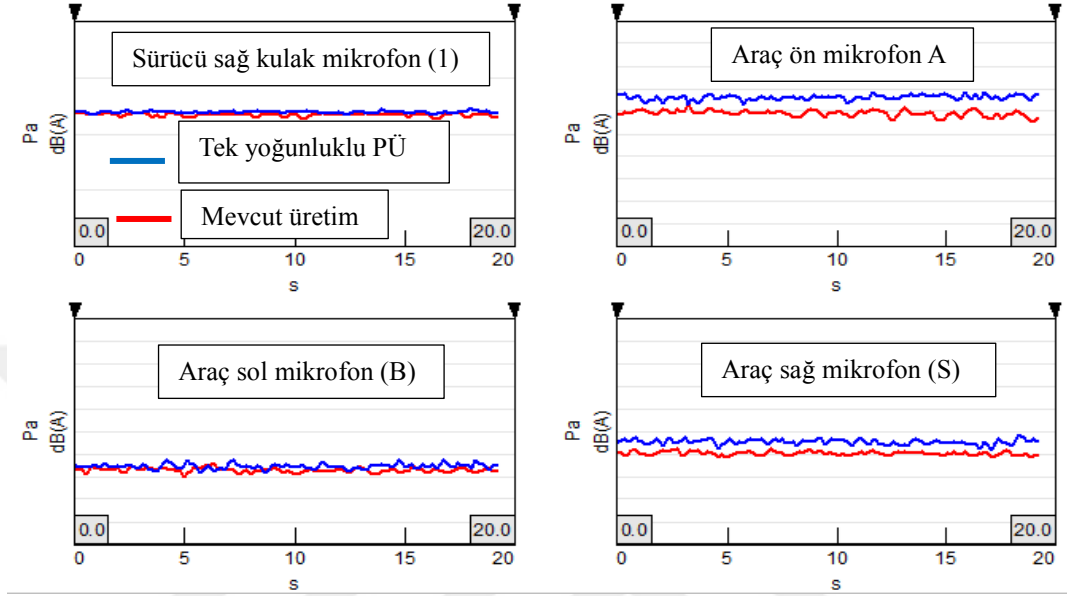


Şekil 3.3 : İç ortam/sürücü sağ kulak akustik ölçüm grafiği. (Mevcut üretim - çift yoğunluk).

Şekil 3.3’te görüldüğü gibi gürültü seviyesi mevcut ve çift yoğunluklu PÜ kapakta çok benzer ölçülmüştür.

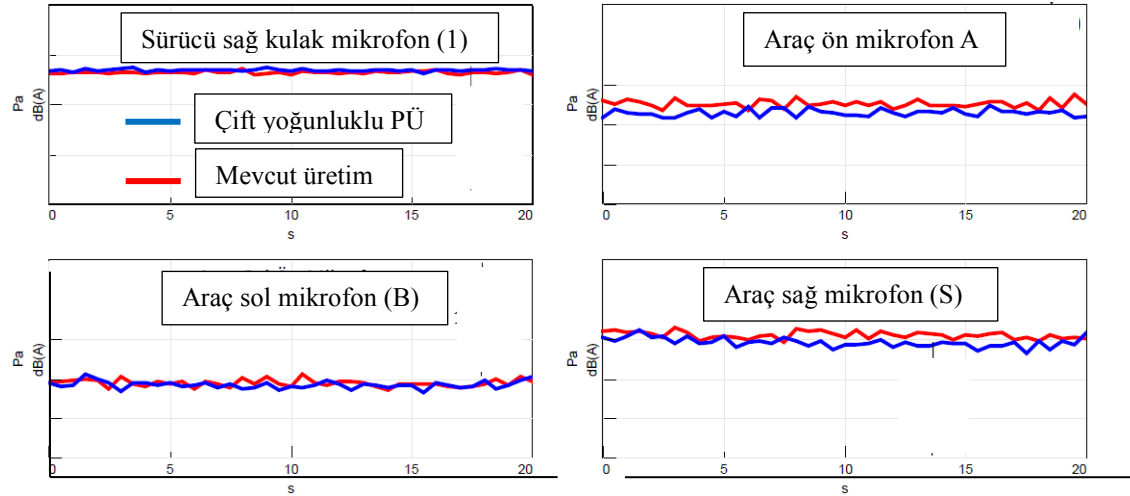
3.1.3. Rölanti gürültü seviyesi akustik testi

Sürücü sağ kulak, motor ön, motor sağ ve sol konumlarına yerleştirilen hassas mikrofon sayesinde akustik test ölçümleri yapılmış ve aşağıdaki grafikler elde edilmiştir.



Şekil 3.4 : Rölanti gürültü seviyesi akustik ölçüm grafikleri. (Mevcut üretim - tek yoğunluk).

Ölçülen değerler desibel olarak ne kadar düşükse o kadar iyi şekilde değerlendirilmiştir. Şekil 3.4 değerlendirildiğinde, iç ortam sürücü kulağından ölçülen akustik test performansında mevcut üretim ve tek yoğunluklu PÜ kapakta farkın sadece araç ön ve sağ mikrofonlarda %3.5 olduğu görülmüş ve norma göre %5 değerinin altında olduğu için müşteri tarafından algılanamaz şekilde değerlendirilmiştir. [34].



Şekil 3.5 : Rölanti gürültü seviyesi akustik ölçüm grafikleri. (Mevcut üretim - çift yoğunluk).

Şekil 3.5 değerlendirildiğinde, iç ortam sürücü kulağından ölçülen akustik test performansında mevcut üretim ve çift yoğunluklu PÜ kapakta farkın sadece araç ön ve sağ mikrofonlarda %2 olduğu görülmüş ve norma göre %5 değerinin altında olduğu için müşteri tarafından algılanamaz şekilde değerlendirilmiştir. [35].

3.2. Motor Sıcaklık Testi

Geliştirilen son seviye kapak araca takılarak şirket normu test metoduna göre değerlendirilmiştir.

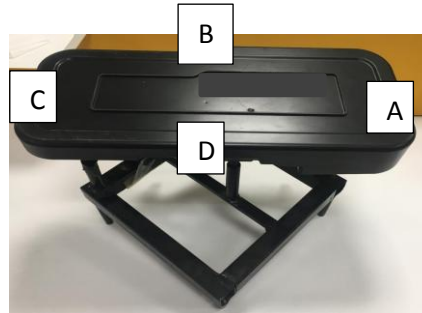
Test sırasında toplanan sıcaklık verilerine göre en yüksek sıcaklık değeri tam olarak turbonun üstündeki konumda bulunan altı numaralı sıcaklık ölçerde 120°C olarak görülmüştür. [36].

Yaşlandırma testlerinin 120 °C de yapıldığı dikkate alındığında, testlerdeki sıcaklığın gerçek kullanım şartlarını güvenli bir şekilde karşıladığı anlaşılmıştır. [37].

3.3. Sıcaklık Dayanım Testleri

3.3.1. Boyutsal dayanım sıcaklık testi

Boyutsal dayanım sıcaklık testinde tek ve çift yoğunluklu kapaklar normda belirtilen $\sim 120^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta, 18-24 saat süreyle termik çevrim kabininde bekletilmiş ve kapaklar ölçüm fikstürlerine yerleştirilmiştir. Her iki kapak için Şekil 3.6'da ve Şekil 3.7'de tanımlanan A, B, C ve D kontrol noktalarındaki deformasyonlar görsel olarak kontrol edilmiştir. Estetik yüzey üzerindeki görsel kalite kontrol edilmiştir. Elde edilen sonuç resimleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.6 : Tek yoğunluklu poliüretan motor kapağı boyutsal dayanım sıcaklık testi sonucu görünümü.



Şekil 3.7 : Çift yoğunluklu poliüretan motor kapağı boyutsal dayanım sıcaklık testi sonucu görünümü.

Tek yoğunluklu poliüretan kapakta boyutsal dayanım testi sonrası A,B,C,D montaj noktalarında herhangi bir boyutsal değişim gözlenmemiştir. Deformasyon kabul edilebilir seviyededir. Test olumlu sonuçlanmıştır. Testin olumlu sonuçlanmasındaki neden, yüksek yoğunluklu poliüretanın daha rijit yapıda olması ve bu rijit yapının aynı zamanda içindeki plastik braketler ile desteklenmesidir.

Çift yoğunluklu poliüretan kapakta ise boyutsal dayanım testi sonrası A, C montaj noktalarında herhangi bir boyutsal değişim gözlenmemiştir. B noktasında deformasyon çok az görülmüştür. Ancak ön bağlantı bölgesinde (D noktasında) deformasyon oluşmuş ve montaj noktalarından çıkabilme riski görüldüğü için test olumsuz olarak değerlendirilmiştir. [38]. Deformasyonun nedeni iki milimetrelik cilt yapısının altında düşük yoğunluklu rijit olmayan yapıdan kaynaklanmaktadır.

3.3.2. Termal çevrim testi

Termal çevrim testinde tek ve çift yoğunluklu kapaklar fırında normda belirtilen $\sim 120^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklığında, $\sim 35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklığında $\sim 90\%$ minimum bağıl nemde ve $\sim -35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklığında soğutucu kabinde farklı sürelerde bekletilmiştir, tüm çevrim ~ 24 saat sürmüştür. Elde edilen sonuçlar Şekil 3.8’de ve Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.8 : Tek Yoğunluklu poliüretan motor kapağı termal çevrim testi sonucu görünümü.



Şekil 3.9 : Çift Yoğunluklu Poliüretan Motor Kapağı Termal Çevrim Testi Sonucu Görünümü.

Tek yoğunluklu poliüretan kapak yüksek yoğunluğu sayesinde daha rijit bir yapıdadır. Aynı zamanda içinde bulunan plastik braketler sayesinde bu rijit yapı desteklenmektedir. Bu yüzden test olumlu sonuçlanmıştır

Çift yoğunluklu poliüretan kapakta ise şekilde görüldüğü gibi ön bağlantı (D noktası) noktasında deformasyonlar meydana gelmiş ve montaj noktalarından çıkabilme riski görüldüğü için test olumsuz olarak değerlendirilmiştir. Deformasyonun nedeni iki milimetrelik cilt yapısının altında düşük yoğunluklu rijit olmayan yapıdan kaynaklanmaktadır.

3.3.3. Isıl yaşlandırma testi

Isıl yaşlandırma testinde tek ve çift yoğunluklu motor kapakları $\sim 130^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa fırında 3-4 gün maruz bırakılmıştır.

Elde edilen sonuçlar Şekil 3.10'da ve Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



Şekil 3.10 : Tek yoğunluklu poliüretan motor kapağı ısıl yaşlandırma testi sonucu görünümü.



Şekil 3.11 : Çift yoğunluklu poliüretan motor kapağı ısıl yaşlandırma testi sonucu görünümü.

Tek yoğunluklu poliüretan kapak yüksek yoğunluğu sayesinde daha rijit bir yapıdadır. Aynı zamanda içinde bulunan plastik braketler sayesinde bu rijit yapı desteklenmektedir. Bu yüzden test olumlu sonuçlanmıştır

Çift yoğunluklu poliüretan kapakta ise şekilde görüldüğü gibi ön bağlantı (D noktası) noktasında deformasyonlar meydana gelmiş ve montaj noktalarından çıkabilme riski görüldüğü için test olumsuz olarak değerlendirilmiştir. Deformasyonun nedeni iki milimetrelik cilt yapısının altında düşük yoğunluklu rijit olmayan yapıdan kaynaklanmaktadır.

3.3.4. Termal şok testi

Termal şok testinde tek ve çift yoğunluklu motor kapakları iki saat süreyle $\sim 170^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa fırında maruz bırakılmıştır.

Elde edilen sonuçlar Şekil 3.12’de ve Şekil 3.13’de gösterilmiştir.



Şekil 3.12 : Tek yoğunluklu poliüretan motor kapağı termal şok testi sonucu görünümü.



Şekil 3.13 : Çift yoğunluklu poliüretan motor kapağı termal şok testi sonucu görünümü.

Tek yoğunluklu poliüretan kapak yüksek yoğunluğu sayesinde daha rijit bir yapıdadır. Aynı zamanda içinde bulunan plastik braketler sayesinde bu rijit yapı desteklenmektedir. Bu yüzden test olumlu sonuçlanmıştır

Çift yoğunluklu poliüretan kapakta şekilde görüldüğü gibi ön bağlantı (D noktası) noktasında deformasyonlar meydana gelmiş ve montaj noktalarından çıkabilme riski görüldüğü için test olumsuz olarak değerlendirilmiştir. Deformasyonun nedeni iki milimetrelik cilt yapısının altında düşük yoğunluklu rijit olmayan yapıdan kaynaklanmaktadır.

3.4. Dinamik Testler

3.4.1. Parça çıkma yükü testi

Çıkma yükü ölçüm testi metod bölümünde belirtildiği gibi sadece tek yoğunluklu motor üstü poliüretan kapağa yapılmıştır. Sıcaklık testlerindeki başarısız sonuçlar nedeniyle çok yoğunluklu poliüretan kapak dinamik testlere tabii tutulmamıştır. Tek yoğunluklu poliüretan kapak çekme test sonucu Şekil 3.14'de gösterilmiştir.



Şekil 3.14 : Çıkma yükü test sonucu.

Test sonuç ekranında görüldüğü gibi kapak 141,7N yüke maruz kalınca çıkmıştır. Çıkma testi metodu bölümünde belirtilen norma göre gerçekleşen çıkma yükü testin başarılı sonuçlandığını göstermiştir.

3.4.2. Dikey yönlü motor titreşim testi

Dikey yönlü motor titreşim testine alınan tek yoğunluklu motor estetik kapağı toplamda 50 saat test bankosu üzerinde çıkmadan pozisyonunu korumuş ve bağlantı bölgelerinde herhangi bir deformasyon gözlemlenmemiştir. Norma göre öngörülen min. otuz saat sınırı aşıldığı için test başarılı sonuçlanmıştır.

3.5. Gerçek Yol Testleri

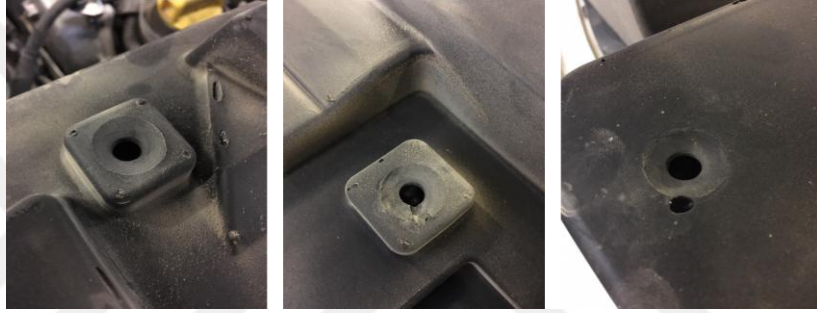
Tek yoğunluklu poliüretan motor üstü kapağının takıldığı araç gerçek yol test metodunun anlatıldığı bölümde belirtilen norma göre her türlü yol koşullarında 45.000 km yol yapmış ve test tamamlanmıştır. Test tamamlandıktan sonra kapağın son durumu aşağıda Şekil 3.15'te, Şekil 3.16'da ve Şekil 3.17'de gösterilmiştir.



Şekil 3.15 : Tek yoğunluklu PÜ motor üstü kapak gerçek yol test sonucu görüntüsü. (Üst yüzey).



Şekil 3.16 : Tek yoğunluklu PÜ motor üstü kapak gerçek yol test sonucu görüntüsü. (Alt yüzey).



Şekil 3.17 : Tek yoğunluklu PÜ motor üstü kapak gerçek yol test sonucu görüntüsü. (Bağlantı noktaları).

Yol testini tamamlamış tek yoğunluklu poliüretan kapak incelendiğinde kapağın üst yüzeyinde herhangi bir eğilme ya da deformasyon gözlemlenmemiştir. Sadece Sürüş ortam şartlarına bağlı, kabul edilebilir miktarda toz görülmüştür. [39].

Kapağın alt yüzeyinde, yüzeyin bazı motor üst parçalarına teması nedeniyle bazı çizgiler oluşmuş fakat bu çizgilerin kapakta herhangi bir deformasyona yol açmadığı görülmüştür. Alt yüzeyde motor üst parçaları ile temas halinde olan bölgeler zaten üç boyutlu ortamda da fark edilmiş ve tasarımda gerekli güncellemeler yapıp tüm temaslar kesilmiştir. [40]. Yine kapağın alt yüzeyinde motordan gelen sıcaklıkla oluşan bir deformasyon problemine rastlanmamıştır. [41].

Kapağın bağlantı noktalarında bir aşınma gözlemlenmemiş ve 45000 km boyunca kapağın yerinden hiç çıkmadığı doğrulanmıştır. Kapak test sonunda 135N'luk bir yükte çıktığı gözlemlenmiştir. [42].

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada iki farklı üretim yöntemine sahip olan tek ve çift yoğunluklu poliüretan kapakların akustik sıcaklık ve dinamik testler altında gösterdiği performans incelenmiştir. Araç üzerindeki akustik testlerde mevcut plastik altı poliüretan kapağa göre tek ve çift yoğunluklu poliüretan kapaklarda fark görülmemiştir. Aracın motorundan gelen ve farklı devirlerde oluşan gürültünün, mevcut kapaktaki gibi benzer ses sönümlenme performansı ile sönümlendiği görülmüştür. Tek yoğunluklu poliüretan kapak, maliyet kısıtları nedeniyle daha küçük boyutta tasarlandığı için çift yoğunluklu poliüretana göre %2-2,5 daha kötü bir akustik performans göstermiştir. Bu kötüleşmenin nedenlerinden biri küçük boyutta tasarlanan kapağın gürültülü bir komponent olan turbonun üstünü örtmemesi olduğu görülmüştür. Ayrıca çift yoğunluklu poliüretanın içinde bulunan hava boşluklarının daha büyük olması nedeniyle ses sönümlenme performansının tek yoğunluklu poliüretan kapağa göre daha iyi olduğu anlaşılmıştır.

Sıcaklık dayanım testlerinde tek yoğunluklu poliüretan kapağının hem yüzey hem montaj noktalarında herhangi bir deformasyon görülmez iken çift yoğunluklu poliüretan kapakta özellikle montaj noktalarında fazla miktarda deformasyon tespit edilmiştir. Bu deformasyon sonucu kapak montaj edildiği yerden çıkabilmektedir. Bu yüzden sıcaklık dayanım testlerini başarıyla sonuçlandıramayan çift yoğunluklu poliüretan kapağının montaj bölgelerini iyileştirecek bir çözüm bütçe yetersizliği nedeniyle bulunamayınca dinamik testlere sadece tek yoğunluklu poliüretan kapak ile devam edilmiştir.

Tek yoğunluklu poliüretan kapak dinamik testleri ile başarı ile tamamladığı ve aynı zamanda mevcut kapağa göre %25 daha ucuz bir çözüm olduğu için seri şartlarda kullanılabilir olduğu saptanmıştır.

Ağırlık olarak çift yoğunluklu kapak tek yoğunluklu kapağa göre yüz gram daha hafif olsa da maliyet daha önemli bir parametre olarak değerlendirilmiş ve tek yoğunluklu poliüretan motor kapağının araçlarda kullanılabileceği kararına varılmıştır.

Yapılan çalışmada yeterli bütçe olmadığı için çok yoğunluklu poliüretan motor kapağında sıcaklık testini geçebilecek geliştirmeler yapılamamış ve bu sebeple dinamik testlere devam edilememiştir. Tek yoğunluklu kapakta yüksek yoğunluk sayesinde rijit bir yapı elde edilmiş ayrıca kapağın içine iskelet görevi gören plastik destek braketleri ile bu rijit yapı desteklenerek deformasyon sorunun önüne geçilmiştir. Eğer çok yoğunluklu kapağın mukavemetini artıracak bir takım braket veya plastik destek ürünleri kapakla entegre şekilde kullanılırsa sıcaklık testlerinin başarılı şekilde tamamlanacağı öngörülmektedir. Bu yüzden bu destek ürünlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaların yapılması önerilmektedir. Ayrıca çok yoğunluklu kapağın tasarımı da tek yoğunluklu kapaktaki gibi daha küçük yapıldığı takdirde deformasyonun bir miktar daha önüne geçilebileceği öngörülmüştür. Bu yüzden çift yoğunluklu poliüretan kapağın daha küçük boyutta tasarlanması önerilmektedir.

Önerilerden bir diğeri ise çift yoğunluklu poliüretan kapakta 750 gr/dm^3 yoğunluğundaki cilt yapısının iki milimetre olan kalınlığının artırılmasıdır. Böylece cilt kısmındaki rijitlik artacağından dolayı sıcaklık testlerinde daha başarılı olacağı öngörülmektedir. Aynı zamanda çift yoğunluklu poliüretan kapağın alt kısmında bulunan 85 gr/dm^3 yoğunluğundaki sünger yapının yoğunluğu artırılabilir. Rijitlik artacağı için sıcaklık testlerinde başarılı olacağı öngörülmektedir. Fakat cilt kalınlığının artırılması veya poliüretan yoğunluğunun artırılması, maliyeti ve ağırlığı yükselteceği unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Satılmış, O. (2011). Elektrikli ve Hibrit Elektrikli Araçlar İçin Batarya Şarj Cihazları. *Webfırat*. 04 Haziran 2019 tarihinde, <http://web.firat.edu.tr/feeb/kitap/C12/83.pdf> adresinden erişildi.
- [2] Url-1 <<https://malzemebilimi.net/otomotiv-sektorunde-kullanilan-malzemeler.html>>, erişim tarihi 29.06.2019.
- [3] Uyumaz, A., Fahrettin, Z., Yılmaz, E., Solmaz, H. ve Polat, S. (2017). Taşıt Egzoz Emisyonlarını Azaltma Yöntemlerindeki Gelişmeler. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8, 15-24.
- [4] Mutlay, İ. (2010). Otomotiv Kompozitleri. *Grafen*. 05 Temmuz 2019 tarihinde, <https://grafen.com.tr/pdf/1386448563.pdf> adresinden erişildi.
- [5] Gülmez, S. (2018). Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Polimer Matrisli Kompozit Malzemeler. *Açık erişim*. 08 Temmuz 2019 tarihinde, <http://acikerisim.pau.edu.tr/xmlui/handle/11499/2527?locale-attribute=en> adresinden erişildi.
- [6] Tuzcu, H. (2010). *Isı yalıtımı ve otomotiv endüstrilerinde kullanılan yanmaya dirençli poliüretan esaslı malzemelerin tutuşma ve yanma karakteristiklerinin deneysel incelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli).
- [7] Aydın, H. ve Ekmekçi, İ. (2002). Isı Yalıtım Malzemesi Olarak Poliüretan Köpüğün Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri, Üretimi Ve İncelenmesi. *Sakarya University Journal Of Science*, 6(1), 45-50.

- [8] Url-2 <<http://www.ema.gen.tr/poliuretan-nedir/>>, erişim tarihi 29.07.2019.
- [9] Url-3 <<https://www.flokser.com.tr/kimya/otomotiv-poliuretan-integral-sistemleri/>>, erişim tarihi 31.07.2019.
- [10] Burnak, N. (1988). Çok Değişkenli Kalite Kontrolünde Maliyet Analizi. *E-arşiv Anadolu*. 13 Temmuz 2019 tarihinde, <https://earsiv.anadolu.edu.tr/xmlui/handle/11421/8658?show=full> adresinden erişildi.
- [11] Çabuk, Y. (2005). Kalite Maliyetleri ve Kalite Maliyetlerini Ölçmede Kullanılan Yöntemler. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 7(7), 1-8.
- [12] Simav, O. (2018). *Avekon*. Motorlu Araç Emisyonlarının Çevreye Etkileri. 02 Ağustos 2019 tarihinde, <https://www.avekon.org/papers/2169.pdf> adresinden erişildi.
- [13] Akhshik, M., Panthapulakkal, S., Tjong, J. and Sain, M. (2017). Life Cycle Assessment and Cost Analysis of Hybrid Fiber-Reinforced Engine Beauty Cover in Comparison With Glass Fiber-Reinforced Counterpart. *Environmental Impact Assessment Review*, 65, 111-117.
- [14] Barut, E. Ve ark, (2018). *Turkchem*. Sprey Yöntemi ile Poliüretan Motor Üstü Kapak Geliştirilmesi. 21 Temmuz 2019 tarihinde, <https://Turkchem.net/spret-yontemi-ile-poliuretan-motor-ustu-kapak-gelistirilmesi.html> adresinden erişildi.
- [15] Krishnamoorthy, K. (2016). *Sae*. Sustainable Polyurethane Composite with Coconut Fiber For NVH Applications. 22 Temmuz 2019 tarihinde, <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2016-28-0143/> adresinden erişildi.
- [16] Akindoyo, J. O., Beg, M., Ghazali, S., Islam, M. R., Jeyaratnam, N. and Yuvaraj, A. R. (2016). Polyurethane types, synthesis and applications—a review. *Rsc Advances*, 6(115), 114453-114482.
- [17] Url-4 <<https://www.pagev.org/poliuretanlar>>, erişim tarihi 02.08.2019.

- [18] Ay, İ. (2010). *Balıkesir edu*. Termoplastik ve Termoset Plastikler. 8 Ağustos 2019 tarihinde, <http://w3.balikesir.edu.tr/~ay/lectures/pm/plastikte.mek2.pdf> adresinden erişildi.
- [19] Url-5 <<http://www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polyurethane.html>>, erişim tarihi 04.08.2019.
- [20] Url-6 <<https://sapagroup.net/en/5-technologies-that-are-about-to-change-the-automotive-sector/>>, erişim tarihi 05.08.2019.
- [21] Url-7 <<https://www.leica-microsystems.com/products/digital-microscopes/p/leica-dvm6/>>, erişim tarihi 05.08.2019.
- [22] Mendelsohn, M. A., Rudd, G. E. and Rosenblatt, G. B. (1975). Chemical and engineering properties of polyurethane isolator pads. *Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development*, 14(3), 181-189.
- [23] Url-8 <<https://tr.motor1.com/news/303651/tofas-ar-ge-gezisi/>>, __erişim tarihi 07.08.2019.
- [24] Url-9 <<https://www.bksv.com/en/products/transducers/acoustic/microphones/microphone-cartridges/4190>>, erişim tarihi 09.08.2019.
- [25] Url-10 <<https://community.sw.siemens.com/s/article/simcenter-scadas-mobile-and-scadas-recorder>>, erişim tarihi 10.08.2019.
- [26] 4627 (2010). *Engine Cover After Dimensional Stability Test*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.
- [27] 4008 (2010). *Engine Cover Thermal Cycle Test*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.
- [28] 4764 (2010). *Engine Cover Extended Heat Aging Test*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.
- [29] 5788 (2010). *Engine Cover Thermal Shock Test*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.

- [30] 2941 (2012). *Engine Cover Release Load Test*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.
- [31] 3678 (2011). *Engine Cover Vertical Directional Vibration Test*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.
- [32] 6455 (2013). *Real Road Test*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.
- [33] 0152 (2011). *On Vehicle Noise Insulation Test*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.
- [34] 3020 (2015). *Vehicle Noise Measurement On A Stationary Vehicle With Engine Running Idle*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.
- [35] 6299 (2012). *Customer Perceived Quality*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.
- [36] 3451 (2014). *Maximum Temperature Determination Check*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.
- [37] T0035 (2013). *Vehicle Engine Compartment Temperature Check In Vehicle Test Facility*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.
- [38] 7852 (2013). *Physical Durability Check After Temperature Test*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.
- [39] 7133 (2015). *Visual Evaluation After Real Road Test*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.
- [40] 2641 (2011). *Minimum Distance Check Between Engine Components*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.
- [41] 2899 (2011). *During Contact Components Durability Test*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.
- [42] 5124 (2015). *Physical Test After Real Road Test*. <https://bestandard.fcagroup.com> adresinden erişildi.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Emre Gürtaş
Doğum Tarihi ve Yeri : 11/12/1989 Bursa
E-posta : egurtas@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği.
- **Yükseklisans** : Halen, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği.

MESLEKİ DENEYİM

- 2013-2015 yılları arasında Biltim Ltd. Şti.'de tasarım uzmanı olarak çalıştı.
- 2015-2016 yılları arasında CAE Mühendislik firmasında tasarım uzmanı olarak çalıştı.
- 2016 yılından beri Tofaş Türk Otomobil Fabrikası'nda çalışmaktadır. Şu an motor ve şanzıman entegrasyon sorumlusu olarak görev yapmaktadır.