



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**İÇTEN YANMALI DİZEL MOTORLARDA
KULLANILAN TURBO PARÇASININ
HASARA MARUZ KALMA DURUMLARI,
TURBO HASAR NEDENLERİNİN ANALİZİ
VE HASARA SEBEP OLAN DURUMLARI
ÖNLEME YÖNTEMLERİ**

Şahin YAŞA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM
DALI**

Ağustos - 2023
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Şahin YAŞA tarafından hazırlanan “İçten Yanmalı Dizel Motorlarda Kullanılan Turbo Parçasının Hasara Kalma Durumları, Turbo Hasar Nedenlerinin Analizi ve Hasara Sebep Olan Durumları Önleme Yöntemleri” adlı Tez Çalışması 29/08/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Erol KILIÇKAP

.....

Danışman

Doç. Dr. Mehmet Emin DENİZ

.....

Üye

Prof. Dr. Hamit ADİN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Osman PAKMA
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdür Vekili

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tez çalışmasındaki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this dissertation document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Şahin YAŞA

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İÇTEN YANMALI DİZEL MOTORLARDA KULLANILAN TURBO PARÇASININ HASARA MARUZ KALMA DURUMLARI, TURBO HASAR NEDENLERİNİN ANALİZİ VE HASARA SEBEP OLAN DURUMLARI ÖNLEME YÖNTEMLERİ

Şahin YAŞA

Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Emin DENİZ

2023, 113 Sayfa

Jüri

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Emin DENİZ
Prof. Dr. Erol KILIÇKAP
Prof. Dr. Hamit ADİN

Günümüz otomotiv endüstrisinde içten yanmalı dizel ve benzinli motorlu araçlarda, yüksek düzeyde gaz ve hava kullanımını önlemek, ilgili dalın en elzem problemidir. Bu tür araçlarda kaliteyi ve ergonomiyi etkileyen birtakım materyaller bulunmaktadır. Bu materyallerden en bilineni ve en gerekli olanlarından biri turbo motorlardır. Turbo motorlar, motorun kendi sahip olduğu güçten daha fazlasını motora kazandırmayı amaçlayan ve bu sayede de yüksek dereceli ivme ve tork gücü oluşumunda etkili olan sistemlere genel olarak verilen addır. Bu sistemlerde, büyük ölçüde harici bir güç yardımıyla besleme işlemi yapılmaktadır. Sistemin tamamen işler vaziyette olmasını sağlamak amacıyla turbo motor haricinde yedek parçalar da bulunmaktadır. Turbo şarjlar, çalışma sistemi ve parametreleri göz önüne alındığında motorlu taşıtlarda hem performansı hem de çalışma ömrünü uzatan bir yardımcı elemandır.

Bu tez çalışması amaç olarak, turbo motorların uğradığı hasarlar, hasara maruz kalma durumları, hasar nedenlerinin analizine fayda sağlayacaktır. İncelemeye esas alınacak olan, hasarlı bir turbo motoru ile fiziksel ve mekanik incelemeler sonucu ortaya çıkacak olan mekanik hasar tespit sonuçları değerlendirilecektir. Bu çalışma sonucu elde edilecek veriler ışığında, benzer alanda akademik alanda veya sanayi sektöründe araştırma yapan kimselere, turbo motor ömrünün uzatılması konusunda yol gösterecektir.

Yapılan bu tez çalışmasının hedefi, turboşarjlarda meydana gelecek hasarların önceden tahmin edilebilmesi ve bu sayede önlenemesidir. Turboşarjlarda meydana gelecek hasar ve arıza durumlarının belli başlı belirtileri bulunmaktadır. Turboşarjlar hasara ve arıza tespit durumlarının doğru saptanması, hem aracın hem de motorun yaşam ömrünü belirli düzeyde arttıracaktır.

Örneğin, motor grubunun ısınması halinde, hava filtresinde tıkanıklık veya partikül birikiminin olduğu söylenebilir. Motor grubundan duman çıkması halinde, turbo şarj motor grubunun hava giriş kanalının tıkalı olduğu söylenebilir. Aracın siyah egzoz dumanı atması halinde ise emme manifoldu ve manifold grubunda tıkanıklık olduğu söylenebilir. Bir diğer belirti ise, yüksek yağ tüketimi kaynaklı oluşmaktadır. Yüksek yağ tüketimi, turbo şarj drenaj hattında meydana gelen tıkanmanın sonucu olarak karşımıza çıkabilir. Bu ve bunun gibi diğer belirtiler, tez çalışmasında detaylı bir şekilde incelenecek olup, eser tamamlandığında hem akademik anlamda hem de sanayi gelişimi anlamında kullanıcılara veya araştırmacılara, turbo hasar neden analizleri, turbo hasarı önleme yöntemleri ve hasar oluşuktan sonra hasarı giderme yöntemleri konusunda ışık tutacaktır. Çalışma kapsamında elde edilen veriler, turbo şarj hasarının kullanımının önemli olduğu ve doğru kullanım esaslı yöntemlerle ömrünün uzatılabileceği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hasar, Mekanik, Turbo, Turbo motor

ABSTRACT

MS THESIS

DAMAGE EXPOSURE OF THE TURBO PART USED IN INTERNAL COMBUSTION DIESEL ENGINES, ANALYSIS OF THE CAUSES OF DAMAGE AND METHODS OF PREVENTING DAMAGE CAUSING SITUATIONS

Şahin YAŞA

**Institute of Graduate Studies of Batman University
The Degree of Master of Science in Mechanical Engineering**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Emin DENİZ

2023, 113 Pages

Jury

**Advisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Emin DENİZ
Prof. Dr. Erol KILIÇKAP
Prof. Dr. Hamit ADİN**

In today's automotive industry, preventing the use of high levels of gas and air in internal combustion diesel and gasoline engine vehicles is the most essential problem of the related branch. There are some materials that affect the quality and ergonomics of such vehicles. One of the most known and most necessary of these materials is turbo engines. Turbo engines are the general name given to systems that aim to give the engine more power than the engine itself has, and thus are effective in the formation of high-grade acceleration and torque power. In these systems, the feeding process is carried out with the help of an external power to a large extent. In order to ensure that the system is fully functional, there are spare parts other than the turbo engine. Turbochargers are an auxiliary element that extends both performance and operating life in motor vehicles, considering the operating system and parameters.

The purpose of this thesis will be to analyze the damages suffered by turbo engines, their exposure to damage, and the causes of damage. A damaged turbo engine, which will be the basis for the examination, and the mechanical damage detection results that will emerge as a result of physical and mechanical examinations will be evaluated. In the light of the data to be obtained as a result of this study, it will guide those who do research in the similar field in the academic field or in the industrial sector to extend the life of the turbo engine.

The aim of this thesis study is to predict and prevent the damages that will occur in turbochargers. There are certain signs of damage and malfunctions in turbochargers. These symptoms will greatly guide users and researchers if an organization is established on a correct and appropriate system. Correctly determining the damage and fault detection conditions of the turbochargers will increase the life of both the vehicle and the engine to a certain extent.

For example, if the engine assembly overheats, it can be said that there is a blockage or particulate buildup in the air filter. If smoke comes out of the engine group, it can be said that the air intake duct of the turbocharger engine group is clogged. If the vehicle emits black exhaust fumes, it can be said that there is a blockage in the intake manifold and manifold group. Another symptom is caused by high oil consumption. High oil consumption may be the result of clogging in the turbocharger drain line. These and other symptoms will be examined in detail in the thesis, and when the work is completed, it will shed light on turbo damage cause analysis, methods of preventing turbo damage and methods of repairing damage after damage occurs to users or researchers in terms of both academic and industrial development. The data obtained within the scope of the study, it has been determined that the use of turbocharger damage is important and its life can be extended with methods based on correct use.

Keywords: Damage, Mechanical, Turbo, Turbo Engine

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, turbo motorlar hakkında detaylı inceleme yapılacaktır. Yapılacak incelemelerde hasara uğramış turbo motorlar hakkında birtakım bulgular belirlenip, mevcut bulgulara göre sonuçlar değerlendirilecektir.

Fiziksel ve mekanik olarak çalışır durumda olan bir turbo motor kaynağını düşünelim. Bu turbo motor kaynağının uğramış olduğu hasar, mevcut tez çalışmasında incelenecektir. Ayrıca yine aynı turbo motorun, kesit alanı oluşturulacak ve uğramış olduğu hasar deformasyonu daha sağlıklı bir şekilde gösterilecektir. Kesit yüzey alanı incelenecek olup, tez çalışmasında bununla ilgili görsellere yer verilecektir.

Hazırlayacağımız tez çalışması, toplamda 5 ana bölümden ve bunları takip eden Ekler, Kaynaklar ve Özgeçmiş kısımlarından oluşacaktır. Bu kısımda bölümler hakkında biraz bilgi verilecektir.

Bölüm I olan Giriş kısmında, turbo motorların ne anlam ifade ettiği, imal yöntemleri ve kullanım alanlarındaki önemi araştırılacak olup, elde edilen bulgular neticesinde literatür taramasına yardımcı olacak seviyede bilgiler aktarılacak üzere değerlendirilecektir.

Bölüm II olan Kaynak Araştırması kısmında, konu ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar değerlendirilecektir. Bu bağlamda, İsviçreli araştırmacı Alfred Büchi'nin 1905 yılında tasarlayıp imal ettiği turboyu inceleyeceğiz. Bu turbo, daha sonra geliştirilecek olan sistemlere ışık tutmuştur. Alfred Büchi'nin 1925 yılında yapmış olduğu egzoz gazı kullanılarak çalıştırılan en öncü ve alanında verimli makine veya teçhizat yapılmıştır. Yine kaynak araştırması kısmında, gelişim sürecine de değinilecektir. Bu başlıklar, Bölüm II'de detaylı olarak anlatılacaktır.

Bu bölümde ek olarak, turbo motorların çalışma prensipleri, turbo motor sistemlerinde karşılaşılan problemler ve çözüm yöntemleri ele alınacaktır. Bununla beraber turbo motor sistem çeşitliliği de incelenecek olup, bu sistemlerin gerekliliği ve amaçları incelenecektir.

Bölüm III olan Materyal ve Yöntem kısmında; turbo motorların mekanik incelemeleri yapılacaktır. Turbo motorlar ile ilgili ayrıntılı görsel incelemeler yapılacak olup, detaylı değerlendirme yapılacaktır.

Turbo motor haricinde, turbo motora direkt olarak etki eden emme manifoldu ve türbinlerin de detaylı mekanik incelemesi yapılacaktır. Her iki yardımcı eleman da turbo motor kapasitesini direkt olarak etkileyen elemanlardır.

Bölüm III’te ayrıca turbo motor hasar durumu incelenirken, hasar analizinin nasıl yapıldığı, analiz yapılırken dikkat edilmesi gereken noktaların ne olduğu, hasarların önlenilme yöntemleri ve hasar analiz yöntemi esnasında turbo grupları arasındaki farklılıklar incelenecektir.

Bölüm III’te ayrıca turbo şarj kullanılan iki farklı dizel grubu motorlu taşıtta meydana gelen turbo şarj hasarları incelenecektir.

Bölüm IV’te ise Araştırma Bulguları ve Tartışma kısmı bulunmaktadır. Araştırma sonuçları, mekanik ve fiziksel incelemeler doğrultusunda belirlenecektir. Bu kısımda, turbo motorun kesit alanı görsellerle desteklenecek olup, bununla ilgili detaylı bilgi verilecektir.

Tartışma kısmında ise, araştırma bulguları incelenecek olup, hasar var ise hasar sebebi, hasarın oluştuğu bölge ile ilgili detaylı bilgiler verilecektir. İncelenen turbo motor haricinde turbo motorların yaşam ömürleriyle ilgili karşılaştırmalar yapılacaktır ve değerlendirilecektir.

Bölüm V’te Sonuçlar ve Öneriler kısmında, denetlenen sistem üzerinde oluşan sonuçlar ve sistemin daha iyileştirilebilir olması adına bir takım savlar yer alacaktır.

Sonuçlar, incelenen turbo motor özelinde ele alınacak olup, hasar analiz sonuçları değerlendirilecektir.

Öneriler kısmında ise, sistem üzerinde bulunan sonuçlar neticesinde, öneri ve değerlendirmeler yapılacaktır. Bu öneriler sayesinde, turbo motor hasarları en asgari düzeye indirilebilecek olup, mevcut tez çalışması sayesinde bu alanda yapılacak olan çalışmalar daha da ileri seviyeye taşınabilecektir.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının başından sonuna kadar her aşamasında araştırmalarımaya yardımcı olan ve deneyimlerini titizlikle aktaran danışmanım Sayın Doç. Dr. Mehmet Emin Deniz'e, bilgi ve birikimleriyle çalışmalarımada destek aldığım Gelecek Otomotiv Yönetim Kurulu Başkanı Sayın Beşir Acar'a, Gelecek Otomotiv CEO'su Sayın Bekir Koman'a, Gelecek Otomotiv Diyarbakır Genel Müdürü Sayın Mehmet Serdar Ulağ'a sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	2
TEZ BİLDİRİMİ	3
ÖZET	4
ABSTRACT.....	5
ÖNSÖZ	6
TEŞEKKÜR	8
İÇİNDEKİLER.....	9
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	11
TABLolar DİZİNİ.....	13
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	14
I.GİRİŞ.....	15
1.1.İçten Yanmalı Dizel Motorlar	15
1.2. İçten Yanmalı Motor Parçaları ve Görevleri	18
1.3. İçten Yanmalı Motorlarda Sabit Parçalar	19
1.3.1. Motor Bloğu (Silindir)	19
1.3.2. Silindir Kapağı	22
1.3.3. Emme Manifoldu	23
1.3.4. Egzoz Manifoldu.....	25
1.3.5. Karter	27
1.3.6. Kapak contası.....	28
1.3.7. Buji.....	29
1.3.8. Radyatör	31
1.3.9. Hava Filtresi.....	32
1.3.10. Yağ Filtresi.....	33
1.3.11. Enjektör.....	34
1.4. İçten Yanmalı Motorlarda Hareketli Parçalar.....	36
1.4.1. Pistonlar	36
1.4.2. Piston Kolu.....	38
1.4.3. Krank Mili.....	39
1.4.4. Eksantrik Mili	41
1.4.5. Supap.....	42
1.4.6. Segman.....	43
1.4.7. Triger Kayışı	43

1.4.8. Volan	44
1.4.9. Marş Motoru	44
1.4.10. Şarj Dinamosu.....	45
1.4.11. Su Pompası.....	46
1.4.12. Yakıt Pompası	46
1.4.13. Yağ Pompası	47
1.5. Dizel Motorlarda Kullanılan Turbo Parçası.....	48
II.KAYNAK ARAŞTIRMASI	51
2.1. Turbo Motorun Tanımı	51
2.2. Turbo Motorun Tarihçesi.....	52
2.3. Turbo Motor Çeşitleri	55
2.4. Turbojet Motorların Kısımları ve Görevleri	59
2.4.1. Hava Girişi	60
2.4.2. Kompresör.....	60
2.4.3. Yanma Odası.....	62
2.4.4. Türbin.....	63
2.4.5. Egzoz Lülesi.....	65
2.5. Turbo Motorların Çalışma Prensibi	66
2.6. Turbo Motor Kullanımının Gerekliliği	67
III.MATERYAL ve YÖNTEM.....	69
3.1. Turbo Motorlarda Görülen Hasarlar	73
3.2. Turbo Motorlarda Görülen Hasarların Oluşum Nedenleri	74
3.3. Turbo Motorlarda Oluşan Hasarları Önleme ve Giderme Yöntemleri	77
3.4. Turbo Motorlarda Oluşan Örnek Hasar Tespit Uygulaması.....	97
IV.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	103
V.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	105
5.1. Sonuçlar	105
5.2. Öneriler	108
KAYNAKLAR	109
ÖZGEÇMİŞ	112

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Mekanik çıkış turbo şarj sistemi (Borg Warner Turbo Systems, 2011).....	17
Şekil 1.2. Egzoz çıkış turbo şarj sistemi (Borg Warner Turbo Systems, 2011).	18
Şekil 1.3. Örnek bir V grubu motor bloğu (Anonim).....	20
Şekil 1.4. Örnek bir silindir kapağı (Anonim).....	23
Şekil 1.5. Örnek bir emme manifoldu görseli (Anonim).....	25
Şekil 1.6. Egzoz manifoldu (Anonim).....	27
Şekil 1.7. Karter (Anonim).	28
Şekil 1.8. Kapak contası (Anonim).	29
Şekil 1.9. Buji bölümleri (Anonim).....	29
Şekil 1.10. Yağ filtresi (Anonim).	33
Şekil 1.11. Enjektör bölümleri (Anonim).	35
Şekil 1.12. Piston mekanizması (Anonim)	37
Şekil 1.13. Krank mili mekanizması (Anonim).....	39
Şekil 1.14. Supap mekanizması (Anonim).	42
Şekil 1.15. Turboşarj kesit görüntüsü (Cummins Turbo Technologies, 2009).	49
Şekil 2.1. Turbo motor çalışma prensibi (Yaşar,2009).....	52
Şekil 2.2. Ramjet motoru (Anonim).	55
Şekil 2.3. Pulsejet motoru (Anonim).	56
Şekil 2.4. Turboprop motorların bölümleri (Anonim).....	57
Şekil 2.5. Turbofan motorlar (Rolls-Royce, 2005).....	58
Şekil 2.6. Turbofan motorlar (Rolls-Royce, 2005).....	58
Şekil 2.7. Turbojet motorları (Rolls-Royce, 2005).....	59
Şekil 2.8. Hava hızının sıfır olması durumu ve hava giriş kısmında buzlanma olayı (Anonim).....	60
Şekil 2.9. Merkezkaç akımlı kompresör (Japikse, David, 1996).....	61
Şekil 2.10. Eksenel akımlı kompresör (Anonim).	62
Şekil 2.11. Yanma odasına giren havanın yavaşlatılması (Rolls Royce, 1996).	62
Şekil 2.12. Yanma odasına yakıtın gönderilme şematiği (Rolls Royce, 1996).	63
Şekil 2.13. İzole edilmiş tek türbin tekeri (Hulle,2013).	64
Şekil 2.14. Egzoz Lülesi Şematiği (NASA, 2003).	65
Şekil 2.15. Egzoz Lülesi (Anonim).	65
Şekil 2.16. Turbo motorun kesit resmi (Anonim).	66

Şekil 3.1. Otto çevrim diyagramı (Anonim).....	71
Şekil 3.2. Dört zamanlı benzinli motor çevrimi (Anonim).....	72
Şekil 3.3. İki zamanlı benzinli motor çevrimi (Anonim).	73
Şekil 3.4. Mekanik hasara uğramış bir turbo motor	88
Şekil 3.5. Turbo motor hava kanatçığı	89
Şekil 3.6. Ortalama sıcaklık değerine göre yağ seçimi (Anonim).....	90
Şekil 3.7. İmal yöntemi esaslı hasar oluşumu	91
Şekil 3.8. Yabancı cisim hasarına uğrayan turbo	92
Şekil 3.9. Yanmış yağ kullanımı sonucu oluşan turbo hasarı.....	93
Şekil 3.10. Turbo kanatçık mili eksen kaçıklığı hasarı.....	94
Şekil 3.11. Silindirde meydana gelen aşınma.....	100
Şekil 3.12. Silindirde meydana gelen ovallik	100
Şekil 3.13. Kırılan turbo kanatçığı.....	102

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Turbo hasar çeşitliliği yüzdesi	84
Tablo 3.2. Turboşarj sistemlerinde titreşime bağlı arıza çeşidi ve onarım yöntemleri..	95
Tablo 3.3. Turboşarj sistemlerinde motor performansına bağlı arıza çeşidi ve onarım yöntemleri.	96
Tablo 3.4. Turboşarj sistemlerinde motor performansına bağlı arıza çeşidi ve onarım yöntemleri.....	96
Tablo 3.5. Deney aracının genel teknik özellikleri.....	97
Tablo 3.6. Deney aracının motor özelinde teknik özellikleri.....	98
Tablo 3.7. Deney aracının motor ölçüm değerleri.....	99
Tablo 3.8. Deney aracının genel teknik özellikleri.....	101
Tablo 3.9. Deney aracının motor özelinde teknik özellikleri.....	101

SİMGELER ve KISALTMALAR

P: Basınç

V: Hacim

m: Kütle

R: Sabit

T: Sıcaklık

S: Entropi

Kg: Kilogram

°C: Santigrat derece

LPG: Sıvılaştırılmış petrol gazı

Rpm: Dakikadaki devir sayısı

W: Kış mevsimi

S.A.E : A.B.D. Motorlu Araçlar Mühendisleri Birliği

Kw : Kilowatt

Si: Silisyum

Ni: Nikel

Min: Minimum

Max: Maksimum

A.Ö.N. : Alt ölü nokta

Ü.Ö.N. : Üst ölü nokta

Vw : Volkswagen

I.GİRİŞ

Tez çalışmasının Giriş kısmında, içten yanmalı dizel motorlar hakkında temel ve faydalı bilgilere değinilecektir.

1.1. İçten Yanmalı Dizel Motorlar

İçten yanmalı dizel motorlar, kimyasal enerji potansiyelinin, mekanik enerji potansiyeline dönüştüğü organizasyon ve sistemlerin tamamına verilen isimdir. 1800’lü yılların son bölümüne doğru içten yanmalı motorlar kavramı ortaya çıkmıştır. İçten yanmalı motorlar, yapısı gereği gelişim ve değişim gösteren bir mekanizmadır. Bu sistem, günden güne kendini geliştirmektedir. İçten yanmalı motorlar, yeryüzü katmanlarının tamamında kullanılabilir. Örneğin deniz yolunda, kara yolunda ve hava yolunda içten yanmalı motorların kullanılması mümkündür. Büyük yolcu veya yük gemilerinde, hava aracı olan uçaklarda, kara aracı olan otomobillerde içten yanmalı motorlar kullanılmaktadır. İçten yanmalı motorlar, kendi aralarında farklı disiplin ve sistemlere ayrılmaktadır.

Motorlar, kendi içlerinde bazı kriterlere göre sınıflandırılmaktadır. Bu kriterlerin başlıcaları;

- Yakıt cinsi ve modeli,
- Silindir cinsi ve düzeni,
- Çalışma sistemi,
- Karışım sistemi,
- Supap düzen ve organizasyon sistemi,
- Isıtma tekniği ve organizasyonu,
- Soğutma tekniği ve organizasyonu,
- Ateşleme çeşidi ve miktarı,
- Silindir dolum biçimi,
- Yağ dolum çeşidi,
- Yakıt alma kapasitesi,
- Yakıt cinsine göre reaksiyon çeşidi gibi kriterlere göre motorlar kendi içlerinde kategorize edilebilmektedir.

İçten yanmalı motorlar, kendi içlerinde birden fazla kategoride incelenir. Bunların başlıcaları,

- Pistonlu motorlar
- Döner motorlar
- Sürekli içten yanmalı motorlar olarak değerlendirilebilir.

Pistonlu motorlar, en genel tabir ile basıncı harekete çevirmeye yarayan sistem ve organizasyonların tamamına verilen isimdir. Buhar motoru ve stirling motoru, bu motor türünün yan dallarındandır.

Turbo motorlar, sözcük anlamı olarak Yunan literatüründe dönüştürme, mikser anlamına gelmektedir. İçten yanmalı motorlarda yanma olayının gerçekleştiği alana yüksek miktarda basınç uygulayarak, motor performansını arttırmaya yönelik güç aşıl原因an sistemlerin tamamıdır. Türkçe karşılığı aşırı dozda yükleme olarak da adlandırılmaktadır. Aşırı dozda yüklemekten anlaşılabilecek olan durum, motorun yüksek miktarda hava basıncı ile yüklenmesidir (BorgWarner Turbo Systems, 2011).

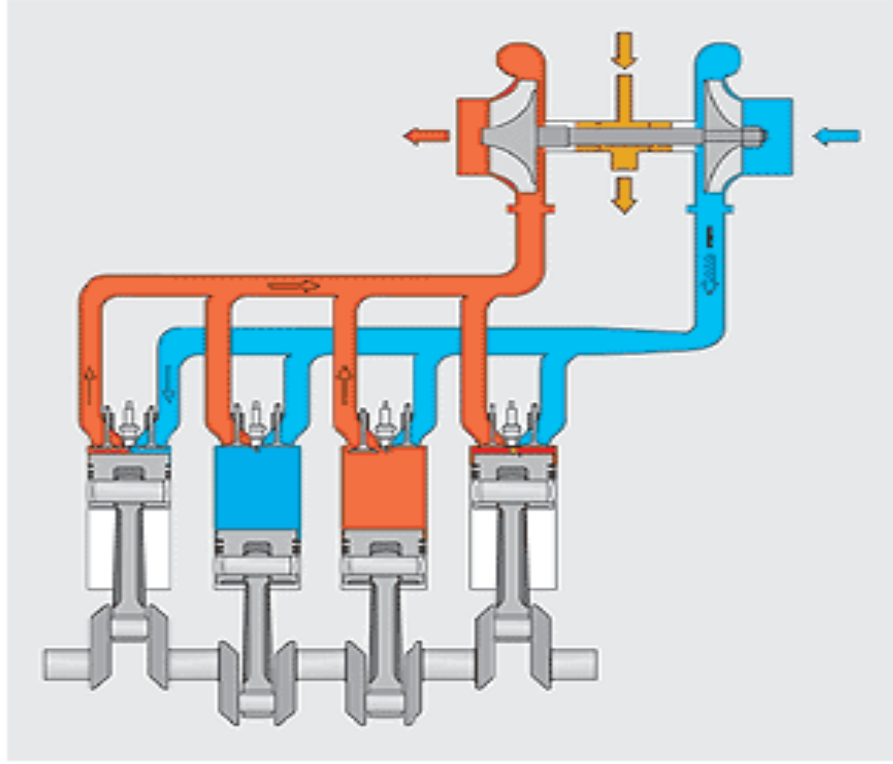
Fazla hava dolumunun yapıldığı iki farklı organizasyon bulunmaktadır. Bunlardan birincisi süperşarj, ikincisi ise turbo şarj olarak adlandırılabilir. Her iki sistem organizasyonunun arasındaki en büyük fark ise hava basma alanı olan kompresörlerinin ateşleme ürettiği mekanizmalardır. Süperşarj grubu mekanik ve fiziksel anlamda aşırı yüklemeyi sağlarken, turboşarj grubu ise egzoz gazının yüksek miktarda dolumunu sağlamaktadır (Schmalzl, 2006).

Turbo motor sistem ve organizasyonları, özellikle dizel çalışma gruplarında daha sık şekilde görülmektedir. Turbo sistemlerde motor grubunda özellikle silindirlere yüksek oranda hava basıncı sağlayarak gücü ve tork enerjisini artırır. Bu sayede dizel gruplarının verimi artar, yaşam ömrü uzar. Dizel motorlarda ayrıca kapasite artışı da yapılabilir.

Bu güç değişimi farklı bir yolla da yapılabilir. Örneğin, triger kayışından tahrik yöntemiyle de bu güç elde edilebilir. Triger kayışı, motordan en iyi düzeyde dönme ve enerji eldesi sağlamak adına, organizasyonun en önemli parçası konumundadır. Triger kayışı, motor ateşleyicisinin uygun zamanda devreye girmesi için krank milinin hareketini eksantrik miline ulaştırır. Bu kritik görevi üstlenmesinden kaynaklı, motorun en önemli parçalarından biri olarak değerlendirilebilir.

Bu sistemlerde trigger kayışından direkt olarak güç alan hava basıncı sağlamaya yarayan makineler olan kompresörler kullanılmaktadır. Turbo motor sistem ve organizasyonu çalışırken, motordan elde edilen enerjinin bir kısmı kullanıldığından, motor performansı düşüş gösterir.

17



Şekil 1.2. Egzoz çıkış turbo şarj sistemi (BorgWarner Turbo Systems, 2011).

1.2. İçten Yanmalı Motor Parçaları ve Görevleri

İçten yanmalı motorların belli başlı alt parçaları bulunmaktadır. Bu alt parçaların belirli başlı görevleri ve işlevleri bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında hem içten yanmalı motorları inceleyeceğiz hem de tez çalışmasına konu olan turbo parçasının görevlerini ve hasar analizini detaylı inceleyeceğiz. İçten yanmalı motor parçalarını en temel haliyle iki başlık altında ve daha sonra da alt başlıklardan faydalanarak inceleyeceğiz. İçten yanmalı motor parçalarını sıralayacak olursak;

- Motor bloğu
- Egzoz manifoldu
- Karter
- Silindir kapağı
- Emme manifoldu
- Buji
- Hava filtresi
- Kapak contası

- Radyatör
- Yağ filtresi
- Enjektör
- Piston kolu
- Pistonlar
- Eksantrik mil
- Krank mili
- Triger kayışı
- Segmanlar
- Supaplar
- Volan
- Şarj dinamosu
- Marş motoru
- Su pompası
- Yakıt pompası
- Yağ pompası
- Turbo olarak bilinmektedir.

1.3. İçten Yanmalı Motorlarda Sabit Parçalar

İçten yanmalı motor bölümleri iki kısımda incelenir. Bunların ilki sabit motor parçalarıdır.

1.3.1. Motor Bloğu (Silindir)

Motor bloğu, motorun en temel parçasıdır. Bahsedeceğimiz parçaların tamamını bir arada tutmaktadır. Motor bloğunun içerisinde akışkan akış kanalları bulunmaktadır. Bununla beraber yanma odası boşluğu da motor bloğunun üzerinde bulunmaktadır. Motor bloğu hem imal yöntemiyle hem de karmaşık yapısıyla en kritik motor parçalarından biridir. Motor bloğunda meydana gelebilecek bir arıza büyük nitelikte kötü sonuçlara sebebiyet verebilmektedir.

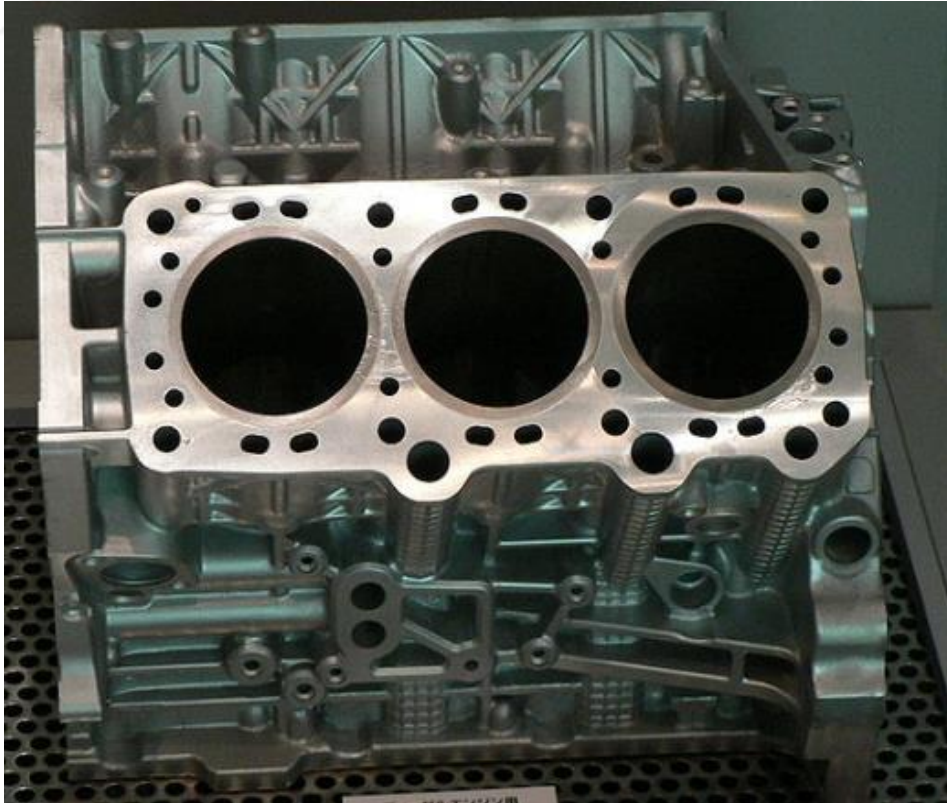
Motor bloğunun çeşitli imalat yöntemleri bulunmaktadır. Genellikle dökme demirden imal edilir. Döküm esaslı imalat yöntemlerinde, malzeme üretim süreci

boyunca ısırl işleme maruz kalmaktadır. Yüksek sıcaklık altında ergiyen malzemenin, daha sonra soğutularak sertleşme esaslı mukavemet sağlaması beklenmektedir. Dökme demir esaslı motor bloğ imali haricinde bir de alüminyum alaşımları ile motor bloğ imal edilebilmektedir. Alüminyum alaşımları ile imal edilmiş bir motor bloğ, dökme demir esaslı motor bloğna oranla hem daha hafiftir hem de daha maliyetlidir. Ergonomik yapısı gereğ kullanılabilir olsa da uzun ömürlülük ve mukavemet açısından dökme demirli motor bloğunun kullanımı daha yaygındır.

Motor bloğunun çeşitli etmenler göz önüne alınarak, farklı biçimde sınıflandırılmış eşitleri bulunmaktadır. Bunlar;

- V motor
- Sıralı motor
- VR motor
- W motor gibi eşitleri bulunmaktadır.

Bu çeşit ve sınıflandırma, yanma odalarının birbirlerine göre almış oldukları aksiyon ve hareket kabiliyetine göre adlandırılmaktadır. şekil 1.3'te bir motor bloğ gösterilmiştir.



şekil 1.3. rnek bir V grubu motor bloğ (Anonim)

Motor bloğu, yapısı, imalat yöntemleri ve maliyet ekonomisi göz önüne alındığında, herhangi bir hasara ve deformasyona uğraması halinde büyük etkiler bırakabilecek yapıdadır. Motor bloğunda meydana gelebilecek bazı hasarlar öngörülebilirken bazı hasarlar ise öngörülemeyen yapıdadır. Motor bloğunda meydana gelen en büyük hasarlar genellikle çatlak oluşumudur. Motor bloğunda meydana gelebilecek çatlaklar;

- Hararet kaynaklı oluşan çatlaklar
- Termostat arızası kaynaklı oluşan çatlaklar
- Dış darbeler
- Kırılma ve bozulmalar
- Piston ve piston kolunda meydana gelen hasarlar
- Devri daim sisteminde meydana gelen kalıcı hasarlar
- Döküm kırığı
- Yedek parça arızası gibi nedenlerden ortaya çıkmaktadır.

Motor bloğu çatlağının sonucunda, içten yanmalı dizel motorda meydana gelecek bazı hasar çeşitleri bulunmaktadır. Bu hasar çeşitleri, kalıcı etki bırakmaya sebep olabilecek tarzda hasarlardır. Çatlağın oluşacağı alan ya da bölge de, çatlağın bırakacağı etkide büyük rol oynayacaktır. Motor bloğunun oluşturduğu çatlak sonrası oluşabilecek başlıca hasarlar;

- Egzoz bölümünde damla damla su kaçağının oluşması
- Egzoz alanından su püskürtülmesi
- Aracın çekişten düşmesi
- Motor performansının düşük seviyede kalması
- Ateşleme bobininin düzensizlik göstermesi
- Bujinin ateşlememe yapmaması
- Kompresör alanında meydana gelebilecek hava ve yağ kaçaqları
- Motor yağı ile soğutma suyunun birbirine karışması sonucu oluşacak motor iç deformasyonu
- Antifriz eksilmesinden kaynaklı oluşabilecek motor hararet göstergesi ve motor yanması gibi hasarlar, motor bloğunun çatlaması sonucu oluşabilecek hasarlardır.

1.3.2. Silindir Kapağı

Silindir kapağı, motor bloğunun üzerini kapatma görevine sahiptir. Bu görevin haricinde yanma odalarının oluşumunda da rol sahibidir. Üzerinde yer alan bazı aksamalar bulunmaktadır. Bu aksamalar, buji, supap mekanizması ve enjektör olarak bilinmektedir. Silindir kapağı emme ve sıkıştırma yapıldığı sırada da görev almaktadır. Bu görev temiz havanın silindire ulaşmasına yardımcı olmaktır. Harici ve atık gazların çıkışı işleminde de rol oynamaktadır.

Motorlarda bulunan silindir kapak sayıları çeşitlilik göstermektedir ve bu anlamda bir sabit bulunmamaktadır. Örnekeleyecek olursak, binek araçlarda silindir üzerini örten sadece bir tane silindir kapağı olması yeterlidir. Bunun haricinde tarım ve hayvancılık alanında faaliyet gösteren motorlu taşıtların silindiri üzerinde birden fazla silindir kapağı bulunabilmektedir. Bu motorlu taşıtlardaki silindir kapağı sayısı, silindir sayısı ile eş düzeyde bulunmaktadır.

Silindir kapağı, bulunduğu alan ve mekanik yapısı itibariyle önemli bir motor grubu parçasıdır. Motor bloğuyla direkt olarak teması neticesinde önemi biraz daha artmaktadır. Silindir kapağının imal yöntemi de yine dökme demir usulüyle yapılmaktadır. İki farklı dökme demir malzemesinin birbirine sürtmesi, mekanik olarak problem yaratacağından dolayı, bu iki farklı parça arasında sürtünme katsayısını önleyecek bir sıvı conta veya plastik malzeme bulunması esastır.

Silindir kapağı da motor bloğu gibi yüksek maliyetli imal esaslarına dayanır. Bununla birlikte, silindir kapağında meydana gelebilecek bir hasar, büyük sorunlara yol açabilmektedir.

Silindir kapağı hasarlarında belirli başlı kullanım hataları yaygın olarak yapılmaktadır. Motor bloğuyla doğrudan ilişkili olan silindir kapağının bakımlarının belirli periyotlarla yapılması gerekmektedir. Silindir kapaklarında belirli bir süre sonra malzemeden kaynaklı aşınma meydana gelmektedir. Bu aşınma ve deformasyon çatlaklara sebebiyet vermektedir. Çatlak oluşumunun sebepleri bu şekilde sıralanabilmektedir;

- İçeriden veya dışarıdan karşılaşılan sızıntılar
- Su kaçakları
- Yağ kaçakları
- Bujilerin ve buji uçlarının muhafaza edilmemesi

- Motor suyunun soğuk havadan kaynaklı donması
- Yetersiz soğutma biçimi
- Ani sıcaklık değişimleri
- Silindir kapağı montajındaki fazla sıkım
- Silindir kapağı montajındaki düşük sıkım
- Silindir kapağı montajı yapılırken eksik malzeme kullanımı
- Motor bloğuna aşırı sıcak su eklenmesi
- Motor bloğuna aşırı soğuk su eklenmesi
- Antifriz kullanılmaması gibi durumlarda çatlak oluşumu meydana gelmektedir.

Silindir kapağında oluşan çatlaklar farklı şekillerde tespit edilebilmektedir. Bunlar; ışık yoluyla ya da herhangi bir akışkan veya suyun belirli alana dökülmesi sonucu ortaya çıkabilmektedir. Şekil 1.4'te örnek bir silindir kapağı gösterimi yapılmıştır.



Şekil 1.4. Örnek bir silindir kapağı (Anonim)

1.3.3. Emme Manifoldu

İçten yanmalı dizel motorlarda bulunan parçalardan bir diğeri de emme manifoldudur. Emme manifoldu, araçta gerçekleşen emme organizasyonunun içinde bulunan valf ile ortak bir şekilde bu işlemin gerçekleşmesine yardımcı olmaktadır. Fiziksel yapısı, dairesel bir boruyu andırmaktadır. Emme manifoldu, motor yüzeyine dış etkilerle gelen havayı çekerek, motorun belli başlı noktalarına iletme görevini

görmektedir. Motor içerisinde bulunan basınçlı havayı dağıtma organizasyonunda bulunan emme manifoldu, dağıtmış olduğu havayı aynı zamanda sistematik bir şekilde ayarlama kabiliyetine sahiptir. Emme manifoldu, motor hızını etkilemede de başrol görevi üstlenmektedir.

Emme manifoldu, yapısı gereği bozulma ve bozulma haricinde daha çok kirlenmelere yatkındır. Valf içerisinde biriken tozlar ve partiküller, emme manifolduna yakın bölgede bulunduklarından bu yapıyı da etkilerler. Emme manifoldunun temizliği ve bakımı çok önemlidir. Bakımının yapılabilmesi için manifoldun bulunduğu yerden değil de, monteli olandan çıkarılması gerekmektedir.

Emme manifoldunda, silindir kapağı ve motor bloğunda olduğu gibi çatlak veya kaçak olması pek mümkün değildir. Bununla beraber dönemsel olarak bu gibi durumlarla da karşılaşmak mümkündür. Emme manifoldu hava ve basınç organizasyonunu yürütmesine rağmen, tek başına bir parça olarak herhangi bir şekilde hava basıncına maruz kalmamalıdır. Emme manifoldunda meydana gelecek bir hava alma olayı, motor performansında büyük bir düşüşe sebebiyet verecektir. Emme manifoldunda gerçekleşen ateşlemelerde, herhangi bir kaçak olması halinde krank milinin zarar görme ihtimali artmaktadır.

Emme manifoldunun fiziksel yapısında boru sistemi kullanılmaktadır. Bu boru sistemi elektronik kumanda yardımıyla kontrol edilebilmektedir. Mevcut boru sisteminde hem uzun borular hem de kısa borular bulunmaktadır. Uzun ve kısa boruların kendi içlerinde farklı türde görev dağılımları bulunmaktadır. Devir gücüne göre kullanım farklılığı gösteren boru sistemi, tüm araçlar için aynı mekanik özelliklere sahiptir. Uzun boruların kullanıldığı alan, düşük devir halinde ilerleyen araçlarda aktiftir. Kısa boruların kullanıldığı alan ise, yüksek devir halinde ilerleyen araçlarda aktifliğiyle bilinmektedir. Emme manifoldunun ilk dönem üretim prosesinde kullanılan malzeme alüminyum iken, yeni dönem içten yanmalı motorlarda kullanılan ham madde sert plastik olarak bilinmektedir.

Emme manifoldunda oluşacak hasarların tespit yollarından biri de araçta meydana gelecek bozulmalardır. Emme manifoldunda meydana gelecek hasar belirtilerinin başlıcaları şöyle sıralanabilir;

- Motor göstergesinde oluşacak arıza ışık bildirimi
- Araç hızlanırken çekişten düşme
- Yakıt tüketiminin olağan seyrinden çok daha fazla olması

- Egzoz çıkış alanından farklı renkte duman çıkması
- Araç sabit bir ivmeyle giderken motor devri balansı
- Motor yağıyla soğutma suyunun karışması
- Seyir halinde giden aracın durması
- Motor çalışırken aşırı bir ısınma gibi belirtiler emme manifoldunun hasara uğradığını gösteren belirtiler olarak sıralanabilir.



Şekil 1.5. Örnek bir emme manifoldu görseli (Anonim)

1.3.4. Egzoz Manifoldu

Egzoz manifoldu, emme manifoldundan farklı olarak, girişle değil çıkış işlemleriyle uğraşmaktadır. Çıkış işlemlerinde dışarı atılan hava veya yakıt karışımlarının tamamı yanmış gazlardan oluşmaktadır. Yanmış gazların motor grubu içerisinden dışarı atılmaması halinde, motor aksamlarına büyük oranda zarar vermesi ihtimaldir. Egzoz manifolduna, gaz çıkış manifoldu da denebilmektedir. Egzoz manifoldunun işlev edinişi yanmış yağlar piston grubu içerisinde yer edinmekte olup, buradaki akışı sağlamaktadır.

Egzoz manifoldunun imal biçimi, motor bloğu ve silindir kapağıyla benzerlik göstermektedir. Bu noktada, dökme demirden, uygun kalıp bulma yöntemleriyle işlenebilmektedir. Egzozdan çıkan yüksek sıcaklıktaki gaz miktarına dayanım göstermektedir. Bu dayanımın en büyük sebebi, imal yönteminde kullanılan alaşım çeşidindendir. Dökme demir manifoldların haricinde, ek olarak paslanmaz çelik ve alüminyum alaşımlarıyla imal yöntemleri bulunmaktadır.

Egzoz manifoldu, motorun içerisinde bulunan yanmış gazı tahliye etmekten sorumludur. Emme manifoldunda emilen kirli hava, emilim işlemi tamamlandıktan sonra egzoz manifolduna aktarılır. Bu aktarım sonucunda gaz açığa çıkmaktadır. Yeni nesil araçlarda ise emilen kirli hava olduğu gibi dışarı atılmaz. Araç içerisinde bulunan bir absorbe cihazı sayesinde, kirli hava burada ayıklanır ve doğaya kirli olmayan hava atılır. Egzoz manifoldunda meydana gelebilecek hasarların belli başlı belirtileri bulunmaktadır. Bu belirtilerin başlıcaları;

- Sabit ivmeyle hareket eden araç, devrini koruyamıyorsa
- Hareket halinde iken dalgalanma ya da tekleme yaşıyorsa
- Kirli hava dışarı atılamıyorsa
- Araç içerisinde fazla miktarda egzoz kokusu oluşuyorsa
- Araç, kontak açıldıktan sonra geç devreye giriyorsa
- Araç, kontak kapatıldıktan sonra geç devreye giriyorsa
- Motordan herhangi bir hava kaçağı oluşuyorsa
- Motor bölümünden hafif bir ısıklık sesine benzer ses geliyorsa
- Motordan ses geliyorsa
- Egzoz manifoldunda herhangi bir çatlak bulunuyorsa bunlar egzoz manifoldunun hasar gördüğünün belirtileri olarak değerlendirilir.

Şekil 1.6'da egzoz manifolduna ait bir görsel bulunmaktadır. Motor gücünde herhangi bir azalma olmadığı takdirde, egzoz manifoldunun işlevini yerine getirebildiğini söylemek mümkündür.



Şekil 1.6. Egzoz manifoldu (Anonim).

1.3.5. Karter

Karter, içten yanmalı motorların sabit parçalarından bir diğeridir. Motorun alt bölümünde bulunan karter önemli görevlere sahiptir. Motorun yağ tankı görevini üstlenen karter, herhangi bir kaçak ya da deforme halinde yağ kaçağı oluşumuna neden olmaktadır. Yağ boşaltımını istem dışı yapacak olan araç, yağ eksilttiği için motorda hararet gözlelenebilir. Yağın soğutulması işleminde karterin rolü büyüktür. İmal yönteminden kaynaklı, soğuğu ve sıcaklığı absorbe edebilecek kapasitesi bulunmakla beraber, bunu koruma iç güdüsünü de göstermektedir.

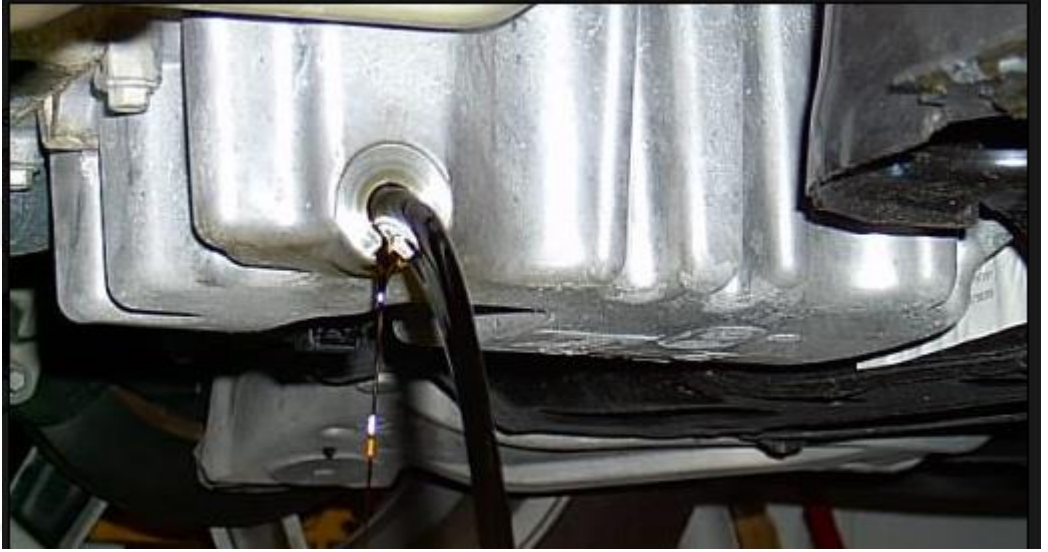
Karter, yapısına ve mekanik özelliklerine göre iki sınıfta incelenir. Bunlar boğazlı ve boğazsız karterler olarak sınıflandırılmaktadır. Bu iki boğazdan da farklı özellikte sıvılar geçmektedir. Karter bölümünde birikmiş olan yağ, motorun belli bölümlerine nüfus eder. Motor grubunun bazı önemli parçaları da karter içerisinde kendine yer edinmiştir.

Karterler de diğer aksamlar gibi hasara uğramaktadır. Bu hasar, farklı belirtilerle kendisini gösterebilir. Bu belirtilerin başlıcaları;

- Arıza, meydana geldikten daha uzun süre sonra kendini gösterebilir

- Aracın donanımsal sorunlar çıkarması
- Karter üzerinde yağ kaçağı
- Karter delinmesi gibi belirtiler olarak adlandırılabilir.

Karterlerin uğramış oldukları hasar, kendini fark ettirmeksizin devam ettiğinde, motor adına çok daha büyük sorunlar oluşabilmektedir. Bu sorunlar, hasar maliyetini arttırıp, motor performansını da büyük ölçü de düşürecektir. Şekil 1.7’de karter örneği bulunmaktadır.



Şekil 1.7. Karter (Anonim).

1.3.6. Kapak contası

Silindir kapak contası, motor bloğunun silindir kapağına temas etmesini engelleyen ve bu iki motor parçası arasında bulunan bir malzemedir. Bu malzemenin amacı, iki parça arasındaki yağ kaçağını önlemek olarak değerlendirilmektedir. Et kalınlığı olarak ince bir malzeme olan kapak contası, sızdırmazlık olarak iyi performans göstermek zorundadır. Kapak contası, yapısı gereği yüksek sıcaklığa dayanıklılık göstermektedir. Motor grubu hararete uğraması halinde, hasara uğrayacak ilk parça kapak contasıdır. Kapak contasında meydana gelecek bir hasar, aynı zamanda sigorta görevi görmektedir. Sigorta görevinden kasıt, daha büyük bir hasara yol açmadan, kapak contası hasarıyla, mekanik hasarın tamamlanması sağlanmış olacaktır.

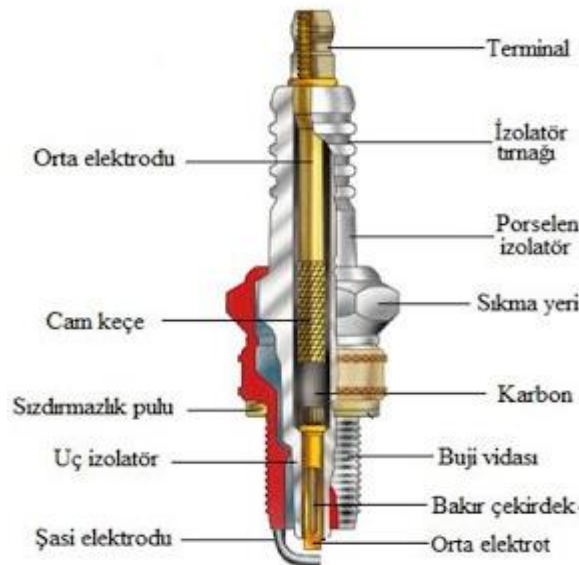
Şekil 1.8’de motor grubuna ait bir silindir kapak contası gösterilmiştir. Silindir kapak contası, plastik kalıp yardımıyla seri imalat usulü baz alınarak imal edilebilen bir parçadır.



Şekil 1.8. Kapak contası (Anonim).

1.3.7. Buji

İçten yanmalı dizel motorların hareketsiz motor parçalarından bir diğeri de buji olarak bilinmektedir. Buji, içten yanmalı motorlarda, ateşleyici görevini üstlenen yardımcı eleman olarak bilinmektedir. Bujiler, ateşlemeyi sağlayacak kıvılcımı oluşturmak için bir takım eylemler gerçekleştirirler. Bu eylemler en genel haliyle, yüksek miktartlı elektriği, iki elektrot arasına ileterek kıvılcım oluşturur. Piston ve piston kolu içerisinde yüksek basınç miktarıyla sıkışmış olan yakıt grubu, oluşan bu kıvılcım neticesinde ateşleme özelliği gösterir. Motorun ateşlendiğİ andan itibaren geçirmiş olduğı süre, yanma evresi olarak adlandırılmaktadır ve bu evre bu sayede tamamlanmış olur. Şekil 1.9’da bir bujiye ait bölümler yer almaktadır.



Şekil 1.9. Buji bölümleri (Anonim).

Buji, en temel özelliği olan ateşleme görevini üstlendiği için, motor performans kapasitesini doğrudan etkilemektedir. Ateşlenme kalitesi, aynı zamanda motorun çalışma kalitesini de etkilemektedir. Ateşleme olayı, egzoz emisyonuyla da etkileşim halindedir. Motor grubunda ateşleyici sistem sayısı farklılık gösterir. Birden fazla buji bulunan bu sistemlerde, hasar meydana gelme olasılığı da yüksek seviyede bulunmaktadır. Buji hasarı oluştuğunu gösteren birtakım belirtiler bulunmaktadır. Bu hasar belirtileri başlıca şu şekilde kendini göstermektedir;

- Araç seyir halindeyken titreşim tarzında hareketlenmelerin meydana gelmesi
- Motor grubunda normal çalışma sesinden farklı olarak bir ses meydana gelmesi
- Aracın geç çalışıyor olması
- Aracın çalışmasında problemler olması
- Araçla ani bir gaz ivmesi yapıldığında aracın gaz yememe durumunun olması
- Araçta kıvılcımlanma ya da patlama gibi durumların meydana gelmesi
- Yakıt tüketiminde yaşanan ciddi artış oranı gibi belirtiler, bujinin hasara uğradığının belirtisi olarak kabul edilmektedir.

Bujilerin de diğer motor grubu aksamaları gibi bakım istekleri bulunmaktadır. Bujilerde bakım yapılmadan önce uyulması gereken bazı kurallar bulunmaktadır. Buji sökülmeden önce, bujinin üst alanında bulunan silindir kapaklarının uygun bir istikamette çıkarılması gerekir. Bujiler genellikle ufak tarzda el aletleri yardımıyla sökülmektedir. Buji grubuna bakım yapılırken her zaman temiz yağ veya temiz yakıt ile temizlik yapmak gerekmektedir. LPG'li araçlarda yüksek verim edebilmek için buji parmak aralarının optimum değerden daha düşük olması gerekmektedir. Parmak sıklığını değiştirmek, büyütme ya da küçültme için bir basınç reaksiyonu uygulayarak, düşük farklı değişimler yapılır.

Bujiler, ateşleyici kısmının en önemli parçası olduğundan, bakım aralığının kısa süreli olması gerekmektedir. Bu bakım aralığı, motor grubuna göre değişkenlik göstermektedir. Bujinin sağlam olduğu araçlarda, karter grubunda da çok fazla hasar olması beklenmez.

1.3.8. Radyatör

İçten yanmalı motorların sabit parçalarından bir diğeri de radyatör olarak bilinmektedir. Bilindiği üzere, motor grubu çalışırken sıcaklık artan bir ivmeyle devamlı artış göstermektedir. Bu sıcaklık artışı, belirli bir noktadan sonra çok fazla aksam olan bu gibi gruplarda hasara sebebiyet verme eğilimi göstermektedir. Hasar oluşturacak olayların en büyüğü patlama olarak adlandırılabilir. En ufak bir kıvılcım, en ufak bir patlama olayı daha büyük yıkım hasarlarına sebebiyet verebilir.

Motor tam randımanlı çalıştığı esnada 85 – 105 °C'ye kadar bir sıcaklık artışı gözlenir. Bu sıcaklık artışı, normal şartlar altında absorbe edilecek bir artış değildir. Radyatör, bu noktada devreye girmektedir. Yüksek sıcaklıkların yapması muhtemel olan harareti önleyen parçaya radyatör denir. Radyatör, en temel görevi olan motoru soğutma işlevi sayesinde, çok kritik ve de çok önemli bir görevi üstlenmiş bulunmaktadır. Eski üretim tipi radyatörler, farklı yapıda bulunmaktadır. Radyatör yardımcı elemanları daha karmaşık yapıda bulunmaktadır. Yeni nesil radyatör modelleri ise daha basit yapıda olduklarından, hasar oluşması durumunda, bu hasarın giderilebilmesi nispeten daha kolaydır. Eski tip radyatörlerde hasar oluşması durumunda, sorun büyük zaman kaybına yol açmaktadır.

Radyatör kendi içerisinde bazı yardımcı elemanlardan oluşmaktadır. Bu yardımcı elemanlar;

- Soğutma fanı
- Termostat
- Radyatör kapağı
- Radyatör kapak contası
- Radyatör alt kazanı
- Radyatör üst kazanı
- Radyatör hortumu
- Boşaltma vanası
- Boşaltma peteği
- Radyatör kanalları
- Radyatör tüpleri
- Vantilatör
- Su pompası olarak bilinmektedir.

1.3.9. Hava Filtresi

Hava filtresi, dış ortamdan motora gelen kirli havanın ayıklanarak pistonların içine iletilmesini sağlamaktadır. Bu filtre sayesinde havada bulunan kirli veya atık gazlar, zararlı partiküller, tozlar süzülür. Bu süzme olayının gerçekleşmesinde bazı dezavantajlar da bulunmaktadır.

İçten yanmalı motorlarda, aracın hareket kabiliyetini gösterebilmesi için gerekli enerjiyi sağlayarak reaksiyonun oluşmasını sağlamaktadır. Belirli düzeyde oksijen miktarının yakıt alanına geçmesiyle hava filtresi organizasyonu başlamaktadır. Motor grubuna gelen hava, filtre aracılığıyla faydalı olmayan partiküllerden ayrışma özelliği gösterir.

Hava filtrelerinin imalat yöntemleri, diğer içten yanmalı sabit motor parçalarından farklılık göstermektedir. Kâğıt ham maddesiyle üretilen hava filtresi, yapmış olduğu işlemi uygun bir şekilde yerine getirebilmek adına tasarım özelinde boşluklu yapılar tercih edilmektedir. Boşluklu yapıların amacı, yararlı ve zararlı partiküllerin ayrışmasını sağlamaktır.

Hava filtresinin hasara uğradığı bazı durumlar vardır. Hava filtresinin herhangi bir şekilde tıkanıklık göstermesi halinde motor grubuna yeterli miktarda hava ulaşması mümkün olmamaktadır. Hava gazının motora ulaşmaması sonucunda debriyaj ve gaz pedalına baskı kuvveti uygulansa bile, debriyaj tarafından karşı reaksiyon verilemez. Karşı reaksiyondan kasıt, pedaldan baskı kuvveti çekildiği andan itibaren, pedalın da bulunduğu konumdan artarak reaksiyon göstermesi gerekmektedir. Bu durumda aracın sabit ivmeli hareket kabiliyeti düşecektir. Aynı zamanda böyle bir durumda hızlanma süresinin fazla olması da beklenmektedir. Örneğin, ortalama 100 km/h hızına yaklaşık 10 saniyede ulaşabilen bir motor grubu, hava filtresinin hasarlı olması halinde yaklaşık %25 – 30 saniye oranında kayıp yaşayarak, 12 – 13 saniye bandında 100 km/h seviyesine ulaşır. Yanma kapasitesinin istenilen performansı göstermemesi halinde, yakıt tüketimi de olumsuz yönde etkilenecektir.

Hava filtresi, motor grubunun farklı alanların monte edilebilir. Bazı araçlarda motor grubunun üst kısmına monte edilebilirken, bazı araç gruplarında da motor grubunun alt kısmındaki plastik hava kutusu bitişiğine monte edilebilmektedir. Karbüratörün bulunduğu alan civarında da hava filtresi montajı yapılabilmektedir. Hava filtresi temizliğinin periyodik bakımlar esnasında değiştirilmesi gerekmektedir. Bu da 10 ile 15 bin km bandına tekabül etmektedir.

1.3.10. Yağ Filtresi

Yağ filtresi, tıpkı içten yanmalı motor grubunda bulunan hava filtresi gibi, motor grubunu partiküllerden ayırma kabiliyetini göstermeye yarayan yan parçadır. Yağ filtresi, motor grubuna girme çabası gösteren kirli yağların, bu alana girmesini önlemeye yaramaktadır. Yağ filtresinden geçen kirli ya da yanık yağlar, motor grubunu olumsuz yönde etkiler. Yağ filtresi, devri daim metoduyla temiz yağı motor grubuna iletir.

Yağ filtresinin hasara uğradığını belirten belli başlı birtakım ibareler bulunmaktadır. Bunlar;

- Motor sesinin değişmesi
- Motor grubunda yağ kaçağının meydana gelmesi
- Aracın herhangi bir noktasında yağ kaçağı olması
- Araçta yağ sirkülasyonunun oluşmaması
- Motorun çalışma esnasında zorlanması
- İkaz gösterge ışığında yağ ibaresinin bulunması
- Motorun hararetinin artması
- Motorda oluşan aşırı ısınma
- Egzozdan farklı şekillerde duman çıkması
- Aracın çekişten düşmesi gibi belirtiler baş gösterir.

Şekil 1.10'da yağ filtresi gösterilmiştir. Yağ filtreleri, araçların motor grubunda oluşacak hasarları önlemek adına kritik bir parça konumundadır.



Şekil 1.10. Yağ filtresi (Anonim).

1.3.11. Enjektör

İçten yanmalı dizel motorların inceleyeceğimiz son parçası enjektör grubudur. Enjektör, en genel haliyle ulaştırma, iletme görevini üstlenmektedir. Enjektörler, motor grubunun ihtiyaç duyduğu enerji kabiliyetini üstlenen parçalardır. Motor grubunda ihtiyaç duyulan iletim organizasyonunun gerçekleştiği sistemdir.

Dizel motor grubunda enjektör çeşitleri bazı farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkların sebebi, aracın kendi iç özelliği, marka ve modeline göre sınıflandırılmaktadır. Enjektör grubunun kendi içinde farklılık göstermesi haricinde, bir de iletim yöntemi farklılık göstermektedir. Kimi enjektörler damlatma yöntemiyle iletimi sağlarken, kimi enjektörler de püskürtme yöntemiyle iletimi sağlamaktadır. Püskürtmeyi sağlayan enjektör sayısı da değişkenlik göstermektedir. Başlıca enjektör çeşitleri bu şekilde sıralanabilir;

- Piyezo enjektör grubu
- Selenoid enjektör grubu
- Vakumlu enjektör grubu
- Hidrolik çekimli enjektör grubu olarak sınıflandırılmaktadır.

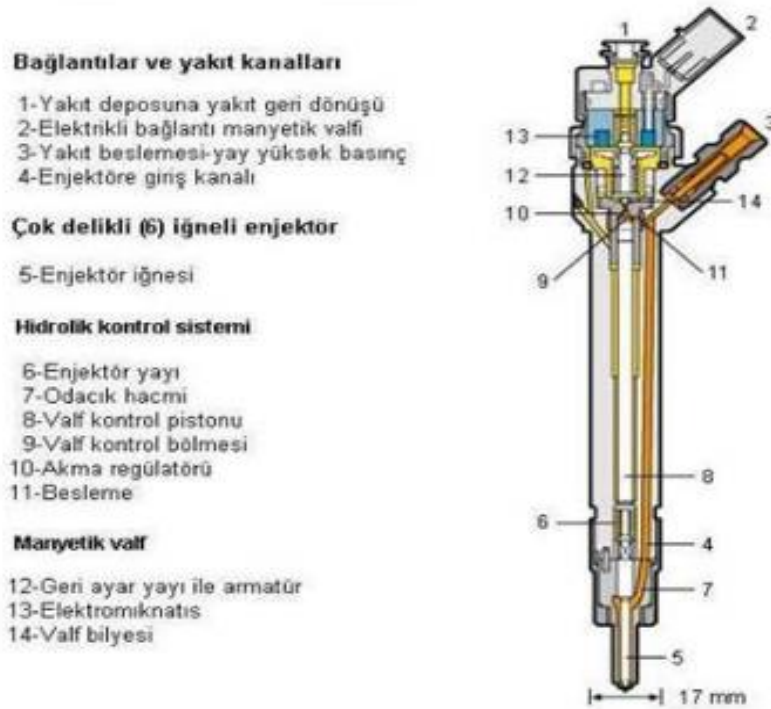
Enjektörün çalışma prensibi, sistem olarak karmaşık bir yapıdadır. Bu gönü, supap grubunun devreye girmesiyle başlar. Supap grubunun devreye girebilmesi için yüksek miktarda basınç uygulanması gerekmektedir. Basıncın artmasıyla birlikte enjektör mandalı kapalı durumda bulunur. Uygulanan basınç sonucunda enjektör mandalı açılır ve akış kabiliyeti sistem ve organizasyonu başlamış olur. Akış başladıktan sonra basınç düşme eğilimi gösterir. Düşme eğilimi sonucunda basınç bir noktadan sonra biter. Basınç kuvveti azalınca enjektörün damlatma veya püskürtme organizasyonu başlar. Püskürtme veya damlacıklı yapı organizasyonunun başlamasıyla yağ ve hava devri daimî meydana gelir. Enjektör grubu, enjektör memesi ve enjektör iğnesinden oluşmaktadır. Enjektör hasarının meydana geldiğini gösteren bazı belirtiler;

- Yakıt tüketimi büyük miktarda artış gösterir
- Araçta seyir halindeyken tekleme oluşur
- Motor grubundan her zamankinden farklı ses gelir
- Araç harareti artış gösterir
- Tüplü araçlarda LPG'den benzine istem dışı bir geçiş yaşanır
- Benzinden LPG organizasyonuna geçişte arıza bildirimi olarak sıralanır.

Enjektör hasarının giderilmesi için yapılması gereken belli başlı çalışmalar bulunmaktadır. Enjektör, hassas bir malzeme olduğu için değişiminde de dikkat edilmesi gereken birçok nokta bulunmaktadır. Enjektör hasarının giderilebilmesi için yapılması gerekenler;

- Enjektör üzerinde yer alan somun ve cıvataların doğru ve uygun bir şekilde sökülmesi
- Yakıt odasında yer alan bağlayıcı elemanlarının tamamının çıkarılması
- Enjektör grubunun basınçlı bir hava püskürtme yoluyla temizlenmesi
- Yakıt giriş ve çıkışlarının uygun yöntemlerle kapatılması
- Bobin kontrolünün yapılması
- Enjektör yuvasının temizlenmesi gibi özellikler yapılması gerekenlerdir.

İçten yanmalı dizel motor parçalarında kullanılan enjektör ve enjektör bölümleri Şekil 1.11’de gösterilmiştir.



Şekil 1.11. Enjektör bölümleri (Anonim).

1.4. İçten Yanmalı Motorlarda Hareketli Parçalar

İçten yanmalı dizel motorların bir diğ er grubu da hareketli parçalardır. Hareketli parçalar 14 farklı materyalden meydana gelmektedir.

1.4.1. Pistonlar

İçten yanmalı dizel motorların hareketli parçalarından ilki, piston grubu olarak ele alınmaktadır. Piston grubu, silindirik bir geometrik yapıya sahiptir. Hava ile basınç uygulanarak çalışır. Motor grubu içerisindeki asıl görevi, yanma reaksiyonu sonrasında açığ a çıkan enerjiyi, krank miline ulaştırmaktır. Bununla beraber yan görevlerinden biri de silindir içinde sıkış an havanın dış a rı atılmasını sağı lamaktır. Ayrıca egzoz gazlarının da dış a rı salınmasında görev yapmaktadır. Piston grubu, yaklaşık olarak 1400 rpm hareket gü cüne sahip bir içten yanmalı motorda, dakika baş ına 2000’den fazla eksenel hareket uygulamaktadır. Piston arızasında meydana gelmiş olabilecek bazı hasar belirtileri bulunmaktadır. Bu belirtiler;

- Motordan yağ eksilmesi
- Egzozdan beyaz renkte duman ıkışı
- Gösterge ikaz ış ığında motor arıza lambasının oluş umu gibi hasar belirtileri bulunmaktadır.

Ş ekil 1.12’de bir piston mekanizması detaylı şekilde gösterilmiştir. Piston mekanizmasında bulunan yardımcı elemanlar sırasıyla;

- Kompresyon segmanı
- Yağ kontrol segmanı
- Piston pimi
- Pim segmanı
- Piston kolu yatakları
- Piston kolu
- Piston eteğı
- Piston sapı
- Bağ lantı cıvataları
- Grasörlük yeri olarak incelenmektedir.



Şekil 1.12. Piston mekanizması (Anonim)

Pistonlar, genel imal yöntemleri göz önüne alındığında, farklı imal biçimlerinin kullanıldığı bilinmektedir. İmal edilirken kullanılan hammadde çeşidine göre dört farklı cins malzeme kullanımı mevcuttur. Bu malzemeler; çelik piston grubu, alüminyum piston grubu, font piston grubu ve alaşımlı piston grubu olarak ayrılmaktadır.

Pistonlarda meydana gelebilecek hasar çeşitleri belirgin olmakla birlikte, motor grubu için kritik bir öneme sahiptir. Piston hasarları en genel haliyle şu şekilde sıralanabilir;

- Piston pim yatağında meydana gelen korozyon
- Piston havasının dışarı çıkamaması sonucu meydana gelen sıkışma
- Pistonların yüzey aşınması
- Pistonun belli başlı bölgelerinde kurum oluşumu
- Pistonda meydana gelen çatlaklar
- Pistonda meydana gelen deformasyon
- Pistonda kırılma oluşumu
- Segman yuvalarında aşınma
- Segman yuvalarında boşluk oluşması
- Segmanın yırtılması gibi hasarlara uğramaktadır.

1.4.2. Piston Kolu

Piston kolu, piston grubunu krank miliyle etkileştiren parça olarak adlandırılmaktadır. Piston grubunda meydana gelecek hareket ve reaksiyonların tamamı ile bağlantılıdır.

Piston kolunun hammaddesinin sert bir malzeme olması beklenir. Bunun başlıca nedeni ise devamlı hareket halinde olmasıdır. Devamlı hareket halinde olan bu parça, aşırı zorlanır ve bu zorlanmaya karşı bir direnç göstermek zorunda kalır. Piston kolunun bir diğer ismi biyel olarak bilinmektedir. Biyel, dökme demirden yapılmaktadır. Piston kolu sadece içten yanmalı motorlarda değil, dıştan yanmalı motorlarda da kullanılmaktadır. Piston kollarında meydana gelebilecek hasarların başlıcaları aşağıda belirtilmiştir.

- Segmanlarda meydana gelecek deformasyonlar
- Segmanlarda kırık oluşumu
- Segmanlarda çatlak oluşumu
- Piston veya piston kolunda herhangi bir ezik, çizik oluşumu
- Piston kolunun laçka olması
- Piston grubunda veya piston kolunda orijinal olmayan yedek parça kullanılması
- Piston yatağının gevşek olması
- Piston yatağında yanma oluşumu gibi hasarlar meydana gelebilmektedir.

Piston kolunda meydana gelebilecek en büyük hasar, yamulma problemidir. Biyel kolunun yamulması, diğer parçalara da etki etmektedir. Yamulma hasarı, erken fark edilmediğinde motor grubuna büyük zarar verebilmektedir.

Piston kolunun yamulma sebeplerinden biri, motorun su almasıdır. Motorun su almasının farklı nedenleri bulunmaktadır. Bu nedenlerin ilki hava olayları olarak değerlendirilebilir. Yağmur suyu veya kar suyu, araba kaputundan sızarak motora işleyebilir. Bununla beraber, sıvıların yüzde yüz sıkıştırmaya maruz kalmadığı bilinmektedir. Motorun su kaçırmaları halinde, parçaların hasar görme ihtimali büyük oranda artış gösterecektir.

Biyel kolunun yamulma sebeplerinden bir diğeri de ateşleme olayıdır. Yakıtın, yanma odasında farklı nedenlerden dolayı erken yanması ihtimalidir. Erken yanma

eğilimi gösteren yakıt, oktan derecesine ulaşır. Erken yanma olayı silindir grubuna uyguladığı basınç kuvvetiyle büyük hasar verebilir. Bu hasar, büyük maliyetlere yol açmaktadır.

Motor devrinin yüksek tutulması, piston grubunu olumsuz yönde etkilemektedir. Günümüz modern çalıştırma sistemleri bunun önüne nadiren geçebilse de genel hatlarıyla motor grubu bu hasarın önüne geçemez.

1.4.3. Krank Mili

İçten yanmalı motorların hareketli parçalarından bir diğeri de krank milidir. Krank mili, görevi ve yapısı gereği büyük bir öneme sahiptir. Ana malzemelerden biridir. Şanzıman ile piston arasında konumlanmıştır. Buradaki temel görevi, yanma odasından çıkan hareket kabiliyetini, volanlar aracılığıyla şanzımana iletmekte görevlidir. Çalışma konumu, piston grubu ile motor bloğu arasında bulunmaktadır. Krank milinin yapısı gereği krank mili yatağı adı altında yatakları bulunmaktadır. Bu yatakların belli başlı avantajları bulunmaktadır. En temel avantajı ise motor grubunda herhangi bir hasar oluşması halinde, motor grubunun tamamının aşağıya inmesini önlemektir. Yatak kısmında bulunan boşluk sayesinde, bakım ve onarımı mümkündür. Yataklar bütün hareket kabiliyetini kendisinde tuttuğu için, çoğu hasar durumunda sadece yatağı değiştirmekle hasar giderilmiş olur. Şekil 1.13'te krank mili gösterimi yapılmıştır. Krank milinin yapısı gereği, görünüm olarak U şeklinde bir mekanizması bulunmaktadır.



Şekil 1.13. Krank mili mekanizması (Anonim).

Krank milinin aşınmasını güçleştirme amaçlı, bu malzeme grubunun hammaddesi dökme demir olarak yapılmaktadır. Dökme demir, hem malzeme yaşam

ömrünü uzatmakta hem de daha konforlu hareket kabiliyeti sunmaktadır. Bu sayede tamamen dökme demir imal yöntemiyle üretilir.

Krank mili hareket kabiliyetini piston grubu ve piston kollarından almaktadır. Her biri kendi içinde bağlantılı dört tane aynı cins parçadan oluşan krank milinin bağlanma açısı dik olarak imal edilmektedir. Krank milinin harekete başlayabilmesi için yanma odasında bulunan yakıtın yanması gerekmektedir. Yanma odasında yanmış olan yakıt, bir basınç oluşturmaktadır. Bu basınç, itme etkisi göstermektedir. Bu itme etkisi sayesinde, krank mili mekanizması dikey ekseninde yukarı aşağı hareket sağlamaktadır. Bu hareket sonucu enerji açığa çıkmaktadır. Krank mili, çalışma prensibi olarak debriyaja bağlı çalışmaktadır. Debriyajda meydana gelebilecek hasarların bir kısmı, krank miliyle ilişkilendirilebilir.

Krank milinde meydana gelebilecek hasarların bazı belirtileri bulunmaktadır. Bu hasar belirtileri başlıca incelenecek olursa;

- Yakıt tüketiminde gözle görülür bir artış olması
- Araç sabit ivmeyle hareket ederken titreşimli bir biçimde çalışması
- Araç sabit bir ivmeyle hareket ederken sert bir biçimde çalışması
- Motorun çalışma esnasında geç devreye girmesi
- Motor grubunda meydana gelen titremeler, krank milindeki hasar belirtilerinin başlıcalarıdır.

Krank milinde oluşabilecek hasarların en büyüğü, ana mil mekanizmasında gerçekleşir. Krank mili mekanizmasının kırılması, kendisinden hariç diğer parçalara da büyük zarar verebilmektedir. Krank milinin yapısı gereği dökme demirden imal edilmesi, bu parçada meydana gelecek kırılmalarda, kırılmanın etkisiyle krank milinde bilyelerin de kırılmasına neden olacaktır. Bilyelerdeki kırılma araç motor grubuna doğrudan etki edecektir. Krank milinin kırılması halinde motor grubundan büyük bir ses gelir. Fakat bu kırılmaların temel nedeni krank mili mekanizmasından kaynaklanmamaktadır. Krank miline yakın bulunan yatağın aşınması, yağlamada meydana gelen eksiklikler, krank milinin kırılmasına neden olacaktır.

1.4.4. Eksantrik Mili

Eksantrik mil, üstlenmiş olduğu görev gereği büyük bir öneme sahiptir. Eksantrik mil, motorun beyni olarak değerlendirilebilir. Bir diğer ismi kam milidir. Kam mili, motor grubunda yer alan supapların açılma ve kapanma reaksiyonunun gerçekleşmesini sağlamaktadır. Hammadde çelik veya dökme demirdir.

Eksantrik millerinde oluşacak hasarlar nadir olarak görülür. Nadir olarak görülmesine karşın, hasar oluşumu halinde araca ve motor grubuna büyük bir zarar verme ihtimali bulunmaktadır. Kam milinin güçlü olması, motor performansını doğrudan arttırmaktadır. Motorun devrinin iyi ayarlanabilmesi, kalkışlarda çekişten düşmemesi, ancak iyi bir kam mili sayesinde oluşacaktır. Kam mili, emme manifoldu ve egzoz manifoldu ile de doğrudan etkileşim halindedir. Bu parçaların kontrolü kam mili sayesinde sağlanmaktadır. Kam milinde supapların açılma zamanlarının uzun olması beklenmektedir. Kam milinde supapların kapanma zamanının da uzun olması gerekmektedir. Bu zamanın uzaması, yanma olayının daha verimli oluşmasını sağlamaktadır. Supapların açık kalma süresi kam mili tarafından belirlenmektedir. Motor grubu, aynı zamanda emisyon performansını belirlemektedir.

Kam mili, motor grubunun üst kısmında yer almaktadır. Bu tüm araç modelleri için büyük oranda değişkenlik göstermez. Kam mili çalışırken, triger kayışını da tetikler. Triger kayışında meydana gelecek hasarlar, kam miliyle ilişkilendirilebilir.

Eksantrik milinin hasara uğrayabileceği belli başlı parametreler bulunmaktadır. Bunlar en genel haliyle;

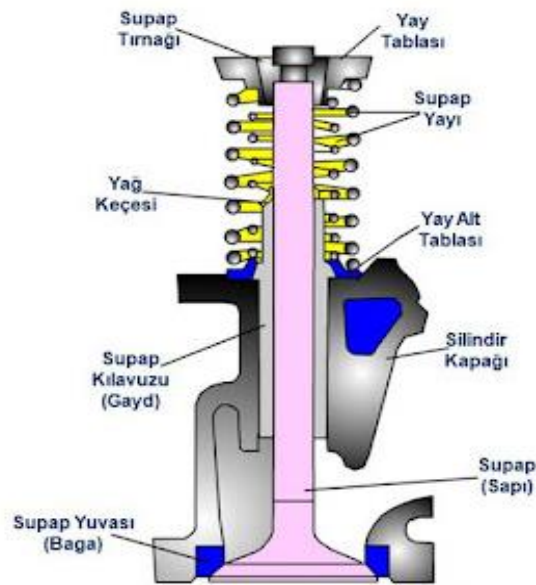
- Arızanın tespit edilememesi halinde, aracın ve motor grubunun bir süre sonra çalışamayacak duruma gelmesi
- Pistonlarda meydana gelebilecek hasarlara bağlı olarak, kam milinde kırılmaların yaşanması
- Eksantrik milinin hava filtresiyle direkt olarak etkileşimde olmasından kaynaklı, hava filtresinde oluşacak tıkanmalar ve bu tıkanmalara bağlı olarak hava filtresinde meydana gelebilecek patlama olayları
- Egzoz manifoldunda ve emme manifoldunda, supapla yürütülen ilişki sonucu oluşabilecek patlamalar olarak sıralanabilir.

1.4.5. Supap

Supap, içten yanmalı motorların hareketli parçalarından bir diğeridir. Genel olarak üstlenmiş olduğu görev, kam milinden almış olduğu hareket enerjisini, açılma ve kapanma hareketi göstererek, emme olayının gerçekleştiği esnada silindir grubuna gerekli yakıt karışımının iletilmesini sağlamaktadır. Supaplar, valf grubu olarak da adlandırılabilir. Çalışma mekanizması, mekanik hareket göstererek organizasyonu tamamlar.

Supap sayesinde, motor grubunda dört farklı zaman oluşumu meydana gelmektedir. Supap, direkt olarak etki kuvveti gösterilerek açılmaktadır. Açılma hareketi itme kuvvetiyle sağlanırken, kapanma hareketi, bağlı olduğu mekanizmadaki yaylar tarafından sağlanmaktadır. Üstlenmiş olduğu görev gereği, dört farklı zamanda da çalışmaktadır. Şekil 1.14'te supap mekanizması sergilenmiştir. Buna göre supapta yer alan bazı alt parçalar bulunmaktadır. Bu alt parçalar;

- Supap tırnağı
- Yay tablası
- Yağ keçesi
- Yay alt tablası
- Supap yayı
- Silindir kapağı
- Supap kılavuzu olarak bilinmektedir.



Şekil 1.14. Supap mekanizması (Anonim).

1.4.6. Segman

İçten yanmalı motor grubundaki hareketli parçalardan bir diğeri de segmanlardır. Segmanlar, plastik enjeksiyon kalıpları yardımıyla imal edilmektedir. Hammaddesi genel olarak plastik olmakla birlikte, et kalınlığının ince bir form üzerinde olmasından kaynaklı çelik ve alüminyum alaşımlarından da imal edilebilmektedir. Et kalınlığının ince olması sebebiyle, hassas bir yapıya sahiptir.

Segmanlar, piston grubu içerisinde bulunan halkalardır. Bu halkalar, piston içerisindeki yağ miktarının ve yağ basıncının ayarlanmasında etkin bir rol üstlenmektedir. Motor grubunun nispeten az maliyetli olan parçalarından biridir.

Motor grubunun içerisinde bulunan yanma odasının pistonları hareket ettirmesi beklenmektedir. Bu hareketin sonucunda basınç kuvveti oluşur. Oluşan basınç kuvveti sayesinde piston eksenel hareket kabiliyeti gösterir. Bu eksenel kabiliyet neticesinde krank mili hareketini sağlar. Krank milinin hareketi sırasında yağ hareketi gerçekleşir. Yağ hareketi oluşurken segman grubu, pistonda herhangi bir noktadan yağ kaçağı olmamasını sağlamaya yarar.

1.4.7. Triger Kayışı

Triger kayışı, kritik bir yapıya sahiptir. Krank milinde meydana gelen hareket enerjisi, eksantrik miline aktarılırken triger kayışı büyük rol üstlenir. Triger kayışı motor grubunda bulunan diğer teknik akşamlara oranla, hemen hemen her araç kullanıcısının bilgi sahibi olduğu bir parça olarak bilinmektedir.

Triger kayışı, motor grubunun sistem ve organizasyonunun gerçekleştiği parça olarak bilinmektedir. Triger kayışının hareketini sağlamasına yardımcı olan bilyeler bulunmaktadır. Bu bilyeler, hassas şekilde kullanılmaktadır.

Triger kayışının belli başlı en büyük hasar sebebi, bahsi edilen kayışın kopması olarak bilinmektedir. Triger kayışının belirli bir kullanım ömrü bulunmaktadır. Bu kullanım ömrü esnasında fazla hasar oluşması beklenmez. Bununla beraber triger kayışının belli dönemlerde değişmesi gerekmektedir. Triger kayışının kopma hasarına uğramasının en büyük nedeni, motorda zorlama olmasıdır. Motorun belirli bir noktaya kadar zorlanmasından sonra, triger kayışı kopma noktasına gelir. Bu noktada uğramış olduğu hasar sonucu büyük miktarda bir ses yapması beklenir.

1.4.8. Volan

İçten yanmalı motorların bir diğer hareketli parçası da volandır. Volan, krank milinin hareket kabiliyetini gösterme noktasında kullanılmaktadır. Krank mili hareket enerjisi sergilerken, mil hareketiyle dönme eksenini oluşturur. Oluşan bu eksen sayesinde ateşleme sağlanmış olur. Fiziksel görünüş itibariyle silindirik ve dairesel bir yapıya sahip olan volanlar, maliyetli yapıda bulunmaktadır.

Bazı araç modellerinde, hareketin başlangıç noktasının volan olduğu bilinmektedir. Volanlar, sadece dizel motor gruplarında bulunmaz. Bunlar beraber benzinli araçlarda ve LPG'li araçlarda da bulunmaktadır. İmal yönteminde kullanılan hammaddesi ise diğer birçok hareketli parçada da olduğu gibi yine dökme demir olarak bilinmektedir.

Volan hasarlarının oluşumunda daha çok mekanik hasarlar bulunmaktadır. Mekanik hasarlardan kasıt, burulma, kırılma, eğilme olarak isimlendirilebilir. Hasarın tespiti zaman alabilmektedir. Hasar tespit belirtilerinden biri araç boşta çalışırken değerlendirilebilmektedir. Volan grubu çalışma prensibine göre iki grupta incelenmektedir. Bunlar, sabit volanlar ve yaylı volanlar olarak adlandırılır. Günümüz içten yanmalı motorlarda yaylı volan kullanım oranı daha yüksektir. Bunun sebebi ise hem emniyet hem de ergonomidir.

1.4.9. Marş Motoru

Marş motoru, çalışma prensibi olarak akümülatör ile etkileşim halindedir. Akümülatörden alınan enerji kabiliyetini sağlayan sistem ve organizasyonların tamamına marş motor grubu denilmektedir.

Marş motorunun ilk hareketini sağlaması için kontağın açılması gerekmektedir. Kontak açılmadan marş motoru devreye girmemektedir. Kontakın enerji tüketmeye başlamasıyla birlikte harekete geçen marş motoru, volan ile doğrudan etkileşim halinde bulunur. Volan, krank miline bağlı olarak çalışmaktadır. Marş motorunun devreye girmesiyle volan dişlileri dönme hareketi sağlar. Bu dönme kabiliyeti de, hava veya yakıt karışımının motor grubuna yönelmesini ve burada birikmesini sağlamaktadır. Burada oluşan birikme sayesinde, piston grubu ilk hareketini gerçekleştirmiş olacaktır. Piston grubunun harekete geçmesi biraz zaman alabilmektedir. Buradaki farklılık araç motor performansına göre değişkenlik gösterebilmektedir.

1.4.10. Şarj Dinamosu

Şarj dinamosu, içten yanmalı motor grubuna sahip tüm araçlarda bulunmaktadır. Dinamonun motorla bağlantısı, bir kayış sayesinde gerçekleşmektedir. Şarj dinamosunun asıl görevi en temel haliyle aküyü şarj etmektir. Şarj edilen akü sayesinde araca komple enerji dolmaktadır. Aracın seyir halindeyken ihtiyaç duyduğu enerji de şarj dinamosu tarafından sağlanmaktadır. Şarj dinamosunun belli başlı alt parçaları şu şekildedir;

- Ana gövde
- Palanga
- Rotor
- Voltaj regülatörü
- Fırçalar
- Stator
- Dinamo kömürü
- Soğutucu fan
- Rulman olarak bilinmektedir.

Şarj dinamosunda meydana gelebilecek en büyük hasarlardan biri, kömür bitmesidir. Kömür bitmesi sonucunda motor, büyük bir hasarı direkt olarak görebilmektedir. Şarj dinamosunun değişimi de dönemsel olarak gerekmektedir.

Şarj dinamosunun hasara uğradığına dair bazı belirtiler bulunmaktadır. Bu belirtiler en genel haliyle;

- Motorun hiçbir aşamada çalışmaması
- Aküde meydana gelen aşırı ısınma
- Kaputun altından gelen yüksek miktardaki gürültü seviyesi
- Farlarda gereğinden fazla kararma
- Elektrik tesisatında bozulmalar
- Motor grubunda elektrik hasar oluşumu
- Marş motorunun devreye geç girmesi
- Marş motoru kapatıldıktan sonra aracın geç kapanması gibi belirtiler, şarj dinamosunda hasar oluştuğunun göstergesi olarak değerlendirilebilir.

1.4.11. Su Pompası

Su pompası, hareketli motor parçalarından bir diğeridir. İçten yanmalı motor grubunda üstlendiği görev, motorun aşırı sıcaklıktan dolayı hasara uğramasını önlemektir. Su pompasında meydana gelecek hasar durumları direkt olarak motor grubunu etkilemektedir. Su pompasının belli başlı görevlerinden bir diğeri de radyatör konumunda bulunmaktadır. Radyatördeki suyu basınç etkisiyle silindire verir. Su dolaşımının sistem ve organizasyonunu sağlar. Su pompası hareket kabiliyetini vantilatör kayışı aracılığıyla almaktadır. Su pompasının hasar belirtileri arasında belirgin özellikler bulunmaktadır. Bunlar;

- Motor grubunda su kaçağı
- Conta yanığı
- Segman yanığı
- Arabada hararet oluşumu olarak sıralanabilir.

Su pompasının hasara uğradığı durumlar bulunmaktadır. Su sirkülasyonu, araba motoru için çok kıymetli olduğundan periyodik olarak bakımı gerekmektedir. Bu bakım gözle kontrol edilerek yapılmaktadır. Su pompasının hasar durumları aşağıda belirtilmiştir.

- Pompa gövdesinde kırılma oluşumu
- Pompa gövdesinde kanal kırılması
- Pompada mil kırılması
- Kamada kırılma
- Pompa kanalında ve yatağında aşınma, su pompasıyla ilgili en çok karşılaşılan hasarlardandır.

1.4.12. Yakıt Pompası

Yakıt pompası, en genel haliyle yakıtın depo kanalından alınmasını sağlama görevini üstlenmiştir. Yakıt pompasının içten yanmalı motor gruplarındaki görevi kritiktir. Yakıt pompasının konumu motor ve depo arasında bulunmaktadır. Marş motoru çalıştığı andan itibaren yakıt pompası devreye girer.

Yakıt pompasının uzun ömürlü olmasını sağlamanın ilk ve temel yolu kaliteli yakıt kullanmaktan geçmektedir. Yakıt kalitesindeki verim, motoru ve motor grubuyla etkileşim halinde olan diğer parçaları da etkilemektedir. Bazı yakıt gruplarının içerisinde gereğinden fazla partikül, toz ve kir bulunmaktadır. Bu yabancı cisimler hem motor grubuna büyük zarar verir hem de yakıt pompasının direkt olarak hasara uğramasına neden olur. Yakıt çeşidinin kalitesi büyük bir etken olmakla birlikte, farklı kalitedeki yakıtların kullanımı da sağlıksızdır. Oktan kalitesi, partikül fazlalığı, toz endeksi yakıt markasına göre farklılık göstermektedir. Bu sebepten, herhangi bir hasar oluşmaması adına farklı marka kullanımı uygunsuzdur.

1.4.13. Yağ Pompası

Yağ pompası, motor grubundaki hareketli parçalardan bir diğeridir. Yağ pompası, görevi gereği kritik bir yardımcı elemandır. Yağ pompasının görevi, krank mili tarafından almış olduğu tahrik gücünü yağ motoruna iletmektir. Yağ pompası, dökme demir grupları arasındaki sürtünme etkisini asgariye indirir. Bu sayede hasar oluşumunu engeller. Sürtünme etkisinin azalması ile sürtünmeye uğrayan iki parça arasındaki sıcaklık artışı da düşer. Yağ etkisiyle aksamlar arasında deformasyon da oluşmaz.

Yağ pompasının belli başlı hasar durumları bulunmaktadır. Bu hasar durumlarının nedenleri en genel haliyle;

- Kullanım ömrünün bitmesi
- Yanlış kullanım durumları
- Kontrollü bakımlarının yapılmaması
- Kalitesiz yağ seçimi
- Yağ pompası ve filtrelerinde meydana gelen tıkanıklık
- Yağ bakım sürecinin geciktirilmesi
- Yağ seçimi konusunda hata yapılması
- Yüksek yağ seviyesi
- Düşük yağ seviyesi
- Orijinal olmayan parça seçimi, hasar nedenlerinin başlıcaları olarak değerlendirilebilir.

1.5. Dizel Motorlarda Kullanılan Turbo Parçası

Tez çalışmasının bu bölümünde, içten yanmalı motorların hareketli olan son parçası durumunda bulunan turbo parçasını inceleyeceğiz. Günümüz otomotiv teknolojisinde, içten yanmalı dizel ve benzinli motorlu araçlarda, aşırı miktardaki hava beslemesini sağlamak ve motor verimliliğini yükseltmek amacıyla turbo kullanılmaktadır. İçten yanmalı motor silindirlerinin en üst bölgesinde bulunan yanma odalarına gönderilen hava miktarının artmasıyla birlikte hem motor performansı hem de yakıt tasarrufu artmış olur. Turbo parçasının çalışma prensibi, sistem ve organizasyon üzerinde oluşan hasar çeşitleri, oluşan hasar çeşitlerinin sebepleri ve önleme yöntemleri incelenecektir.

Otomotiv sektöründe, birbirinden farklı çeşitlerde motor tipleri bulunmaktadır. Bu motorlar, içten yanmalı motor olup, benzin, dizel ve LPG yakıt tipli çeşitlerden oluşmaktadır. Turbolar, içten yanmalı motorlarda yanmanın en iyi ve en hızlı şekilde gerçekleşebilmesi ve bununla beraber motor performansını arttırmaya yönelik kullanılmaktadır. Turbolu motorlar doğal havalandırmalı motorlara kıyasla motor güç çıktısını ciddi oranlarda yükseltmektedir. Turbo motordan çıkan egzoz gazları tarafından dönüştürülüp mil gücü elde edilir. Elde edilen bu mil gücü sayesinde, motorun emme manifolduna daha fazla hava itmeye başlar. Turboların kanatları sayesinde 200.000 rpm devrin üstüne çıkabilmektedir.

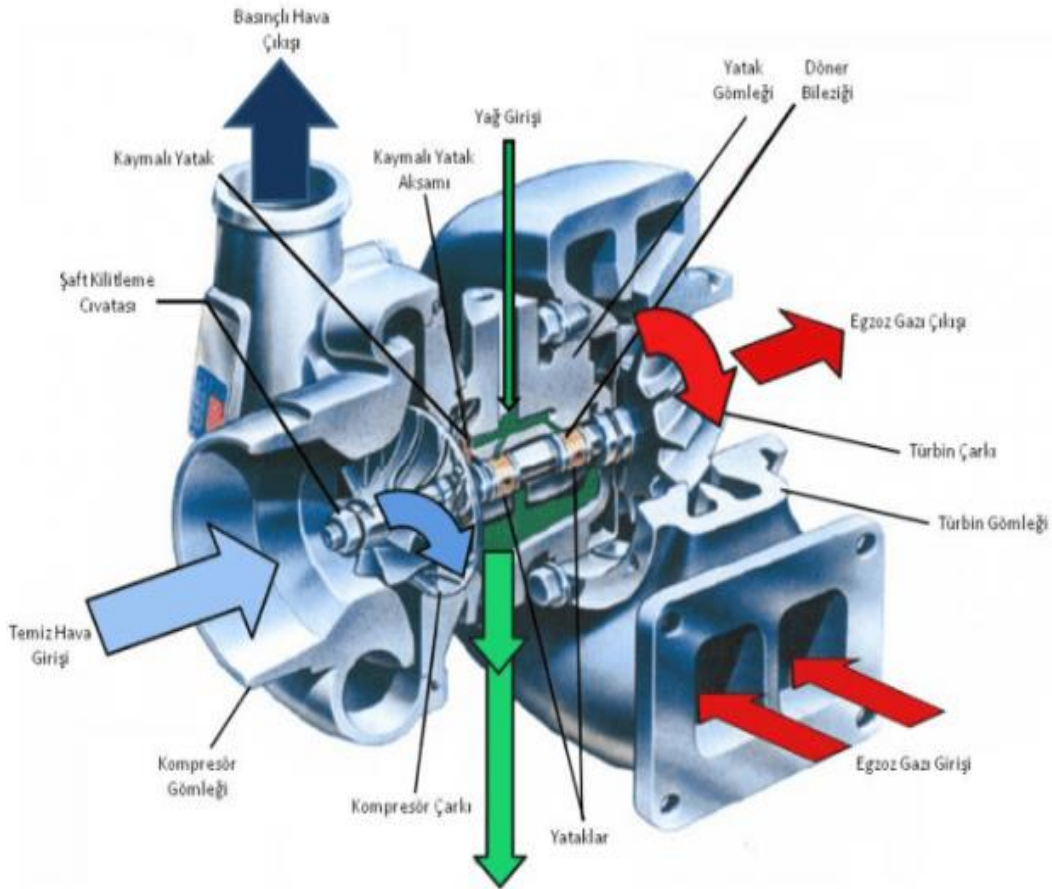
Turbolarda, hava ve egzoz gazı emiş çarkları bulunmaktadır. Bu çarklar, belirli bir disiplin etrafında şafta bağlanmaktadır. Şafta bağlı olan bu çarklar, sürekli olarak yüksek devir ve sıcaklıklarda çalıştığı için, yüksek miktarda aşınma ve ısınmaya maruz kalmaktadır. Bunları önlemek amacıyla yağlama ve soğutma sistemine sahip olmak zorundadır. Soğutma sistem ve organizasyonu 2 tipte gerçekleştirilebilmektedir. Turbo yağlama işlemi motor yağıyla yapılmaktadır. Bir yağ borusu hattı, turbo şarjın gövdesindeki yağ girişinden girer ve gövde içindeki mil yataklarını yağladıktan sonra motor yağ pompasından tekrar devir daim edilir. Yağ, devir daim ederek turbo kanallarının yağlanması sağlar. Bu sayede, yağlanma olayı esnasında soğutma da gerçekleşmiş olur.

Turbolarda soğutma ve yağlama işleminin belli başlı kritik noktaları bulunmaktadır. Bu kritik eşikler, soğutma ve yağlamanın yetersiz olup olmadığının belirlenmesi noktasında devreye girmektedir. Günümüz teknolojisinde soğutma ve yağlama odaklı çeşitli parçalar geliştirilmiştir.

Soğutma işleminin yetersiz olduğu düşünülen turbolarda soğutma sıvısı kullanılmaktadır. Turbo, soğutma sıvısını motor su pompasının aktarımı ile gerçekleştirmektedir. Bu soğuyan su, radyatör alanı içerisinde dolaşan suyun sıcaklığının düşürülmesiyle elde edilmektedir.

Araç motorlarının yüksek ısıda çalışmalarından kaynaklı bir taraftan soğutma sistemi kurulmuş iken diğer taraftan ise motorun çalışmadığı ve dinlendiği zamanlarda hava şartlarından kaynaklı suyun donma durumu da göz önünde bulundurulduğundan donmayı önlemek için soğutma sıvısı içerisine antifriz de eklenmektedir. Antifriz, suyun donması ve bu donmadan kaynaklı motorun kilitlenmesini önlemek dışında, soğutma sistemini pas ve korozyondan da korumaktadır. Donma sıcaklık derecesi antifriz türlerine göre değişmektedir. Bununla beraber, suyun donma seviyesi, sıcaklık seviyesinden daha düşüktür.

Şekil 1.15'te turboşarj motor grubuna ait bir görselin kesit görüntüsü ve gaz akışının şeması verilmiştir.



Şekil 1.15. Turboşarj kesit görüntüsü (Cummins Turbo Technologies, 2009).

Antifriz, belli oranlarda su ile karışımı yapıp motor su kanalları içerisinde dolaşımı sağlar. Bu sayede hem donma önlenmiş olur hem de soğutma sistemi pas ve korozyon tehlikesinden korunmuş olur. Su soğutmalı turbolarda, motor durmuş olsa bile oluşan sıcaklık farkından kaynaklı turbo kanalları içerisindeki su devir daim etmektedir. Devir daim işlemi devam eden su, soğuma sürecini devam ettirmiş olur.

Tek mile yataklanmış olan iki kanatlı çarktan oluşan turboşarj, 20. yüzyıl başlarında motor üreten Gebruder Sulzer fabrikasında mühendis olan Alfred Büchi tarafından icat edilmiştir (Porsche Turbo, 2004).

Değişen ve sürekli olarak gelişen teknoloji karşısında, otomotiv sektörü hayatın parçası haline gelmiş araçlarda en çok istenen şeylerden biri de yakıt tasarrufudur. İçten yanmalı dizel motorlarda silindirler içerisinde hava ve yakıtın karışımı ile patlama olayı gerçekleşir. Bu patlama sonucunda yüksek sıcaklıklar sayesinde oluşan yüksek basınç ile pistonlar hareket etmeye başlar. Bu hareket enerjisinin oluşumu, ısı enerjisi ile ortaya çıkmaktadır.

Yakıt ve hava karışımının belli oranları vardır. Bu karışımın düşük olması hem verimi hem de malzeme ömrünü uzatır. Karışım oranının düşük olabilmesi için daha yüksek miktarda oksijene gerek duyulmaktadır. Oksijenin az olması ile motor grubu gereğinden çok daha fazla yakıt yakar. Bu yüzden turbo grubuna ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece hem yakıt tasarrufu sağlayan hem de motorun performansını arttıran bu parçanın ne kadar önemli ve kritik bir aksam olduğunu unutmamak gerekmektedir (Güngör,2015).

II.KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, otomotiv sektöründe kullanılan birbirinden farklı tipte motor(V tipi, sıralı tip, W motor, Yıldız motor) çeşitleri mevcuttur. Bu motor türleri en genel tabiri ile içten yanmalı motorlar kategorisine girmiş olup, benzin, dizel ve lpg yakıt tipli çeşitlerden de oluşmaktadır. Mevcut tez çalışmasında dizel motorlarda kullanılan turbonun kullanım amacı turbolu motor ile turbosuz motor arasındaki farkı, turbolu motorlarda oluşabilecek turbo hasarı ve bu hasar kaynaklı motorun diğer aksamlara da ne gibi hasarlar verebileceğini araştırdıktan sonra önleme yöntemlerinden bahsedilecektir.

2.1. Turbo Motorun Tanımı

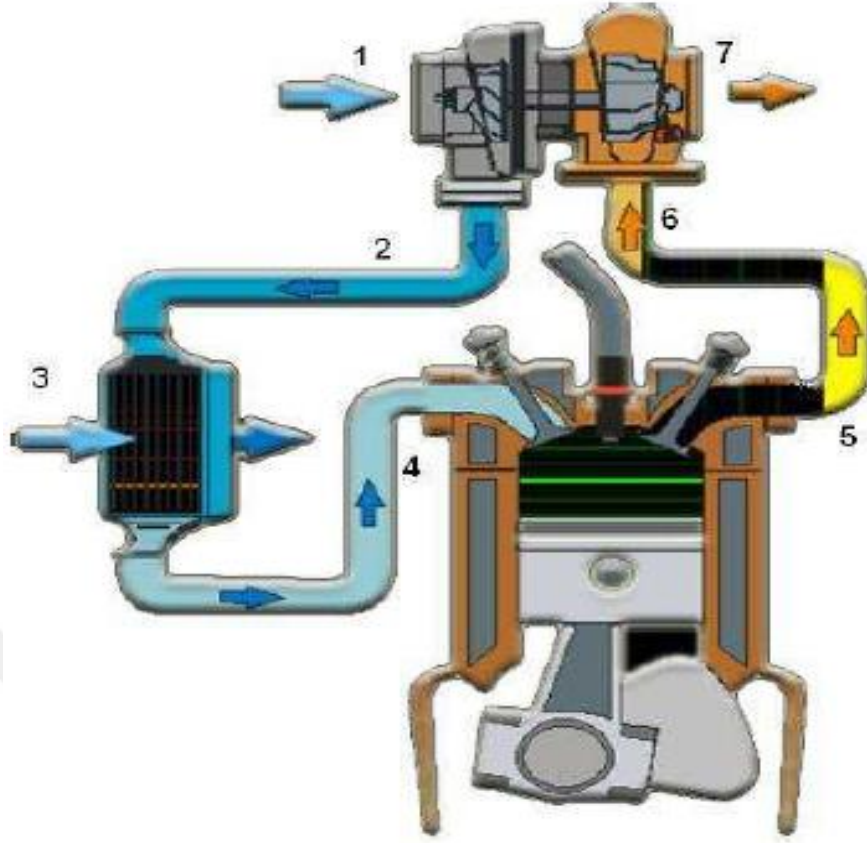
Turbo motorlar, çalışma prensibi olarak egzoz gazı ile çalışmaktadırlar. Egzoz gazının sahip olduğu basıncı üzerinden güç sağlamaktadırlar. Hava ve yakıt karışımının patlaması sonucu ile gaza dönüşmesiyle egzoz subaplarından egzoz manifolduna doğru bir itme gücü gerçekleşmektedir. Bu yöntem ile egzozu geçmiş olan gaz basıncı, turbo pervanesini döndürür ve bu sayede gazın büyük bir miktarı türbine geçmiş olmaktadır (Lilly,1984).

Bunların ışığında denilebilir ki bir turbo motordan elde edilebilecek gücü artırabilmek, silindirlere iletilecek hava karışımı ve yakıt miktarının artırılmasından geçmektedir. Bunu sağlamanın iki yolu vardır:

Birinci yol, motor hacminin artırılması; Motorun hacim miktarı artırılarak hava-yakıt miktarında artış sağlamak olasıdır fakat bu sağlanırken aynı zamanda kullanılacak yakıt miktarının da artmasına dolayısı ile yakıt için ayrılacak maliyet miktarının da artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca bu yöntem, kullanılacak motorların daha büyük olmasına da sebebiyet verecektir.

İkinci yol ise, süperşarj ya da turboşarj uygulamak; Turbo motorların başarılı olma sebepleri yalnızca yüksek performans değerlerine sahip olmaları baz alınarak değerlendirilmemiş olup, aynı zamanda kullanılacak yakıt miktarının azaltılması ve dolayısı ile çevre duyarlılığı göz önüne alınarak belirlenmektedir.

Şekil 2.1’de turbo motorun çalışma prensibi gösterilmiştir



Şekil 2.1. Turbo motor çalışma prensibi (Yaşar,2009).

Şekilde numaralar ile belirtilmiş olan motor kesiti parçalarını sırası ile şu şekilde açıklamak mümkündür. Birinci kısım, kompresör girişini ifade ediyor olup, ikinci kısım kompresör çıkışı, üçüncü kısım hava soğutucusundan geçişi, dördüncü kısım emme valfi, beşinci kısım egzoz valfi, altıncı kısım türbin girişi ve yedinci kısım ise türbin çıkışını ifade etmektedir.

2.2. Turbo Motorun Tarihçesi

Turbo motorların tarihçesi içten yanmalı motorlar kadar eskiye dayanmaktadır. Gottlieb Daimler ve Rudolf Diesel, 1885 ve 1896 yıllarında motor gücünde artış sağlamak ve kullanılacak yakıt miktarını azaltmak için emme havasının sıkıştırılması konusunda bazı incelemelerde bulunmuşlardır.

1925 yılında İsviçreli mühendis Alfred Buchi, ilk kez egzoz gazı kullanılarak turbo motor ünitesini üretmiştir. Ve bu üretimi ile güç konusunda %40 oranında bir artış yakalamıştır. Bu üretim ile turbo motorun otomobil sektörüne girmesine öncülük etmiştir.

Turbo motorun ilk uygulamalarında yalnızca çok büyük ölçekteki motorlar üzerinde çalışmalar yapılabilmekteydi; deniz motorları vs. gibi. 1938 yılında “Swiss Machine Works Saurer” şirketi tarafından ilk kez tırlar için ünitelik motor üretimleri yapılmıştır (Lilly,1984).

Turbo kompresörler, 1934-1938 yılları arasında üretildiği halde güvenilirlik ve verimlilik konusunda etkili olması ve kabul görmesi ve de ağır ticarilerde kullanılabilecek kadar uygun bir maliyete ulaşması 1957 yılında gerçekleşmiştir. Daha sonraki zamanlar içerisinde küçük ve hafif araçlar için daha küçük şekillerde üretilmeye devam etti (Flaxington ve Mahbod,1990).

1962 ve 1963 yıllarında Chevrolet Corvair Monza ve Oldsmobile Jetfire ilk turbo ünite ile piyasaya sürülen araçlardır. Bunlar, yüksek güçlerde üretim yakalamalarına karşın, her iki aracın da turbo ünitesi konusundaki güvenilirliğin düşük olmasından kaynaklı olarak piyasadan olanca hızıyla çekilmelerine neden olmuştur (Lilly,1984).

Turbo motorlar, 1973 yılında gerçekleşen petrol probleminden hemen sonra daha fazla bilinirlik ve kabul edilirlilik kazanmıştır. 1973 yılına kadar turbo motorların yakıt tüketimini düşürdüğü fakat yatırım maliyetlerinin yüksek olması bir şekilde birbirlerini dengeler nitelikte idi. İlerleyen zamanlarda üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde emisyon düzenlemeleri gerçekleştirildi ve günümüzde bütün tırların motorlarının turbo motor olarak üretilmesine başlandı. 1970 yıllarında turbo motorun popüler hale gelmesi ile motor sporlarına özellikle de Formula 1’de kullanılmaya başlanması ile yolcu araçlarında da kullanımı yaygınlaştı. Hemen hemen bütün otomobil firmaları ürettikleri araçların en az bir modelinde turbo motor ünitesine yer vermiştir. Fakat sonraki yıllarda turbo motorun popüleritesine rağmen yüksek yakıt tüketimine sebep olması ile kullanım sıklığı azalmıştır (Lilly,1984).

1978 yılında Mercedes-Benz tarafından turbo motor üniteli dizel motorun geliştirilmesi ile turbo motor ünitesi reel anlamda ilk başarısını yakalamıştır. Bu yükselişi 1981 yılında VW Golf Turbodiesel takip etmiştir. Bu araçlarda kullanılan turbo motor üniteleri motor verimini artırırken, kullanılan yakıt miktarını emisyon değerlerini gözle görülür bir şekilde düşürmüştür (Lilly,1984).

Turbo motorlar, 4 farklı şekilde motor verimliliğinin artmasını sağlamaktadırlar. Bunlardan birincisi; şarj yoğunluğu ve dolayısı ile güç ünitesinin total verimini artırmaktır. İkincisi; hava ve yakıt miktarlarının artırılması ile egzoz sıcaklığının düşürülmesini sağlamaktır. Üçüncüsü; yüksek hava birleşmesi neticesinde efektif

basınçlar ile kaliteli verimler elde etmektir. Dördüncüsü ise; turbo kompresörün dönmesine yarayan egzoz gazını verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamaktır. Bu durumlar göz önünde bulundurularak ticari araçlarda da tercih edilmeye başlandı (Flaxington ve Mahbod,1990).

Öte yandan turbo motorların türbinden kompresöre iletilen ısı transferi, hava sıkıştırması ve motor şarjının sahip olduğu yüksek dereceler, hava girişlerinin yüksek sıcaklık seviyelerinde olmasını zorunlu kılmıştır. Yüksek sıcaklıklar ise, soğutucuda meydana gelecek ısı azalmalarına sebep olur. Yapılacak veya yapılması zorunlu son soğutma işlemi, bir ara soğutucu ile mevcut iki kompresör arasında soğutulma işlemi tamamlanan şarj ünitesinin kompresörden geçişinden sonra tekrar soğutulması işlemidir ve bu yol araçlarda pek de bilinen bir uygulama değildir (Flaxington ve Mahbod,1990).

Genel anlamda şarj sıcaklığında meydana gelen her 10°C düşüş, motor veriminin %0,5 artmasını sağlamaktadır. Şarj soğuması sağlanarak piston ve mevcut diğer bileşenlerin de sıcaklıkları düşürülerek motor güç oranında artış sağlanmaktadır (Flaxington ve Mahbod,1990).

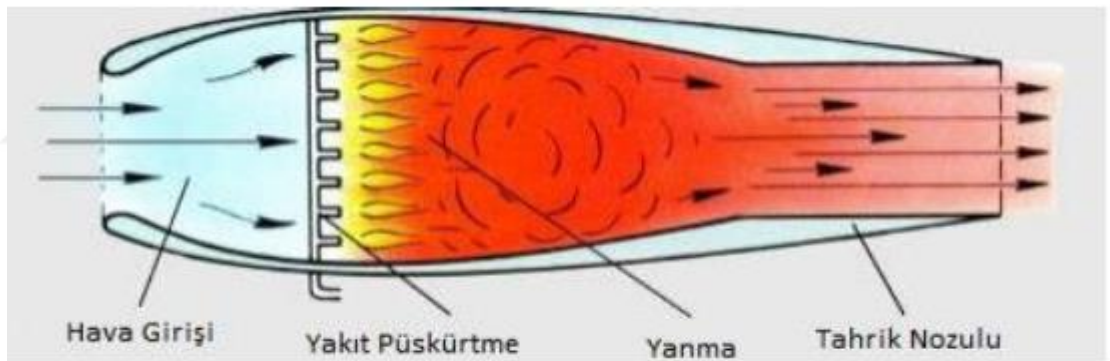
Turbo motor konusunda yapılan pek çok araştırma mevcuttur. General Motors 1950 yıllarının sonunda mekanik tahrikli süperşarjlar ve egzoz gazlarının bir arada kullanılarak çalıştırılması ile turbo motorlara bir alternatif olarak enjeksiyon bazlı süperşarjların araştırılması üzerine eğilmişlerdir. Uygulanan bu yöntemde hava, iki tane motorlu hava kompresörü sayesinde basınç altına alınarak hava bölmelerinde yüksek basınçlarda depolanmaktadır. Bu yüksek basınçlı hava, emme valfinden silindirlere, silindir kafasındaki birbirinden ayrı görev gören subaplara doğru iletilmekteydi. Hava enjeksiyonlu süperşarjlar, motorlar üzerinde yapılan çalışmalar ışığında çıkış gücünün 2,5 kat arttırdığını göstermiştir. Aynı zamanda direkt hava enjeksiyonu göstermiştir ki silindir içerisindeki sıcaklıkların azalmasını, türbülansların artmasını ve de vuruntuya sebebiyet vermeden silindirde yüksek basınçlara imkân vermektedir. Bu durum, her ne kadar teoride ve yapılan testlerde başarılı olarak değerlendirilse de bazı birtakım dezavantajları vardır. Hava depoları çok büyük bir alan kaplamasına rağmen yalnızca birkaç dakika yetecek kadar süperşarj için hava depolanmasına yarar sağlayabiliyordu. Uygulanan yöntem oldukça pahalı ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Hava depolarının tamamını doldurmak motorlu kompresörlerin minimum yarım saat çalışmasına tekabül etmektedir ve 3000 psi'lik hava depoları muhtemel bir çarpışma sırasında nerdeyse bir bomba etkisi gösterebilecek niteliktedir (Flaxington ve Mahbod,1990; Watson ve Janota,1982; Zinner,1978).

2.3. Turbo Motor Çeşitleri

Havanın sıkıştırılıp genişletilmesi prensibi ile çalışan gaz türbinli motorlar, ramjetler, pulsejetler, turbojetler, turbo şaftlar, turbofanlar ve turbo proplar olarak sınıflamak mümkündür.

i. Ramjet Motorlar

Ramjet motorları önemli bir parçaya sahip olan motorlardan değildir. Motorun dönen bir parçası mevcut değildir. Çalışma prensibi harici bir kaynak vasıtasıyla gelen hava akımının hava girişine doğru iletilmesi yöntemi ile hız ve kinetik enerjinin azalması ve basınç enerjisinin artması ile olur (Şekil 2.2). Sonrasında total enerji miktarı yakıtın yanması ile artar ve bu sebep ile genişleyen gazlar, atmosfere doğru hız kazanır (URL-1).

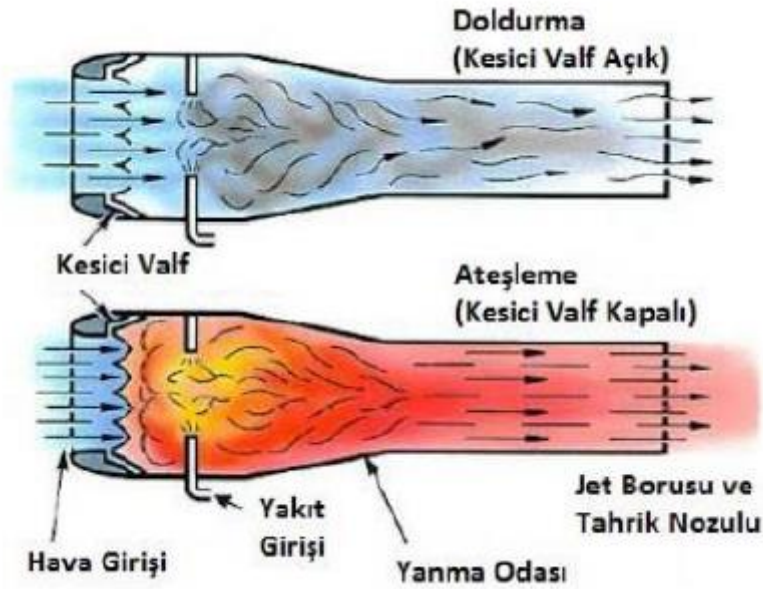


Şekil 2.2. Ramjet motoru (Anonim).

Ramjet motorlarda düşük hızlarda itme işlemini gerçekleştirecek bir güç bulunmadığı için herhangi bir uçağı harekete geçirmesi söz konusu değildir. Yüksek hızlı uçaklar için kullanılabilir. Çünkü ramjet motorlar ile çalışabilmek için sahip olunması gereken bir ön hız ihtiyacı ve ihtiyaçla birlikte bir ivme kapasitesi vardır (URL-2;Çengel ve Boles,2013).

ii. Pulsejet Motorlar

Pulsejet motorlarında aralıklı yanma durumu mevcuttur. Ramjet motorlardaki çalışma sisteminin aksine statik durumlarda çalışmaya uygundur. Aerodinamik yapı bakımından iki motor birbirine benzerlik gösterse de pulsejet motorlar yüksek basınçlar dolayısı ile daha sağlam bir yapıya sahiptirler. Pulsejet motorların kanal girişlerinde yay yüklü bir dizi giriş valfleri mevcuttur. Bu açık pozisyondaki valflerden çekilen hava, yanma odasına geçip bu odanın içerisinde enjekte edilmiş olan yakıt ile yanmaya başlar (Şekil 2.3). Yanma sonrasında gaz genişler ve basınçta artış meydana gelir. Yanma odasında gerçekleşen bu basınçtaki artış valflerin kapanmasına sebep olur. Genleşen gazlar, sonrasında tekrar geriye doğru dışarı atılır ve egzoz gazları ile sağlanan akış, valfleri açar ve bu çevrimin tekrarlanmasını sağlar (Çengel ve Boles,2013).

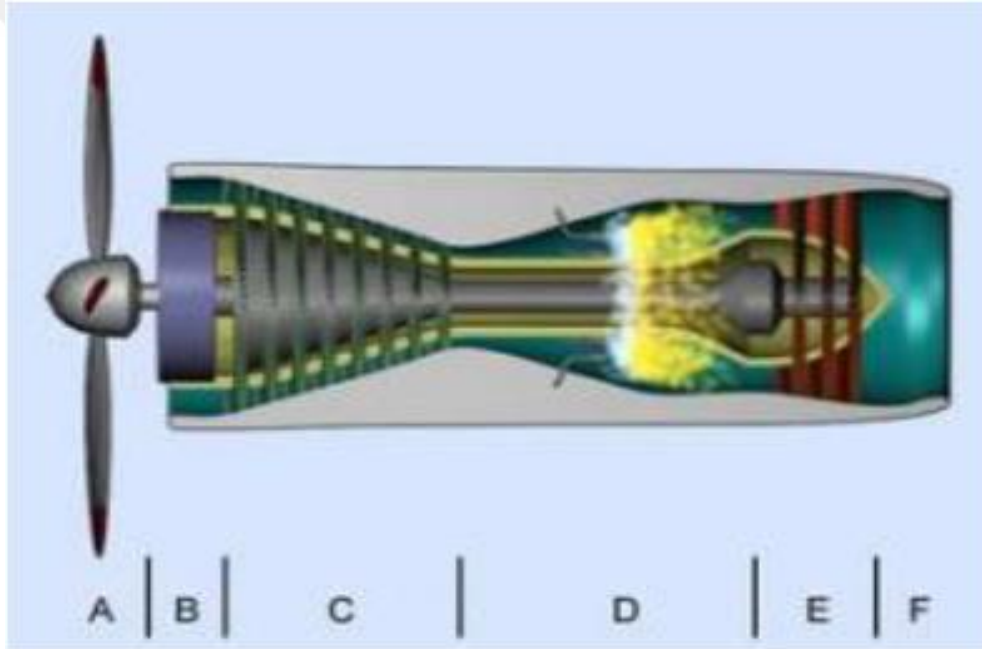


Şekil 2.3. Pulsejet motoru (Anonim).

iii. Turboprop Motor

Turbojet motorun ana kısmında bulunan egzoz gazları, hız düşürme dişlisi sisteminde sayesinde pervanenin dönmesini sağlayan ek türbinleri çalıştırabilmek amacı ile kullanılır ise bu motorlar turboprop motoru adını alır (Karakoç,2008).

Şekil 2.4'te belirtilmiş olan turboprop motor bölümleri şunlardır; A-pervane, B-aktarma, C-kompresör, D- yanma odası, E- türbin ve F ise egzoz nozuludur. Turboprop motorlar, motor elemanların yerleşim dizaynı veya amaçlarına göre iki sınıfa ayrılmaktadırlar. Bunlar gaz kuplajlı ve serbest türbinli turboprop motorlar ve dişli kuplajlı türbine sahip turboprop motorlardır (Arslanoğlu,2019).

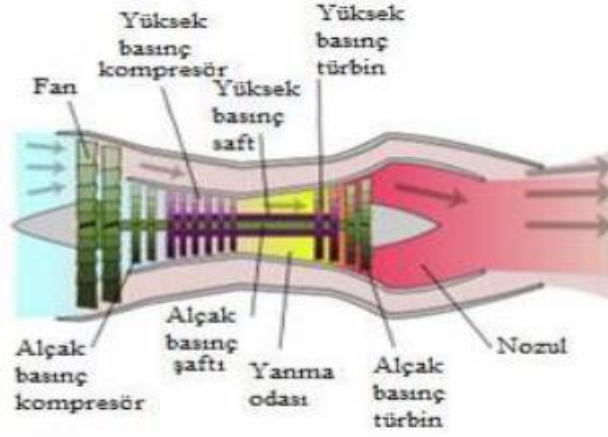


Şekil 2.4. Turboprop motorların bölümleri (Anonim).

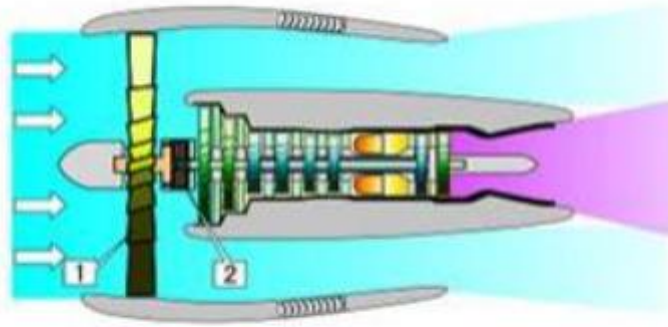
iv. Turbofan Motorlar

Motorun toplam ivme kuvvetinin yaklaşık % 35 ile % 75 gibi bir kısmının, hava akımının fan bölümünden elde edilmesi yöntemi ile çalışan motor çeşididir. Bu motorların kullanıldığı epey uygulama mevcuttur (Karakoç,2008).

Şekil 2.5'te turbofan motorlar ile ilgili iç parçaların görseli verilmiş olup yüksek basınç ve alçak basınç parçaları görünmektedir. Şekil 2.6'da Turbofan motorların hava giriş ve çıkışı görünmektedir.



Şekil 2.5. Turbofan motorlar (Rolls-Royce, 2005).



Şekil 2.6. Turbofan motorlar (Rolls-Royce, 2005).

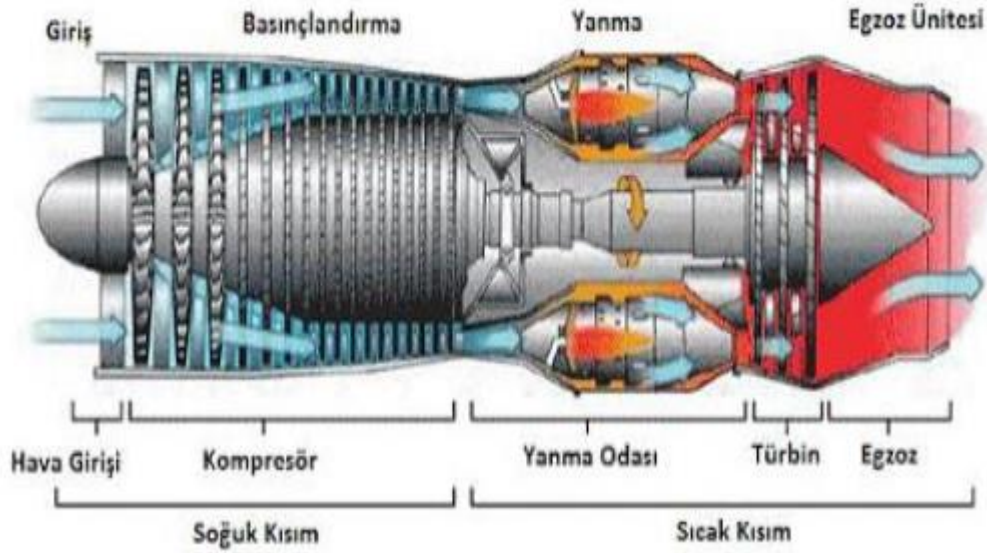
Bir turbofan motorun karakteristik yapısını bypass oranı belirlemektedir. Bu oran, fanın etkisi ile dışarı doğru akım sağlayan hava miktarının, gaz türbininden akım sağlayan hava miktarına oranı olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım aynı zamanda kabuldür (URL-3).

v. Turbojet Motorlar

Turbo, Latince’de “yüksek hızda dönen” anlamındadır. Turbojet motorlar, havacılık sektöründe oldukça yaygın bir kullanıma sahip olan motorlardır (URL-2).

Şekil 2.7’de Turbojet motorların soğuk ve sıcak kısımları ve hava girişinden egzoz çıkışına kadar olan kısımlar detaylandırılmıştır.

Turbojet motorlarda yakıt, depodan yanma odasına doğru ilerler ve kompresör ünitesinden iletilen sıkıştırılmış hava ile çarpışarak yanar. Yanma ürünleri, türbin kısmında genişler ve dışarı doğru itilir. Havanın önceden sıkıştırılması ile birlikte motorun ısıl verimliliğinde artış olmaktadır (Çetinkaya,1999).



Şekil 2.7. Turbojet motorları (Rolls-Royce, 2005).

2.4. Turbojet Motorların Kısımları ve Görevleri

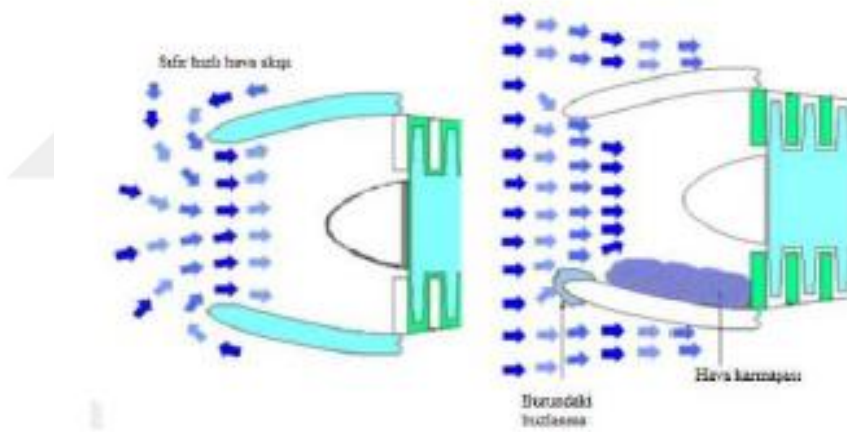
Turbojet motor kısımları ve bu kısımların görevleri, bu bölümde detaylı bir şekilde incelenecektir.

2.4.1. Hava Girişi

Hava, motor kısmına hava giriş kanalı ile geçiş yapar. Hava girişinin yapısı, çapın arkaya doğru genişlemesi şeklindedir. Bu yapının böyle olmasının sebebi, giren havanın dinamik basıncının statik basınca dönüşmesi içindir. Bu haliyle hava akışı düzgün bir doğrultuda gerçekleşir ve bu sayede akışta yaşanabilecek bozulmaların ve dolayısı ile motor verinin azalmasının önüne geçilmiş olur.

Giriş kısmında akışın bozulmasına sebep olabilecek iki durum mevcuttur. Bunlar; giriş kanalı kısmında meydana gelebilecek hasarlar ve motorun yan rüzgarlardan kaynaklı olarak düşük hızda çalışması durumlarıdır (Bayrak,2018).

Şekil 2.8’de olduğu gibi hava hızının sıfır olması durumunda hava giriş kısmında buzlanma olayı görülmektedir.



Şekil 2.8. Hava hızının sıfır olması durumu ve hava giriş kısmında buzlanma olayı (Anonim).

2.4.2. Kompresör

Gaz türbinli motor çeşitlerinde verimli bir yanma olayının gerçekleşebilmesi için basınçlı hava gerekmektedir. Bu motorlarda iki şekilde basınçlı hava elde edilebilir. Bunlar; piston kullanılarak silindir içerisinde vakum meydana getirme yolu ile hacim azaltılması ile veya kompresör kullanımıdır.

Turbo motorlarda, havanın sıkıştırılması iki yöntemle yapılmaktadır. Bunlar; merkezkaç akım ile veya eksenel akımlı kompresör ile sağlanabilmektedir. Fakat merkezkaç akımlı kompresör üretimi hem daha basit hem de daha sağlam ve güvenilir

olan yöntemdir. Eksenel akımlı kompresörler ise, merkezkaç yöntemine göre daha fazla hava alıp daha yüksek sıkıştırma sağlayabilmesi açısından avantajlı bir yöntemdir.

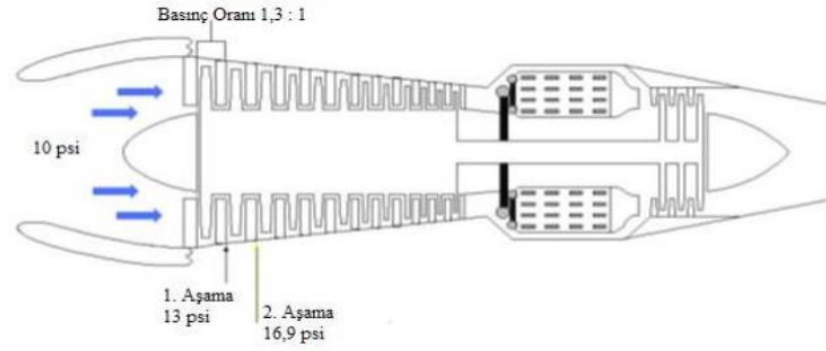
Merkezkaç akımlı kompresörlerde merkezkaç kuvveti, havanın çarkın dışına doğru hızlandırılması ve basıncın artmasını sağlamaktadır. Elde edilen basınç, çark hızı ile doğru orantılı olacak şekildedir. Bu sistemde verimin yüksek olabilmesi için dış lastik ve çark arasındaki mesafenin mümkün olduğu kadar kısa tutulması gerekmektedir. Şekil 2.9’da merkezkaç akımlı kompresör görseline yer verilmiştir.



Şekil 2.9. Merkezkaç akımlı kompresör (Japikse, David, 1996).

Eksenel akımlı kompresör sistemlerinde ise birden fazla dönen kanatçıklı parçalar mevcuttur. Bu kompresörlerde shaft hem rotora hem de türbine bağlı olduğu için kompresörün ihtiyaç duyduğu açısal hız türbinler tarafından sağlanmaktadır. Hava, sürekli bir biçimde içeri doğru iletilir ve dönen kanatçıklar ile hız sağlanarak basınç artırılır. Radyal çıkışlı türbinler, eksenel akımlı türbinler ile kıyaslandığında pek çok bakımından dezavantajı vardır. Hava akışının az olması ve akışta meydana gelen kayıplar sebebi ile verimi radyal çıkışlı türbinlere oranla oldukça düşüktür (Bayrak,2018).

Şekil 2.10’da eksenel akımlı bir kompresör görseline yer verilmiştir. Eksenel akımlı kompresör, en yaygın kullanılan kompresör çeşididir.

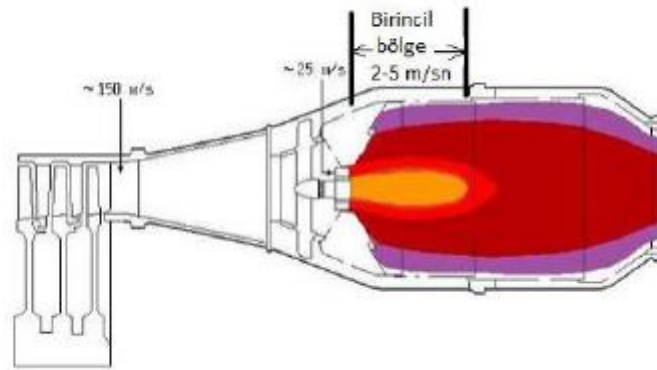


Şekil 2.10. Eksenel akımlı kompresör (Anonim).

2.4.3. Yanma Odası

Kompresörden çıkan hava, yanma odasına 150 m/s gibi çok yüksek hızlarda giriş yapmaktadır. Bu sebep ile yanma odasına gelen hava ilk olarak yavaşlatılır ve basınç artırılır. Bunun asıl sebebi, yanma odasında, motorun çalışır vaziyette olduğu zamanlarda alevin sönmesine sebebiyet vermeyecek bir şekilde düşük hız bölgesi oluşturmaktır. 25 m/s gibi bir hıza düşürülmüş hava dahi yakıt alevini söndürebilmektedir.

Şekil 2.11’de yanma odasına giren havanın yavaşlatılması durumunda yakıt alevinin söndürülmesi aktarılmıştır.



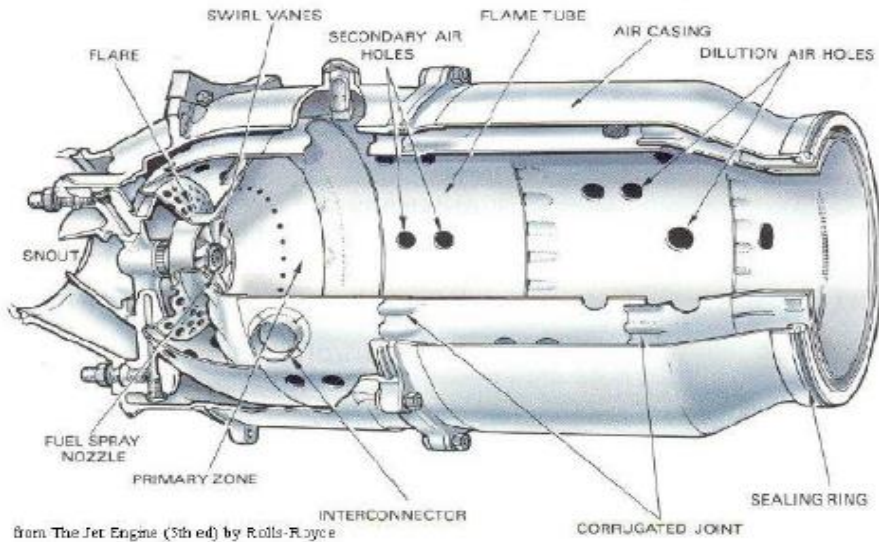
Şekil 2.11. Yanma odasına giren havanın yavaşlatılması (Rolls Royce, 1996).

Turbo motorlarda yakıt sistemlerinde genel olarak gaz yakıtı için LPG kullanılmaktadır. LPG, basınçlı bir şekilde depolanabildiği için yanma odasına

püskürtme yöntemi ile değil, kompresöre yönlendirilerek girişi sağlanmaktadır. Fakat bazı durumlarda özellikle hareket halinde olan sistemlerde kullanılan turbo motorlarda LPG tank ağırlığı ve oluşabilecek sızıntılardan kaynaklanabilecek patlama riskinden dolayı dezavantajlı olabilmektedir.

Günümüzde kullanılan gaz türbinlerinin giriş sıcaklıkları maksimum 1500 °C dolaylarındadır. Bu sebep ile yanma sıcaklığının türbin sıcaklığı derecesine getirebilmek amacı ile yanma odalarında birtakım yanmaya katılmayan hava ve sıcak gazları karıştırabilen bir karıştırıcı hattı olmalıdır. Bu ise yakıt ve havanın %20 gibi bir oranda karışımı anlamına gelmektedir ve buradaki havaya “birinci” (primer) hava denilmektedir. Primer akış, yanma olayı için kullanılmaktadır. Kompresörden gelen havanın çeyrek oranına sahiptir. Sekonder (ikinci) akış ise yanma odasının birinci kısmından çekilip sekonder bölgesinde olur. Bu akış, kompresörden çıkan havanın yaklaşık %70-80 demektir.

Şekil 2.12’de yanma odasına yakıtın gönderilebilmesi için gerekli yakıt kanalları gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Yanma odasına yakıtın gönderilme şematığı (Rolls Royce, 1996).

2.4.4. Türbin

Yanma odasından çıkan gaz, türbinden geçiş yaparak enerjisinin belli bir miktarını türbini döndürmek için kullanır. Türbinin amacı ise kompresörün dönmesini sağlamaktır. Şekil 2.13’te türbin tekeri görseli sunulmuştur.



Şekil 2.13. İzole edilmiş tek türbin tekeri (Hulle,2013).

Türbinlerin kademe sayıları motorlardan motorlara değişkenlik gösterir. Türbinlerin dönme hızları rotor boyutlarına göre belirlenir. Bu sebeple rotor grupları sürekli bir hız limitlerinde çalıştıklarından dolayı verimli doğruluklarda üretimi yapılmalıdır. Rotor tasarımlarında dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Bunlardan biri rezonanstır. Şaft uzunlukları, şaft çapları, yatakların konumu, türbin ve impeller konumu ve ağırlıkları frekans saptamalarında önemli kriterlerdir.

Sıkıştırma oranları yüksek olan motorlar, genel olarak yüksek ve alçak basınçlı kompresörleri ayrı ayrı süren iki şafta sahip türbin sisteminden faydalanırlar. Türbin, enerjisini gaz ve türbin arasındaki enerji transferinden sağlamaktadır. Termodinamik ve de mekanik açısından değerlendirildiğinde yaşanabilecek kayıplar dolayısı ile yapılan bu enerji transferi doğrudan verimli olmamaktadır.

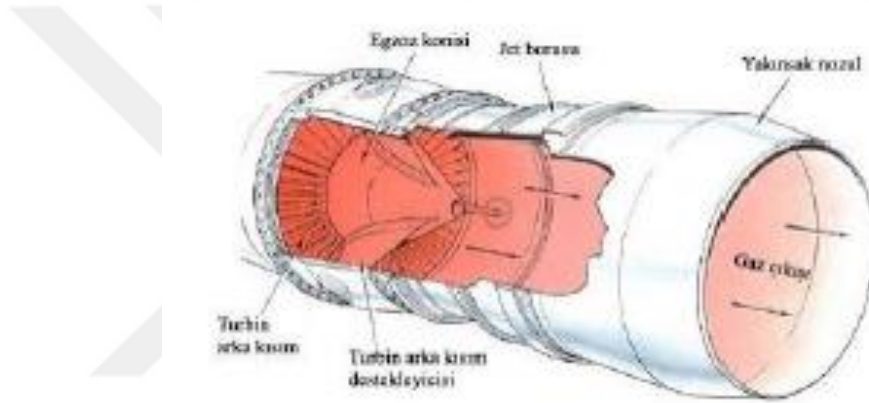
Yüksek basınçlı ve yüksek sıcaklığa sahip olan hava, türbinden geçer ve egzoz lülesinden geçer iken bir iki kuvveti sağlamaktadır. Ayrıca, türbin şaftından dolayı kompresörün dönmesini de sağlar. Bu anlamda hız kazanan kompresör, atmosferden düşük basınçlı hava almaya devam eder ve motorun yanma süreci bu döngü ile devam eder (Küçük,1995).

Türbin giriş sıcaklığının artmasına bağlı olarak gaz türbinin çevrim verimi de aynı oranda artmaktadır. Bu sebep ile türbin aşamasına giriş yapan gazlar ne kadar yüksek sıcaklıktalar ise motorun sağlayabileceği özgül güç de aynı oranda fazla olmaktadır.

2.4.5. Egzoz Lülesi

Türbinden çıkan yüksek sıcaklıklara sahip ve yüksek basınçlı olan yanmış gaz, egzoz borusundan geçerek nozuldan çıkar ve bu hareket de uçakların ileri yönde hareket etmesini sağlar. Bu sistemin kullanılmasının amacı, akışı düzenlemek ve akışa bir ivme sağlamaktır. Akış, normal şartlarda türbin kısmından türbülanslı bir şekilde çıkar ve egzoz borusu da bunun önüne geçmek için itme kuvvetini artırır. Bu sebepten ötürü egzoz borusunda meydana gelmesi muhtemel olan aşırı ısınmanın önüne geçebilmek için ön taraftan giriş yapan soğuk havanın belli bir miktarı egzoz borusunun dış yüzeyine doğru yönlendirilerek soğutma amaçlı kullanılmaktadır.

Şekil 2.14'te egzoz lülesine ait bir şema gösterilmiş olup, belirli aksamaları ve bu aksamaların konumları işaretlenmiştir.



Şekil 2.14. Egzoz Lülesi Şematiği (NASA, 2003).

Şekil 2.15'te egzoz lülesine ait bir görsel kullanılmıştır.



Şekil 2.15. Egzoz Lülesi (Anonim).

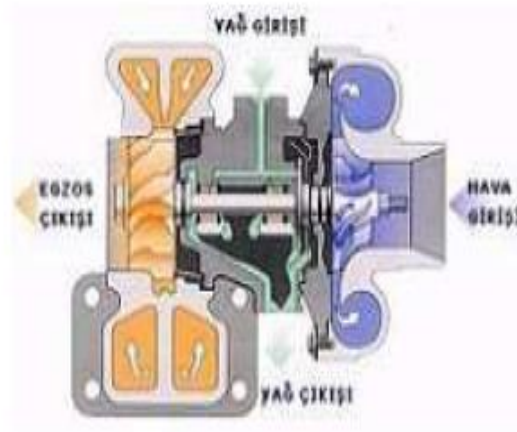
Egzoz nozullarının tasarımı yapılır iken üretimi yapılan motor hızının hangi aralıklarda olacağı da oldukça önemlidir. Günümüzde hava araçlarında hız tanımlamaları subsonic (ses altı) ve supersonic (ses üstü) olarak ifade edildiği için

üretilen egzoz nozulu da bu tanımlamalara göre tasarlanmaktadır. Turbo motorlarda ise bu tanımlamalara ek olarak convergent (yakınsak) ve convergent/divergent (yakınsak-ıraksak) olmak üzere iki şekilde nozul kullanılmaktadır.

Egzoz lüleleri, yüksek sıcaklıklara maruz kaldığından, nozul kısımlarında genel olarak ısı dayanıklı malzemeler kullanılmaktadır. Nikel alaşım, kobalt alaşım ve termal bariyer kaplamalar da oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.5. Turbo Motorların Çalışma Prensibi

Hava-yakıt karışımının yanma odasında patlamasının ardından bu karışım, egzoz gazına dönüşür ve egzoz subapları aracılığı ile manifolda doğru iletilir. Bu esnada egzoza geçen gaz basıncı, turbo motorun pervanesinin dönmesini sağlar. Motor pervanesi yönlü kanatçıklara sahip olup, gazın büyük bir kısmının türbine iletilmesinde önemli bir rol oynar. Türbine basınçlı gazın dolmasından itibaren, ters yönde bulunan kompresörün pervanesi de dönme hareketine başlar. Bu pervane, kompresörün hava giriş bölmesinde ters basınç yaratır ve böylelikle emme kuvveti yaratır. Şekil 2.16'da turbomotorun kesit resmi görülmektedir. Dolayısı ile de emme salyangozuna dolan hava, salyangozun çıkış bölümünden emme manifolduna doğru itilir. Basınçlı hava yanma odasında yakıt ile ateşlendiğinde şiddetli bir patlama meydana gelir (Lilly,1984).



Şekil 2.16. Turbo motorun kesit resmi (Anonim).

Egzoz manifold grubunun alaşım metallerinden birkaçı ile veya şarj sisteminde bulunan egzoz çekimi sayesinde doğal yollardan manifolda iletim sağlanır. Manifolda iletilen enerji türbinin hareketini sağlar ve bu esnada enerji açığa çıkar. Açığa çıkan enerji, motorun hareket esnasında zarar görmesini engeller. Manifold kısmında bulunan

türbin, bu sayede çevirim hareketine başlar. Ana hatlarıyla egzoz türbini kompresör türbinin çevirim işlemini gerçekleştirir. Egzoz türbininin kompresör türbinin çevirme işlemi bir kol aracılığıyla sağlanabilmektedir. Bu esnada çevirime uğramış olan kompresör türbini, bir basınca maruz kalır. Maruz kalınan basınç, hava basıncı olarak adlandırılmaktadır. Maruz kalınan hava basıncı, soğutucu bölümüne pompalanmasını sağlar. Soğutucu bölümünde hem akışkanın yanması engellenir hem de sıcaklıktan kaynaklı deformasyon durumlarının oluşması önlenmiş olur.

Soğutucu alanında soğuması sağlanan havanın, tanecikleri de küçültülmüş olur ve sıkıştırma oranı yükseltilir. Sıkıştırılma oranının yükseltilmesi hem motor kalitesini artırır hem de uzun ömür koşulunu sağlar. Turbo motorlardan beklenen faydalı sistemlerin en başında yaşam ömrü gelmektedir. Soğutucu alanda tanecikleri küçültülen hava emme manifoldundan yanma alanına doğru ilerler ve çevirim tamamlanmış olur.

Turbonun görevi, motora daha fazla soğuk havanın iletilmesini sağlayarak performansın artmasını sağlamaktır. Motor içerisinde soğuk hava miktarı, sıcak hava miktarından daima daha fazladır. Bu sebep ile motora iletilen hava yoğunluğu ne kadar fazla olur ise gerçekleşen patlamanın şiddeti de aynı oranda fazla olur. Bu da üretilen gücün ve torkun da artacağı anlamına gelmektedir. Kullandığımız araçların soğuk havalarda performanslarının daha yüksek olmasının sebebi de buradan ileri gelmektedir (Lilly,1984).

2.6. Turbo Motor Kullanımının Gerekliliği

Turbo motorların kıvılcım ateşlemeli yapısı, doğal dolgulu motorların doğru güç eldesi ile karşılaştırıldığında ağırlık, boyut ve de yakıt konusundaki ekonomik gelişmeleri ön plana çıkmaktadır. Turbo motorun avantajlarını şu şekilde incelemek mümkündür (Lilly,1984).

- Elde edilecek maksimum güç
- Tanecikli yapı
- Enerji verimliliği
- Kombine çalışabilirliği
- Güvenilirlik
- Ortama uyum performansı

- Ergonomi
- Uzun vadeli kullanım
- Daha küçük boyutlar
- Daha faydalı bir yakıt ekonomisi
- Daha az ağırlıklar
- Daha düşük çalışma sıcaklıkları
- Emisyon oranlarında daha fazla düşüş
- Gürültü konusundaki düşüşler
- Otomatik kıvılcım kesiciler
- Dumanın en aza indirgenmesi veya tamamen yok edilmesi

Bir motor içerisinde gerekenden daha fazla hava iletilmesi gücün artışını sağlayabilmek için yakılması gereken daha fazla yakıtı eşdeğerdir. Bu durum, aynı oranlarda güç eldeleri için daha ufak bir motor kullanımına müsaade eder. Kullanılacak motorun daha küçük çapta olması elbette ki toplam motor ağırlığını da azaltacaktır.

Turbo motor, yanma odasındaki türbülansın artmasını sağlayarak yanma olayının veriminde de artış olmasını sağlar. Türbülansın normalden fazla bir şekilde gerçekleşmesi, yakıtın belli bir miktarı için eksiksiz yanma olayında daha fazla kalite ve daha fazla güç elde edilmesini sağlar.

Isı değiştiriciden akan havanın sıcaklık düşüşü birtakım faktörlerin fonksiyonudur. Isı değiştiricinin sıcaklığı ve boyut ölçüleri ve soğutma ortamına uygun akış oranı ile değiştirir. Akış halindeki havanın ısı değiştiriciden geçmesi sürekli bir basınç düşüşüne sebebiyet vermektedir. Basınç düşüşündeki oran, sıcaklık düşüşüne bakılarak değerlendirilmelidir. Örneğin; turbo motor sıcaklığının 100 °F'a düşmesi ve basıncın yarısı kadarının kaybedilmesine değin hiçbir avantaj mevcut değildir.

Turbo motorun toplam çalışma sıcaklığının azaltılması ve olası bir fren efektif basıncı ya da çalışma basıncı için yanma odası basıncında meydana gelecek olan azalmalar sağlanabilecek avantajlardandır. Bu etkenler, motor üzerindeki gerilimi azaltacak olan parametrelerdir. Turbo motorlar, doğal havalandırılmalı motorlar ile kıyaslandığında güç çıktılarını %15-25 artırır. Turbo motorlar, egzoz gazları tarafından döndürüldükleri için diğer motor sistemlerinde olduğu gibi motordan fazladan güç çekilme durumunu ortadan kaldırmış olurlar. Ayrıca turbo motorlar, gaz valfi açılıp da egzoz akışında artış gerçekleşmediği müddetçe fazladan itiş olmasının önüne geçerler.

III.MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde, turbo motorlar hakkında genel ve detaylı incelemeler yapılacaktır. Turbo motorlarda görülen hasarlar, hasar nedenleri, hasarların önlenmesi için yapılacaklar ve örnek bir hasar uygulamasından bahsedilecektir. Ayrıca içten yanmalı dizel motor çevrim esaslarını, bu esaslarının haricinde motor parçalarının bölümlerini, görevlerini de bu bölümde inceleyeceğiz.

İçten yanmalı dizel motorlar tabiri, 1876 yılında Nicolaus Otto tarafından, sıkıştırılmış şarj üniteli, dört zamanlı çevrim sisteminin patentini almıştır. Bunun akabinde çalışmalar devam ederken, 1879 yılında Karl Benz, ilk çevrim sisteminden farklı olarak iki zamanlı gaz motorunun patentini almıştır. 1892 senesinde Rudolf Diesel ilk sıkıştırma esaslı yük teoremine göre çalışan ateşlemeli motoru geliştirmiştir. O dönem itibariyle içten yanmalı motorların piyasaya sürülme işlemi ağır adımlarla başlamıştır.

Nicolaus Otto tarafından ortaya atılan prensipler, adını Otto Çevrimi şeklinde alarak 4 farklı grupta incelenmiştir. Bunlardan ilki olan Dolum Çevrimi, pistonun aşağı dikey yönde hareketiyle, silindir grubunun içine hava ve yakıt doldurulmasıyla oluşumunu tamamlamaktadır. İkinci çevrim olan sıkıştırma çevriminde, piston yukarı doğru dikey eksende hareket eder. Yukarı doğru hareket eden silindirler hava ve yakıt karışımını sıkıştırma baskısı uygular. Çevrim olayı tamamlandığında, buji sayesinde bir kıvılcım oluşturulur. Oluşan kıvılcım ateşlemenin de başlangıcı olarak kabul görmektedir. Üçüncü çevrim olan güç çevriminde hızlı ve seri yanma sonucu oluşan basınç kuvveti ile piston aşağı doğru dikey yönde ani bir hareket uygular ve bu ana kadar oluşan doğrusal hareket grubu, bu andan sonra dönme hareketine dönüşür. Dördüncü ve son aşama olan egzoz çevriminde, bir önceki harekette aşağıda olan piston grubu, tam tersi bir hareket kabiliyeti uygulayarak yukarı yönde dikey bir aksiyon alır. Piston içerisinde bulunan harici gazlar, bu sayede dışarı atılmış olur. Atık gazların dışarı atılması, basınç kuvvetinin verimli çalışmasını sağlamaktadır.

M. Mozurkewich ve Stephen Berry, 1981'de ideal Otto Çevrimi üzerine bir takım çalışmalar yapmıştır. Yaptıkları çalışmada performans analizi üzerinde durulmuştur. Piston hareket esaslarına dayanarak, bazı iş kayıplarının giderilip, performans arttırmanın mümkün olduğu saptanmıştır. Silindir dayanımını simgeleyen strok özelinde incelemeler yapılmıştır. Bu incelemeler ışığında elde edilen veriler, strok

üzerinde yapılan hareketin otomasyonu ile % 12'ye yaklaşan bir performans artışı mümkün olacaktır. En basit haliyle ideal gazlar özelinde Denklem (3.1) ile ifade edilir.

$$P * V = m * R * T \quad (3.1)$$

Burada;

P: Basınç (N/ m²)

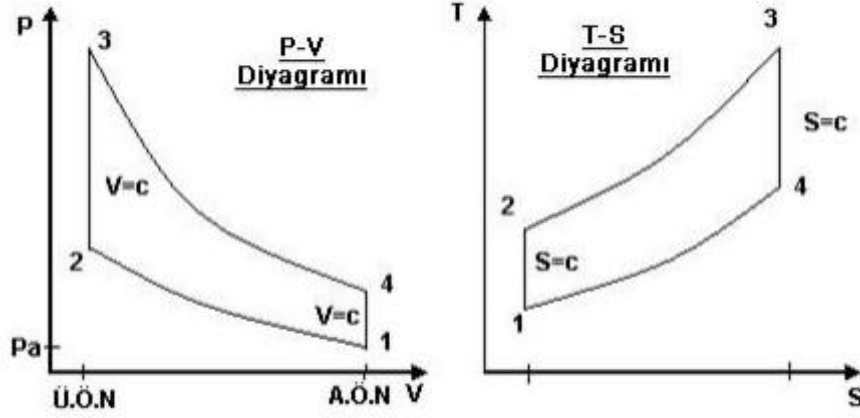
V: Hacim (m³)

m: Madde Miktarı (Gazın mol sayısı)

R: İdeal Gaz Sabiti (8.3145J/(mol K))

T: Sıcaklıktır. (Kelvin)

Şekil 3.1'de teorik bir Otto çevrim diyagramı gösterilmiştir. Bu diyagram üzerinden bazı yorumlar yapmak mümkündür. Diyagrama göre 1 noktasından 2 noktasına doğru hava ve yakıt karışımı olan madde, sürekli bir hareket gerçekleştirir. Bu hareketin esası, izantropik olarak bir sıkıştırma sağlamaktır. Çalışma süresince söz konusu karışımın sıcaklığı belirli bir ivmeyle yükselir. Artış gösteren sıcaklık, basıncı da tetikler. Basınç ve sıcaklık doğru orantılı şekilde artış gösterir. 2 noktasından 3 noktasına doğru akış gerçekleştikçe, kullanılan maddede dışarıdan ısı alma olayı gerçekleşir. Isı alma olayı gerçekleşirken, hacim sabit kalmaktadır. Hacmin sabit kalması kütle artışının da önüne geçmektedir. Bu sayede sıcaklık artar. Sıcaklığın artmasıyla doğru orantılı olarak basınç da yükselir. 3 noktasına yetişen maddede sıcaklık ve basınç artık had safhaya ulaşmıştır. 3 noktasından 4 noktasına gidene kadar malzeme, doğrusal bir hareket ile izantropik olarak bir genleşme miktarı oluşturur. Son olarak 4 noktasından 1 noktasına hareket gerçekleşir. Bu hareket esnasında hacim herhangi bir artış ya da azalış göstermeksizin, yine sabit kalır. Sistem ve organizasyon 1 numaralı alana geldiğinde, tüm çevrim yeniden başlar ve süreç bu şekilde devam eder. T – S diyagramında S entropiyi simgelemektedir. Entropi ile sıcaklığın eşit olduğu noktada T – S diyagramının doyum noktası oluşur. Piston, üst ölü noktaya (Ü.Ö.N) gelmeden önce buji ateşlemesini sağlar ve yanma başlar. Yanma olayı başladıktan sonra hızla gelişir. Alt ölü noktada (A.Ö.N), emme ve egzoz supapları açık olmayan konumda olup, en alt noktada bulunur.



Şekil 3.1. Otto çevrim diyagramı (Anonim).

İçten yanmalı motorlar, yakıt grubunun motor alanı içerisinde bulunan sınırlı bir bölgede ateşleme ve yakım işlemi neticesinde oluşan basınç kuvveti ve bu basınç kuvvetinin pistonun hareket ettirmesi suretine dayanan çalışma metodudur.

Klein ve ark. (1990) yapmış oldukları çalışmalar neticesinde, sıkıştırma oranları ve performans kapasitesilerini baz almak suretiyle Otto ve Diesel ideal çevrimlerini karşılaştırarak farklılıkları ortaya koymuştur. Yapılan araştırma ve deneyler sonucunda Diesel çevrim verilerinin her koşulda Otto çevrimden çok daha verimli olduğu sonucuna varılmıştır. Diesel ideal çevrim sisteminin bu dönemden sonra kullanım alanı biraz daha yaygınlaşmış ve nüfus ettiği kesim de büyük bir artış göstermiştir. Diesel çevriminde optimum düzeyde sıkıştırma kapasiteleri eşit olup ve aynı çalışma şartlarında ısı performans kapasitesi aynıyken, Diesel çevrimin ısı performansını çok daha yüksek çıkarmıştır.

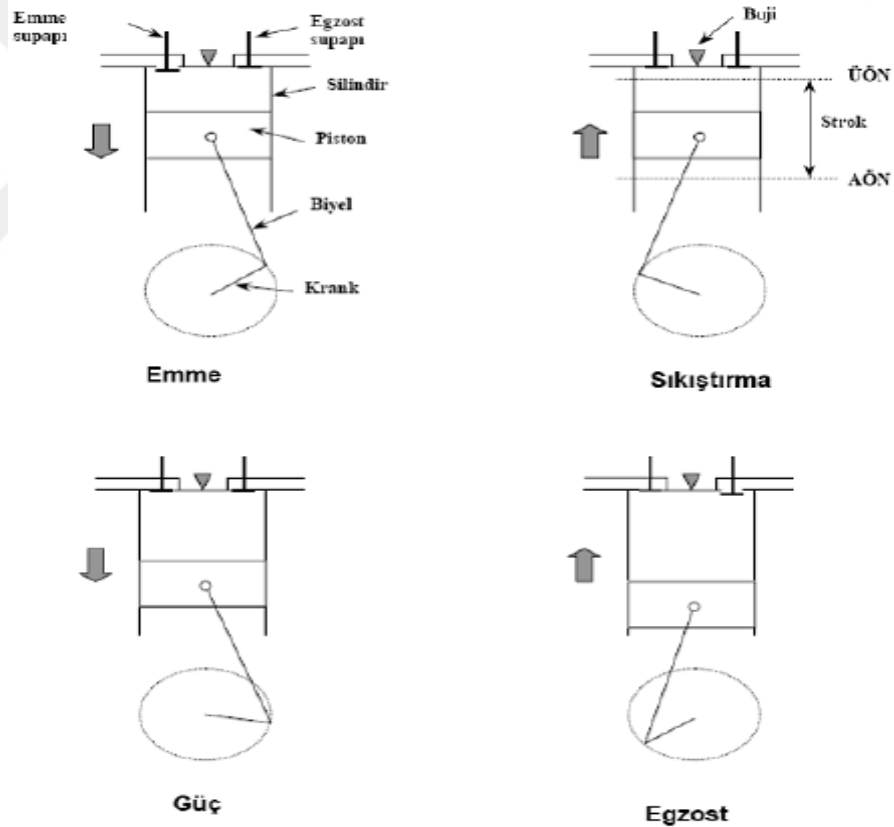
Bu çalışma sırasında, erken ateşleme tabiri de ortaya çıkmıştır. Erken ateşleme, silindirin kendi iç yapısında bulunan sıcaklık değerlerinin yüksek olması sebebiyle, belirli bir noktadan sonra bujilerin kendini sıkıştırarak, herhangi bir ateşleme yapılmadan kendiliğinden patladığı bilinmektedir. Yaşanan bu olay neticesinde, silindiri sıkıştırma evresi devam ederken tam tersi yönde gitmeye zorlar ve bu olay da büyük hava ve yakıt sıkıştırılmasına yol açar.

Öztürk (1996) tarafından yapılan termodinamik ve otomotiv bölümüyle ilgili çalışmalar vardır. Yapmış olduğu bu çalışmalarda entropi kavramını referans almamıştır. Termodinamik denklemlerinde bulunan Clausius denklemi dışında başka bir formül kullanarak, araştırma ve inceleme yaptığı çalışmaları çok daha sade olarak işlemiştir. Clausius denkleminin araştırmacılar ve öğrenciler için anlaşılmasının güç

olduğuna kanaat getirmiş ve entropi kavramından uzaklaşarak farklı bir yoldan çalışma yapmıştır. Yapmış olduğu bu çalışmada özgül ağırlık ve sıcaklık sistemi yerine kullanılabilir yeni bir enerji ve güç ifadesinden bahsetmiştir. Bu çalışmanın esasına entropi kavramı değil, kullanılabilir ve geliştirilebilir düzeyde enerji kavramı getirilmiştir.

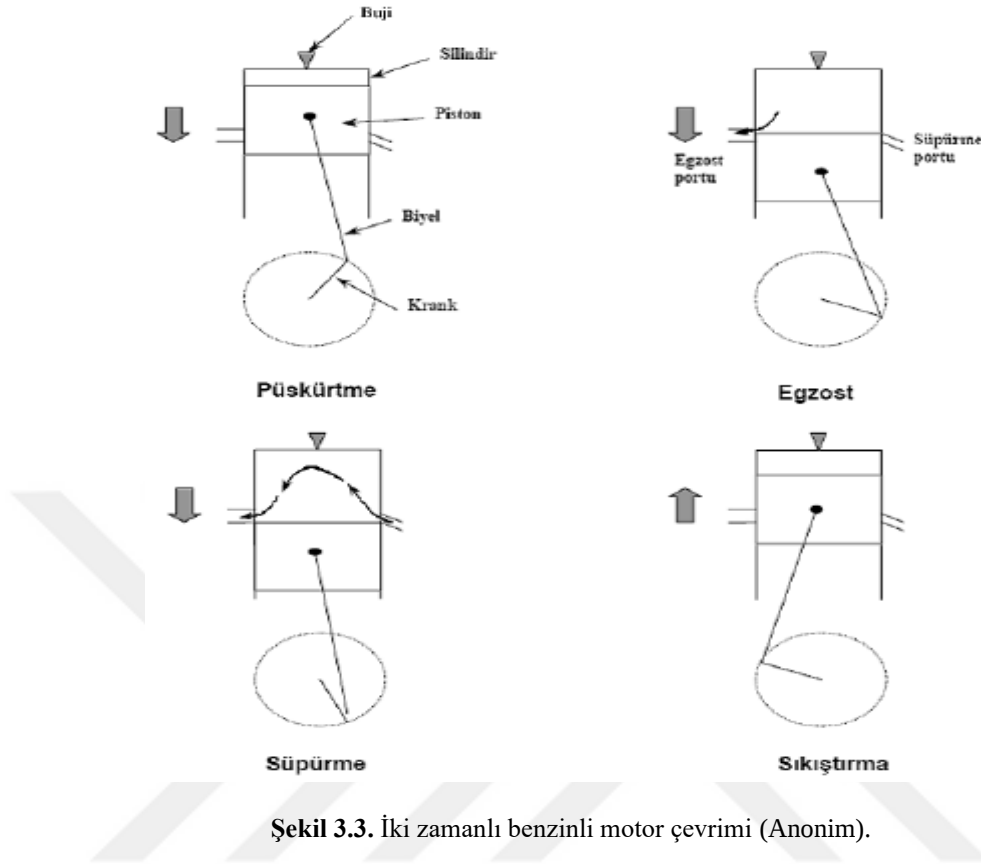
1982 yılından itibaren içten yanmalı motor çalışmalarında termodinamiğin ilk kanununun yetersizliği anlaşılmış ve bununla beraber termodinamik ikinci kanunu daha fazla ele alınmıştır. Yapılan bu çalışmalar, farklı fikirlerin oluşmasına ve yeni kabullerin de gün yüzüne çıkmasına neden olmuştur. Bu kabuller arasında çok tartışılanlar da olmakla birlikte, genel kabulü gören görüş, sonlu zamanlı termodinamik olmuştur (Karaman, 2009).

Şekil 3.2’de dört zamanlı motor çevrim diyagramı verilmiştir.



Şekil 3.2. Dört zamanlı benzinli motor çevrimi (Anonim).

Şekil 3.3'te iki zamanlı benzinli motor çevrim diyagramı verilmiştir.



Şekil 3.3. İki zamanlı benzinli motor çevrimi (Anonim).

3.1. Turbo Motorlarda Görülen Hasarlar

Günümüz otomotiv teknolojisi baz alındığında, turbo motor gruplarında belli başlı hasar ve arıza durumları gözlenmektedir. En çok karşılaşılan hasar durumlarından söz edecek olursak;

- Conta sızıntısı
- Egzoz sisteminde delik
- Valflerde aşınma
- Segman veya halkalarda aşınma
- Turbo hava akışında yetersizlik
- Karbüratör kapasitesinin yetersizliği
- Turbo motorda meydana gelen yağ kaçaqları
- Türbin gruplarında meydana gelen hasarlar
- Hava temizleyicisinde meydana gelen hasarlar

- j) Emme manifoldu kaynaklı hasarlar
- k) Kompresör hattında meydana gelen hasarlar
- l) Karbüratör sisteminde meydana gelen hasarlar
- m) Bobin mekanizmasında boşluk kaynaklı oluşan hasarlar
- n) Tesisat bağlantılarında meydana gelen aşınma
- o) Türbinde meydana gelen yağ kaçakları
- p) Mekanik hasar
- q) İmal yöntemi esaslı hasar oluşumu
- r) Yabancı cisim hasarı
- s) Kontamine yağ hasarı
- t) Kanatçık milindeki kırılma
- u) Dişli çark hasarları
- v) Turbo milinde renk değişimi hasarı
- w) Turbo milinde yatak malzemesinin sıvanması
- x) Kırılan turbo mili hasarı
- y) Kırılan radyal yatak hasarı
- z) Radyal yatak üzerinde oluşan hasar izleri
- aa) Türbin kanatçıklarında oluşan yanmış yağ hasarı
- bb) Şaft yatak yeri hasarı
- cc) Karbonize halde bulunan tıkalı yağ dönüş hattı hasarı
- dd) Hava yönlendirmeli plaka hasarı
- ee) Buz kaynaklı çark hasarı
- ff) Yabancı partikül kaynaklı çark hasarı
- gg) Türbin yuvasında oluşan hasarlar
- hh) Dişli Çark arasındaki çukurcuk kaynaklı oluşan hasarlar
- ii) Türbin yuvasında çatlak hasarı
- jj) Emiş çarkında meydana gelen fiziksel ve mekanik anlamdaki kırık veya çatlak olayları, turbo motorlarda görülen hasar çeşitlerinin en bilindik olanlarıdır.

3.2. Turbo Motorlarda Görülen Hasarların Oluşum Nedenleri

Turbo motorlarda arızaların oluşumuna sebep olan bazı problemler vardır. Bu problemlerin nedenlerini bazen bir tane bazen de birden fazla etkileşim sayesinde

oluşmaktadır. Bölüm 3.5’te işlenen turbo motorlarda gözlenen hasar durumlarının, olası oluşum nedenlerini inceleyecek olursak;

- a) Conta sızıntısının oluşum sebebi, belirli periyotlarla turbo motora bakım yapılmamasından kaynaklanmaktadır. Zamanla aşınan turbo motor contasının, kullanım ömrü dolduktan sonra da kullanımına devam edilmesi, conta sızıntısına neden olmaktadır.
- b) Egzoz sisteminde meydana gelen delik, yine gözle muayenesi yapılabilecek türde bir hasar çeşididir. Kullanım biçiminin doğru olmamasından kaynaklı ve zorlamaya dayalı çalıştırma yönteminden kaynaklı zamanla egzoz delinmesi problemi görülmektedir.
- c) Valf değişimleri esnasında, yenilenen valf grubunun, eski ve aşınmış valf konik parçalarından seçilmesi sonucu valflerde aşınma hasarı oluşur.
- d) Segman veya halkalarda, tıpkı tamir takımlarının tamamında olduğu gibi, orijinal yedek parça kullanılmadığı takdirde aşınma olması kaçınılmazdır.
- e) Turbo hava akışındaki yetersizliğin sebebi, yakıt miktarını karşılayabilecek kadar havanın, yanma odasına gelmemesinden kaynaklanmaktadır.
- f) Karbüratör kapasitesinin yetersizliği, kullanılan turbo motor grubunun bağlı olduğu alt parçalarında, motor grubuna uygun karbüratör seçilmemesinden kaynaklanmaktadır.
- g) Turbo motorlarda meydana gelen yağ kaçağının sebebi, farklı birkaç tane alt parçanın herhangi biri olabilir. En belirgin yağ kaçağı oluşumunun yaşandığı bölge ise kompresör tarafında oluşan yağ kaçaklarıdır. Kompresör tarafında yağlama işleminin fazla olmasından kaynaklı, yağ bakımının doğru periyotlarla yapılmaması halinde yağ kaçağı oluşumu gözlenecektir.
- h) Türbin gruplarında meydana gelen hasarlar, boşaltma basıncının düşük olmasından kaynaklanmaktadır.
- i) Hava temizleyicisinde meydana gelen hasarlar, contaların aşınmaya uğramasından kaynaklı oluşmaktadır.
- j) Emme manifoldunda meydana gelen hasarların oluşum nedeni, karbüratör temizliğinin yapılmamasından kaynaklanmaktadır.
- k) Kompresör hattında meydana gelen hasarlar, kullanılan yakıt çeşidi ve kalitesinden kaynaklı meydana gelmektedir.

- l) Karbüratör sisteminde meydana gelen hasarlar, hava yakıt karışımının doğru oranda yapılmamasından kaynaklanmaktadır.
- m) Bobin mekanizmasında oluşan hasarlar, sarım işleminin doğru yöntemlerle yapılmamasından kaynaklanmaktadır.
- n) Tesisat bağlantılarında meydana gelen aşınmanın sebebi, belirli dönemlerle tesisat direncinin ölçülmemesi ve bundan dolayı da ara kablolarda aşınma yaşanması sonucu oluşmaktadır.
- o) Türbinde meydana gelen yağ kaçakları, kirli yağın zamanla değişiminin sağlanmamasından kaynaklı olarak, partikül birikmesi sonucu oluşan hasar durumudur.
- p) Turbo motor grubunda oluşan mekanik hasar durumu, motor grubunun yağlanması işleminin doğru periyotlarla yapılmamasından kaynaklanmaktadır.
- q) İmal yöntemi esaslı hasar oluşumu, döküm işlemi yapılırken, ısıtma işlemi farklılıklarının oluşması, malzemenin soğuk ve sıcak havaya eş zamanlı olarak maruz kalmasından kaynaklanabilmektedir.
- r) Yabancı cisim kaynaklı hasar, turbo emiş veya egzoz sistemine farklı türde toz ve partiküllerin girmesi sonucu oluşmaktadır.
- s) Kontamine yağ hasarının oluşum sebebi, motor yağı yerine çıkma veya kalitesiz yağ kullanılmasıdır.
- t) Kanatçık milinde oluşan hasar durumu, kanatçığın doğru eksenli bir şekilde bağlanmamasından kaynaklanmaktadır.
- u) Dişli çark hasarlarının sebebi, alüminyum esaslı malzemenin, aşırı ısınmadan kaynaklı kopma olayını gerçekleştirmesidir. Aşırı ısınma, dişli çark özelinde kopmaya sebebiyet vermektedir.
- v) Turbo milinde meydana gelen renk değişim hasarı, sürtünme kaynaklı oluşmaktadır. Sürtünme probleminin temel kaynağı yine yağ kullanımının doğru olmamasıdır.
- w) Turbo milinde yatak malzemesinin sıvanması hasarı, alt parçalarda oluşan sürtünme katsayısının fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Kalitesiz yağ kullanımı, bu hasara sebebiyet vermektedir.
- x) Kırılan turbo mili hasarının oluşum sebebi, şaftın aşırı ısınarak özelliğini kaybetmesinden kaynaklanmaktadır.
- y) Kırılan radyal yatak hasar oluşumunun sebebi, mil grubunun dönme hareketi esnasında yapmış olduğu dengesizliklerden kaynaklanmaktadır.

- z) Radyal yatak üzerinde oluşan hasar izlerinin oluşum sebebi, toz partükülleri segmanları çizerek aşındırmasından kaynaklanmaktadır.
- aa) Türbin kanatçıklarında meydana gelen hasar, hız limitinin aşılmasından kaynaklanmaktadır.
- bb) Şaft yatak yerinde oluşan hasarın sebebi, turbo milinde sürtünme kaynaklı oluşan bozulmalardır.
- cc) Karbonize halde bulunan tıkalı yağ dönüş hattı hasarının oluşum sebebi, yağın turbo üzerinde dönüşüm hareketi yapamamasından kaynaklanmaktadır. Turbo yağ dönüşünün olmamasının sebebi ise aşırı kurum ve partikül birikmesinden kaynaklanmaktadır.
- dd) Hava yönlendirmeli plaka hasar oluşumunun sebebi, bu plakanın zamanla eğilmesinden veya bozulmasından kaynaklanmaktadır.
- ee) Buz kaynaklı çark hasarının oluşum nedeni, hava emiş hattında yoğunlaşma kaynaklı buzlanma olmasından kaynaklanmaktadır. Buzlanma özellikle kış aylarında yaşanmaktadır.
- ff) Yabancı partikül kaynaklı hasar oluşumunun sebebi, çark kanatlarında meydana gelen aşınmalar olarak değerlendirilebilir.
- gg) Türbin yuvasında oluşan hasarların sebebi, turboda meydana gelen aşırı ısınma olarak belirtilebilir.
- hh) Dişli çark arkasında oluşan çukurcuk hasarlarının sebebi, aşırı hızlanma kaynaklı malzemede oluşan hasarlardır.
- ii) Türbin yuvasında çatlak hasarının oluşum sebebi, azami hız sınırlarının aşılmasından kaynaklanmaktadır.
- jj) Emiş çarkında meydana gelen fiziksel veya kimyasal hasarların oluşum sebebi, emme manifoldunda akışın sağlanmasına olumsuz yönde etki eden sorunlar olmasından kaynaklanmaktadır.

3.3. Turbo Motorlarda Oluşan Hasarları Önleme ve Giderme Yöntemleri

Bölüm 3.5'te turbo motorlarda en sık rastlanan hasar durumları ile ilgili detaylı bilgiler verilirken, Bölüm 3.6'da ise oluşan bu hasarların gerekçeleri ve oluşum sebepleri ile bilgi verildi. Bölüm 3.7'de ise turbo motorlarda oluşan hasarların önlenmesi için yapılması gerekenler faaliyetler ile ilgili detaylı bilgi verilecektir.

- a) Conta sızıntısının önüne geçebilmek adına üreticinin belirlemiş olduğu bakım ve periyodik kontrol talimatı gereği, gerekli bakımlarının yapılması gerekmektedir. Olası bir conta sızıntısı hasarında ise, conta değişiminin yapılması gerekmektedir.
- b) Egzoz sisteminde meydana gelecek olan herhangi bir delik ya da kaçağın önlenmesi için, 3 – 6 ay arası periyotlarda gözle muayene esaslı kontrol yapılması gerekmektedir. Olası bir egzoz probleminin giderilebilmesi içinse, kuyruk borusunun bloke edilmesi gerekmektedir. Kuyruk bölümünün bloke edilmesinden sonra oluşan durumda yine herhangi bir kaçak veya açıklık var ise egzoz sisteminin komple değiştirilmesi gerekmektedir.
- c) Aşınmış durumda bulunan valflerin, hasar durumlarının önlenmesi için orijinal yedek parça kullanımı gereklidir. Hasar tespit edildikten sonra ise, sıkıştırmalı denetim motorunun revizyon işleminin yapılması gerekmektedir.
- d) Segman veya halkalardaki aşınmayı önlemek adına belirli periyotlarda yağlama ve bakım işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Ayrıca orijinal yedek parça kullanımı halinde, segman veya halkalardaki aşınma riski asgari düzeye iner. Hasar durumu oluştuğundan sonra ise segman ve halkaların değiştirilmesi gerekmektedir.
- e) Turbo hava akışındaki yetersizliğin önlenmesi adına egzozdan çıkan dumanın belirli dönemlerde kontrol edilmesi gerekmektedir. Bununla beraber kısa mesafeli sürüşlerden kaçınılması gerekmektedir. Duman renginin siyah olması halinde turbo hava akışının yetersiz olduğu anlaşılabılır. Kara duman atma durumundan kaynaklı oluşan turbo hava akışının yetersizliği hasarının giderilebilmesi için filtre değişiminin yapılması gerekmektedir.
- f) Karbüratör kapasitesinin yetersiz olduğu durumlarda önlem amaçlı, karbüratör içerisindeki basınç hareketlerinin devamlı incelenmesi gerekmektedir. Karbüratörde bu anlamda meydana gelecek bir hasar oluşumunda ise karbüratör bağlantı ayarlarının yapılması gerekmektedir.
- g) Turbo motorda meydana gelebilecek yağ kaçaklarının önlenmesi adına, belirli periyotlarla yağ filtresi ve yağ değişimlerinin yapılması gerekmektedir. Olası bir yağ kaçağı halinde, daha yüksek düzeyli hasarlar meydana gelmemesi adına motor grubunun tamamının onarıma girmesi, onarım halinin kurtarmaması halinde ise değişim yapılması gerekmektedir.

- h) Türbin gruplarında meydana gelen hasarların önlenmesi adına türbin boşaltma basıncının dönemsel olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Kontrolde gözden kaçan ve hasar oluşturan durumlar için ise hava filtresinin temizlenmesi, eğer filtre temizliğiyle hasar giderilmiyorsa hasarın onarılması için hava temizleyici ve hava filtrelerinin değişmesi gerekmektedir.
- i) Hava temizleyicinde meydana gelen hasarların önlenmesi için, periyodik muayenelerin dönemsel olarak yapılması gerekmektedir. Olası bir hasar durumunda ise ara bağlantıların gevşek olup olmadığına bakılır. Bağlantıların gevşek olması halinde sıkım işlemi gerçekleştirilir. Sıkım işleminin fayda sağlamadığı durumda ise conta değişimi yapılması gerekmektedir.
- j) Emme manifoldunda meydana gelen hasarların önlenmesi için, karbüratör temizliği ve bakımının belirli periyotlarla yapılması gerekmektedir. Karbüratör sisteminde yağ kaçağı olması halinde, karbüratör grubunun revizyonu gerekmektedir. Herhangi bir yağ izi veya yağ kaçağına rastlanmadığında ise jet bağlantılarının kontrol edilip, gerekirse değişiminin yapılması gerekmektedir.
- k) Kompresör hattında meydana gelen hasarlar, yakıt cinsinin kalitesiz oluşundan kaynaklanmaktadır. Yakıt cinsinin kalitesiz oluşu hem motor ömrünü hem de motorlu taşıt ömrünü azaltmaktadır. Bunun önüne geçebilmek için kaliteli yakıt kullanımı gerekmektedir.
- l) Karbüratör sisteminde meydana gelen hasarların büyük bölümü, sistem üzerinde hava yakıt oranının doğru oranda oluşturulamamasından kaynaklanmaktadır. Herhangi bir etkiye maruz kalmadığı ve hava yakıt oranının doğru olduğu organizasyonlarda karbüratör sistemi verimli çalışır ve herhangi bir hasar durumu oluşmaz.
- m) Bobin mekanizmasında oluşan hasarlar, sarım yönteminden kaynaklanmaktadır. Sarım işleminin doğru gerçekleşmesi halinde bobin mekanizmasında herhangi bir problem oluşmayacaktır. Sarım işleminin özellikle motorlu taşıt yetkili servisine ait bir alanda yapılması gerekmektedir.
- n) Tesisat bağlantılarında meydana gelen aşınmanın önlenmesi için ara bağlantıların 6 ayda bir kontrol edilmesi gerekmektedir. Ara bağlantılarda meydana gelecek hasarlar, tesisat sisteminin tamamının değişmesine neden olacaktır. Motor grubu tesisatlarında kablo ekleme yapmak sakıncalı olduğundan, olası bir hasar durumunda yeni bir tesisat çekilmesi gerekmektedir.

- o) Türbinde meydana gelen yağ kaçaqları, zaman içerisinde yanan yağın doğru zamanda değiştirilmemesinden kaynaklanmaktadır. Bu hasarı önlemek için yağ tüketim sinyali oluştuğunda yağ değişiminin yapılması gerekmektedir. Yağ değişiminin yapılmaması halinde partiküller sisteme zarar vermektedir.
- p) Turbo motor grubunda oluşan mekanik hasar durumlarının önlenmesi adına yapılabilecek en doğru uygulama, yağlama olayının doğru periyotlarla yapılmasıdır. Yağlama işleminin doğru periyotlarla yapılması halinde herhangi bir problem oluşmayacaktır.
- q) İmal yöntemi esaslı hasar oluşumunun önlenmesi için, ısıl işleme tabi tutulan yarı mamullerin tamamının ısıl dengesinin muhafaza edilmesi gerekmektedir. Muhafaza işleminin doğru yapılması halinde malzeme üzerinde herhangi bir çekme ya da eğilme durumu oluşmayacaktır.
- r) Yabancı nesne hasarının önlenmesi için hava emiş hattında herhangi bir sızıntı olmamasına dikkat edilmelidir. Olası bir sızıntı halinde yabancı cisimlerin emiş hattından motor grubuna girmesi kaçınılmazdır. Tüm parça ve alt elemanların birbiriyle sıkı şekilde bağlantılı olması gerekmektedir. Bununla beraber hasar durumunun oluşmaması için hava filtrelerinin belirli aralıklarla değişmesi de gerekmektedir.
- s) Kontamine yağ oluşum hasarının sebebi, kirli veya çıkma yağların kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Bu durumu önlemek adına yetkili servis onaylı ve kaliteli yağ kullanımı gerekmektedir.
- t) Kanatçık milinde oluşacak bir hasar durumunu önleyebilmek için kanatçık milinin bağlantısı esnasında dengeli ve merkezli bir bağlantı yapılması gerekmektedir. Merkezden kaçık bir bağlantı yapılması halinde mil, çark grubunu kırar.
- u) Dişli çark hasarlarının önlenmesi için aşırı hızdan kaçınmak gerekmektedir. Aşırı hız sonucu açığa çıkacak olan ısı potansiyeli, öncelikle çark grubuna zarar verir. Çark grubunda meydana gelebilecek hasarların önlenmesi adına azami hız kurallarına uymak gerekmektedir.
- v) Turbo milinde meydana gelen renk değişim hasarının önlenmesi için yine yağlama periyotlarının doğru ve uygun olarak seçilmesi gerekmektedir.
- w) Turbo milinde yatak malzemesinin sıvanması hasarı yetersiz yağlamadan kaynaklanmaktadır. Bunun önlenmesi için yağ periyotlarının sistemli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Yağlama yapılmadığı takdirde ortaya çıkan ısı

enerjisi malzemenin büyük bir sürtünme etkisi göstermesine sebep olur ve kırılma olayı meydana gelir.

- x) Kırılan turbo mili hasarını önleyebilmek için şaft grubuna yeterli miktarda yağ ulaşıp ulaşmadığını tespit edebilmek gerekir. Yağın ulaşmadığı durumlarda turbo milinde gevrek kırılma olayı meydana gelir.
- y) Kırılma gerçekleşen radyal yatak hasar durumunun oluşmaması adına yağlama kapasitesinin radyal yataklara etki etmesi gerekmektedir. Radyal yataklara etki eden yağ grubu sayesinde radyal yatak tatlı sıkı bir hareket kabiliyetiyle enerjisini ortaya çıkarır. Yağın buraya ulaşmaması halinde ise kırılma meydana gelecektir.
- z) Radyal yatak izleri üzerinde oluşan hasar izlerinin önlenmesi adına yağ partiküllerinden arındırılmış ve herhangi bir eksi yönü bulunmayan yağ kullanımı gereklidir. Çıkma yağ kullanımı, sadece yatak üzerinde değil conta ve segmanlara da büyük ölçüde zarar vermektedir.
- aa) Türbin kanatçıklarında meydana gelen hasarın önlenmesi adına azami hız sınırlarının aşılmaması gerekmektedir. Hız sınırının aşılması, türbin kanatçıklarına büyük oranda zarar verecektir.
- bb) Şaft yatak yerinde hasar oluşmaması adına motor grubunda harici bir ses duyulması halinde kontrol ve bakım standartlarının yerine getirilmesi gerekmektedir. Sürtünmeden kaynaklı oluşan hasar durumunu önlemek amacıyla yağlama işleminin doğru aralıklarla yapılması gerekmektedir.
- cc) Karbonize halde bulunan tıkalı yağ dönüş hattı hasar oluşumunun önlenmesi için yağ bakımı yapılırken ince dönüştürücülü bir akıtma sistemi kullanılmalıdır. Akıtma sistemi kullanılmaması halinde filtre grubunun değiştirilmesi gereklidir.
- dd) Hava yönlendirmeli plaka hasar oluşumunun önlenmesi için seçili plakaların kırılmaz ve esnek bir yapıda olması gerekmektedir. Esnek yapı, malzemenin kırılmasını engelleyecek ve bu sayede malzeme ömrü uzayacaktır.
- ee) Buz kaynaklı çark hasar oluşumunun önlenmesi adına, kış aylarında buzlanma olduğu dönemlerde antifriz kullanılması gerekmektedir. Antifriz kullanımı hem buzlanmayı önler hem de olası bir donma veya çatlama ihtimalini ortadan kaldırır.

- ff) Yabancı partikül kaynaklı hasar oluşumunun önlenmesi için kanatçıklarda meydana gelecek hasarların giderilmesi gerekmektedir. Hasar durumu gözlemlendiğinde kanatçık değişiminin yapılması, daha büyük bir sorun olmasını önleyecektir.
- gg) Türbin yuvasında meydana gelecek hasarların önlenmesi için özellikle yaz mevsiminin yoğun bir şekilde yaşandığı iklimlerde motorlu taşıtın uzun süre yüksek ivmeli hareket yapmaması gerekmektedir. Uzun süreli ve yüksek hızlı hareket yapılmadığı takdirde herhangi bir türbin yuvası hasarı oluşmayacaktır. Olası bir hasar durumunda ise türbin yuvası çark ve segmanlarının değişmesi gerekmektedir.
- hh) Dişli çark arkasında oluşan çukurcuk hasarlarının önlenmesi için yüksek hızdan kaçınılması gerekmektedir. Olası bir çark hasarı durumunda ise çark değişimi gerekecektir.
- ii) Türbin yuvasında meydana gelecek olan kırılmaların önlenmesi için motorlu taşıtın yüksek devir yapmaması gerekmektedir. Yüksek devir ve düşük hız, türbin yuvasının fiziksel hasara uğramasına neden olacaktır.
- jj) Emiş çarkında meydana gelen fiziksel ve kimyasal hasarların önlenmesi için özellikle yağ dolum istasyonlarında yağın, motor grubunun tamamına etki ettiğinin kontrolünün yapılması gerekmektedir.

Turbo motor hasarlarının detaylı incelemesi yapıldıktan sonra elde edilen veriler ışığında, özellikle yağlama kabiliyetinin önemi ortaya çıkmaktadır. Yağlama periyotlarının doğru ve uygun zamanlı yapılması halinde turbo motor özelinde hasar oluşumu büyük oranlarda olmayacaktır.

En genel hatlarıyla turbo motor hasarının önlenmesi için yapılacakları sıralayacak olursak;

- Araç stop ettirilmeden önce 1 dakika civarında rölantide çalışma yapılması gerekmektedir.
- Mineral bazlı motor yağlarının hiçbir şekil ve durumda kullanılmaması gerekmektedir.
- Kullanılacak olan yağ grubunun tam sentetik esaslı olması gerekmektedir. Tam esaslı yağ kullanılamıyorsa bile yarı sentetik esaslı yağ kullanımı gerekmektedir.

- Motor yağı değişim periyotlarının geciktirilmemesi ve doğru yağ uygulama alanının kullanılması gerekmektedir.
- Motorlu taşıtın ilk çalıştırma anından itibaren 8 – 10 saniyelik bir bekleme durumu oluşmalıdır. Aksi halde motor grubunun zarara uğraması kaçınılmaz olacaktır.
- Motorlu taşıtın ilk çalıştırılma anından itibaren belirli bir süre geçmeden aracın rölantide gitmesi gerekmektedir. Aksi halde motor yağı aşınma durumu gösterecektir.

Turbo motor kullanımında dikkate alınması gereken bazı durumlar vardır. Bunlardan biri otomobili yüksek devirlerde kullandıktan sonra motor durdurulmadan önce kısa bir süreliğine de olsa aracı rölantide kullanmak ve bu sayede türbinin boşalmasına ve soğumasına zaman tanımaktır. Aksi durumda gazın sirkülasyonu sürer iken türbin henüz boşalma işlemini tamamlamadan bir miktar gaz içeride sıkışacak ve zamanla turbonun yıpranmasına sebep olacaktır. Turbo uygulamaları motor üzerinde olması gerekenden çok daha fazla yük ve yüksek ısılara sebebiyet vereceği için intercooler veya diğer soğutma yöntemleri kullanmak motorun verimli ve sağlıklı bir şekilde çalışması için gereklidir (Lilly,1984).

Tablo 3.1’de turboşarj sisteminde sorun ve olası çözüm diyagramı paylaşılmıştır.

Tablo 3.1. Turboşarj sorun ve olası çözüm diyagramı

Turboşarj arıza sebepleri ve olası arıza çözümleri diyagramı		Motor ısınması	Duman	Motor zayıflığı	Siyah duman	Mavi duman	Yüksek yağ yük tüketimi	Turboşarj gürültüsü	Turboşarj devir sesi	Kompresör yağ kaçağı	Türbinde yağ kaçağı
Olası Arıza	Hava filtresi kirli										
Önerilen Çözüm	Hava filtresi temizliği yapılmalı	X	X	X	X	X	X			X	
Olası Arıza	Turboşarj hava girişi tıkalı	X	X		X	X	X	X	X	X	
Önerilen Çözüm	Tıkanıklık giderilmeli										
Olası Arıza	Emme manifoldunda hava çıkış kanalı tıkalı	X		X	X			X			
Önerilen Çözüm	Parça değişimi veya engelin kaldırılması										
Olası Arıza	Emme manifoldunun tıkalı olması										
Önerilen Çözüm	Tedarikçi motor kullanım kılavuzuna bakılmalı	X		X	X			X			
Olası Arıza	Turboşarj ile manifold arasında sızıntı			X	X			X			
Önerilen Çözüm	Conta değişimi										
Olası Arıza	Contalarda erime veya yanma	X	X				X	X	X	X	X
Önerilen Çözüm	Conta değişimi										

Olası Arıza	Turboşarj yatak yuvasında yağ birikimi					X	X			X	X
Önerilen Çözüm	Motor yağı ve yağ filtresinin değişimi										
Olası Arıza	Motor valfi zaman ayarında hasar			X	X						
Önerilen Çözüm	Motor kullanım kılavuzuna bakılmalı										
Olası Arıza	Turboşarj hasarı										
Önerilen Çözüm	Arıza tespiti edilemiyorsa turbo değişimi			X	X	X	X	X		X	X
Olası Arıza	Hortumlarda sızıntı	X						X			
Önerilen Çözüm	Hortum değişmeli										
Olası Arıza	Diyafram arızası										
Önerilen Çözüm	Aktüatör hizmet kitinin değişimi	X						X			
Olası Arıza	Giriş manifoldu ile motor arasında hava kaçağı	X	X	X	X	X	X	X			
Önerilen Çözüm	Conta değişimi veya cıvata sıkımı										

Kullanılan turbo kompresör ve motorun birbirleri ile uyumlu olması gerekmektedir. Bu uygunluk hem kullanılan araca bağlıdır hem de temel çalışma operasyonuna bağlıdır. Basitçe denilebilir ki, dar bir efektif hız aralığında olan bir turbo kompresör, eğer maksimum güç üretimi sağlayacak hızda çalışan bir motora uygulanır ise yük artışına dolayısı ile de hız düşüşlerine neden olacak ve eksik havaların oluşmasına neden olacaktır. Buna ek olarak, maksimum moment sağlayabilmek için bir uygulamada bulunulur ise maksimum hızda yüksek basınçlar, sabit valf zamanları ve pompalama kayıpları gibi motorda istenmeyen durumlar meydana gelir.

Turbo kompresör tasarımı da dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan biridir. Kabul edilebilecek yüksek toplam basınç, sadece ideal toplam verimi sağlayabilmek için birleştirilen turbo kompresör ve motordan sağlanan verim elde edildikten sonra alınabilir. Eğer kompresörün karakteristik haritası geniş çaplı değilse motor momenti eğrisini baz alarak uygulama kararı vermek oldukça zordur. Bununla beraber değişen miktarlar gelişen efektif hız aralığı için uygun olmaktadır.

Düşük hızlarda çalışan turbo kompresörlerden biri sıkılma noktasına yaklaşır yaklaşmaz bypass edilir, diğer kompresör devreye alınır. Bu durumda düşük hızlarda çalışılır iken küçük olan turbo kompresörün kullanılması doğru ve alternatif bir yol olarak değerlendirilebilir. Daha sonra tamamen motorun durumuna göre büyük olan turbo kompresör devreye girebilir veya her ikisi birden çalışmaya devam edebilir.

Amaç daima, iyi bir yakıt ekonomisine sahip olmaktır fakat bununla beraber bazen bazı dezavantajlar da karşımıza çıkar. Hacmin artması, ağırlığın artması, ücret konusunda yaşanan bazı problemler veya karşılaşılan karmaşıklıklar buna örnek olarak gösterilebilir. Bu olumsuzlukların olduğu ortamlarda güvenilirlik azalır. Kısa vadeli geçici şartlar altında operasyon metotları arasında gerçekleşen değişimler sürüş kabiliyetlerinde problemler yaşanmasına neden olur. Böyle durumlarda, iki turbo kompresörü bağlayan bir mekanizma var mı ve bunların elektronik kontrollerinin yapılıp yapılmadığı ve pahalı olan hız aktarışının ticari açıdan kabul edilebilir olup olmadığına bakılması gerekir. Bu uygulama genel olarak turbo kompresörün verimliliğini artırmak amacıyla yapılır. Buradaki geçiş yolu, elektronik kontrol veya basınç altında olan aktivatör ile açılan kontrol valfidir.

Elektronik kontrol yolu ile geçiş yolunun açılmasında maksimum silindir basıncı veya hava yakıt oranı daha önceden ayarlanmış olan belirli bir değere ulaştığında ve benzinli motorlarda yaşanan patlama olayı meydana geldiğinde gerçekleşir. Valf açılınca egzoz gazının belirli bir miktarı türbinin akıntı yönüne doğru iletilir. Turbo kompresörler maksimum momente veya bu momente yakın bir değere göre set edilir. Motor hızı, bu belirlenen değeri aştığı vakit valfler, turbo kompresöre giden gaz miktarını azaltmak amacıyla açılırlar (Walsham,1990).

Turbo kompresörlerin performanslarının iyileştirilmesi amacı ile değişken koşullar ve düşük hızlardaki oluşabilecek problemlerin üstesinden gelebilmek üzerine yapılan çalışmaların büyük bir çoğunluğu Walsham ve Holset mühendisleri tarafından yapılmıştır (Walsham,1990).

NO_x emisyonlarını azaltma amacı ile egzoz gazının resirkülasyonlarının geliştirilmesi, elektronik kontrolleri ve modifiye parçaların kullanılması yoluyla yapılmaktadır. Aynı zamanda gürültülerin etkilerinin azaltılması veya kanallarda değişken türde perdeler kullanılarak da sağlanabilmektedir (Mayer,1990).

Valflerin ani açılmasından dolayı oluşabilecek darbe enerjisinden en fazla faydayı elde edebilmek için turbo kompresörü valfin üstüne veya egzoz manifoldunun hemen yakınına yerleştirmekte fayda vardır. Daha fazla avantaj sağlayabilmek için katalitik bir konvertör eklenmiş ise bu konvertör de motora yakın olacak şekilde yerleştirilmelidir ki bu sayede çalışma sıcaklığı değişkenlere göre yavaş yavaş veya ani bir şekilde artırılabilir.

Türbinlerin soğutulma işlemi yetersiz kalır ise bazı sorunlara sebep olur. Hızı yüksek olan ve uzun vadeli yükleme ile çalışmış olan bir motor bir anda durdurulur ise kızgın türbinden yağlayıcı kısmına ısı transferi gerçekleşir. Bu nedenledir ki, uzun bir müddet çalışmış olan motorun yükselen aşırı sıcaklığının soğutulması ve sıcaklık değerinin uygun olacak şekilde düşürülmesi amacı ile motoru tamamen durdurmadan önce yavaş bir rölantide çalıştırmak faydalı olacaktır (Walsham,1990).

Kurulum problemlerinin yanında rotorda kaynaklanan eylemsizlik de dikkat edilmesi gereken bir husustur. Turboşarjlarla ilgili en sık ileri sürülen düşüncelerden biri de motora yetişememesinden kaynaklanır. Buradaki gecikmenin asıl sebebi, havanın gaz ile karıştırılma ve ateşleme vakti sorunlarından kaynaklanmaktadır fakat rotor eylemsizliğini minimize etmek izlenebilecek en doğru yollardan biridir. Turbo motorun en yüksek hıza varabilmesi için ihtiyacı olan süre turboşarjın veriminin ve dönme hareketini sağlayan bölümün kutupsal atalet momentinin bir fonksiyonudur. Atalet momenti, dönme hareketini gerçekleştiren kütlenin, hız etkenindeki değişimlere karşı gösterdiği direnç olarak ifade edilebilir (Lilly,1984).

Turboşarjlar tarafından elde edilen fazla hava, yanma odası ve egzoz sıcaklarının düşmesini sağlar ve bu durum da aşırı sıcaklık dirençlerine ve bunun sebep olduğu daha pahalı malzemelere yönelmeden yüksek çıkış gücüne erişilmesini sağlar (Hitomi,ve ark.,1989).

Şekil 3.4'te bir turbo motor kanatçığının mekanik hasara uğradıktan sonra hava kanallarına sürterek aşındırmaya uğramış olduğu görsel gösterilmiştir. Görselde oluşan aşınma hasarı, kanatçık milinin yağsız kalmasından dolayı meydana gelmiştir. Bu aşınma hasarı neticesinde motor kısmında bir balans problemi oluşmuştur. Balans ayarının bozulması neticesinde turbo motor kanatçıkları hava kanallarına temas etmiştir.

Bu temas etkisiyle hava kanallarında mekanik hasar meydana gelmiştir. Turbo motor parçalarının belirli bölgelerinin belirli periyotlarla yağlanması gerekmektedir. Bu yağlama olayı hem turbo motor ve turbo motor aksamalarının ömrünü uzatmakta hem de motor performansını daha verimli kılmaktadır.



Şekil 3.4. Mekanik hasara uğramış bir turbo motor

Mevcut hasarın önlenmesi için yapılması gereken temel kavramlar bulunmaktadır. Hava kanallarına temas olduğu esnada normalden daha büyük bir ses meydana gelir. Bu sesin anlaşılabilmesi gerekmektedir. Anormal büyüklükte olan bu sesin duyulması halinde aracın kullanımına devam edilmemesi gerekmektedir. Ses fark edilmediği takdirde hava kanallarına temas artacak ve aşınma da büyüyecektir. Büyüyen bu aşınma, motorun belli başlı bölgelerine de zarar verebilecek düzeyde olur. Bu noktada oluşan hasarın kök neden analizi yapılmalıdır. Hava kanalına zarar veren asıl parça kanatçıktır. Kanatçığın bu duruma gelmesinin ana nedeni ise kirli yağ kullanımıdır. Bununla beraber yetersiz yağ kullanımından kaynaklı olması da mümkündür. Turbo motorlarda motor yağı çeşidi de büyük önem arz etmektedir. Turbo sistemi, motor sisteminden daha kırılgan bir yapıda olduğu için, tercih edilecek motor yağının da hassas olması gerekmektedir. Bu durumu besler nitelikte olarak, mineral bazlı yağların turbo motorlarda kullanımının doğru olmadığı söylenebilir. Bu yağlar daha

çok hafif tür motor gruplarında kullanılmalıdır. Mineral bazlı yağ akışkanının akmaya karşı göstermiş olduğu direnç düşük seviyededir. Ayrıca sıcaklığın yüksek seviyelere geldiği durumlarda da dayanım büyük oranda düşmektedir. Mineral bazlı yağlardan farklı olarak sentetik tür yağlar da bulunmaktadır. Bu yağ çeşidi, mineral bazlı yağlara oranla çok daha verimli çalışmayı sağlamaktadır.

Şekil 3.5'te turbo motora ait kanatçık modeli gösterilmiştir. Kanatçıkların turbo motor çalışma prensibine dayanarak, görevi ve konumu kritik bir seviyede bulunmaktadır.

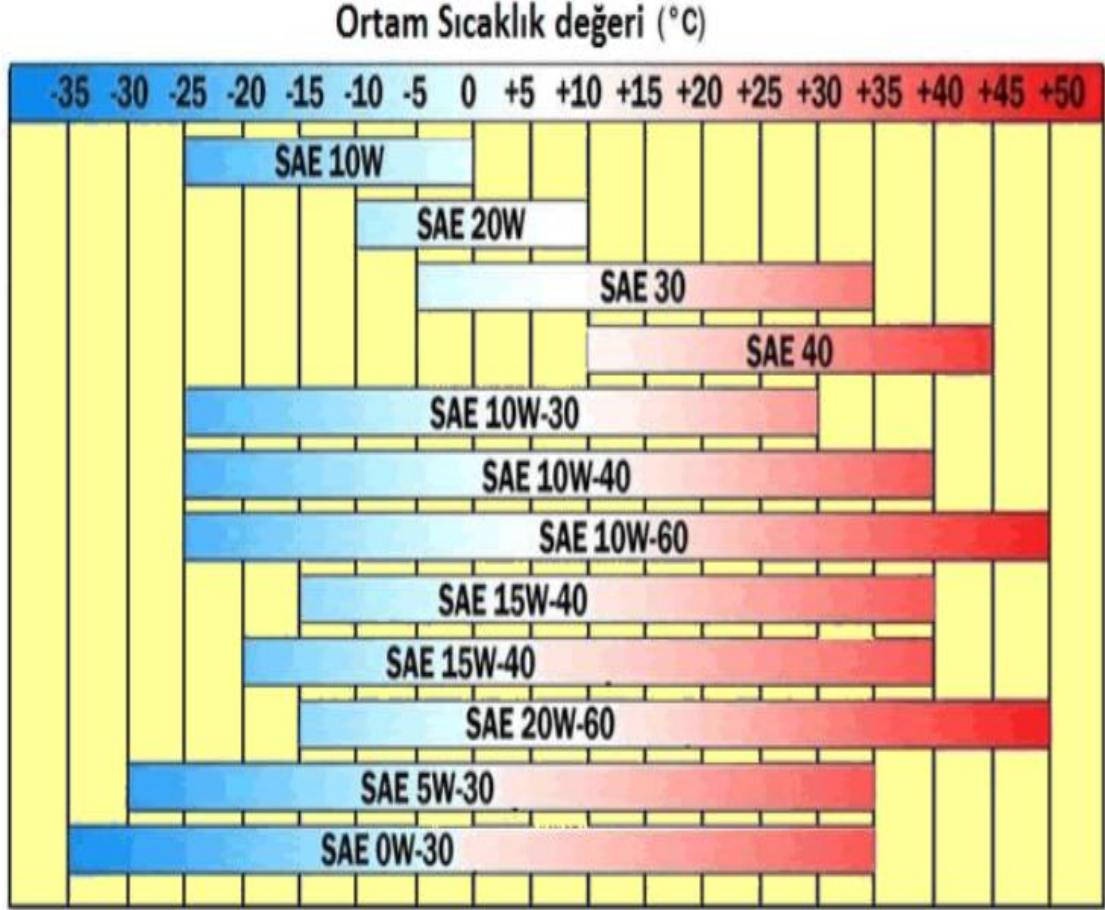


Şekil 3.5. Turbo motor hava kanatçığı

Motor yağı seçiminin belli başlı parametreleri bulunmaktadır. Motor yağlarında viskozite azaldıkça akıcılık oranı artış gösterir. Buna bağlı olarak yağ incelik. Viskozitenin artması halinde akıcılık azalır ve yağ kalınlaşır. Yağın incelik ve kalınlığının belli başlı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin soğuk havalarda ince yağ kullanımı gerekmektedir. İnce yağ kullanımı hem motordaki verimi artırır hem de motor yaşam ömrünü uzatır. Motor yağı seçimi aynı zamanda maddi olarak da tasarrufu sağlayabilmektedir. Yağ akışkanının akmaya karşı göstermiş olduğu direnç ne kadar yüksek olursa, yağdaki sürtünme miktarı da o kadar artış gösterir.

Şekil 3.6'da motor yağı seçiminin yapılabilirliğini gösteren bir grafik gösterilmiştir. Bu grafiğe göre hava sıcaklığının değişkenlik gösterdiği durumlarda kullanılan yağ çeşidinin değiştiği gözlenmiştir.

Grafikte yer alan W sembolü, kış mevsimini ifade etmektedir. Kış aylarında kullanılacak olan yağ çeşidi daha incedir. S.A.E. (Society of Automotive Engineers), ABD motorlu araçlar mühendisleri birliğinin kısaltılışı olarak ifade edilmektedir.



Şekil 3.6. Ortalama sıcaklık değerine göre yağ seçimi (Anonim).

Turbo hasarlarından bir diğeri de imal yönteminden kaynaklı oluşan hasarlardır. Bu hasar biçiminin temel sebebi, dökme veya çelik esaslı turbo malzemesi imal edilirken ısı işlem derecelerinde sapma oluşumudur. Turbo imali hassas bir proses biçimi oluşturmamasından kaynaklı olarak, sürtmelere karşı mukavemetsiz bir parça olarak bilinmektedir. Şekil 3.7’de imal kaynaklı bir hasar gösterilmiştir. Bu hasarın önlenmesinin yolu, dökme kalıp sıcaklığının imal prosesi boyunca sabit seviyede kalmasından geçmektedir.



Şekil 3.7. İmal yöntemi esaslı hasar oluşumu

Turbo imali yapılmadan önce birtakım Ar – Ge çalışmaları yapılır. Bu çalışmalar neticesinde, turbonun imal şekli, imal yöntemi projelendirmesi ve ölçülendirmesi belirlenir. Tasarlanan projenin oto kontrolünün yapılması sağlanır. Bu oto kontrol sayesinde hem üretim aşamasında geriye dönüş ve zaman kaybı yaşanmaz hem de ürün kalitesine etki edecek hatalar ortadan kaldırılır.

Daha sonra imalat prosesine geçilir. İmalat prosesinde öncelikle kalıp hazırlığı yapılır. Kalıp hazırlığı ilk döküm numunelerde fazla zaman alırken, daha sonraki seri imalat esaslı çalışmalarda zaman kaybı oluşturmaz.

Kalıp hazırlığının tamamlanmasından sonra, sıcak bir alaşım olarak dökme işlemi gerçekleştirilir. Dökme işleminin yapıldığı atölye ve imalathaneler, iş sağlığı ve güvenliği açısından büyük risk teşkil etmektedir. Bu risklerin önüne geçilebilmesi adına alınacak en büyük önlemlerden biri yoğun ve yorucu çalışma saatlerinin, fazla mesai sürelerinin düşürülmesidir. Dikkat dağınıklığı ve yorgunluk, döküm atölyelerinde büyük felaket ve can kayıplarına sebebiyet verir.

İmalat süreci tamamlanan turbo, kontrol edilmek üzere kalite testlerine tabi tutulur. Ölçümsel, görsel olarak herhangi bir problem olmaması halinde turbo paketlenir ve satışa hazır hale getirilir.

Şekil 3.8’de meydana gelen hasar, turbo motorun hava kanallarında biriken toz, partikül ve yabancı cisimler nedeniyle oluşmuştur. Bu hasarı önlemenin temel yolu, turbo ve turboyu etkileyen akşamların düzenli olarak yağlanması ve filtrelerinin değiştirilmesidir.



Şekil 3.8. Yabancı cisim hasarına uğrayan turbo

Turbo hasarlarından bir diğeri de yanmış yağ kullanımıdır. Yanmış yağ kullanımı, turbo grubunu büyük zarar vermektedir. Bu hasar, geri dönülmez arızalara neden olabilmektedir. Yanmış yağ, kullanımı sağlanmadan önce kendini belli etmezken, kullanımı sağlandıktan sonra büyük oranda kendini belli eder. Hava kanatçıklarında sürtünmeye, yağ kaçağına ve belli başlı emisyon problemlerine yol açar. Yanmış yağ, bir süre zift görünümü kazanır. Bu hasarı önlemenin yolu, kesinlikte temiz ve patentli

motor yağı kullanmaktır. Şekil 3.9’da yanmış yağ sonucu oluşan turbo hasarı görseli verilmiştir.



Şekil 3.9. Yanmış yağ kullanımı sonucu oluşan turbo hasarı

Turbo hasarlarından bir diğeri de kanatçık milinin balans kaçıklığına uğramasıdır. Kanatçık mili, imal prosesi sırasında çeşitli testlerden geçer. Bu testler sonucunda hem rot balans ayarı hem de merkezleme ayarı yapılır. Merkezleme ayarı hassas işçilik dikkati gerektirmektedir. Yapılan merkezleme ayarı sonucunda, milin aksel kaçıklık göstermemesi beklenir. Aksel kaçıklığın sebebi, büyük oranda tolerans değerlerinin yüksek veya düşük oranda verilmesinden kaynaklanmaktadır. Bunu önlemenin yolu, imal yöntemi esnasında su terazisi ve hassas terazi kullanımını sağlamaktır. Şekil 3.10’da turbo kanatçık mili aksel kaçıklığı olan bir görsel verilmiştir.



Şekil 3.10. Turbo kanatçık mili eksen kaçıklığı hasarı

Turbo hasarın oluşmasına etki eden hasar çeşitleri sınıflandırılabilir. Bu hasar çeşitlerinin önlenmesi veya giderilebilmesi için yapılması gereken kurtarıcı ve önleyici faaliyetler bulunmaktadır. Bakım prosesinde kurtarıcı, kestirimci ve önleyici adı altında bakım çeşitleri bulunmaktadır. Bu prosesler bakım çeşidine ve malzemeye göre değişiklik göstermektedir. Her bir bakım türünün farklı algoritması bulunmaktadır. Tablo 3.2’de turboda meydana gelen hasar çeşitlerinin yüzdesel oranları verilmiştir.

Tablo 3.2. Turbo hasar çeşitliliği yüzdesi (Oğur, 1985).

Hasar Çeşidi	%	Hasar Mekanizması	%
Yanlış yağ kullanımı	33	Korozyon	26
Yanlış ısıtıl işlem	14	Kırılma	15
Yanlış imalat prosesi	9	Yorulma	12
Tasarım hatası	8	Aşırı yük	8
Montaj hatası	7	Aşınma	13
Kullanım hatası	6	Deforme	7
Bakım eksikliği	15	Gevrek kırılma	6
Kalite eksikliği	8	Sürtünme	13

Hasar analizinin belli başlı aşamaları bulunmaktadır. Hasar tespitin doğru yapılabilmesi, sonraki adımlar için büyük avantaj sağlayacaktır. Hasar tespiti adım adım aşağıda belirtildiği gibi yapılmaktadır.

- Hasar hakkında bilgi edinme ve bu bağlamda gerekli envanterlerin toplanması işlemi
- Ön fizibilite çalışması ve bu çalışma kapsamında detaylı araştırma yapılması
- Ön fizibilitenin doğru işlenmesi ve bu sayede meydana gelen hasarın doğru yorumlanması
- Gerek varsa tahribatlı gerek yoksa tahribatsız muayene uygulaması yapılması
- Makro ve mikro incelemesinde bulunmak ve bu sayede detaylara inilebilmesi
- Mekanik analiz
- Hasara uğrayan aksamın belirlenmesi ve bu aksamın hasar koşullarının araştırılması
- Gerekliyse deney ve farklı metotlarla somut bir veri elde etmeyi sağlamak
- Hasar analiz raporunun oluşturulması şeklinde aşamalardan meydana gelmektedir.

Turboşarj sistemlerinde meydana gelen arıza çeşitleri, mevcut yapısına göre farklı kategorilerde sınıflandırılır. Tablo 3.3’de gürültülü ve titreşimli çalışma sonucu oluşan arızalar nedeni ve bu arızaların giderilme biçimi ifade edilmiştir.

Tablo 3.3. Turboşarj sistemlerinde titreşime bağlı arıza çeşidi ve onarım yöntemleri (Oğur, 1985).

Arıza İhtimali	Arıza Nedeni	Arızanın Giderilme Biçimi
Gürültülü ve titreşimli çalışma	Yatakların yeterli düzeyde yağlanamaması	Yağ basınç ayarı ve temizliği
		Turboşarj revizyonu
	Motor manifoldlarında kaçak	Ayar vidalarının kontrolü
		Manifold contasının değişimi

Tablo 3.4'te motor grubunun istenen performansı göstermemesinden kaynaklı oluşan arıza durumları ve bu arızaların giderilme biçimi ifade edilmiştir.

Tablo 3.4. Turboşarj sistemlerinde motor performansına bağlı arıza çeşidi ve onarım yöntemleri (Oğur,1985).

Arıza Çeşidi	Arıza Nedeni	Arızanın Giderilme Biçimi
Motor performansının istenen düzeyde olmaması	Dönen aksamın yatakları sıkıştırması	Turboşarj revizyonu
	Motor arızası	Motor tamir kitapçığından faydalanma
	Manifold sisteminde tıkanma	Filtre ve borularda temizlik işlemi
	Aksamlara yabancı madde ve partikül etkisi	Kompresör temizliği Hava filtresi temizliği Hava kaçağı kontrolü
	Motor emme veya egzoz manifoldunda sızıntı	Ayar vidası ve cıvata kontrolü
		Manifold contası değişimi
	Kompresör çarkında veya türbinde yabancı madde etkisi	Demonte edilip temizlenmesi

Tablo 3.2 ve 3.3'ten de anlaşılabacağı üzere, turboşarj sistemlerinde olması ihtimal arıza çeşitleri sınıflandırılmıştır. Bu noktada yağlama periyodunun ve bakım devamlılığının olması, büyük önem arz etmektedir. Bununla beraber turboşarj yataklarının da belirli periyotlarla yağlanması yapılmalıdır. Turboşarj grubunda, ısı işlem yoğunluğunun yüksek miktarda olması istenmez. Bu sebepten turboşarj sistemlerinde soğutma olayı da esastır. Turboşarjlarda meydana gelebilecek titreşimleri doğru yorumlamak ve bunu gidermek gerekmektedir.

Motor gruplarında meydana gelebilecek hasarlar, genellikle büyük düzeyde olup motorlu taşıta da büyük miktarda zarar verir. Motor gruplarında meydana gelebilecek olası problemlerin doğru şekilde yorumlanması gerekmektedir. Örnek verecek olursak, araç egzoz sisteminden mavi renk duman çıkmasının farklı sebepleri olabilir. Bu sebepler arasında hava filtresinin tıkalı olması gösterilebilir, turboşarj hava giriş kanalının tıkalı olması gösterilebilir, turboşarjdan emme manifolduna giden kanalda hava kaçağı meydana gelmiş olabilir.

3.4. Turbo Motorlarda Oluşan Örnek Hasar Tespit Uygulaması

Bu bölümde turboşarj hasarına örnek teşkil edecek iki farklı uygulamayı inceleyeceğiz. Bu uygulamalardan ilki, Tablo 3.5'te inceleyeceğimiz araç hakkında belli başlı teknik özellikler verilmiştir. İnceleyeceğimiz araç üretim yılı 2015 olan, manuel şanzımanlı bir motorlu taşıt olacaktır.

Tablo 3.4. Deney aracının genel teknik özellikleri

Araç marka	Araç 1
Araç model	Model 1
Boş Ağırlık	2.080 kg
Taşıma Kapasitesi	1.420 kg
Lastik boyutu	195/75 R16
Aktarma	Önden çekiş
Şanzıman	Manuel / 5 ileri
Yakıt depo hacmi	70 litre
Km	134.327
Model Yılı	2015

Tablo 3.6’da deney aracının motoruna ait teknik özellikler verilmiştir.

Tablo 3.5. Deney aracının motor özelinde teknik özellikleri

Motor tipi	Dizel / 4 silindir
Motor hacmi	2977 cc
Motor gücü	110 hp
Azami sürat	116 km / saat
Yakıt tipi	Euro Dizel
Azami Yüklü Ağırlık	3.500 kg

İncelemesi yapılan 2015 model Araç 1 Model 1 motorlu taşıtta, fazla yakıt yakma şikâyeti, turboda olması gereken seviyeden çok daha gürültülü ses şikâyeti ve egzoz bölümünden beyaz renkli duman atma şikâyetine istinaden teknik araştırmalar yapılmıştır. Yapılan bu araştırmalar sonucu elde edilen bulgularda, sesin kaynağının turboşarj parçası olduğu tespit edilmiştir. Bunun üzerine turbo şarj parçası üzerinde bulunan turbo hava girişi kontrol edilmiş ve turbo hava emiş bölgesinde tozların kalıplaşmış bir şekilde birikmiş olduğuna rastlanmıştır. Fazla miktarda biriken toz ve yabancı cisim partiküllerinin hava ile temizliği sağlanmıştır. Yapılan temizlik sonrasında, hava filtre kazanının almış olduğu darbe sonucu kırıldığı gözlenmiştir. Araç 1 Model 1 tip araçlarda hava filtre kazanlarının sağ ön çamurluk arkasında ve zemine yakın bir yerde konumlandırılmış olması, hasara sebep olma olasılığını arttırmaktadır.

Turboşarj, dizel motorun bir parçasıdır. Dizel motorlardaki hava akışı, hava filtresinden başlayıp, motor içerisinde akışın oluşmasıyla devam eder ve egzoz gazı olarak dışarı çıkmasıyla sonlanır. Bu nedenle havanın temiz olması gerekmektedir. Havanın temiz olması için, hava filtresinin temiz olması yetmemektedir. Sistemde herhangi bir hava kaçağının olmaması ve sistem içerisine yabancı cisim girmemesi gerekmektedir. Hava filtresi kazanının darbe alması sonucu, motor bölümündeki emiş gücüne bağlı olarak dışarıdan toz ve benzeri yabancı cisimler sisteme girmiş ve bu yabancı cisimler zamanla hem turbo hem de motor içerisinde silindirlere ve pistonlara zarar vermiştir.

Silindir ve pistonların zarar görmesi sonucu oluşan bu durumda motor bloğu tüm sistem bazında dağıtılmış, yenileme işlemi yapılmak suretiyle silindir ve piston ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçüm sonucunda silindir ve pistonlar arasında kalan toz

ve benzeri yabancı cisimlerin sürtünmeyi arttırıp, yüzeyde aşınmalara sebep olduğu saptanmıştır.

Deney aracının rapor sonucuna bakıldığında, pistonların değişmesi gerektiği ve silindir ile piston arasına gömlek ismi verilen conta tarzı sarf malzemenin monte edilmesi gerekliliği doğmuştur.

Motor bloğundaki problem çözüldükten sonra, turbo şarj sökölüp turbo onarım işlemini yapan operatöre teslim edilmiştir. Operatör, turbo şarjı dağıtıp parçalarını ayırmış ve yıkama işlemi gerçekleştirmiştir. Bunun sonucunda, turbo kanatçıklarına hızla çarpan toz v.b yabancı cisimlerin emme kanatçığını aşındırıp zarar verdiği tespit edilmiştir. Turboşarj içerisinde kanatçık değişimi yapılarak turboşarj teste tabi tutulmuştur. Test sonucu olumlu olan turbo şarj toplanıp paketlenmiş ve montajı yapılmıştır. Daha sonra darbe alan hava filtre kazanı değişimi yapılmış olup, sorun giderilmiştir.

Motor arıza tespiti yapılabilmesi için birtakım ölçüler yapılmıştır. Yapılan bu ölçümler 3.7’de belirtilmiştir.

Tablo 3.7. Deney aracının motor ölçüm değerleri

Silindir Çapı : 95.80	Komparatör Ayar Değeri: 95.80				Blok Yüzeyi Atıklığı: 0.02			
	1.Silindir		2.Silindir		3.Silindir		4.Silindir	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1.Ölçü	0.12	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15	0.30	0.32
2.Ölçü	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02
3.Ölçü	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Max. Koniklik	0.11	0.10	0.09	0.09	0.14	0.14	0.29	0.31
Max. Ovallik	0.00		0.00		0.01		0.02	

Mevcut tabloya göre bazı bulgular saptanmıştır. Bu bulgular;

- Silindirde 0.32 mm aşınma
- Silindirde 0.02 mm ovallik
- Supap yuvalarında deformasyon olduğu saptanmıştır.

Mevcut tablo üzerinden yapılan ölçüm ve incelemeler esasında bazı bulgular saptanmıştır. Mevcut bulgular özelinde, aracın toz çektiği, çekmiş olduğu tozdan dolayı silindirde 0.32 kadar aşıntı oluştuğu gözlenmektedir.

Şekil 3.11’de silindirde meydana gelen aşınma, Şekil 3.12’de ise silindirde meydana gelen ovallik gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Silindirde meydana gelen aşınma



Şekil 3.12. Silindirde meydana gelen ovallik

Değişim ve tamir için kullanılacak yedek parçalar;

- Piston
- Segman
- Ana yatak
- Kol yatak
- Kol burcu
- Gömlek
- Supap ve supap lastiği olarak belirlenmiş ve rektifiye işlemi yapılmıştır.

İkinci uygulamaya konu olan motorlu taşıt, üretim yılı 2005 olan Araç 2 Model 2 araç olarak seçilmiştir. Tablo 3.8’de motorlu taşıt ile ilgili belli başlı teknik özellikler verilmiştir.

Tablo 3.8. Deney aracının genel teknik özellikleri

Araç marka	Araç 2
Araç model	Model 2
Boş Ağırlık	1.800 kg
Taşıma Kapasitesi	3.000 kg
Lastik boyutu	185/75 R16
Aktarma	Önden çekiş
Şanzıman	Manuel / 5 ileri
Yakıt depo hacmi	80 litre
Km	322.258
Model Yılı	2005

Tablo 3.9’da mevcut deney aracının motor bloğunun teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 3.9. Deney aracının motor özelinde teknik özellikleri

Motor tipi	Dizel / 4 silindir
Motor hacmi	3500 cc
Motor gücü	151 hp
Azami sürat	125 km / saat
Yakıt tipi	Euro Dizel
Azami Yüklü Ağırlık	4.800 kg

İncelenen bu turbo şarj grubunda döküm hatasından kaynaklı olarak malzemede kırılma gözlenmiştir. Özellikle aracın durur vaziyette değil, seyir halindeyken problem olduğu gözlenmektedir. Araç seyir halindeyken hava kanatçığı, gövde ve emme salyangozunun tamamının kırıldığı gözlenmiştir. Malzeme ve imalat kaynaklı bu problemin giderilebilmesi mümkün olmayıp, turbo şarj motor grubunun yenilenmesi gerekmektedir.

Şekil 3.13'te incelemesi yapılan motorlu taşıtta, kırılan hava kanatçığının görseli verilmiştir.



Şekil 3.13. Kırılan turbo kanatçığı

IV.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Turbo parçasıyla ilgili yapılan çalışma ve değerlendirmeler, 2000’li yıllarla beraber daha büyük bir ivme kazanmıştır.

Arslan (2009), dizel motor gruplarında turboşarj sisteminin kullanılmasıyla birlikte, motorda meydana gelen kapasite ve verim performanslarını incelemiştir. Bu araştırmalara göre, turboşarj kullanılan motorların kullanmak zorunda oldukları güç miktarının daha yüksek seviyede olduğu bildirilmiştir. Yakıt tüketiminin de daha düşük olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Kısacası turboşarj kullanımıyla ilgili olumlu yönde birikimler elde edilmiştir.

Turboşarj ve turboşarj grubunun bağlı çalıştığı motor grubu, birbiriyle uyumlu çalışmak durumundadır. Bu uyum aynı zamanda sistemin verimli olmasını da sağlamaktadır. Sistem üzerinde yaşanacak herhangi bir aksaklık, turboşarj grubunu da olumsuz yönde etkileyecektir.

Bayrakçı (1998), turboşarj kullanımının her anlamda performansı artırıcı olduğunu ifade etmiştir. Turboşarj sistemlerinde kompresör verimliliğinin artış göstermesi adına birtakım çalışmalar yapmıştır. Elde ettiği sonuçlara göre, turboşarj sisteminin kullanılmasındaki temel gereklilik, motor gücünün artırılmasıdır.

Doenitz ve ark. (2009), yüksek hacim boyutlu ve ateşlemeli bujilerle çalışan turboşarj sistemlerini incelemiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre turboşarj aksamalarında tanecik sayısı ne denli az olursa, performans da o denli yüksek olur. Buradaki kıyas ters orantılı şekilde çalışmaktadır. Turboşarjlarda pnömotik sistem araştırması da yapılmıştır. Buna göre pnömatik yapılı turbo aksamaların kullanım ömrü daha yüksek fakat performansı nispeten daha düşüktür.

Turboşarj ve motor grubu arasındaki çalışma prensibi termal bir sistem üzerinde oluşmaktadır. Bu termal sistem sebebiyle ısı kayıpları oluşur. Oluşan ısı kayıpları nedeniyle yataklarda problem meydana gelme ihtimali olabilmektedir. Turboşarj sistemlerinde bulunan türbin ile kompresör aksamalarının devir sayıları, oluşan ısı kaybının eşit dağılımı sonucunda ikiye bölünür. Bu dağılım, homojen bir dağılım olarak yayılır. Turboşarj sistemlerinde istenen verim kapasitesi %60 seviyelerindedir. Bu değer altındaki seviyeler, kayıp seviye olarak adlandırılmaktadır.

Whitaker ve ark. (2010), turboşarj sistemli içten yanmalı dizel motorlarda yeni ve farklı bir çalışma yapmıştır. Yeni bir yanma sistemi geliştirebilmek adına tek pistonlu motor grubu kullanılmıştır. Yanma sürecinin nasıl ve ne şekilde gerçekleştiğini

görebilmek amacıyla motor grubu, saydam şekilde incelenmiştir. Bu sayede çalışma performansı takibinin yapılması kolaylaşmıştır.

Mamalis ve ark. (2010), turboşarj sisteminin çalışma esnasındaki bazı fonksiyonları incelemiştir. Bu fonksiyonlarda, çalışma bölümleri arasındaki boşluklu yapının, parçaya rahatlık ve çalışma kabiliyeti sunduğunu savunmuşlardır. Yüksek miktarda aşırı doldurma yapılan sistemlerde basınç etkisinin yüksek olduğu ifade edilmiştir. Basınç etkisinden kaynaklı olarak sistem üzerinde problemlerin yaşanabileceğini, bu problemlerin önünü alabilmek için basınç miktarının düşük olduğu sistem çalışmalarının yapılması gerektiğini savunmuşlardır.



V.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışmasının son bölümü olan Sonuçlar ve Öneriler kısmında, tez çalışmasının başından son kısmına dek yapılan araştırmaların sonuçları belirlenecektir. Turboda meydana gelen hasarların önlenme yöntemleri ile ilgili bilgiler bu bölümde verilecektir.

5.1. Sonuçlar

Turbo parçasının önemine tez içerisinde değindik. Turbo parçası, özellikle içten yanmalı dizel motorlar adına büyük önem arz etmektedir. Temel olarak 6 farklı parçadan oluşan turbo motorda, en önemli aksam egzoz salyangozudur.

Egzoz salyangozu, turbo parçasının giriş manifolduna bağlı olduğu bölümdür. Bu bölüm, turbo aksamının yüksek sıcaklık ve sürtünme esnasında turbonun muhafaza edilmesini sağlamaktadır. Egzoz salyangozunda meydana gelebilecek hasar, turbonun diğer aksamlarını da direkt olarak etkileyecektir. Egzoz salyangozunun farklı çeşitleri mevcuttur. Kimi egzoz salyangozları hava üfleyerek çalışırken, kimi egzoz salyangozları ise sıvı püskürterek çalışmaktadır. Egzoz salyangozlarının kontrollü ve periyodik bakımlarının yapılması gerekmektedir. Bu bakımlar sayesinde hem sistem ağırlaşmaz hem de malzeme ömrü uzun olmuş olur.

Turbo parçasının ana aksamlarından biri de gövdedir. Gövde, turbo aksamının orta bölümünde yer almaktadır. Kanatçık milinin dönme hareketini yaptığı yer bu alandır. Ayrıca kanatçık miline yataklık da yapmaktadır. Gövde, egzoz salyangozlarının tamamının birlikte çalışmasını sağlar ve bu doğrultuda temel aksam rolü oynar. İmal prosesi olarak, egzoz salyangozuyla benzer bir özellik taşır. Gövde üzerinde yağ giriş ve çıkışlarını sağlamaya yarayan belli başlı delikler bulunmaktadır. Bu delikler sayesinde yağ girişi ve yağ çıkışı oluşur. Gövdenin iç kısmında boşluklu ve kanallı bir yapı bulunmaktadır. Bu kanal, gövde içerisindeki hareketin kısıtlı olmamasını sağlar ve bu doğrultuda bir çalışma prensibi gösterir. Gövdenin de tıpkı egzoz salyangozu gibi farklı çeşitleri bulunmaktadır. Bu çeşitler, motor tipine göre farklılık göstermektedir. Gövdede hasar oluşmasının önlenmesi için tersine bakım yapılması gerekmektedir.

Turbonun üçüncü temel parçası da çıkış manifoldudur. Çıkış manifoldu, tıpkı giriş manifoldunda olduğu gibi emme salyangozuna bağlı bulunmaktadır. Çıkış manifoldu, bir diğer ismiyle emme salyangozu, yapısı ve çalışma prensibi gereği yüksek

sıcaklık altında çalışmamaktadır. Bu sayede ilgili aksamda büyük bir basınç ve yorulma olayı gözlenmemiştir. Egzoz salyangozunun imal yöntemi, dökme alaşım üzerine kuruluyken, emme salyangozunun imal yöntemi alaşımlı alüminyumlar üzerine kurulmuştur. Alaşımlı alüminyumların dayanımı, dökme demirlere göre daha düşük seviyededir. Buna karşın işlenebilirlik ve kullanılabilirlik açısından çok daha avantajlı durumdadır.

Turbonun dördüncü önemli aksamı da kanatçık pervanesidir. Kanatçık pervanesi, yapısı gereği emme salyangozuna benzerlik gösterir. İmal yöntemi alüminyum alaşımlarıyla yapılmaktadır. Hassas ve kırılgan bir yapısı vardır. Mekanik ve fiziksel yapısından kaynaklı olarak, ufak bir sürtme hareketi sonucu kırılma ve deforme olma ihtimali yüksektir. Kanatçık pervanesi, döner hareket ile çalıştığından, balans ayarının bozulma durumu da bulunmaktadır. Balans ayarının bozulmaması için imal toleransının çok düşük seviyede olması gerekmektedir. Balansın kaçması halinde, diğer aksamalara da büyük zarar verme ihtimali bulunmaktadır.

Turbo aksamının beşinci önemli aksamı da milli pervanedir. Milli pervanenin çalışma prensibi burkulma esasına dayanmaktadır. Burkulma esaslı çalışmasından kaynaklı, burkulma momenti de yüksek seviyededir. Burkulma moment hasarının oluşmaması adına imal yöntemi ve hammaddesi farklıdır. İmal edilirken nikel malzeme ağırlıklı bir imal yöntemi kullanılmaktadır. Nikel esaslı malzemeler, mekanik ve fiziksel yapıları gereği yüksek mukavemetlidirler. Milli pervaneler, egzoz manifolduna oranla yüksek sıcaklık altında çalışma gösterirler. Mil ve pervane birbiri ile montajlı durumdadır. Mil ile pervanenin birbirine kaynatılması sonucu oluşmaktadır. Her iki parça birbiriyle bütün oluşturmuştur. Bu sebeple meydana gelecek herhangi bir hasarda hem kanatçık milinde hem de kanatçık pervanesinde hasar oluşumu gözlenir. Milli pervane çalışma prensibi gereği, hareket enerjisini dönme enerjisine çevirmekle yükümlüdür.

Turbo aksamının içinde bulunan son önemli grup, tamir takımı olarak adlandırılmaktadır. Tamir takımının içinde, segman, conta, ayar vidası gibi malzemeler bulunmaktadır. Segman ve contalarda oluşacak hasarlar sürtünmeyi arttıracığından, belirli periyotlarla kontrol edilmesi gerekmektedir. Hasar durumunda metal alaşımlarının tamamı hasara uğramış olur.

Bu tez çalışması sayesinde, akademik anlamda bu tarzda yapılacak çalışmalara ışık tutacak bir araştırma yapılmıştır. Bununla beraber içten yanmalı dizel motor grubu araç kullanıcıları için de belli başlı detaylar verilmiştir. Tez çalışması sırasında Batman

Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi'ne, bölüm öğrencilerine yol gösterme amaçlı bir turbo aksamı verilecektir. Bu sayede, ön lisans, lisans ve yüksek lisans öğrencilerinin, turbonun fiziksel yapısını daha rahat kavraması amaçlanmıştır. Turboşarjlı sistemlerde tüm parçaların belirli periyotlarla kontrolleri yapılmalıdır. Bu kontrollerde malzemeler arasında herhangi bir sürtünme hareketi olup olmadığı, yağlanma vaktinin gelip gelmediği sorgulanır. Hasara uğramış veya uğrama ihtimali olduğu düşünülen parçaların değiştirilmesi gerekmektedir. Türbin çarkı ve kompresör fanı haricindeki parçalar, temizlik işlemine büyük oranda tabi tutulmalıdır. Türbin ve kompresör fanının temizlik metodu farklı bir yöntem uygulanarak yapılmalıdır.

Turboşarj sistemi, fiziksel ve mekanik yapısı gereği motordan ayrı bir sistem olarak ele alınmaktadır. Bu turboşarj sistemi, belirli bir konstrüksiyon etrafında toplanmıştır. Isıl transfer anlamında motor grubuyla iç içe olan turboşarj sistemi, mekanik olarak motor grubuyla bir birliktelik göstermemektedir.

Turboşarj gruplarının motor sistemleriyle belirli bir uyum içerisinde çalışması gerekmektedir. Örneğin, iş makineleri sektöründe kullanılan turboşarj grupları, aşırı doldurma sistemleriyle çalışmaktadır. Dizel motorlarından elde edilen gücün yanma odalarına gönderilmesine aşırı doldurma adı verilmektedir. Turboşarj kullanımında elde edilen avantajlara değinecek olursak;

- Hacim küçüktür. Hacmin küçük olması sayesinde gürültü ve titreşim olayı düşük seviyededir
- Kapladığı alan dardır. Kapladığı alanın dar olmasından kaynaklı küçük bir alanı işgal eder
- Motordaki güç oranı büyük bir artış gösterir (kW / kg)
- Yüksek tork eldesi
- Egzoz gazı salınımının düşmesi
- Yakıt tasarrufu
- Emisyon tasarrufu
- Düşük devirde yüksek tork eldesi olarak değerlendirilebilir.

5.2. Öneriler

Turbo motor, yapısı gereği atmosferik bir motordur. Sistem ve organizasyon olarak, hassas bir çalışma yapısına sahiptir. Bu hassasiyetin sonucunda deforme, kırılma, bozulma gibi hasarlar yaşanması ihtimaldir. Turbo aksamının hasara uğramasının önlenmesi amacıyla yapılması gerekenler;

- Üreticinin uygun gördüğü motor yağının kullanılması
- Mekanik aksamın belirli periyotlarla kontrol edilmesi
- Isıl işlem uygulanmaması
- Motor yağının doğru zamanda değiştirilmesi
- Sentetik yağ kullanımı
- Mineral motor yağının kullanılmaması
- Marş motoru çalıştırıldıktan hemen sonra değil, birkaç saniye sonrasında hareketin sağlanması
- Turbo sistemi devreye girmeden, yağ sirkülasyonunun oluşmasının beklenmesi
- Harekete başladıktan sonra motor henüz ısınmadan yüksek devirlere çıkılmaması ve bu sayede yağ yakma olayının meydana gelmesini önlemek turbo aksamının herhangi bir hasara uğramasını önlemek amacıyla yapılması gerekenlerdir.

KAYNAKLAR

- Arslan, 2006, Abdülmecit, Doğal emişli bir dizel motora aşırı doldurmanın uygulanması, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Arslanoğlu, 2019, Yaygın hava araçlarında kullanılan gaz türbinli motorlara genel bir bakış, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir*.
- Bayrak, 2018, Model bir turbojet motorun ikincil yanma ile farklı yakıtlar kullanılarak test edilmesi, *Sakarya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Bayrakçı, 1998, Aşırı doldurmalı bir dizel motorunun güç eğrisinin elde edilmesinde parametrelerin incelenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Borg, 2011, *Turbo systems, 2011. Turbochargers, Verlag Moderne Industrie, Germany.*
Cummins, 2009, *Turbo Technologies, 2009. Turbocharger Training, CTT Dewas, India.*
- Çengel, 2013, *Boles A.M., Mühendislik yaklaşımıyla termodinamik, SI birimleri ile yedinci baskı, çeviri editörü : Pınarbaşı A., Uyarlayan : Kanoğlu, M., Palme Yayıncılık, Ankara.*
- Çetinkaya, 1999, Gaz türbinleri, *Nobel Yayın Dağıtım, 2. Baskı, Ankara, 3 – 7, 123 – 160.*
- Doenitz, 2009 Christian, Vasile Iulian, Onder Christopher, Guzzella Lino, Realizing a concept for high efficiency and excellent driveability : *The downsized and supercharged hybrid pneumatic engine, SAE World Congress & exhibition, ABD.*
- Flaxington ve Mohbad, 1990, *Turbocharger compressor developments for broad range and high pressure ratio applications, ı mech.*
- Güngör, 2015, Turboşarj devrelerinde kullanılan rezonatörlerin akış ve akustik tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- Hitomi ve ark., 1989, The characteristics of pressure supercharge diesel engine, no: 89054.
- Hulle, 2013, *Solidworks turbine examples.*
- Karakoç, 2008, Gaz türbinli motorların yakıt sistemleri, *T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları, No : 984, Eskişehir, 9 – 17.*
- Karaman, 2009, *Yanma verimi yaklaşımıyla ikili çevrim analizi, Yüksek Lisans Tezi.*
Klein, 1990, An explanation for observed compression ratios in internal combustion engines. *University of Wisconsin – Madison, Wisconsin.*

- Küçük, 1995, Bir turbojet motorunun performansının incelenmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Lilly, 1984. *Turbo motor tarihçesi*.
- Mamalis, 2010, Sotiritos, Nair Vishnu, Andruskiewicz Peter, Assanis Dennis, Babajimopoulos Aristotelis, Wermuth Nicole, Najt Paul, Comparison of different boosting strategies for homogeneous charge compression ignition engines – a modeling study, *SAE 2010 World Congress & exhibition, ABD*.
- Mayer, 1990, Nasher, I. El., Perewusnyk J., *complex with gas packet control, institution of Mechanical Engineers*.
- Mozurkewich ve Berry, 1981, Optimal paths for thermodynamic systems : *The ideal otto cycle. The university of Chicago*.
- Oğur, 1985, Turboşarj sistemi, *Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Şubat*.
- Öztürk, 1996, *Teaching second law without entropy, conferences on efficiency, costs, optimization, simulation and enviromental aspects of energy sysetms, Stockholm, June*.
- Porsche Turbo, 2004, *The full history. Motor Books İnternational*.
- Rolls Royce plc, 1996, *The jet engine, Rolls Royce Technical Publications edition*.
- Rolls Royce plc, 2005, *The jet engine, Rolls Royce Technical Publications edition*.
- Schmalzl, 2006, *Aufladung von Pkw DI – Ottomotoren mit Abgasturboladern mit variabler Turbinengeometric*.
- Tepikse ve David, 1996, *Centrifogel compressor design and performance at concept*.
- Walsham, 1990, Alternative turbocharges systems for the Automotive diesel engine, *London Paper, on turbocharging and turbocharges*,
- Watson ve Jonota, 1982, Turbocharging the internal combustion engine, *Macmillon Publishers Ltd., England*.
- Whitaker, 2010, Paul, Agarwal Apoorv, Spanner Christian, Byrd Kevin, Shen Yuan, Fuchs Heribert, *Development of the combustion system for a flexible fuel turbocharged direct injection engine, SAE 2010 World Congress & exhibition, ABD*.
- Yaşar, 2009, Traktör motorunda turboşarj ve ara soğutma uygulamasının teorik olarak incelenmesi, *Sakarya Üniversitesi, Sakarya Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*.

Zinner, 1978, Supercharging of internal combustion engines, Verlog, *Berlin, Heidelberg, Germany*.

İnternet Adresleri

URL-1 = http://www.museoscienza.org/approfondimenti/documenti/campini_caproni.

URL-2=<http://erhandilaver.blogspot.com.tr/2014/12/ramjet-motoru.html>.,EriGim.

URL-3=<http://erhandilaver.blogspot.com.tr/2014/12/ramjet-motoru.html>.,Erisim.

