

**KARŞIT PİSTONLU BENZİNLİ BİR MOTORUN
TASARIMI, İMALATI VE ÇALIŞTIRILMASI**

**2012
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

Yasin ERSÖZ

**KARŞIT PİSTONLU BENZİNLİ BİR MOTORUN TASARIMI, İMALATI VE
ÇALIŞTIRILMASI**

Yasin ERSÖZ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2012**

Yasin ERSÖZ tarafından hazırlanan; “KARŞIT PİSTONLU BENZİNLİ BİR MOTORUN TASARIMI, İMALATI VE ÇALIŞTIRILMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Bülent ÖZDALYAN

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 25 / 06 / 2012

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Bahattin ÇELİK (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Abdurrazzak AKTAŞ (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Bülent ÖZDALYAN (KBÜ)

.... / / 2012

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

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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

Yasin ERSÖZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KARŞIT PİSTONLU BENZİNLİ BİR MOTORUN TASARIMI, İMALATI VE ÇALIŞTIRILMASI

Yasin ERSÖZ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Bülent ÖZDALYAN

Haziran 2012, 68 sayfa

Karşit pistonlu motorlarda aynı silindir içerisinde birbirinin zıt yönünde hareket eden iki adet piston bulunur. Bunlardan bir tanesi egzoz diğeri ise süpürme penceresini kumanda eder. Silindirin tam ortasında; diesel ise bir veya dört adet enjektör, benzinli ise buji vardır. Bu motorlarda karşılıklı çalışan pistonlara hareket sağlaması için iki adet krank mili bulunur. Her iki pistonda Ü.Ö.N.'ya ulaştıkları anda aralarında kalan hacim yanma odasını teşkil eder. Sıkıştırma odası adı da verilen bu kısım iki piston yüzeyi ve silindir cidarından oluşur. Her iki piston yüzeyi de motorda soğutulamayan yerler oldukları için ısı kaybı diğer motorlara göre daha azdır. Bu ise genel verimi arttırır. Bu motorda pistonlardan bir tanesi süpürme pompası görevini üstlenir.

Krank milleri birbirleriyle aynı doğrultuda olmayıp aralarında 10-15 derece açısıl fark bulunur. Egzoz penceresini açan krank mili diğer krank miline göre daha ilerde

hareket etmektedir. Böylece egzoz penceresi, süpürme penceresinden daha önce açılarak iş sonucu içerde meydana gelen yüksek basıncı süpürme penceresi açılıncaya kadar minimize ederek egzoz manifoldundan dışarı atar. Egzoz penceresinden dışarı çıkmakta olan yanmış gazlar silindir içerisinde süpürme penceresinden egzoz penceresine doğru bir türbülans oluşturur ki bu da süpürme penceresi açıldığında içeri giren taze dolgunun silindir içine dolmasına yardım eder. Ayrıca krank milleri arasındaki bu açı farkı süpürme penceresinin egzoz penceresinden daha geç kapanarak bir miktar daha dolgunun silindir içerisine girmesine olanak sağlar.

Karşıt pistonlu bir motorun üretim amacını kompresör ve turbo devrelerinin bir motora kazandırdığı volumetrik verim artışına benzer şekilde düşünebiliriz. Karşılıklı pistonların sıkıştırdığı hacmin artışının sağlanması ve içeriye alınan dolgunun daha çok sıkıştırılabilmesi sayesinde volumetrik verimin artışı hedeflenmektedir.

Yapılan çalışmada bir motorun üretim aşamaları olarak 3 boyutlu tasarımı ile yola çıkılmıştır. Standart motor parçaları kullanılarak birbiri ile bağımlı çalışması hedeflenen ve karşılıklı olarak yerleştirilen çift kranklı, çift pistonlu ve tek silindirli bir mekanizma kurulmuştur. Standart parçaların kullanılışı sayesinde diğer karşılıklı motorların tasarımından farklı olarak kranklar pistonlar üst ölü noktada aynı anda birleşecek şekilde konumlandırılmıştır. Standart motor silindirlerinin emme ve egzoz açıklıkları kullanarak yeni bir tasarım ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak sistem kurulduktan sonra parçaların sistemli bir şekilde çalışması sağlanmıştır. İki zamanlı buji ile ateşlemeli karşıt pistonlu çift kranka sahip olarak çalışan bir prototip motor ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Sözcükler : Karşıt pistonlu motor, çift kranklı motor.

Bilim Kodu : 708.3.026

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DESIGN, MANUFACTURE AND OPERATION OF AN OPPOSITE PISTON ENGINE

Yasin ERSÖZ

**Karabük University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Machine Education**

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Bülent ÖZDALYAN

June 2012, 68 pages

Within the same cylinder-piston engines in the direction opposite to an opposing one of the two pistons are moving. One of them controls the exhaust and the other sweeping the window. In the middle of the cylinder; one or four injectors for diesel engine, a spark plug for gasoline engines. This engine pistons working in mutual crankshaft move is to provide two pieces. Each time they reached between the two spool T.D.C or constitutes the combustion chamber volume. Compression chamber consists of two piston surface and cylinder. Surface roughness at the surface of the piston engine in both places for their heat loss is less than other engines. This increase the overall efficiency. This acts as the engine piston pump is one of the sweep.

Crankshafts with each other in the same direction but the angular difference between them are 10-15 degrees. Exhaust opens the window crank shaft other than crankshaft

is moving ahead. Thus, sweeping exhaust window inside window before opening the business as a result of high pressure in exhaust manifold swept out by minimizing the window till the opening score. Exhaust gases are burned in the cylinder in the emerging out of the window, window exhaust sweep window, which accurately creates turbulence sweeping the window opens, enters into the cylinder to fill with fresh fillings help. In addition, the angle difference between the crank shafts sweeping exhaust window closes a bit later than the window allows you to enter into the cylinder filling.

The purpose of opposed-piston engine production could imagine gaining engine volumetric efficiencies with similar increase to turbo-compressor circuits. Volume increases and the filling tucked inside facing the pistons to be more targeted to be due to increased volumetric efficiency.

In this study, three-dimensional design of the production steps out with this engine for testing. Targeted to operate a standard motor parts and mutually dependent on each other are placed using a double crank, single-cylinder double-piston and a mechanism has been established. With use of standard parts, pistons, cranks, unlike other mutual engines design is positioned to unite the upper dead point at the same time. The standard engine intake and exhaust port openings in cylinders were revealed using a new design.

As a result, the motor system has been established, operation of the parts is provided in a systematic way. In this study, two-stroke, spark ignition, and dual opposing piston engine crankshaft is manufactured with a working prototype.

Key Words : Opposed piston engine, twin crank shaft motor.

Science Code : 708.3.026

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Bülent ÖZDALYAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deneyisel alıőmalar sırasında yardımlarını esirgemeyen, Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi öğretim üyesi çok kıymetli hocalarım, Sayın Doç. Dr. Bahattin ÇELİK ve Sayın Doç. Dr. Abdurrazzak AKTAŞ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Sevgili aileme maddi manevi hiçbir yardımcı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	4
BÖLÜM 3	13
ALTERNATİF İÇTEN YANMALI MOTORLAR.....	13
3.1. ÜÇGEN ROTORLU MOTOR.....	13
3.2. TÜRBİN TİPİ MOTOR.....	14
3.3. DÖNEL GÖVDELİ TİP MARKEL MOTOR.....	15
3.4. KÜRE PİSTONLU MOTOR.....	17
3.5. ALTI STROKLU MOTOR.....	17
3.6. PALET KANATLI DÖNEL MOTOR.....	18
3.7. DÖNEL PİSTONLU MOTOR.....	19
3.8. SALINIM KANATLI MOTOR.....	21
3.9. KARŞILIKLI PİSTONLU DÖNEL MOTOR.....	22
3.10. ELİPTİK MOTOR.....	24

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4	27
KARŞIT PİSTONLU MOTORLAR	27
4.1. MOTORUN ÇALIŞMASI.....	30
4.1.1. Strok: Egzoz ve Süpürme	31
4.1.2. Strok: Sıkıştırma ve İş	31
4.1.3. Karşit Pistonlu Motor Port Diyagramı	32
4.1.4. Sıkıştırma Zamanı (Kompresyon).....	32
4.1.5. Sıkıştırma Oranı	32
4.2. KARŞIT PİSTONLU İKİ ZAMANLI MOTOR TEORİK DİYAGRAMI	33
4.3. KARŞIT PİSTONLU İKİ ZAMANLI MOTOR PRATİK DİYAGRAMI	34
4.4. İKİ ZAMANLI MOTORLAR HAKKINDA	37
4.4.1. Sıkıştırma İşlemi	38
4.4.2. Yanma ve Genişleme İşlemi	39
BÖLÜM 5	41
MATERYAL VE METOT.....	41
5.1. TASARIM VE İMALAT.....	41
5.2. TEKNİK VERİLER VE HESAPLAMALAR	57
5.2.1. Bir Silindirin Kurs Hacmi	58
5.2.2. Yanma Odası Hacmi	58
5.2.3. Sıkıştırma Oranı	59
5.2.4. Sıkıştırma Sonu Sıcaklığı	60
5.2.5. Sıkıştırma Sonu Basıncı	60
5.2.6. Motorun soğutma sistemi	61
5.2.7. Motorun yağlama sistemi	63
BÖLÜM 6	64
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	64
KAYNAKLAR.....	66
ÖZGEÇMİŞ	68

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Henry Ford'un karşıt pistonlu motoru.....	4
Şekil 2.2. Carl. L. Holmes'in karşıt pistonlu motoru.....	5
Şekil 2.3. Gustav. R. Genrandt'in karşıt pistonlu motoru.....	6
Şekil 2.4. Hans. U. Lieberherr'in karşıt pistonlu motoru.....	7
Şekil 2.5. William. R. Erick'in karşıt pistonlu motoru.	8
Şekil 2.6. Henry S. Boone'in karşıt pistonlu motoru.....	9
Şekil 2.7. Ralp. S. Feeback'in karşıt pistonlu motoru.....	10
Şekil 2.8. Craig. R. Feinberg'in karşıt pistonlu motoru.....	11
Şekil 2.9. Wolfe ve arkadaşlarının karşıt pistonlu motoru.....	11
Şekil 2.10. Mcmahon ve arkadaşlarının karşıt pistonlu motoru.....	12
Şekil 3.1. "Üçgen Rotorlu Motor" genel görünümü ve çalışma biçimi.....	14
Şekil 3.2. "Türbin Tipi Motor" çalışma prensibinin şekillerle gösterilmesi.....	15
Şekil 3.3. Türbin Tipi Motor üretimi	15
Şekil 3.4. "Dönel Gövdeli Tip Markel Motor" çalışma prensibi.....	16
Şekil 3.5. "Dönel Gövdeli Tip Markel Motor" genel görünümü.....	16
Şekil 3.6. "Dönel Gövdeli Tip Markel Motor" Güç, verim karşılaştırması.....	16
Şekil 3.7. "Küre Pistonlu Motor" çalışma prensibi	17
Şekil 3.8. Karşılıklı pistonlu motosiklet motoru.....	18
Şekil 3.9. Basınç-hacim ve tork-açı grafikleri karşılaştırması	18
Şekil 3.10. "Palet Kanatlı Dönel Motor" çalışma prensibinin şematik görünümü.....	19
Şekil 3.11. "Dönel Pistonlu Motor" çalışma prensibi.....	20
Şekil 3.12. "Dönel Pistonlu Motor" iç görünümü	21
Şekil 3.13. Salınım Kanatlı Motor çalışması, pistonlu motorlarla karşılaştırması.....	21
Şekil 3.14. "Salınım Kanatlı Motor" iç yapısı.....	22
Şekil 3.15. "Karşılıklı Pistonlu Dönel Motor" çalışma prensibi	23
Şekil 3.16. "Karşılıklı Pistonlu Dönel Motor" prototip	23
Şekil 3.17. "Eliptik Motor" ön kesit görünüşü.....	24

Şekil 3.18. Eliptik motor için tasarlanan kayıt	25
Şekil 3.19. Geleneksel motorlarda yanma olayı.....	26
Şekil 4.1. Karşıt Pistonlu Motor Kesiti ve Parçaları.....	27
Şekil 4.2. Karşıt pistonlu motorun kranklarının açısıl farkı	28
Şekil 4.3. Doğrusal süpürme	29
Şekil 4.4. Karşıt pistonlu motorda zamanların oluşumu	29
Şekil 4.5. Karşıt pistonlu iki zamanlı dizel motorun teorik çevrim diyagramı	34
Şekil 4.6. Karşıt pistonlu iki zamanlı dizel motorunun pratik çevrim diyagramı ...	34
Şekil 4.7. Otto çevriminin P-V ve T-S diyagramı	35
Şekil 4.8. İki zamanlı motorun P-V diyagramı.....	36
Şekil 4.9. İki zamanlı karşıt pistonlu bir motorun gaz değişim diyagramı	37
Şekil 4.10. İki zamanlı karşıt pistonlu benzinli bir motorun çalışmasının şematik gösterimi.....	38
Şekil 5.1. Karşıt pistonlu motor tasarımı	41
Şekil 5.2. İki zamanlı ağaç kesme motoru	42
Şekil 5.3. Krankların zincirle bağlantısı.....	43
Şekil 5.4. Üst ölü noktaları kesilmiş silindirler	44
Şekil 5.5. Yanma odasının oluşturulduğu ve bujinin takıldığı orta parça.....	45
Şekil 5.6. Orta parça üzerindeki buji deliği.....	45
Şekil 5.7. Silindirleri birbirine bağlayan faturaların görünümü	46
Şekil 5.8. Silindirleri birbirine bağlayan faturaların montaj halindeki görünümü ...	47
Şekil 5.9. Üç ayrı silindirin ayrı halde görünümü	48
Şekil 5.10. Silindirleri bir arada tutmak için kullanılan saplamların CATIA'daki kesit görünümü	48
Şekil 5.11. M6'ya uygun iç çapına dış açılmıştır	49
Şekil 5.12. Motorun alt kısmıyla (karter, krank, piston ve biyel takımı) silindirlerin saplamlarla bağlantısı.....	50
Şekil 5.13. Montajda karşılık gelen alt kısım ve silindirin takılışı	50
Şekil 5.14. Silindirlerin saplama ve alyan başlı civatalarla motor gövdesine bağlantısının CATIA programında görünüşü.....	51
Şekil 5.15. Motor montaj halindeyken Solid Works'teki görünüşü	52
Şekil 5.16. Ateşleme sisteminin motor üzerindeki görünümü	52
Şekil 5.17. Dişli ve zincirin görünümü	53

Sayfa

Şekil 5.18. Karşıt pistonlu motorun emme girişlerinin solda ve egzoz çıkışlarının sağda olduğu genel bir görünüm.....	54
Şekil 5.19. Karşıt pistonlu motorun montajında üste gelen mekanizma.....	54
Şekil 5.20. Krankların zincir ve gergisiyle bağlanmış hali	55
Şekil 5.21. Ateşleme sisteminin görünüşü	55
Şekil 5.22. Karbüratörün iki ayrı girişe yakıt vermesini sağlayan plastik çatal borunun görünümü	56
Şekil 5.23. Tasarım motoruna ait teknik veriler	57
Şekil 5.24. Volanlar üzerindeki hava sirkülasyonu sağlayan paletlerin, kapaklar takılmadan görünüşü	62
Şekil 5.25. Volanlar üzerinde hava sirkülasyonu sağlayan kapakların takılmış hali..	63

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

ε	: Sıkıştırma oranı	
V_{h_1}	: 1. Silindirin kurs hacmi	(cm ³)
V_{h_2}	: 2. Silindirin kurs hacmi	(cm ³)
V_c	: Bir silindirin yanma odası hacmi	(cm ³)
V_h	: Bir silindirin kurs hacmi	(cm ³)
k	: Adyabatik üs = c_p/c_v	
V_1	: Sıkıştırma başlangıcındaki hacim (Bir silindirin toplam hacmi)	(cm ³)
V_2	: Sıkıştırma sonu hacim	(cm ³)
C_v	: Sabit hacimde ısıtmanın özgül ısısı	(kj)
C_p	: Sabit basınçta ısıtmanın özgül ısısı	(kj)
η_{th}	: Termik verim	
D	: Silindir çapı	(mm)
H	: Piston yolu	(mm)
z	: Silindir sayısı	
T_1	: Ortam sıcaklığı N.Ş.A. Kelvin cinsinden	(K)
T_2	: Sıkıştırma sonu sıcaklık	(K)
P_1	: Hava basıncı	(kpa)
P_2	: Sıkıştırma sonu basıncı	(kpa)
$^{\circ}$: Derece	
$^{\circ}C$: Santigrat derece	
K	: Kelvin	

KISALTMALAR

Ü.Ö.N	: Üst Ölü Nokta
A.Ö.N	: Alt Ölü Nokta
T.D.C	: Top Dead Center
U.D.C	: Under Dead Center
K.M.A	: Krank Mili Açıklığı
EGAA	: Egzoz Supabı Açılma Avans
EGKG	: Egzoz Supabı Kapanma Gecikmesi
EMAA	: Emme Supabı Açılma Avans
EMKG	: Emme Supabı Kapanma Gecikmesi
A.A	: Ateşleme Avansı
M	: Metrik

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İçten yanmalı motorların ortaya çıkışı, daha önce buhar makinesinin geliştirilmiş olmasına dayanarak gerçekleşmiştir. Her iki motor da, yakıttan elde edilen enerjiyi ısıya dönüştürüp bu ısıyı, istenilen işi görmede kullanırlar. Ancak buhar makinesi, dıştan yanmalı bir makinedir. Çünkü yakıt, pistonu içeren silindirde değil, makinenin başka bir bölümünde yanar. Buhar makinesinde odun, kömür ve petrol ürünleri gibi yanabilen herhangi bir yakıt türü kullanılabilir. Çıkan enerji, bir sıvıyı (genellikle su) ısıtır. Sıcak su buharı, kısıtlı bir hacim içinde genişerek pistonu iter. İçten yanmalı motordaysa yakıt, yanma odasında yanar. Yanma, ansızın gerçekleştiğinden, bir patlama oluşturur. Piston patlamayla itilir.

Enerji kaynakları hızla tükenen dünyamızda, enerjiyi daha tasarruflu kullanabilen sistemlerin yapılması ve kullanılması gereği gittikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Motor üreticisi firmalar, birim ağırlıktaki motordan birim yakıt başına düşen güç miktarını arttırırken, egzoz emisyon değerlerini en iyimser rakamlara ulaştırmanın nasıl mümkün olabileceği konusunda tam bir yarış içerisindedirler.

Her geçen gün dünyada, bilinen içten yanmalı motorlardan farklı tasarıma sahip alternatif içten yanmalı motor patenti alınmaktadır. Mucitlerin bir kısmı bu buluşlarını uygulayıp tanıtımını yaparken bir kısmı da uygulama yapmadan lisans satışına başvurmaktadır. Alternatif içten yanmalı motor buluşlarından bir kısmı, bu gün itibariyle uygulama alanı bulamamış olsa da teknolojideki bu hızlı gelişme sürecinde gelişecek olan işlem ve materyaller sayesinde yaygınlaşabileceklerdir.

Yeni motor tasarımlarının bir kısmında piston çapına göre küçük olan emme ve egzoz supapları kullanılmayıp bunların yerine büyük kanalların kullanıldığı ve böylece bir yandan parça sayısı azaltılırken diğer yandan da volümetrik verimin daha

da iyileştirilmesi çabaları göze çarpmaktadır. Bu yeni motorların birçoğunun ortak özelliği, kam mili, supaplar ve bunlarla ilişkili olarak çalışan doğrusal hareketli diğer parçaların kullanılmamasıdır. Sistemlerin bazılarında krank mili, silindir ve piston yine kullanılıyorken bazılarında ise bu motor elemanlarının da kullanılmadığı görülmektedir. Ancak krank milinin kullanılmadığı yeni motor tasarımlarının ortak özelliği, piston-silindir geleneğinin dışına çıkması ve böylece standartlaşmış işlem, makine, parça ve yöntemlerden faydalanmanın mümkün olamamasıdır.

Standartlaşmanın dışına çıkan yeni bir motoru bekleyen olumsuz sonuçlar söz konusudur. Bunlar:

- Üretim maliyetinin daha fazla olması.
- Üretim için özel yöntem, makine ve teçhizatın gerekliliği ve bunların dünya çapında yaygınlaştırılması gereği.
- Motorun herhangi bir yerinde meydana gelen arızanın standart işlemler hakkında bilgisi olan kişiler tarafından giderilememesi ve daha uzun bir sürede yapılabilmesi.

İmal edilen motor, eğer çok önemli sayılabilecek avantajlara sahip değilse yukarıdaki dezavantajlar sebebiyle yaygınlaşması mümkün olamamaktadır.

İki zamanlı motorlarda, yakıtın alınıp atılması yetersiz ve etkisiz olduğundan, uygun karışımı sağlamak da çok güçtür. Günümüzde de bazı motosikletlerde, küçük otomobillerde ve çim biçme makinelerinde, küçük iki zamanlı motorlar kullanılır. Ama bunlar yakıtı karıştırılan yağ nedeniyle havanın kirlenmesine yol açarlar.

İki zamanlı motorların karışımı alıp atmalarından doğan sakıncaları gidermenin bir yolu da motora, karşıt yönlerde hareket eden ve aynı yanma odasını paylaşan pistonlar yerleştirmektir. Henry Ford, 1896 yılında yaptığı ilk otomobilde bu sistemi kullanmıştı. Sistemin önemli bir sakıncası, her pistonun z tipi bir krank milini döndürmesi ve bu iki krank milinin hareketlerinin, dişlilerden oluşan bir düzenekle birleştirilmesidir.

İki zamanlı motorun egzoz sistemini geliştirmenin bir başka yolu da, egzoz gazlarının enerjisiyle çalışan bir süper şarjör olan turbo şarjın, silindirlere hava basmada pompa gibi kullanılmasıdır. Turboşarj alışılmış karbüratör yerine, yakıt püskürtme sistemine bağlanır. Modern dizel motorunda, emme zamanında yalnızca hava emilir. Sıkıştırma oranı, 12 – 25 arasındadır. Böylece, havanın sıcaklığı 550°C'in üstüne çıkar. Yakıt bu anda püskürtülür ve bujiye gerek kalmadan hemen ateşlenir. Hem iki, hem de dört zamanlı dizel motorlar vardır; ama taşıt araçlarına takılan dizel motorların çoğu dört zamanlıdır.

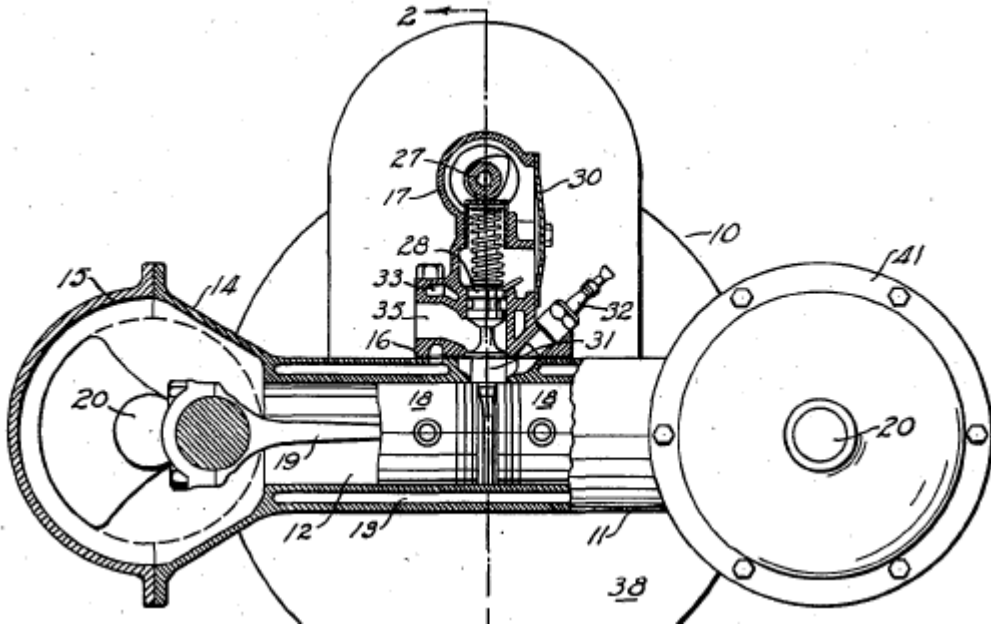
İçten yanmalı motorların temel çalışma prensibi olan kapalı bir hücrede değişken hacimler oluşturma düşüncesi değişik tasarımlarla ortaya konabilmektedir. Geleneksel pistonlu içten yanmalı motorlarda bu tasarım şekli, elde edilen basıncın önce piston-silindir yardımıyla doğrusal harekete, daha sonra da biyel ve krank mili mekanizmasıyla dairesel harekete dönüştürülmesi biçimindedir. Yeni motor tasarımlarında ise sıkıştırılan yakıt-hava karışımının ateşlenmesiyle elde edilen basıncın doğrudan dairesel harekete dönüştürülmesi düşüncesi hâkimdir. Böylece yüksek ısı ve basınç altında çalışan doğrusal hareketli motor elemanlarının arıza, titreşim, gürültü, sürtünme kaybı, hassas imalat olumsuzluklarının ortadan kaldırması hedeflenmektedir. Bu sebeple biyel, krank mili, kam mili, supaplar ve diğer doğrusal hareketli parçalar tamamen kullanım dışı bırakılmaya çalışılırken tasarımların özellikle Rotary tipine doğru kaymakta olduğu görülmektedir.

Görülüyor ki mucitler, geleneksel motorlara göre pek çok avantajı taşıyan alternatif tasarımlar ortaya koyup bunların bir kısmını üretmişler ve üzerlerinde performans testleri uygulamışlardır. Her geçen gün bu alternatif motorların daha da verimli olabilecek biçimde gelişmiş tasarımlarına ilişkin patentler alınmaktadır. Yeni tasarımların değişken sıkıştırma oranına sahip olmasına önem verilmektedir. Krank milinin ve doğrusal hareketli parçaların titreşim olumsuzluğunun ortadan kaldırılması, çevrim başına iş zamanı sayısının arttırılması ve dolayısıyla birim motor hacmi ve ağırlığına düşen güç miktarının arttırılması, parça sayısının azaltılarak sürtünme gücünün azaltılması ve supaplar yerine geniş kanalların kullanılması ile volümetrik verimin arttırılması gibi avantajlarından dolayı yakın bir gelecekte motor üreticisi firmaların bu farklılıklara daha fazla ilgi gösterecekleri ön görülmektedir.

BÖLÜM 2

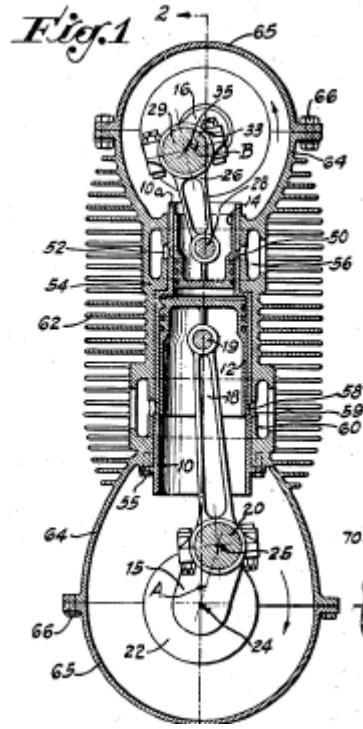
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Henry Ford 1942 yılında, karşıt pistonlu motorlarla ilgili olarak değişik ve yenilikçi tasarımlar ortaya koymuştur ve çalışmaları ile ilgili patent çalışmaları gerçekleştirmiştir. Şekil 2.1'de görülen çalışmasında esas amacı; karşıt pistonlu tipindeki bir motor için, silindirin ikili olarak merkezlenmesi ile düzgün bir şekilde ve sıralı halde, krankları da paralel olarak merkezleyerek, sıra tipi şeklinde sistemsel olarak birbirleriyle bir grup halinde çalışmasını sağlamaktır. Üzerinde çalıştığı motor 8 pistonlu 4 silindirli 8 valfli ve iki kranklı karşıt pistonlu bir motordur. Bu yapı ile birlikte ayrılabilir motor kafası ve subap sistemi geliştirmiştir. Bu çalışmalarında ayrılabilir motor kafalarını motorun bakımını kolaylaştırması açısından geliştirme ihtiyacına yönelik iyi sonuçlar almıştır. Ayrıca bu sistem, sıkıştırma oranlarını değişken ve kullanım amaçlarına göre ayarlanabilmesi açısından da fayda sağlamıştır [1].



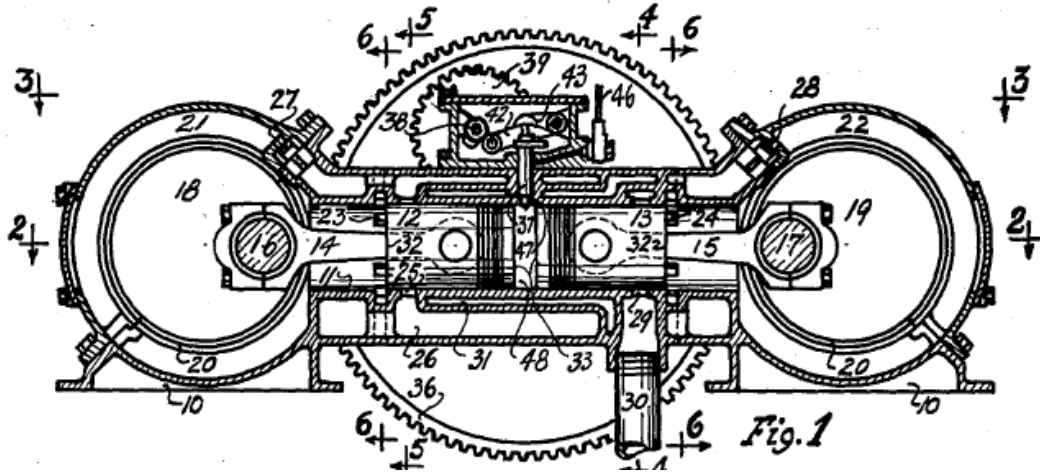
Şekil 2.1. Henry Ford'un karşıt pistonlu motoru [1].

Holmes 1944 yılında, iki zamanlı sıkıştırma ile ateşlemeli yani dizel yakıtı kullanan motorlarla ilgili çalışmasında, içten yanmalı motorun güç çıkışını ve verimliliğini arttırmayı amaçlamıştır. Karşıt piston kullanılmasının nedeni, krank ve pistonların açısız değişimlerinden faydalanılarak daha yüksek güç ve verimlilik elde etmektir. Ancak krank ve pistonların açısız ilişkisi beklenenin ötesinde yüksek güç üretme konusunda başarısızlığa uğradığını düşünmüştür. Bu nedenden dolayı farklı tasarımlara yönelmiştir. Bu motor için kullanılan parçalardaki farklılık, pistonların çaplarının farklı tutularak krank açıları maksimum sıkıştırma oranı sağlayacak şekilde ayarlanarak tasarlanmıştır. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi küçük olan üstteki piston tepe pistonu olarak adlandırılmıştır. Altındaki büyük çapa sahip piston ise güç pistonu olarak adlandırılmıştır. Üstteki pistonun görevi emme zamanında iş pistonu ile beraber emme yapıp, sıkıştırma zamanında iş pistonu ile birlikte sıkıştırma yapıp iki zamanlı sıkıştırma ile ateşlemeli motor için gerekli olan yanma basıncını sağlamak ve böylece silindir içerisine aşırı doldurma yapmaktır. Bu şekilde farklı çaplara sahip iş ve tepe pistonları kullanarak aşırı doldurma ile güç ve verim artışı sağlamayı hedeflemiştir [2].



Şekil 2.2. Carl. L. Holmes’in karşıt pistonlu motoru [2].

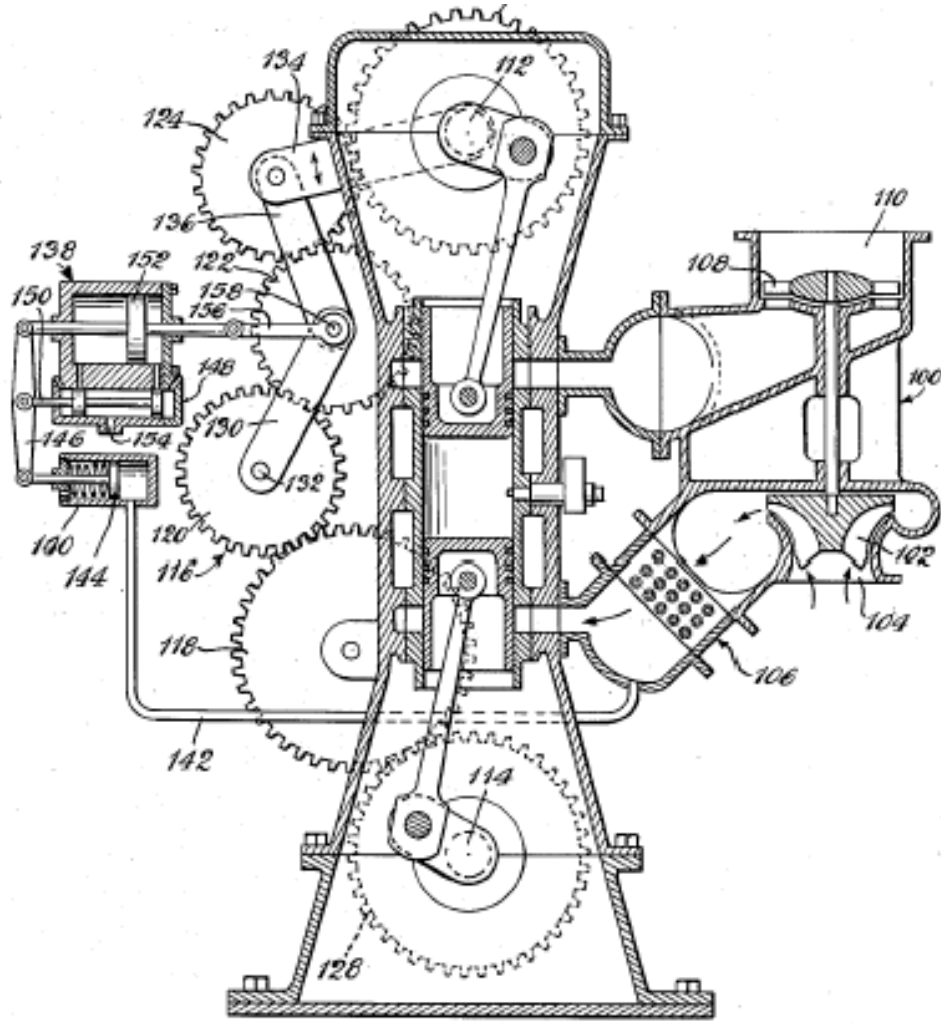
Gehrandt 1945 yılında, karşıt pistonlu motor sistemi ile planet dişli sistemi kombinasyonu sağlayarak demir yolu araçlarında kullanmayı amaçlamıştır. Demir yolu araçlarında kullanılan Cer motorları gibi çalışması hedeflenmiştir. Cer motorları araca küçük dişliden büyük dişliye güç aktarımı ile hareketi iletmektedir. Geliştirilen bu sistemde de karşıt pistonlu motorun avantajı olan çift kranka sahip olmasını kullanarak, krank çıkışlarını planet dişli sisteminin planet dişlileri olarak tasarlanması ile yola çıkılmıştır. Bir kranka, 3 adet farklı açılara sahip ve birbirlerine dik pistonlar takılmış ve karşılıklı olarak gelen her bir krank ve piston bağlantısı ile farklı planet dişli sisteminin çember dişlisi ile montaj edilmiştir (Şekil 2.3). Bu çevresel dişli hem aracın hareketini sağlamakta hem de krankları farklı olan birçok karşıt pistonlu olarak denk gelen motorların zaman ayarlarını üstlenmiş ve çalışmanın gerçekleşmesini sağlayan önemli bir parçası olmuştur. Demir yolu aracında bu parça çekiş tekerleği olarak görev yapmaktadır. Planet dişli sistemi ile devir düşürülerek güç elde edilmiş ve farklı tasarlanmış değişik karşıt pistonlu motorları barındıran farklı bir araç ortaya çıkarılmıştır [3].



Şekil 2.3. Gustav. R. Genrandt karşıt pistonlu motoru [3].

Lieberherr 1955 yılında, sıkıştırma ile ateşlemeli karşıt pistonlu bir motorun çalışmasına supersherged yani turbo devresi eklenmesi ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Turbo ile motorun sıkıştırma sonu basıncı artırılması sonucu volümetrik verim ve gücün artması hedeflenmiştir. Karşıt pistonlu motorun egzoz çıkışından çıkan gazlar turbonun üzerindeki paletlere çarparak turbo milinin dönmesi sağlanmıştır (Şekil

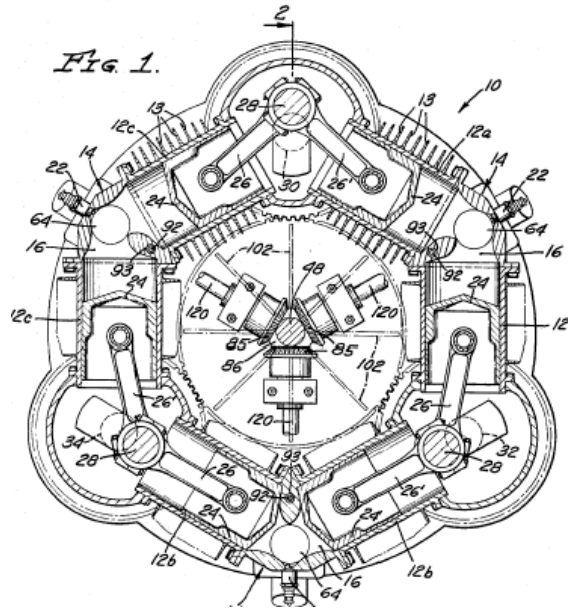
2.4). Turbonun miline bağı olan hava yükleme paletleri de egzoz çıkışındaki gazlar sayesindeki döndürme hareketi ile emme manifoldundan yoğun bir şekilde hava basması sağlanmıştır. Motor devri arttıkça egzoz gazlarının çıkışı hızlanmakta ve dolayısı ile turbo mili üzerindeki paletler sayesinde mil devride hızlandığı için diğer taraftaki giriş paletleri de daha yoğun şekilde emme manifolduna hava basmaktadır. Bu çalışmaların, karşıt pistonlu motorlarda volümetrik verimin artışı için etkili olduğunu saptamıştır [4].



Şekil 2.4. Hans. U. Lieberherr karşıt pistonlu motoru [4].

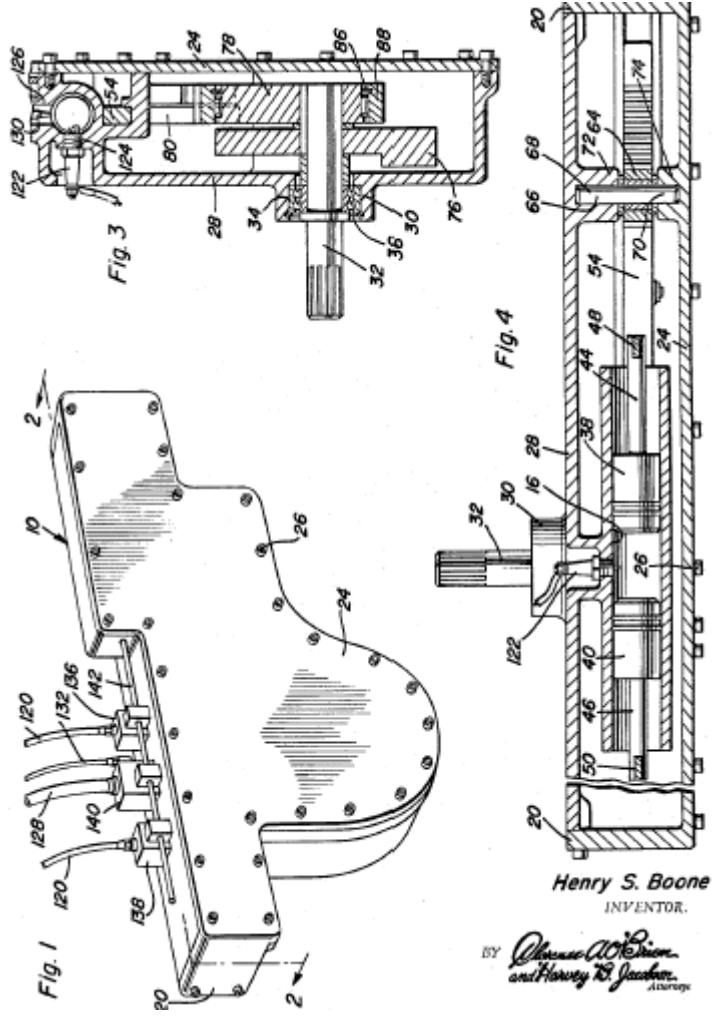
Erick 1965 yılında, Şekil 2.5’de ki gibi 6 pistonlu bir motorun daha küçük hacimde yer kaplaması için karşıt pistonlu motor tasarımını kullanmıştır. Motorun pistonları V motor şeklinde 3 ayrı motorun bir araya getirilmesi ile tasarımı sağlamıştır. Motorda

3 krank bulunmaktadır. Her krankta 120° 'lik açılarla 2 piston bağlanmıştır. Silindirlerde aynı şekilde 120° 'lik açılarla takılmıştır. Karşılık gelen silindirlerin birleşme noktalarında yanma odaları oluşturulmuştur. Motorun hava giriş ve çıkış merkezinde bulunan bir kam mili sayesinde hareket eden supaplar sayesinde pistonun hareketlerine göre gerçekleşmektedir. Krank bağlantıları zincir ve dişli yardımı ile yapılmıştır. Motor buji ile ateşlemeli olup istenen sonuca ulaşılmıştır yani daha az yer kaplayarak büyük bir motor ortaya çıkarılması sağlanmıştır [5].



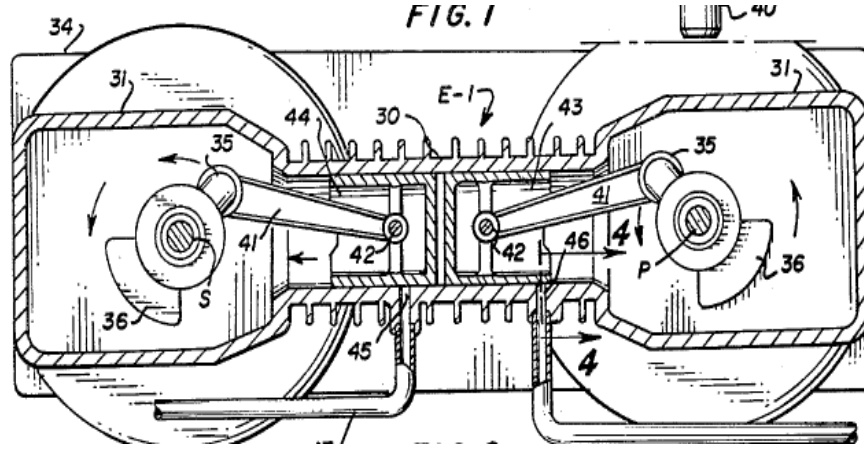
Şekil 2.5. William. R. Erick karşıt pistonlu motoru [5].

Boone 1966 yılında, klasik bir krank-biyel mekanizması yerine, pistonları düz olarak kramiyer dişli ve pinyonu ile bağlayarak doğrusal hareketi dairesel harekete çevirmiştir. Krank-biyel mekanizması, pistonların dışında kramiyer ve pinyon dişliler üzerinden farklı bir tasarımla kurulmuştur. Klasik krank-biyel mekanizmalarında pistonlar biyel vasıtası ile kranka bağlı olduğundan, krankın dairesel hareketi esnasında piston eksenini ile biyel eksenini arasındaki açı farkı piston üzerinde yan kuvvetlerin oluşmasına neden olur. Bu kuvvetler, piston yan yüzeylerinin silindirin cidarına doğru yüklenmesi ile dezavantaj olan büyük dayanma ve küçük dayanma yüzeylerinin oluşmasına neden olur. Şekil 2.6'da görülen sistemin bu şekilde tasarlanması ile yanma sonucu oluşan kuvvetin direk olarak iletilmesi hedeflenmiştir [6].



Şekil 2.6. Henry S. Boon'un karşıt pistonlu motoru [6].

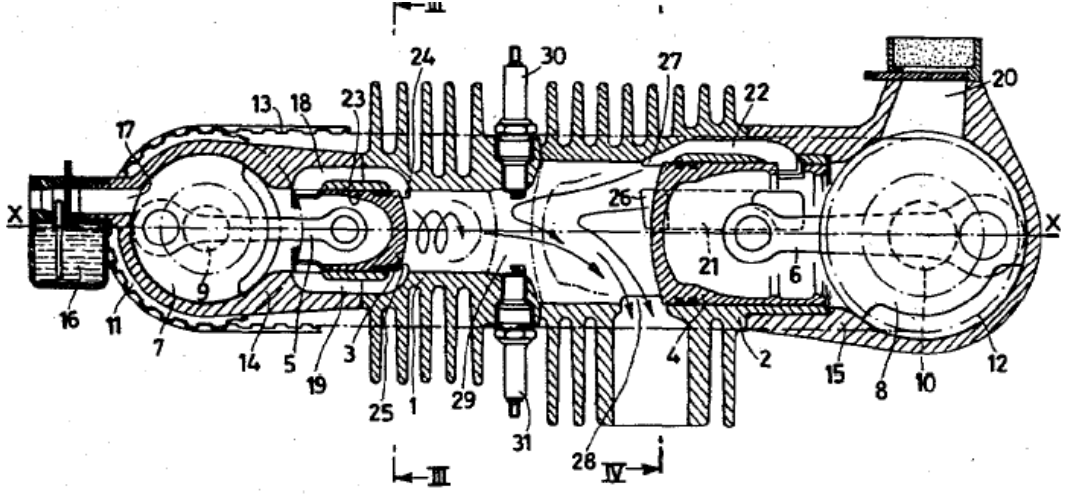
Feedback 1969 yılında, kendine özgü yeni tasarım ve montaj yöntemleri ile motordan değişik veriler kazanmayı hedefleyerek yaptığı Şekil 2.7'de görülen motor tasarımında, çalışma prensipleri içinde krank hücresi sızdırmaz bir karter haznesi içerisinde bulunmaktadır. Farklı olan bir başka durum, karşılıklı kranklar birbirlerine 90° 'lik faz farkı ile zincir ve dişli sistemleri sayesinde uyumlu çalışacak şekilde montaj edilmiştir. İki krank arasındaki 90° 'lik faz farkı sayesinde pistonlar arası yanma olayı ve patlamanın gerçekleşmesi krank ve biyellerin değişik açılara denk gelmesi sayesinde torku arttırmaktadır. Bu motor için esas olan durum silindir içerisinde sabit bir noktada patlama gerçekleşmemektedir. Değişik bölgelerde patlamanın olması krank ve biyellerin değişik açılara denk gelmesinden dolayı torku arttırdığını tespit etmiştir [7].



Şekil 2.7. Ralph S. Feeback'ın karşıt pistonlu motoru [7].

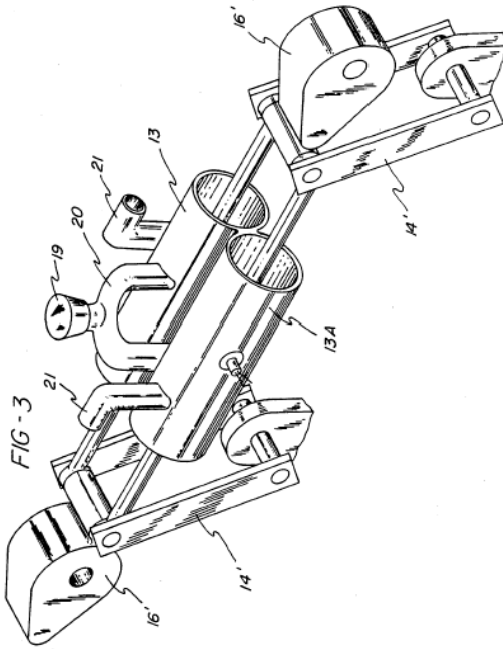
Bu tasarım, buharla ya da içten yanmalı 2 zamanlı veya 4 zamanlı motorlar şeklinde kullanılabilir. Emme ve egzoz portları pistonun hareketlerine bağlı olarak açılıp kapandığı için herhangi bir subapa ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak subaplı sistemler geliştirmek mümkün olup volümetrik verim açısından kazançlar sağlayacağı da düşünülmüştür [7].

Feinberg 1982 yılında, daha önce bahsedilen karşılıklı pistonların çapları farklı olarak tasarlanmış karşıt pistonlu motor çalışmasına benzer bir motor üzerinde çalışılmıştır. Burada aynı sistemlerin çalışmasına ilave olarak hava giriş çıkış portlarındaki gelişmeler üzerinde durulmuştur. İçten yanmalı motorlarda esas olan durum daha fazla miktarda havayı daha küçük hacimlere sıkıştırarak yüksek volümetrik verimler elde etmeye çalışmak ve sonucunda daha fazla güç elde etmektir. Buluşun sahibi hava girişleri üzerinde port girişlerini büyüterek ve havanın hiç bir engele takılmadan içeri maksimum seviyede alınması sağlamak amacıyla değişik çalışmalarda bulunmuş ve iyileştirici tasarımlarla motora iyi yönde etkiler kazandırmıştır (Şekil 2.8) [8].



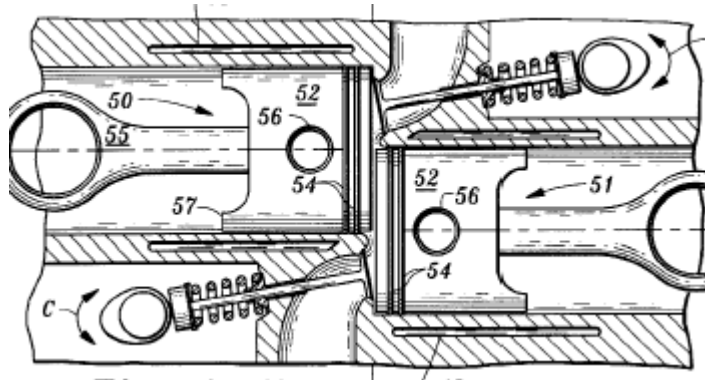
Şekil 2.8. Craig R. Feinberg karşıt pistonlu motoru [8].

Wolfe et.al. 1991 yılında, Bu motorda karşıt pistonlu motorun rotor yani döngüsel uygulamasıdır. Yani sistem dairesel çalışmaktadır. Bu motorda pistonlar klasik krank biyel mekanizması yerine, piston hareketleri belirlenmiş bir kam etrafında yönlendirilmesiyle oluşmaktadır (Şekil 2.9). Kamın üst uzak noktalarında pistonlar alt ölü noktalara ulaşmaktadır. Kamın kısalan ve dar kalan kısımlarında pistonlar üst ölü noktada buluşmakta ve sıkıştırma işi gerçekleşmektedir. Bu motorda farklı bir tasarım olup karşıt pistonlar kullanılarak yapılmış bir motor çeşididir [9].



Şekil 2.9. Wolfe ve arkadaşlarının karşıt pistonlu motoru [9].

McMahon et. al. 2001 yılında, tasarımlarında, karşıt pistonlar Şekil 2.10'da ki gibi birbirlerine silindirleri aksenal kaçık olacak şekilde dizayn etmişlerdir. Bu şekilde dizayn edilmesinin getirdiği avantaj, kam mekanizmalarının birleştirilmesi ve parça sayısının azaltılmasıdır. Normal standart I tipi bir motorda 1 emme ve 1 egzoz olmak üzere subap mekanizması gerekirken iki piston bu eksen kaçıklığı sayesinde karşılıklı olarak yerleştirilmiştir. İki pistonu karşılık olarak 1 emme ve 1 egzoz subabı kullanılması sağlanmıştır. Bunun dışındaki çalışma prensipleri karşıt pistonlu motorun çalışması ile birebir aynıdır [10].



Şekil 2.10. McMahon ve arkadaşlarının karşıt pistonlu motoru [10].

BÖLÜM 3

ALTERNATİF İÇTEN YANMALI MOTORLAR

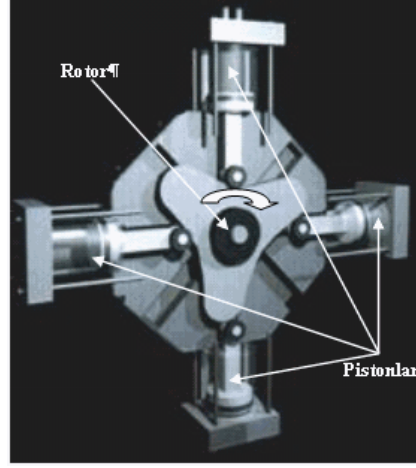
Enerji kaynakları hızla tükenen dünyamızda enerjiyi daha tasarruflu kullanabilen sistemlerin yapılması ve kullanılması gereği gittikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Motor üreticisi firmalar, birim ağırlıktaki motordan birim yakıt başına düşen güç miktarını arttırırken egzoz emisyon değerlerini en iyimser rakamlara ulaştırmanın nasıl mümkün olabileceği konusunda tam bir yarış içerisindeyler.

Her geçen gün dünyada, bilinen içten yanmalı motorlardan farklı tasarıma sahip alternatif içten yanmalı motor patenti alınmaktadır. Mucitlerin bir kısmı bu buluşlarını uygulayıp tanıtımını yaparken bir kısmı da uygulama yapmadan lisans satışına başvurmaktadır.

Alternatif içten yanmalı motor buluşlarından bir kısmı, bugün itibariyle uygulama alanı bulamamış olsa da teknolojiye bu hızlı gelişme sürecinde gelişecek olan işlem ve materyaller sayesinde yaygınlaşabileceklerdir [11].

3.1. ÜÇGEN ROTORLU MOTOR

Üçgen rotorlu motorda dışta sabit durumda bulunan pistonlar, klasik motorlardaki gibi düzgün doğrusal hareket yaparak dört zamanı oluşturmaktadır. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi buradaki fark, krank mili kullanılmayıp onun yerine ortada bir rotor kullanılmasıdır. Pistonlar serbest olup rotorla bir bağlantısı yoktur. Üçgensel yapıya sahip olan rotorun ok yönündeki dönme hareketinden pistonların kurs hareketi oluşmaktadır. Sıkıştırılan yakıt-hava karışımının buji tarafından ateşlenmesiyle oluşan basınç, pistonu ters yöne doğru iter ve böylece piston da rotoru ok yönünde döndürmüş olur.

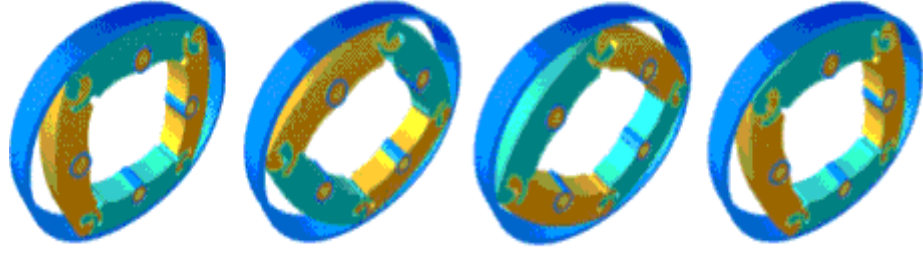


Şekil 3.1. “Üçgen Rotorlu Motor” genel görünümü ve çalışma biçimi [11].

5,529,029 numaralı U.S.A. patentine sahip bir Kanada buluşu olan motorun, klasik motorlara göre parça sayısı, kapladığı alan ve bakım masrafı daha az, üretimi ve montajı daha kolay olmaktadır. Bu sistemin temeli takoz ve kaldıraç diye tabir edilen iki ana mekanik hareket prensibine dayanır. Daha yüksek devirlere ulaşılabilir. Kolay ve modüler tasarım, alçak devirlerde yüksek tork çıktısı, hareketli parça sayısının az olması, termik veriminin yüksek olması avantajlarıdır. Kanada'nın Toronto kentindeki bir mühendislik firmasının bilgisayar simülasyon programıyla yapıp 1997 yılında Dallas'ta “International Mechanical Engineering” konferansında, sunduğu performans testlerinin sonuçlarına göre genel verimde ortalama %50'lik bir artış görülmüştür. Prototip üzerinde yapılan ölçümlere göre ise bu artış 25% olarak görülmüştür [11].

3.2. TÜRBİN TİPİ MOTOR

6,163,263 numaralı U.S.A. ve 2,192,713 numaralı Kanada patentine sahip olan buluş, Şekil 3.2'de görüldüğü gibi dört parçadan oluşmuş olan rotor kısmı, oval olarak yapılandırılmış bir kayıt içerisinde dönerken Wankel motoruna benzer şekilde kayıt iç çeperi ile rotor arasında oluşan farklı hacimlerdeki boşluklardan faydalanılarak dört zaman oluşturmaktadır. Wankel motorundan farklı olarak her çevrimde üç değil dört iş zamanı oluşmaktadır.



Şekil 3.2. “Türbin Tipi Motor” çalışma prensibinin şekillerle gösterilmesi [11].

Küçük hacimli olarak yapılandırılabilmesi geleneksel pistonlu motorlara göre daha kolaydır ve ağaç kesme makinelerinde başarı ile uygulanmaktadır. En az %20 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Titreşim ve gürültü değeri daha düşük olmaktadır. Şekil 3.3’de türbin tipi motorun prototip çalışması görülmektedir. [11].



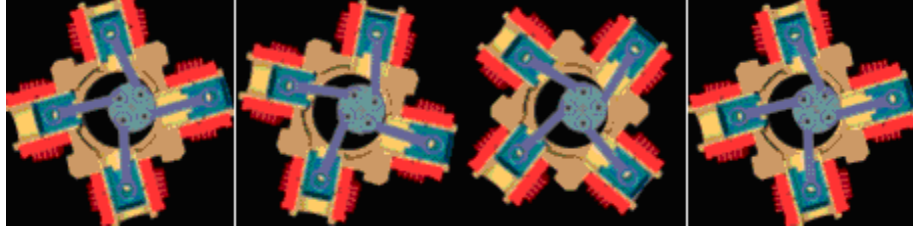
Şekil 3.3. Türbin Tipi Motor üretimi [11].

Motorun, motor çıkış mili cinsinden her 360^0 ’de dörtten fazla iş zamanı üretebilmesi için aynı konfigürasyonun tekrar kurulması gereği, hassas imalat mühendisliği gerektirmesi, yağlama ve sızdırmazlık bir sorun gibi görünmektedir [11].

3.3. DÖNEL GÖVDELİ TİP MARKEL MOTOR

Şekil 3.4’de çalışma biçimi açıklanan Dönel Gövdeli Tip Markel Motor U.S.A. patentine sahiptir. Silindir bloğu içindeki pistonlar yanma sonucu oluşan basınç sayesinde içinde bulunduğu silindir bloğuyla birlikte merkeze kaçık olarak duran çıkış milini döndürmektedir. Krank mili yerine ortada duran ve silindir bloğu ile 1/1

oranında dönen bir mil vardır ve pistonlar bu mile bağlıdır. Her piston için 720 derecede bir iş zamanı oluşmaktadır.

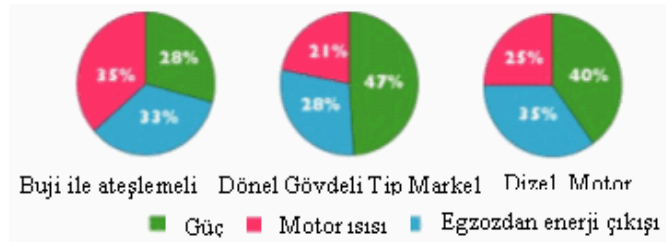


Şekil 3.4. “Dönel Gövdeli Tip Markel Motor” çalışma prensibi [11].

Geleneksel pistonlu içten yanmalı motorlara göre titreşimi ve parça sayısı daha az, imalat maliyeti daha ucuz ve hava ile soğutmalı bir motordur. Şekil 3.5’de dönel gövdeli tip markel motoru görülmektedir. Mekanik tasarımı basittir. Çevrim verimi %30 daha fazla olmaktadır. Buji ateşlemeli ve dizel motorlarla verimlerinin karşılaştırılması Şekil 3.6’de görülmektedir [11].



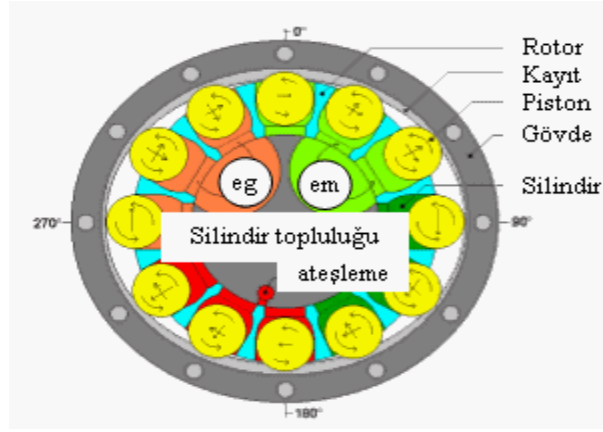
Şekil 3.5. “Dönel Gövdeli Tip Markel Motor” genel görünümü [11].



Şekil 3.6. “Dönel Gövdeli Tip Markel Motor” Buji ateşlemeli ve dizel motorlarla verimlerinin karşılaştırılması [11].

3.4. KÜRE PİSTONLU MOTOR

Şekil 3.7’de görüldüğü gibi piston olarak kullanılan bilyeler, yanma odasındaki basıncın etkisi ile oval biçimindeki kayıta baskı yaparak döner. Böylece içinde buldukları silindir bloğunu da döndürürler. Her bir bilye için çıkış mili cinsinden 360 derecede bir iş zamanı olur. Verimi yüksek, sürtünme kayıpları azdır [11].



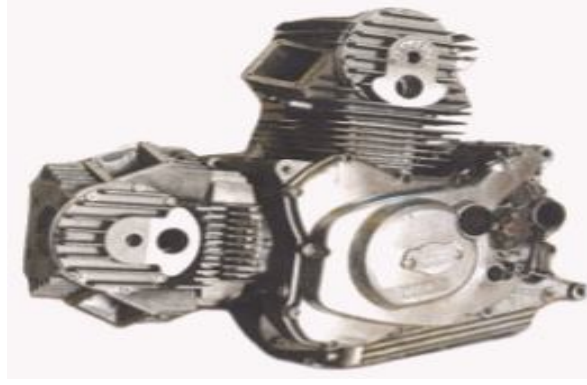
Şekil 3.7. “Küre Pistonlu Motor” çalışma prensibi [11].

Dezavantajları şöyle sıralanabilir:

- Kurs boyu en çok küre yarıçapı kadar olabilir.
- Küçük üretimlerde buji ve/veya enjektör, egzoz ve emme kanalı aynı yere sığmaz.
- Bilyelerin yüksek miktarda ısı ve basınca maruz kalan kısımları, silindir iç yüzeyi ve küre yolunda sürtünürken yüzeylerde bozulmalar olabilir. Ayrıca piston-silindir arasında sızdırmazlık ve yağlama sorunu ortaya çıkar [11].

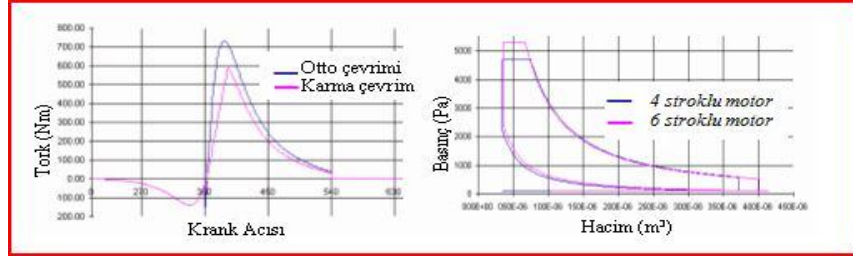
3.5. ALTI STROKLU MOTOR

Şekil 3.9’da görüldüğü gibi karşılıklı olarak çalışan pistonlar 6 strokta 3 zamanı gerçekleştirir. Yukarıdaki piston alttakinin 1/2’si oranında hareket eder. 5,713,313 numaralı U.S.A. patentine sahip olan motor, Şekil 3.8’deki gibi hava soğutmalı olup özellikle motosiklette kullanılmaktadır [11].



Şekil 3.8. Karşılıklı pistonlu motosiklet motoru [11].

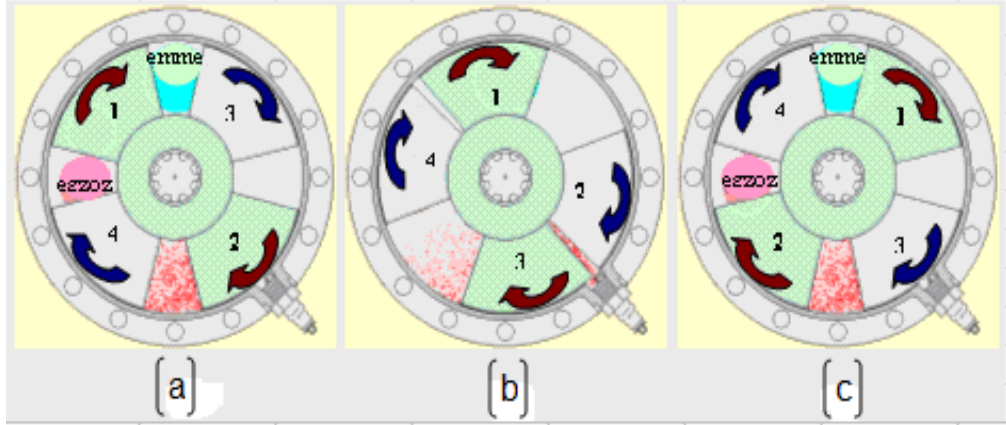
Prototip üzerinde yapılan ölçümlerde geleneksel motorlara göre düşük gaz kelebek açıklığında %35, yüksek gaz kelebek açıklığında %13 yakıt ekonomisi belirlenmiştir. Dört stroklu pistonlu motorlara göre yakıt-hava karışımının yanması, portların açık kalma süreleri ve elde edilen basınç için kullanılan birim süre daha uzun olduğundan yanma daha verimlidir. Tork değerleri daha yüksek, emisyon değerleri Şekil 3.11’de görüldüğü gibi daha düşüktür [11].



Şekil 3.9. Basınç-hacim ve tork-açı grafikleri karşılaştırması [11].

3.6. PALET KANATLI DÖNEL MOTOR

Şekil 3.10’da görüldüğü gibi bu buluşta dört adet palet kullanılmaktadır. Karşılıklı aynı renkteki ikişer palet birbirine bağlı olmak üzere birbirleriyle değişken oranda dönmesi sağlanmıştır. Bu paletlerin arasında yakıt-hava karışımının sıkıştırılıp yakılmasıyla güç üretilmektedir.



Şekil 3.10. "Palet Kanatlı Dönel Motor" çalışma prensibinin şematik görünümü [11]
a) Emme ve egzoz, b) Sıkıştırma ve iş, c) Emme ve egzoz.

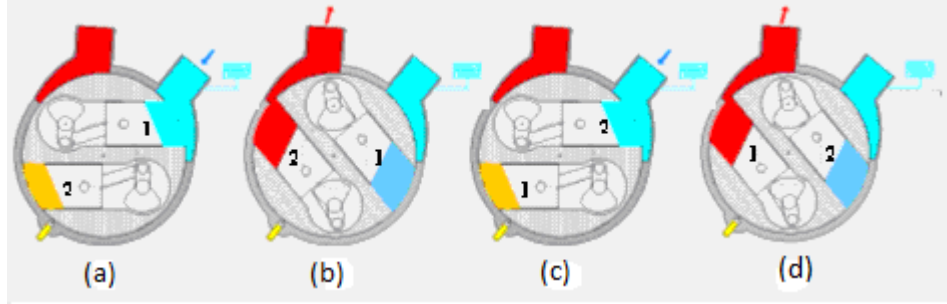
Şekil 3.10 a'da 1 ve 3 numaralı palet arasında emme, 3 ve 2 numaralı palet arasında sıkıştırma, 2 ve 3 numaralı palet arasında iş, 4 ve 1 numaralı palet arasında ise egzoz zamanı gerçekleşmektedir. Şekil 3.10 b'de 2 ve 3 numaralı palet 1 ve 4 numaralı paletten daha az dönmüş olduğundan 2 ve 3 numaralı paletlerin arasına alınmış olan yakıt-hava karışımı sıkıştırılır ve buji ile ateşlenir. Şekil 3.10 c'de çıkış mili cinsinden toplam 90° 'lik hareket gerçekleşmiş 1 ve 2 numaralı palet için gerçekleşen adımlar 3 ve 4 numaralı paletler için gerçekleşecektir [11].

Her çevrimde palet sayısı kadar iş zamanı üretilmektedir. Geleneksel pistonlu motorlardaki gibi kompresyon segmanları kullanılmamaktadır. Sürtünme kayıplarının azlığı mekanik verimliliğini arttıran bir faktördür. Silindir ile piston arasındaki boşluk toleransı kolaylıkla ayarlanabilmektedir. Otto çevrimindeki gibi piston kütlelerinin doğrusal hareketinden kaynaklanan eylemsizlik kuvvetinin dezavantajı yoktur. Palet grupları birbirleriyle etkileşerek zamanların oluşmasını sağlamaktadır. Ayrıca Stirling motoru olarak da yapılandırılabilir [11].

3.7. DÖNEL PİSTONLU MOTOR

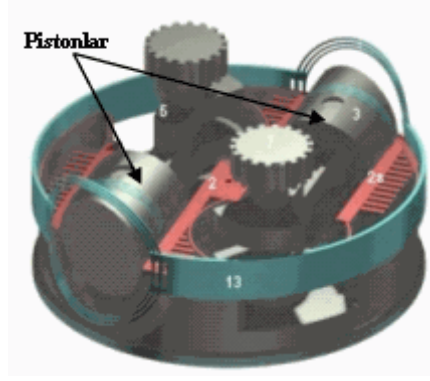
Şekil 3.11'de görüldüğü gibi krank milinin kullanıldığı sistemde çevresel olarak yerleştirilmiş dişliler yardımıyla piston-silindir mekanizmasının çıkış mili merkezinde dönmesi sağlanmaktadır. Şekil 3.11 a'da 1. piston emme, 2. piston ise iş zamanını gerçekleştirmektedir. Şekil 3.11 b'de 1. piston emmeyi bitirmiş ve

sıkıştırma zamanına başlamıştır. 2. piston ise iş zamanını bitirmiş egzoz zamanına başlamıştır. Şekil 3.11 c’de 1. piston sıkıştırma zamanını bitirmiş ve iş zamanını gerçekleştirmektedir. 2. piston ise egzoz zamanını bitirmiş emme zamanını gerçekleştirmektedir. Şekil 3.11 d’de 1. piston iş zamanını bitirmiş ve egzoz zamanına başlamıştır. 2. piston ise emme zamanını bitirmiş sıkıştırma zamanına başlamıştır [11].



Şekil 3.11. “Dönel Pistonlu Motor” çalışma prensibi [11] a) 1. piston emme ve 2. piston iş, b) 1. piston sıkıştırma ve 2. piston egzoz, c) 1. piston iş ve 2. piston emme, d) 1. piston egzoz ve 2. piston sıkıştırma.

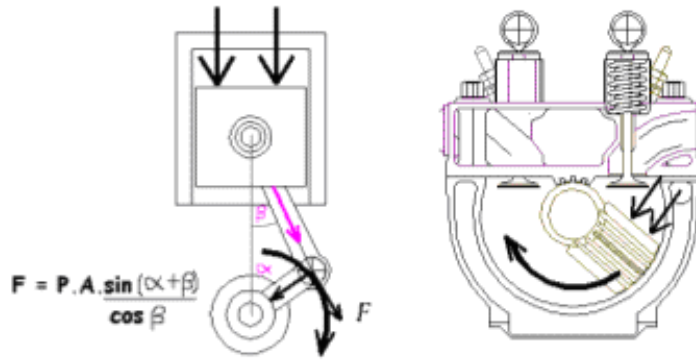
Her bir piston için motor çıkış mili cinsinden her 360 derecede bir iş zamanı oluşturmaktadır. Sabit durumdaki krank milinin titreşim problemi bir ölçüde aşılmıştır. Yüksek devirli ve küçük motor hacmine sahiptir. Piston çapı kadar olan emme ve egzoz portları sebebiyle volümetrik verim yüksektir. Her piston için ayrı bir krank mili ve dişlisi kullanılma zorunluluğu, silindir üst kısmı ile dairesel kayıt arasındaki sızdırmazlık ve piston sayısının bu konfigürasyonla iki ile sınırlı olması bir sorun olarak göze batmaktadır. Şekil 3.12’de dönel pistonlu motorun iç görünümü yer almaktadır [11].



Şekil 3.12. “Dönel Pistonlu Motor” iç görünümü [11].

3.8. SALINIM KANATLI MOTOR

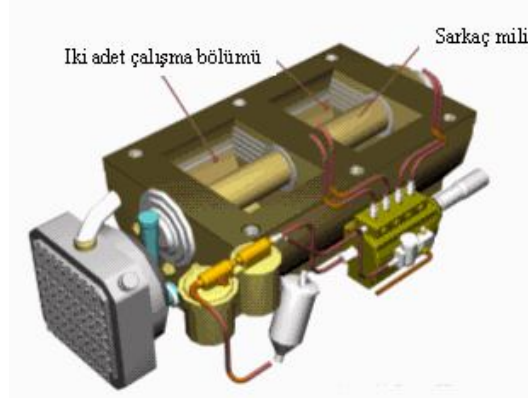
Sri Lanka çıkışlı ve patent numarası 10353 ve 10905 olan motorda yarım dairesel olarak hareket eden bir rotor piston görevi görmekte ve her iki tarafta da iş zamanı oluşturmaktadır. Geleneksel pistonlu motorlarda pistonun hareketinin krank miline iletiminde oluşan açısal kayıpların ortadan kaldırılmasına çalışılmıştır. Elde edilen yarım dairesel hareket motorun arka kısmındaki mekanik dişli düzeneğiyle düzgün dairesel harekete dönüştürülmüştür. Şekil 3.15’de salınım kanatlı motorun çalışması ve pistonlu motorlarla karşılaştırması görülmektedir.



Şekil 3.13. “Salınım Kanatlı Motor” çalışması ve pistonlu motorlarla karşılaştırması [11].

Geleneksel içten yanmalı motorlara göre performansı ve verimi yüksek, hafif, ilk çalışması kolay, düşük hızlarda yakıt tasarrufu sağlayabilen, iç direnci ve egzoz emisyon değeri düşük, teorik analize göre aynı silindir hacmindeki klasik pistonlu bir

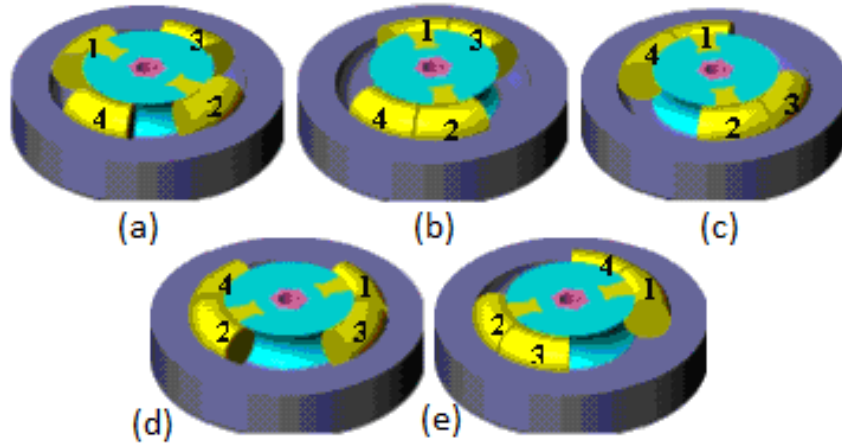
motora göre 1,55 kat daha yüksek güç üretmektedir. Birçok dişli kullanma zorunluluğu, parça sayısının ve hacminin fazla olması, dezavantajları arasında sayılabilir. Şekil 3.14’de salınım kanatlı motorun içyapısı görülmektedir [11].



Şekil 3.14. “Salınım Kanatlı Motor” içyapısı [11].

3.9. KARŞILIKLI PİSTONLU DÖNEL MOTOR

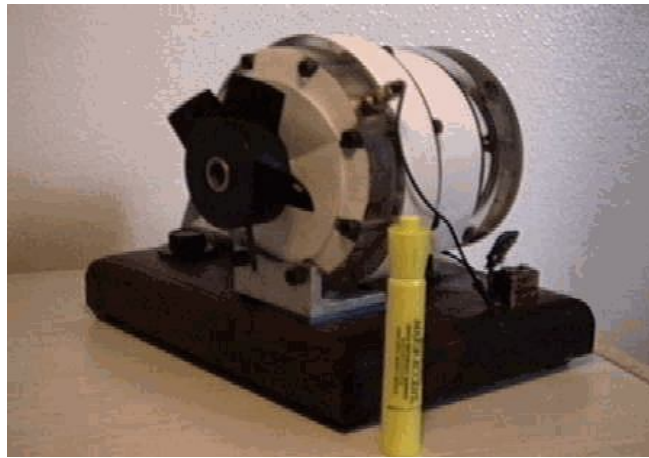
Bu buluşta Şekil 3.15’de görüldüğü gibi dört adet kısmi torus biçiminde piston kullanılmaktadır. Karşılıklı ikişer piston birbirine bağlı olmak üzere birbirleriyle değişken oranda dönmesi sağlanmıştır. Pistonların arasında yakıt-hava karışımının sıkıştırılıp yakılmasıyla güç ve hareket iletimi sağlanır. Geleneksel motorlara göre daha küçük, kullanımı kolay, titreşimi azdır. Şekil 3.16’de karşılıklı pistonlu dönel motorun prototipi görülmektedir. Her çevrimde piston sayısı kadar iş zamanı üretilmektedir. Sürtünme kayıplarının azlığı mekanik verimliliğini arttırmaktadır. Otto çevrimindeki gibi pistonların doğrusal hareketinden kaynaklanan eylemsizlik kuvvetinin dezavantajı yoktur [11].



Şekil 3.15. “Karşılıklı Pistonlu Dönel Motor” çalışma prensibi [11] a) 1-4 sıkıştırma, 2-3 egzoz, b) 1-4 iş, 2-3 emme, c) 1-4 egzoz, 2-3 sıkıştırma, d) 1-4 sıkıştırma 2-3 egzoz.

Şekil 3.15 a’da 1. ve 4. pistonlar sıkıştırma, 2. ve 3. pistonlar egzoz, Şekil 3.15 b’de 1. ve 4. pistonlar iş, 2. ve 3. pistonlar emme, Şekil 3.15 c’de 1. ve 4. pistonlar egzoz, 2. ve 3. pistonlar sıkıştırma, Şekil 3.15 d’de 1. ve 4. pistonlar emme, 2. ve 3. pistonlar iş, Şekil 3.15 e’de 1. ve 4. pistonlar sıkıştırma, 2. ve 3. pistonlar egzoz zamanını gerçekleştirmektedir.

Yatakla pistonlar arasındaki tolerans hassasiyeti, üretim güçlüğü, yağlama ve sızdırmazlık çözülmesi gereken sorunlardır.

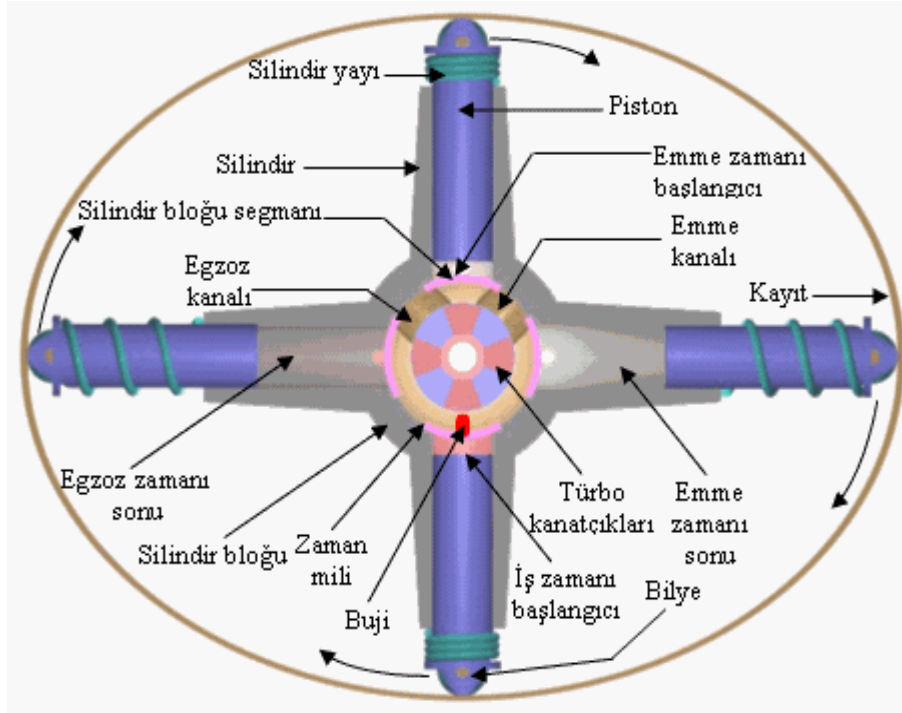


Şekil 3.16. “Karşılıklı Pistonlu Dönel Motor” prototip [11].

3.10. ELİPTİK MOTOR

Nadir AKSOY tarafından geliştirilen Eliptik Motor, silindirlerin içinde bulunan pistonların eliptik biçimdeki kayıtın iç kısmındaki hareketleri ile yanma odası oluşturması ve burada sıkıştırılan yakıt-hava karışımının yakılması ile ortaya çıkan basınç sayesinde pistonların silindirlerin içinden çıkarken silindir bloğunu döndürmeleri esasına dayanır [11].

Şekil 3.17’de görüldüğü gibi oluşan basınç, dönüş süreci içinde kayıtın eksenine değişken açılarda etki ettiğinden, pistonlara bağlı olan bilyeler döner. Böylece silindir bloğu da kendi eksenini etrafında döner.



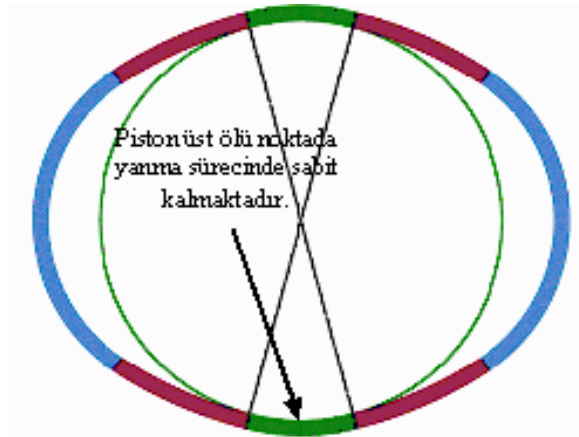
Şekil 3.17. "Eliptik Motor" ön kesit görünüşü [11].

Geleneksel pistonlu içten yanmalı motorlara göre avantajları şunlardır:

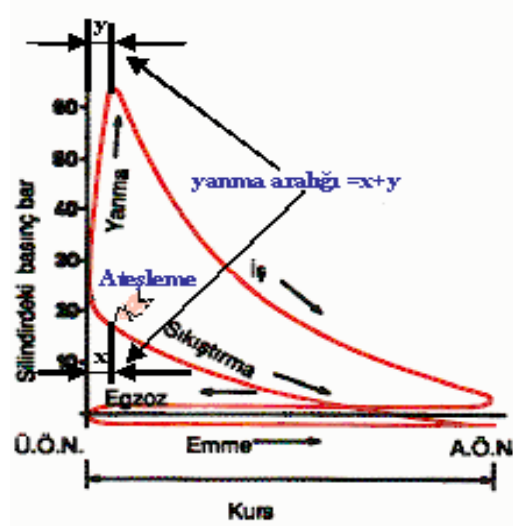
- Krank mili ve dişlisi, kam mili ve dişlisi, manifoldlar, supaplar ve diğer doğrusal hareket elemanları, soğutma suyu ile ilgili parçalar olmadığından sürtünme kayıpları, titreşim miktarı ve imalat masrafı daha düşüktür.

- İki zamanlı motorlar gibi her piston silindir bloğu cinsinden 360 derecede de bir patlama yaptığından güç ağırlığı iki kat daha yüksektir. Fakat zamanlar birbirinden bağımsız olduğundan özgül yakıt tüketimi daha düşüktür.
- Geleneksel pistonlu motorlarda tutuşma gecikmesi göz önüne alınarak ateşleme ya da püskürtme işlemi piston üst ölü noktaya gelmeden belirli bir süre önce gerçekleştirilir. Şekil 3.21’de diyagram üzerinden görülmektedir. Bu durumda piston üst ölü noktaya gelmeden belirli bir miktar alt ölü noktaya doğru itilmiş olur. Bu da motorda iş kaybına neden olur. Eliptik motorda ise zamanların süresi ve pistonun alt ölü nokta ve üst ölü noktadaki konumları ayarlanabilir. Böylece pistonun yanma süresince üst ölü noktada sabit kalması sağlanabilir. Şekil 3.18’de eliptik motor için tasarlanan kayıt görülmektedir.

Motor çalışma rejimi değiştiğinde motorun ihtiyaç duyduğu gücü karşılayabilmek için silindir içine alınacak hava veya yakıt-hava miktarı, kurs hacmi, yanma odası hacmi, sıkıştırma oranı, hava/yakıt oranı, emme ve egzoz kanalı açılma avansı ve kapanma gecikmesi ve açılıp kapanma miktarları püskürtme avansı veya ateşleme avansı değiştirilebildiğinden tam yanma için en iyi ortam sağlanabilir. Böylece: Özgül yakıt tüketimi ve emisyon değerleri daha düşük, termik verim ve volümetrik verim daha yüksektir [11].



Şekil 3.18. Eliptik motor için tasarlanan kayıt [11].

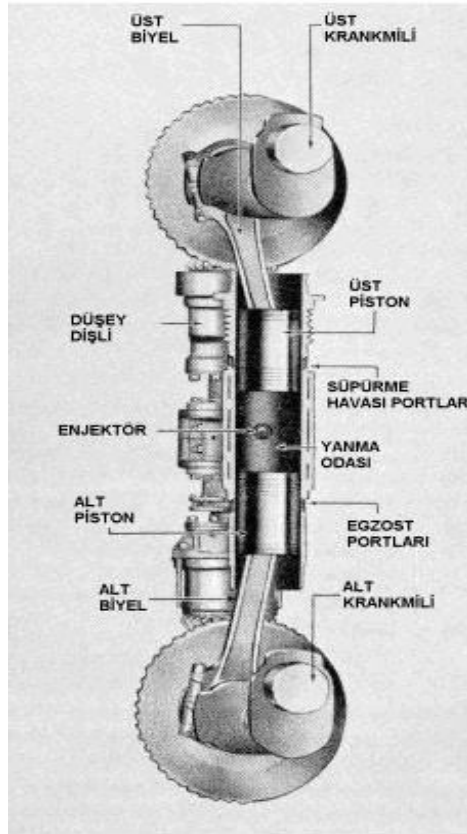


Şekil 3.19. Geleneksel motorlarda yanma olayı [11].

BÖLÜM 4

KARŞIT PİSTONLU MOTORLAR

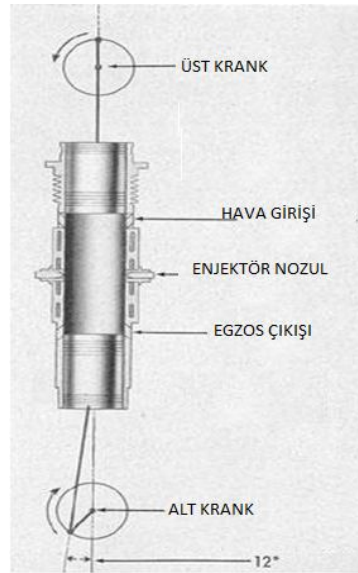
Karşıt pistonlu motorlarda aynı silindir içerisinde birbirinin zıt yönünde hareket eden iki adet piston bulunur. Bunlardan bir tanesi egzoz diğeri ise süpürme penceresine kumanda eder. Silindirin tam ortasında dizel ise bir veya birden çok enjektör, benzinli ise buji vardır. Şekil 4.1’de karşıt pistonlu motor kesiti ve parçaları görülmektedir. Bu motorlarda karşılıklı çalışan pistonlara hareket sağlaması için iki adet krank mili bulunur.



Şekil 4.1. Karşıt pistonlu motor kesiti ve parçaları [12].

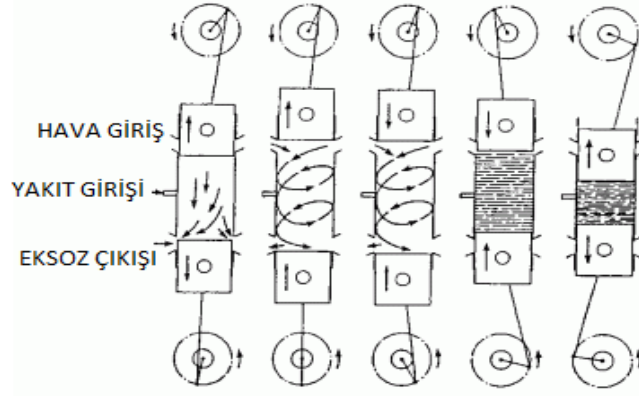
Doxfordship motorları ve Commer OP kamyon motorları gibi bazı modeller tek mille çalışır. Bu tip motorlarda yine pistonlar karşılıklı yerleştirilmiştir. Her iki pistonun Ü.Ö.N.'ya ulaştıkları anda aralarında kalan hacim yanma odasını teşkil eder. Sıkıştırma odası adı da verilen bu kısım iki piston yüzeyi ve silindir cidarından oluşur. Her iki piston yüzeyi de motorda soğutulamayan yerler oldukları için ısı kaybı diğer motorlara göre daha azdır. Bu ise genel termik verimini artırır [12].

Bu motorda pistonlardan bir tanesi süpürme pompası görevini üstlenir. Krank milleri birbirleriyle aynı doğrultuda olmayıp aralarında 10–15 derece açısal fark bulunur. Şekil 4.2'de karşıt pistonlu motorun kranklarının açısal farkı görülmektedir [12].



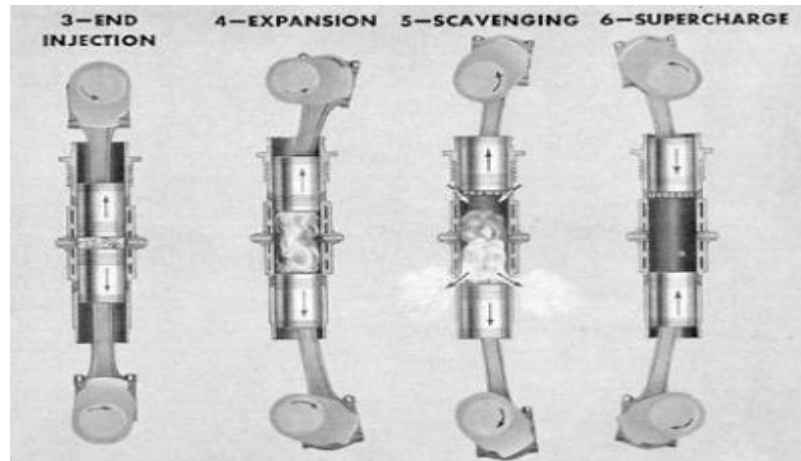
Şekil 4.2. Karşıt pistonlu motorun kranklarının açısal farkı [12].

Egzoz penceresini açan krank mili diğer krank miline göre daha ilerde hareket etmektedir. Böylece egzoz penceresi süpürme penceresinden daha önce açılarak iş sonucu içeride meydana gelen yüksek basıncı süpürme penceresi açılıncaya kadar minimize ederek egzoz portundan dışarı atar. Egzoz penceresinden dışarı çıkmakta olan yanmış gazlar silindir içerisinde süpürme penceresinden egzoz penceresine doğru bir türbülans yaratır ki bu da süpürme penceresi açıldığında içeri giren taze dolgunun silindir içine dolmasına yardım eder. Ayrıca krank milleri arasındaki bu açı farkı süpürme penceresinin egzoz penceresinden daha geç kapanarak bir miktar daha dolgunun silindir içerisine girmesine olanak sağlar.



Şekil 4.3. Doğrusal süpürme [12].

Hava süpürme pencerelerinden teğetsel olarak silindirin içinde sıkıştırma sonunda kendini gösteren bir anafor sağlar. Karşıt pistonlu motorlar iki zamanlı çevrime göre çalışmaktadır. Krank millerinin her bir turunda bir çevrim yapılmaktadır. Bir çevrim 360 dereceye karşılık gelir ki bu da dört zamanlı motorların yarısı zamanda çevrim gerçekleştirmektedir. O halde buradan aynı hacme aynı stroka sahip biri dört zamanlı diğeri iki zamanlı motorları karşılaştıracak olursak iki zamanlı motorun dört zamanlı motora göre iki katına yakın oranlara varan derecede güçlü olduğu ortaya çıkmaktadır [12].



Şekil 4.4. Karşıt pistonlu motorda zamanların oluşumu [12].

İki zamanlı bir motor da sıkıştırma ve iş zamanları birbirini takip eden iki strokun Ü.Ö.N. tarafında olmaktadır. Emme ve egzoz zamanları ise aynı strokun A.Ö.N.

tarafında gerçekleşmektedir. Bu çevrimde emme ve egzoz olayları iç içe geçmiş durumdadır. Bu motorun en önemli avantajları diğer içten yanmalı motorlara göre termik veriminin yüksek oluşu, ekonomik yakıt tüketimi, yüksek performans değerleri ve bazı kaynaklara göre emisyon değerlerinin düşük oluşudur. Dezavantaj olarak ise bu motorun ilk yapım maliyeti gösterilebilirdi. Çünkü motor da iki adet krank mili olduğu için maliyet yüksek çıkabilir. Ancak unutulmaması gereken konu bu motorlarda silindir kapağı diye bir parçanın bulunmaması ki silindir kapağı ile beraber üzerinde bulunan bazı parçalar bulunmamaktadır. Bu ise günümüz otomobillerine kıyaslarsak bu motorun şu andaki üretim maliyetinin daha da düşük olmasını sağlar. O zaman bu motorlar her yönüyle avantajlı olmasına rağmen şu anda neden kullanılmıyor. Bu motorların çok silindirlileri 1950’li yıllarda gemilerde trenlerde ve uçaklarda kullanılmış Ukrayna bu motorları Kharkiv Morozov firmasının ürettiği tanklarda kullanmış ve bu tanklarda hala kullanılmaktadır. Günümüzde ise bu motor Avrupa da FEV Engine teknoloji firması tarafından özel olarak yapılmakta ve geliştirilmeye devam etmektedir. Opoc adı da verilen bu motoru deneysel çalışmalarda kullanmaktadırlar. Jumo serisi uçaklarda bu motorlar hayli fazlaca kullanılmıştır. Şu anda ise bu motorlar eskiden günümüze gelmiş bazı gemilerde, bazı Avrupa ülkelerinde küçük gezi uçaklarında ve deney amaçlı kullanılmaktadır. Bu motorun tarihi 1900’lü yılların başına rastlamaktadır. Ülkemizde ise böyle bir motorun kullanımına rastlanılmamaktadır [12].

4.1. MOTORUN ÇALIŞMASI

Karşıt pistonlu motorlar iki zamanlı motorların çalışma prensibi ile çalışmaktadır. İki zamanlı motorlarda bir iş çevrimi iki piston strokunda tamamlanmaktadır. Yani 360°’lik krank açısına karşılık gelmektedir. İki zamanlı bir motorda sıkıştırma ve genişleme olayları birbirini takip eden iki strokun Ü.Ö.N. tarafında olmaktadır. Emme ve egzoz olayları ise aynı strokların A.Ö.N. tarafında olmaktadır. İki zamanlı motorlarda emme ve egzoz olayları iç içe girmiş durumdadır [13].

4.1.1. Strok: Egzoz ve Süpürme

Piston Ü.Ö.N.'dan A.Ö.N.'ya doğru giderken silindir içerisinde, yüksek basınçlı gazların yani yanmış iş gazının bulunduğunu düşünelim. Bu gazlar genişleyecek ve genişleme esnasında piston Ü.Ö.N.'ya doğru itmeye devam edecektir. Piston A.Ö.N.'ya doğru yaklaştığında daha öncede değindiğimiz gibi önce egzoz portu A.Ö.N.'ya 55^0 kala açılmakta ve yanmış gazlar dışarı çıkmaya başlamaktadır. Piston A.Ö.N.'ya doğru gitmesine devam ederken egzoz portundan 15^0 sonra emme krankının A.Ö.N.'ya 55^0 kala emme portu açılmaya başlayacaktır. Açılan emme portlarından kompresör silindir içerisine hava gönderecektir. Bu esnada silindir içerisindeki gazların basıncı süpürme portu tarafında bulunan taze gazların basıncının altına düşmüş olacaktır. Dolayısıyla süpürme portundan gelen taze gazlar, egzoz gazını önüne katarak açık olan egzoz portundan dışarı atacak ve silindiri, bir evvelki çevriminde iş yaparak enerjisini kaybetmiş bulunan egzoz gazlarından temizleyip hava ile dolduracaktır. Silindirin içerisine dolan taze hava bir miktar egzoz gazıyla beraber dışarı atılmaktadır [12].

4.1.2. Strok: Sıkıştırma ve İş

Piston A.Ö.N.'dan Ü.Ö.N.'ya doğru giderken, yani ikinci strokunda, iki krank mili arasındaki 15^0 'lik açılı farkından dolayı öncelikle egzoz portu kapanmaya başlar. Süpürme maddesi olarak silindire giren taze dolgu bu andan itibaren sıkıştırılmaya başlar. Sıkıştırma zamanı Ü.Ö.N.'ya gelinceye kadar devam eder. Piston Ü.Ö.N.'ya yaklaşırken karışım tıpkı 4 zamanlı motorlarda olduğu gibi enjektörden yakıt püskürtülerek yanma başlatılır. Yanma neticesinde serbest kalan ısı enerjisi sebebiyle gazların sıcaklık ve basıncı yükselir. Olayların bundan sonraki kısmı başlangıçta anlatıldığı gibi devam eder. İki zamanlı motorlarda silindir içerisine taze gazların alınması, sıkıştırılması, tutuşturulması genişleyerek iş yapması ve egzoz gibi olaylardan müteşekkil bulunan çevrim pistonun iki strokuna yani krank milinin bir devrine sıkıştırılmıştır [12].

4.1.3. Karşıt Pistonlu Motor Port Diyagramı

Emme portu A.Ö.N.'ya 55° kala açılmakta. 55° geçte kapanmaktadır.

Egzoz portu A.Ö.N.'ya 55° kala açılmakta. 55° geçte kapanmaktadır.

Egzoz krankı emme krankından 15° ilerdedir.

Emme portu egzoz portundan 15° sonra kapanmakta ve 15° sonra açılmaktadır..

Egzoz portu emme portundan 15° önce açılmakta ve 15° önce kapanmaktadır.

Sıkıştırma egzoz pistonu A.Ö.N.'dan 55° sonra başlamaktadır.

Sıkıştırma toplam meydana gelmektedir.

Genişleme stroku 120° 'lik krank açısına tekabül etmektedir.

Egzoz ve emme zamanları 110° 'lik açıya karşılık gelmektedir [12].

4.1.4. Sıkıştırma Zamanı (Kompresyon)

Egzoz portu kapandıktan sonra emme portu bir miktar daha açık kalarak kompresörün silindir içerisine hava göndermesine izin verir. Bu noktadan sonra silindir içerisindeki hava kompresörün de yardımıyla sıkıştırılmaya başlanır. Emme portuda tam olarak kapandıktan sonra içerideki taze dolgunun dış hava ile ilgisi tamamen kesilmiştir. Sıkıştırma anında birbirleri ile sürtünen hava molekülleri arasında sürtünme ve hacim küçülmesi ile basınç ve sıcaklık artar. Bu artış motorun sıkıştırma oranı ve silindirlerin doldurulabilme imkânlarına göre değişir [12].

4.1.5. Sıkıştırma Oranı

Dizel motorlarında iyi bir yanma elde edebilmek için havanın sıkıştırılması ve sıkıştırıldıktan sonra içerisine yakıt enjekte edilerek ateşlenmesi gerekir. Fakat dizel motorlarında karışımı istediğimiz gibi artırmak mümkün olmamaktadır. Piston A.Ö.N.'da iken üzerlerinde bir hacim bulunmaktadır. Pistonların her ikisi de Ü.Ö.N.'ya geldiği zaman da aralarında belirli bir hacim kalmaktadır. Fakat her iki durum için hacimler arasında belirli bir oran mevcuttur. Piston A.Ö.N.'da iken üzerlerinde kalan hacme silindir hacmi, pistonlar Ü.Ö.N.'da iken aralarında kalan hacme yanma odası hacmi, her iki pistonunda A.Ö.N.'ya geldiklerinde aralarında

kalan hacim toplam silindir hacmini oluşturur. Karşıt pistonlu motor da sıkıştırma oranını tanımlayacak olursak;

Toplam silindir hacminin, yanma odası hacmine oranı olduğu görülür, bunu formülüze edersek;

$$\varepsilon = \frac{(Vh_1 + Vh_2) + Vc}{Vc}$$

ε = Sıkıştırma oranı

Vh_1 = 1. silindirin kurs hacmi

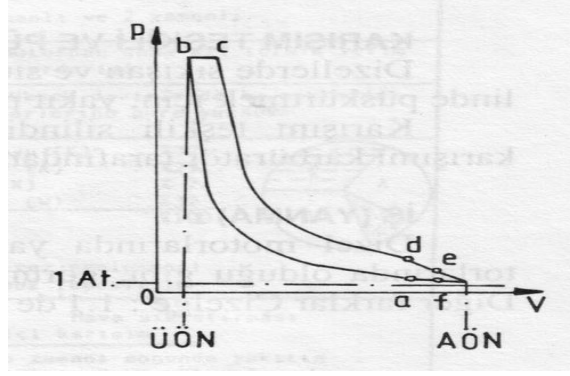
Vh_2 = 2. silindirin kurs hacmi

Vc = Yanma odası hacmidir.

Genellikle sıkıştırma oranı, ε sembolü ile gösterilir. Birimi yoktur. Bu şekilde ölçülen sıkıştırma oranına hacimsel sıkıştırma oranı denir. Genellikle dizel motorlarda sıkıştırma oranları 14:1 ile 24:1 arasında olmaktadır. Günümüzde ki dizel motorlarda 18:1 ile 22:1 sıkıştırma oranı kullanılmaktadır [12].

4.2. KARŞIT PİSTONLU İKİ ZAMANLI MOTORUN TEORİK DİYAGRAMI

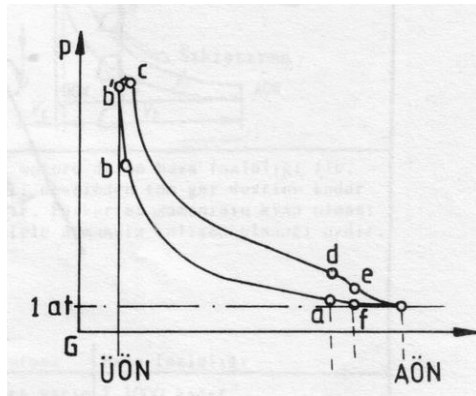
Pistonun iki kursunda ve krank milinin bir devrinde (340°) bir iş oluşturan makinelere iki zamanlı motor denir. Şekil 5.5'de görüldüğü gibi, piston A.Ö.N.'da dır, emme ve egzoz portu açıktır. Egzoz gazları atılmış, silindire emme havası alınmıştır. Piston A.Ö.N.'dan Ü.Ö.N.'ya çıkarken önce egzoz portunu (f), sonra emme portunu (a) kapatarak havayı sıkıştırır. Piston Ü.Ö.N.'da iken sıkıştırılmış hava içerisine enjektörden yakıt püskürtülür. Sıkıştırma oranı yüksek olduğundan, sıcaklığı yükselen hava ile temas eden yakıt tutuşur. Yakıtın püskürtülmesi devamınca piston A.Ö.N.'ya doğru hareket ettiğinden yanmanın sabit basınçta olması sağlanır (b-c doğrusu). Genleşen gazlar pistonu A.Ö.N.'ya doğru iter (c-d eğrisi), d noktasında egzoz portu açılır, basınç hızla düşer. Biraz sonra emme portu (e) açılarak içeriye temiz hava dolar [11].



Şekil 4.5. Karşıt pistonlu iki zamanlı dizel motorun teorik çevrim diyagramı [11].

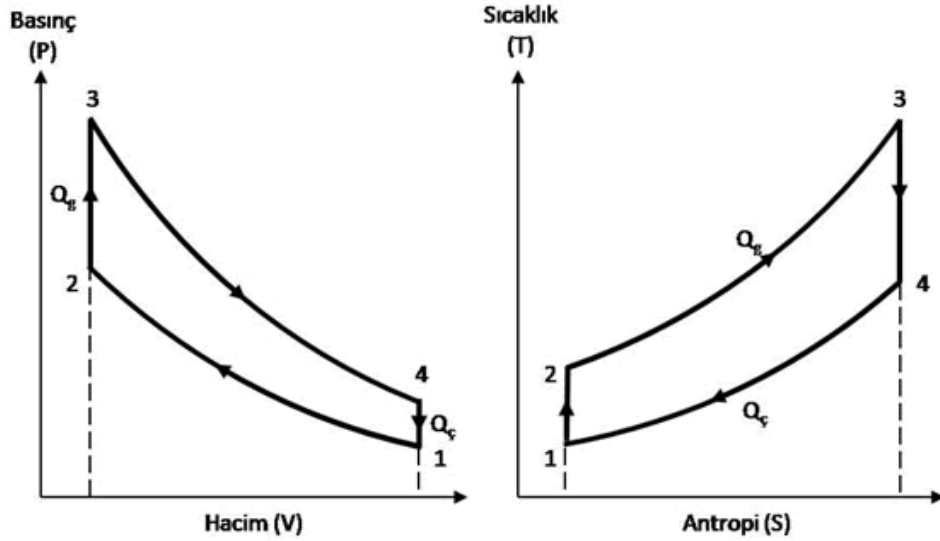
4.3. KARŞIT PİSTONLU İKİ ZAMANLI DİZEL MOTORUN PRATİK DİYAGRAMI

Şekil 5.4'da görüldüğü gibi piston A.Ö.N.'dadır. Emme ve egzoz portu açıktır. Piston A.Ö.N.'dan Ü.Ö.N.'ya çıkarken önce egzoz portunu (f), sonra da emme portunu (a) kapatarak havayı 14/1 – 24/1 oranında sıkıştırır. Sıkıştırma (b) noktasına kadar devam eder. Sıkıştırma sonu havanın basıncı 25–45 bar, sıcaklığı da 750°C-900°C dereceye ulaşır. Piston Ü.Ö.N.'ya gelmeden yaklaşık 15°-30° kala enjektörden yanma odasına yakıt püskürtülür (b). Püskürtülen yakıt hemen yanmaz. Yakıtın buharlaşıp hava ile karışması gerekir. Belli bir süre sonra (yaklaşık 1/ 1000 s) yakıt tutuşur ve yanar. Basınç yükselir (b-c). Bu anda sıcaklık 2000°C ve basınç 40–80 bar'a çıkar. Genleşen gazlar pistonu A.Ö.N. ya doğru iter (c-d eğrisi). d noktasında egzoz portu açılır, basınç hızla düşer. Biraz sonra emme portu (e) açılarak içeriye temiz hava dolar [11].



Şekil 4.6. Karşıt pistonlu iki zamanlı dizel motorunun pratik çevrim diyagramı [11].

Hesaplamalarda Otto çevrimi esas alınmıştır. Otto çevrimi Şekil 4.7’de P-V ve T-S diyagramında görülen işlemlerden oluşmaktadır.



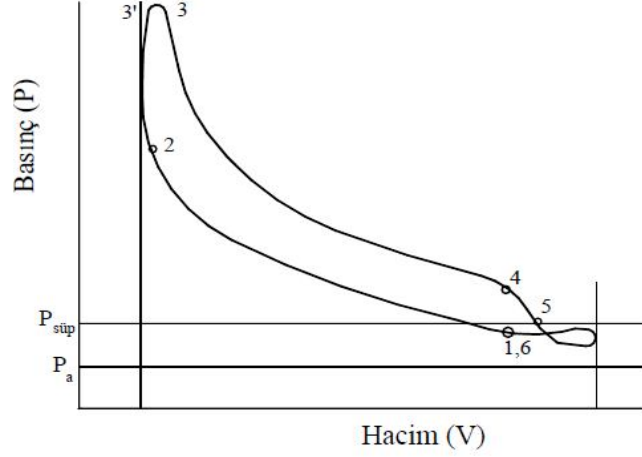
Şekil 4.7. Otto çevriminin P-V ve T-S diyagramı [13].

Sabit hacim çevrimi olarak da adlandırılan Otto çevrimi, günümüzün modern benzin motorlarının teorik çevrimi olarak kabul edilmektedir. Çevrim iki sabit hacim ve iki izentropik işlemden meydana gelmektedir.

Şekil 4.7’deki çevrimde görüldüğü gibi 1 ve 2 noktaları arasında izentropik sıkıştırma aşaması söz konusudur. Bu aşamanın başında basınç P_1 , sıcaklık T_1 ve hacim V_1 ’dir. Sonunda ise maksimum sıkıştırma konumuna ulaşılarak basınç P_2 , sıcaklık T_2 ve hacim V_2 olur. Sonra, çalışma maddesine bir dış kaynaktan 2 – 3 işlemi boyunca sabit hacimde ısı verilerek, gazın sıkıştırma sonundaki sıcaklık ve basıncı birkaç katına çıkarılır. Çalışma maddesi daha sonra, 3 noktasından 4 noktasına kadar izentropik olarak genişletilerek iş elde edilir. Son olarak, çalışma maddesinden 4 – 1 noktaları arasında sabit hacimde ısı atılarak çevrim tamamlanır [13].

İki zamanlı motorlarda çevrim, pistonun ölü noktalar arasındaki iki hareketiyle tamamlanmaktadır. Emme ve sıkıştırma zamanları ile iş ve egzoz zamanları birleştirilmiştir. Böylece pistonun her iki hareketinde (strokunda) veya krank milinin

her devrinde bir iş meydana gelmektedir. Şekil 4.8’de iki zamanlı motorun P-V diyagramı görülmektedir.



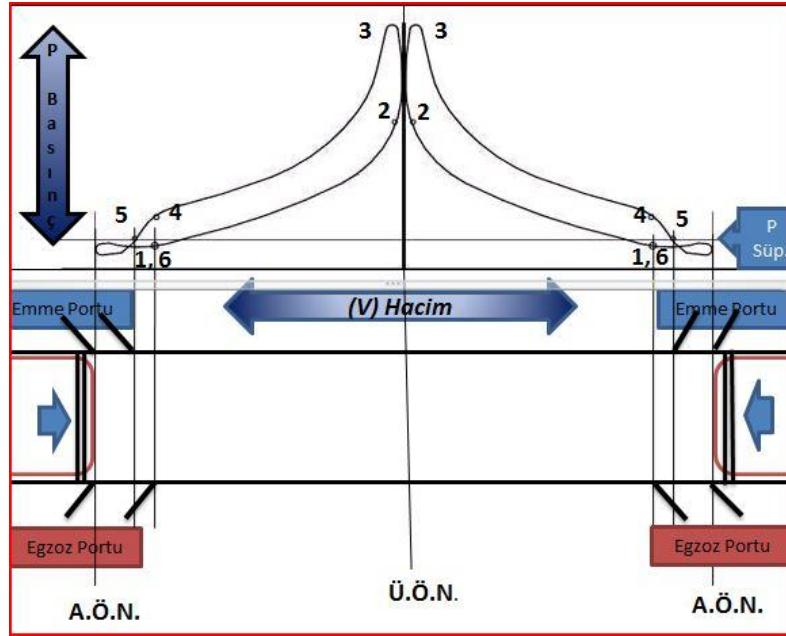
Şekil 4.8. İki zamanlı motorun P-V diyagramı [13].

Yanma olayı, P-V diyagramında benzin motorlarında 2-3, dizel motorlarında 2-3 eğrisi boyunca devam eder. Yanma olayı 4 zamanlı motorlarda olduğu gibi cereyan eder. Yanma sonucu oluşan basıncın etkisi ile piston, Ü.Ö.N.’dan A.Ö.N.’ya hareket ederken gazlar genişler ve yanma odasında basınç düşer. Piston A.Ö.N.’ya gelmeden 45-500 K.M.A. kadar önce egzoz portu açılır. Bu anda, yanma odası içerisindeki gazların basıncı $P_4 = 4-6$ bar ve sıcaklığı 1000 K dolaylarındadır. Egzoz portunun açılması ile basınç düşer. Piston daha sonra emme portunu açar ve taze hava veya hava-yakıt karışımı, karter basıncı ile ($P_{süp}=1,1-1,3$ bar) silindire girer. Silindirde bulunan yanmış gazları süpürerek, egzoz portuna doğru iter. Bu esnada piston A.Ö.N.’ya ulaşır.

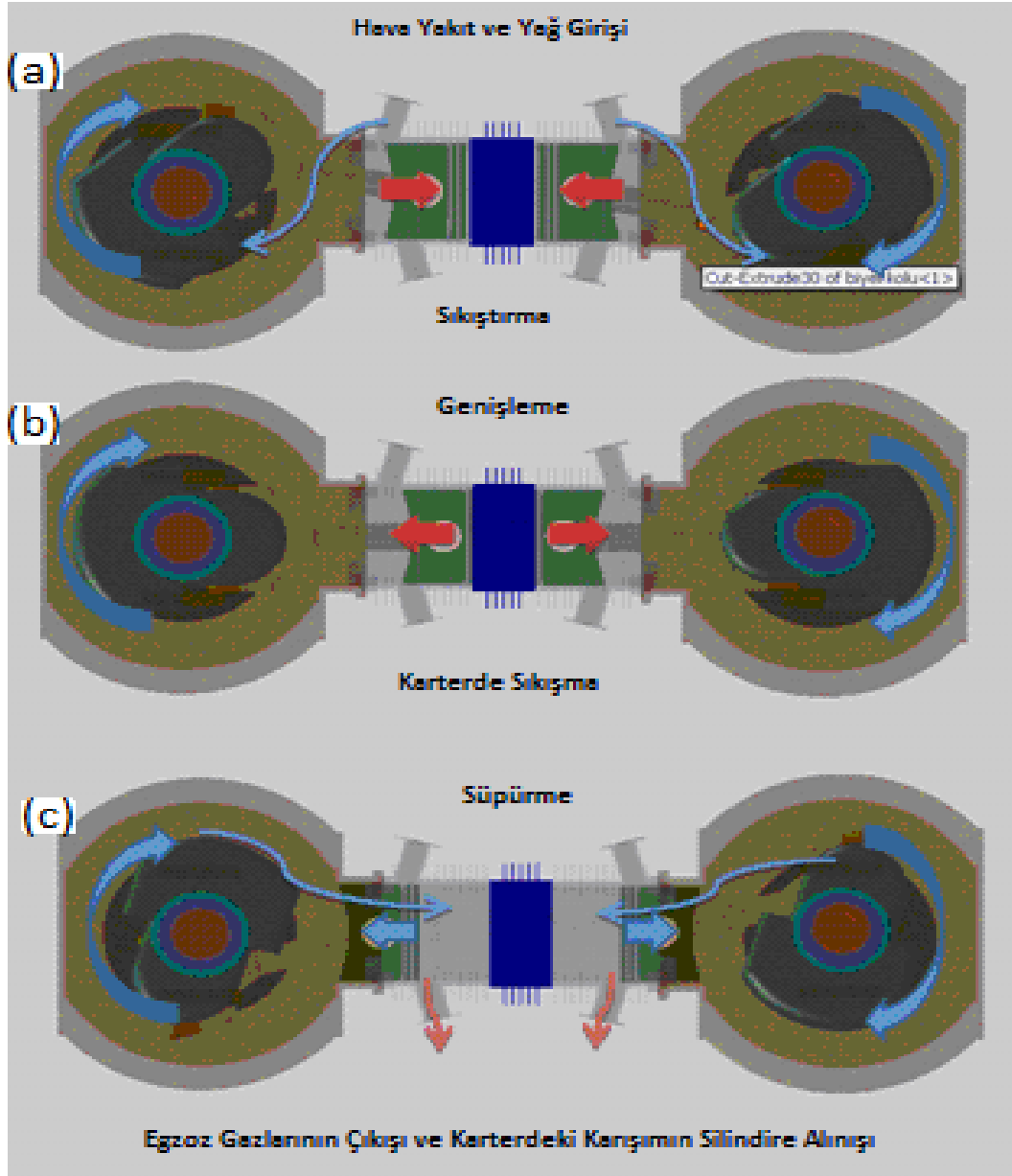
Piston A.Ö.N.’dan Ü.Ö.N.’ya hareket ederken önce emme portunu; daha sonra da egzoz portunu kapatır. Buradan da anlaşıldığı gibi egzoz gazları ve onların yerlerini alacak olan taze hava veya yakıt hava karışımı (dolgu) değişimi A.Ö.N. civarında meydana gelmektedir [13].

4.4. İKİ ZAMANLI MOTORLAR HAKKINDA

Krank milinin tam bir devrinde, diğer bir deyimle pistonun iki stroğunda bir iş çevrimi oluşturan makinelere iki zamanlı motor adı verilir. İki zamanlı motorlarda karışım silindire silindir gövdesine açılmış portlardan girerken, gazların atılışı, yine silindir gövdesi üzerine açılmış egzoz portları veya egzoz supapları üzerinden olmaktadır. Şekil 4.9’da iki zamanlı bir motorun hacmine göre basınç değişim diyagramı, Şekil 4.10’da iki zamanlı bir benzinli motorun çalışması şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.9. İki zamanlı karşıt pistonlu bir motorun gaz değişim diyagramı.



Şekil 4.10. İki zamanlı karşıt pistonlu benzinli bir motorun çalışmasının şematik gösterimi a) Sıkıştırma, Kartere emme, b) Genişleme, Karterde sıkıştırma, c) Süpürme.

4.4.1. Sıkıştırma İşlemi

Piston A.Ö.N.'da iken silindir içerisi taze karışım (yakıt-hava karışımı) ve artık egzoz gazları ile doludur. Piston Ü.Ö.N.'ya giderken daha yüksek olan egzoz portları kapanıncaya kadar etkin bir sıkıştırma olmaz. Taze karışımın bir bölümü egzoz portlarından dışarı kaçar. Bu durum iki zamanlı benzin motorlarının verimlerinin düşük olmasının temel nedenidir. Egzoz portları kapandıktan sonra etkin sıkıştırma

başlar. Politropik sıkıştırma sonunda gazların basınç ve sıcaklığı artar. Taze karışımın içindeki yakıt buharlaşır ve tutuşmaya hazır duruma gelir. Pistonun A.Ö.N.'sı ile Ü.Ö.N.'sı arasındaki hacim geometrik olarak strok hacmi olmakla birlikte, egzoz portlarının yüksekliği nedeniyle hacim kaybı olur ve etkin strok hacmi olur. Bu da iki zamanlı motorların gücünün iki kat olamamasının diğer bir nedenidir. Pistonun üst tarafı sıkıştırma yaparken alt tarafı karter boşluğu ve vakum oluşturur. Piston Ü.Ö.N.'ya yaklaştığında reed valften kartere yakıt hava karışımı dolar. Sıkıştırma sonunda;

Basınç;

Benzin motorlarında 10-14 bar

Dizel motorlarında 30-50 bar

Sıcaklık;

Benzin motorlarında 550-750 K

Dizel motorlarında 700-900 K

olur [13].

4.4.2. Yanma ve Genişleme İşlemi

Piston Ü.Ö.N.'ya ulaşmadan önce ateşleme avansı kadar bujide elektrik kıvılcımı oluşturulur. Yanmaya bağlı olarak küresel bir alev cephesi oluşur ve hızlı bir şekilde genişler. Yanma 1/1000 saniye kadar sürdüğünden bu sırada piston çok az hareket edebilir. Bu nedenle, yanmanın yaklaşık olarak sabit hacimde olduğu varsayılabilir. Yakıtın yanma ısısı açığa çıkar, sıcaklık ve basınç birdenbire artar. Oluşan basınçlı yanmış gazlar pistonu hızla A.Ö.N.'ya iter, hacim artar ve politropik genişleme olur. Krank milinden döndürme momenti ve yararlı iş elde edilir. Bu arada pistonun alt yüzü, kartere daha önceden dolmuş olan yakıt-hava karışımını biraz sıkıştırır. Piston A.Ö.N.'ya yaklaştığında, önce egzoz portları açılır. 0,3-0,5 MPa basınçlı yanmış gazlar egzoz kanalından hızla dışarıya boşalmaya başlar ve basınç hızlı bir şekilde düşer. Bunun ardından süpürme portları da açılır. Karterde biraz sıkıştırılmış olan taze karışım süpürme portlarından silindire gelerek, geriye kalan egzoz gazlarını süpürür ve dışarıya atar. Taze karışımı yönlendirerek daha iyi bir süpürme sağlamak amacı ile süpürme portları hafif alttan yukarı ve teğetsel olarak açılabilir ve piston tablasının üst tarafı hafif çıkıntılı yapılabilir. Süpürme yapılırken taze karışımın bir bölümü egzoz gazları ile dışarı kaçabilir. Ayrıca akım çizgilerinin ulaşamadığı ölü noktalarda artık egzoz gazları

bulunabilir. Bu da iki zamanlı benzin motorlarının verim ve güç düşüklüğünün başka bir nedenidir. Böylece pistonun iki hareketi veya krank milinin bir tam turu sonunda bir iş çevrimi tamamlanmış olur.

İki zamanlı motorlarda, portların açılma ve kapanma süreleri ile ateşleme veya püskürtme avanslarının önemi büyüktür. İki zamanlı motorların supap zamanları ve ateşleme avansları aşağıdaki değerler arasında değişmektedir [14].

Egzoz Portları	EGAA 50-60°	K.M.A.	A.Ö.N.'dan önce
	EGKG 50-60°	K.M.A.	A.Ö.N.'dan sonra
Emme Portları	EMAA 30-40°	K.M.A.	A.Ö.N.'dan önce
	EMKG 30-40°	K.M.A.	A.Ö.N.'dan sonra
Ateşleme Avansı	A.A. 10-20°	K.M.A.	Ü.Ö.N.'dan önce

Egzoz ve emme portlarının açılma avansları ve kapanma gecikmeleri aynı ise simetrik; farklı ise asimetric olarak adlandırılır.

Karşit pistonlu bir motorun imal edilebilmesi için öncelikle sanal ortamda tasarımı yapılarak çalışılmaya başlanmıştır. Tasarım için CATIA ve Solid Works programları kullanılmıştır. Tasarım aşaması, motorun mekanik çalışmasını pratik olarak gözlemlerken, motor parçalarının uyumu ve hareketlerinin görülmesi sağlanmıştır [14].

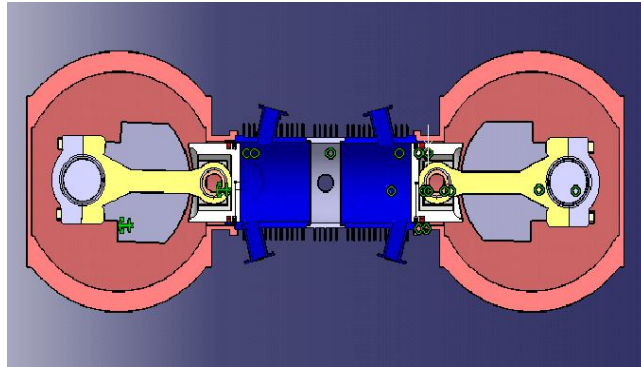
BÖLÜM 5

MATERYAL VE METOT

5.1. TASARIM VE İMALAT

Tasarım; birçok makinenin temelinde yatan parçaların üretim kolaylığının sağlanması için, ayrıca problemsiz üretilmesi açısından çok büyük kolaylıklar sağlamakta ve önemli bir yer kaplamaktadır. Motorun tasarımı sayesinde yapılmak istenen mekanizmaları sanal ortamda üç boyutlu olarak rahatlıkla görme imkânı sağlamıştır.

Motor prototipinin imkânlar dâhilinde en kolay biçimde yapılabilmesi için standart parçalar kullanılmıştır. Şekil 5.1’de görüleceği gibi kurmaya çalışılan sistem için gerekli olan parçalar, iki adet aynı çapa sahip piston, segman ve silindir bloğudur.



Şekil 5.1. Karşıt pistonlu motor tasarımı.

Ayrıca; pistonların çizgisel hareketinin dairesel harekete çevrilebilmesi adına bir pistona bir krank-biyel mekanizması bağlamak üzere, iki tane kranka, iki tane biyele ve krankların yataklanacağı gövdelere ihtiyaç vardır. Bu parçaların sıfırdan üretebilmesi hem maliyet açısından hem de zaman açısından bakıldığında zor olacağından birbirine uyumlu hazır parçalar kullanılması tercih edilmiştir.

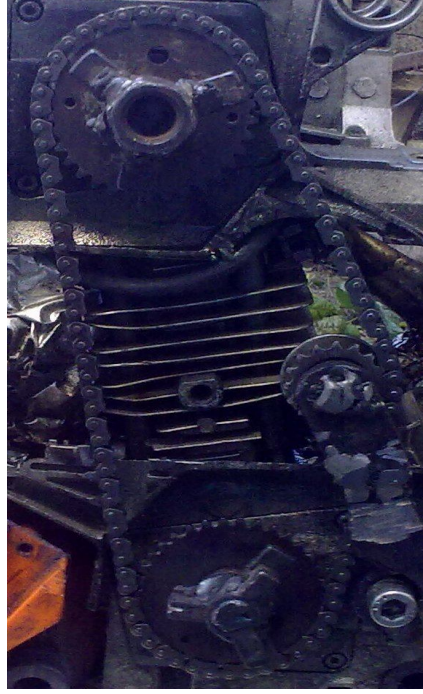
Karşıt pistonlu bir motor oluşturulabilmesi için ihtiyaç olan motor parçalarının temini ile yola çıkılmıştır. Tam teşekküllü çalışır halde Şekil 5.2’de görülen iki adet iki zamanlı ağaç kesme motoru alınarak parçaları kullanılmak üzere sökülüştür.



Şekil 5.2. İki zamanlı ağaç kesme motoru.

Amaç, iki pistonun aynı eksen üzerinde karşılıklı olarak tek bir silindir içerisinde emme manifoldundan giren havayı önüne sürükleyip ortada yüksek basıncı elde etmektir. Bu motorda pistonlardan bir tanesi süpürme pompası görevini üstlenir, bir diğeri ise normal görevini yerine getirir. Krank milleri birbirleriyle aynı doğrultuda olmayıp aralarında 10–15 derece açısal fark bulunur. Ancak tasarlanan motorun farkı da burada devreye girmektedir. Motorun imalatında iki zamanlı iki ayrı motorun kendi içinde çalışması kullanılarak bu sistem ortaya çıkarılmıştır. Burada açılış farklılığı egzoz manifoldunun önce açılıp egzoz gazlarının çıkması ve devamında emme manifoldunun açılmasıyla içeri temiz hava ve yakıt karışımının alınması işini gerçekleştiriyor. Ancak açılış farklılığı krankların birbiri ile değil de emme ve egzoz portlarının silindir üzerindeki mesafelerinin farklılığı ile gerçekleşmektedir. Bu durum normal bir iki zamanlı motorun çalışma prensibiyle her iki piston içinde ayrı ayrı gerçekleşmektedir. Bütün bu çalışma hareketi sağlanırken pistonları iten krank-biyel mekanizmaları da aynı açılışa sahiptir. Krankların Şekil 5.3’deki gibi zincirle açılış farksız bağlanarak iki pistonunda aynı anda alt ve üst ölü noktalarda buluşmaları

sağlanmaktadır. Tasarlanan prototip karşıt pistonlu motorun çalışmasını sağlayan en önemli unsur budur.



Şekil 5.3. Krankların zincirle bağlantısı.

Öncelikle pistonları aynı ekseninde karşılıklı olarak hareket edeceği silindir bloğunun oluşturulması işlemi üzerinde çalışılmıştır. Yapılan birçok silindir imalatı ve tasarımı çalışmaları sonlandıktan sonra birkaç deneme ile bu silindirlerin sistemli çalışmasında problemler yaşandığı görülmüştür.

Mevcut yanma odalı iki silindiri, ortadan kafa kafaya içi boş bir cıvata mantığıyla birleştirmeye çalışılmıştır. Ancak mekanizmanın çalışması esnasında kendi içinde oluşan gerilme ve burulmalardan kaynaklanan, alüminyum alaşım malzemesinden imal edilen silindirler karşılıklı gelen kuvvetlere dayanamayarak kırılmıştır. Bu sonuç farklı yöntemler denemeyi gerektirmiştir.

Alınan mevcut motorlarda, silindirlerinin yanma odasını oluşturan üst bölgeler kesilerek pistonların hareketini gerçekleştirmesi için silindirler oluşturulmuştur. Üst ölü noktaları kesilmiş silindirler Şekil 5.4'de gösterilmiştir.



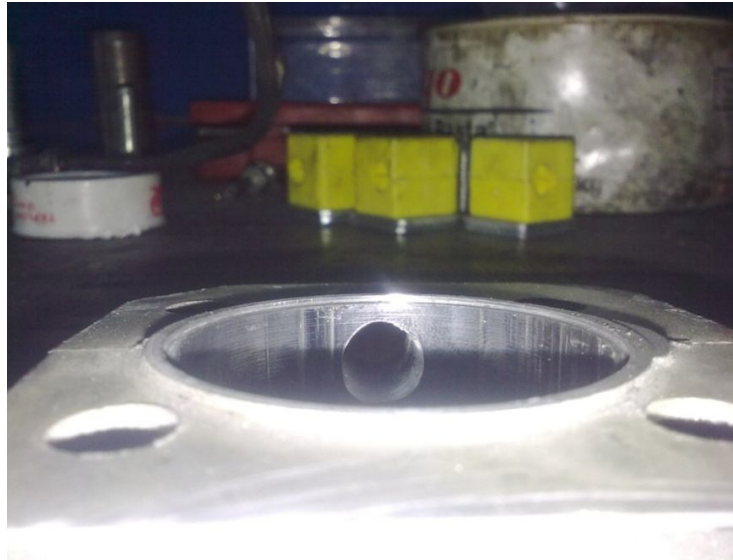
Şekil 5.4. Üst ölü noktaları kesilmiş silindirler.

Aynı silindir çapına sahip başka bir silindirden yanma odası oluşturmak için silindir şeklinde kesilerek orta parça oluşturulmuştur. Mevcut durumda 3 parça aynı iç çapa sahip silindirler imal edilmiştir. Silindirler kullanılan motorların kendi silindirleri olduğu için emme ve egzoz giriş-çıkışları hazır olarak bulunmaktadır. Bu durum bizim acımızdan büyük bir kolaylık ve katkı sağlamıştır. Çünkü hali hazırda üretilmiş, emme ve egzoz zamanları zaten sisteme uygun olarak ayarlanmış iki adet silindir oluşmuştur. Bundan sonraki aşama bu iki silindiri aynı eksen üzerinde karşılıklı olarak bir arada tutulmasıdır. Bu durum içinde Şekil 5.5’de gösterilen, ortaya gelecek olan üçüncü silindir parçası devreye girmiştir. Bu parçanın diğer iki silindiri bir arada ve aynı eksende tutması dışında başka önemli görevleri de bulunmaktadır.



Şekil 5.5. Yanma odasının oluşturulduğu ve bujinin takıldığı orta parça.

Şekil 5.6’da ortaya gelen silindirin iç kısmı görülmektedir. Bu parçanın önemli bir özelliği bujiye yataklık etmesidir. Ayrıca motorun yanma odasını oluşturmaktadır. İki piston karşılıklı olarak bu bölgede birbirlerine yaklaşmaktadır. Yüksek basınç ve ateşleme burada gerçekleştiği için en önemli parçalardan birisidir.



Şekil 5.6. Orta parça üzerindeki buji deliği.

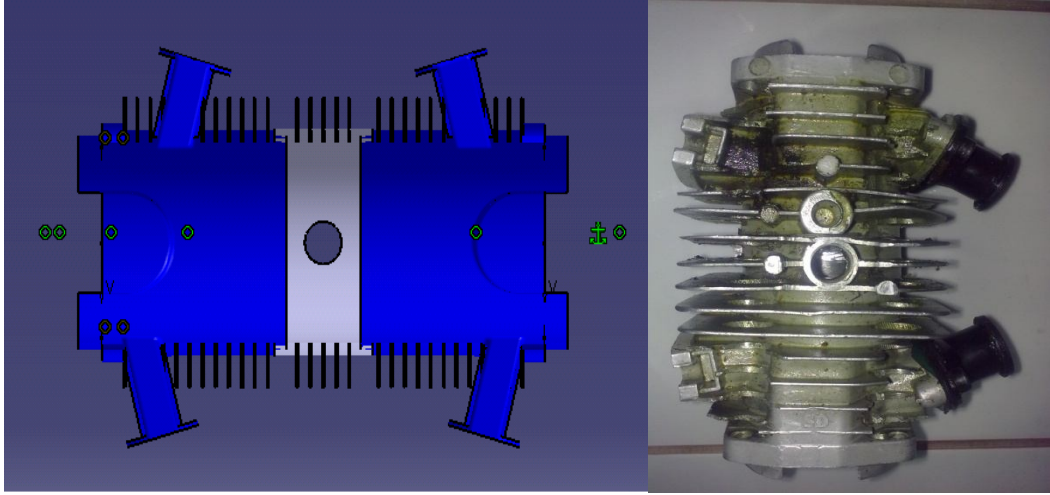
Bu bölüm yüksek basınç ve patlamaların olduğu bölüm olarak da adlandırılabilir. Bu parçanın içerisinde yüksek basınç ve patlamaların gerçekleşebilmesi için diğer parçalarla arasında uyumunu ve minimum sızdırmazlığa sahip olmasını sağlamak çok önemlidir.

Yanma odasını oluşturan bu parçanın diğer pistonlara yataklık eden silindirlerle arasında sızdırma olmaması ve piston kafalarının geçişinde problemlerin yaşanmaması için iç çapları birbirine eşit silindirleri kullanılması gerekmektedir. Bu parçalarında içice geçerek bir arada tek bir silindir görünümü almasını sağlamak için parçalara faturalar ve faturaların oturma kanalları yapılmıştır. Silindirleri birbirine bağlayan faturalar Şekil 5.7’de gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Silindirleri birbirine bağlayan faturaların görünümü.

Bu yüzden silindirler Şekil 5.8’deki gibi birbirleri içine geçecek şekilde faturalanmıştır. Faturalar sayesinde oturma yüzeyi ve kanalı oluşturularak sızdırmazlığın oluşması sağlanmıştır.



Şekil 5.8. Silindirleri birbirine bağlayan faturaların montaj halindeki görünümü.

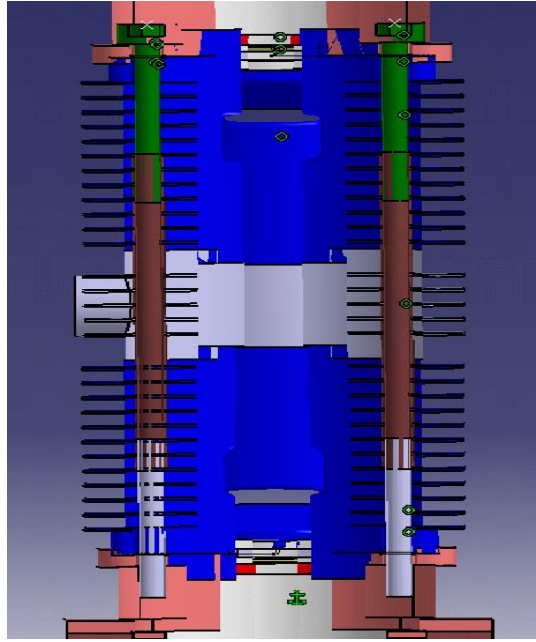
Faturalar yapılırken pistonlara yataklık eden kısımlar içerdeki silindir çapı bozulmadan dışarıdan tornalanmıştır. Ortadaki parça ise iç çaptan diğer parçaların fatura boyları ve fatura dış çaplarına göre torna tezgâhında işlenmiştir. Fatura tasarımı yapılırken karşılaşılan sorunlar içerisinde pistonun segman kanalının üstündeki bölgelerinin yani piston kafalarının, Ü.Ö.N.'ya geldiklerinde iki ayrı silindir geçişinde takıldıkları gözlenmiştir. Bu durumun sebebi, büyük ve küçük dayanma yüzeyleri olduğu için o bölgelerdeki geçişlerin kolaylaştırılması gerekmektedir. Bunun için ortadaki parçanın iç yüzeyine taşlama yapılarak problemin çözülmesi sağlanmıştır.

Yanma odası hacmi daraltılarak motor gücünün artması planlanmıştır. Bunu yapmak için Şekil 5.9'da faturalarla birleştirilmiş 3 parçadan oluşan silindirlerin ortasındaki yanma odasını oluşturan parçanın faturaları derinleştirilerek yapılmıştır. Bu işlem yapılırken orta parça bujiye yataklık ettiği için piston Ü.Ö.N.'ya geldiğinde buji tırnaklarının piston kafalarına değecek kadar yakınlaştığını gözlenmiştir. Bu duruma da çözüm olarak bujinin oturma yüzeyine 2 adet bakır pul takarak bujinin, yataklandığı deliğin biraz daha içerisinde kalması sağlanmış ve tırnak konumları piston kafalarına gelmeyecek şekilde sıkılma pozisyonuna getirilerek takılmıştır.



Şekil 5.9. Üç ayrı silindirin ayrı halde görünümü.

Faturalarla tek bir silindir görünümü haline gelen bu üç adet farklı silindiri bir arada tutmak yine yeterli gelmemiştir. Silindirleri bir arada tutmak için dört adet saplama cıvatalarının, silindir gövdelerine delikler denk gelecek şekilde delinip dış açılarak sıkılması sağlanmıştır. Silindirleri bir arada tutmak için kullanılan dört adet saplamamın CATIA'daki kesiti Şekil 5.10'da gösterilmiştir.



Şekil 5.10. Silindirleri bir arada tutmak için kullanılan saplamaların CATIA'daki kesit görünümü.

Bu sıkma işlemi motorun parçalarını ve genel sistemi bir arada tutması açısından önemli bir kısımdır. Dört adet saplama, öncelikle gövdeye açılan dişlere takılmıştır. Sonrasında piston üzerindeki segmanlar muhafaza edilerek silindir, Şekil 5.12'deki gibi saplamlar üzerinden yerleştirilmiştir. Kullanılan saplamlar metrik altı çapındadır. Birleştirme sistemsel olarak diğer gövdede takıldıktan sonra gövdenin arkasından gelen alyan başlı yine metrik altı cıvatalarla sağlanmaktadır. Alyan başlı cıvata ve saplamaı birleştiren ayrı bir parça daha vardır. Bu parça her iki ucu da açık boru şeklindedir. Bu parça üzerinde öncelikle metrik altıya uygun iç çapına diş açılmıştır. Kullanılan parça ve kılavuz Şekil 5.11'de gösterilmiştir.



Şekil 5.11. M6'ya uygun iç çapına diş açılmıştır.

Sonrasında saplamlara takılmıştır. Sıra ortaya gelecek silindirin takılmasına gelmiştir. Ortadaki silindirde takıldıktan sonra üçüncü silindir parçasının takılması gerekmektedir.



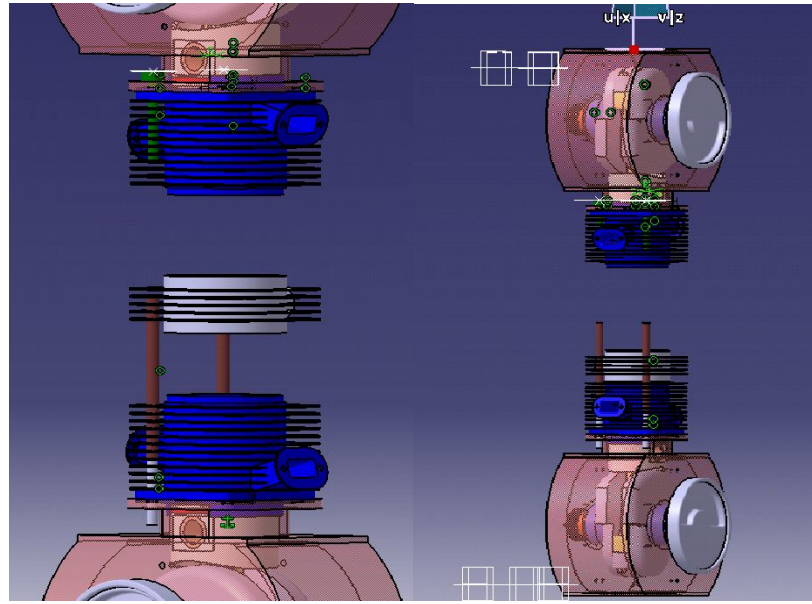
Şekil 5.12. Motorun alt kısmıyla (karter, krank, piston ve biyel takımı) silindirlerin saplamalarla bağlantısı.

Ancak bu parçanın takılması tek başına kendisini etkilememektedir. Alttaki silindirde olduğu gibi bu silindirde de piston çalışacağı için öncelikle piston takımının Şekil 5.13'deki gibi gövde ile birlikte takılması gerekmektedir. Aynı şekilde diğer gövde ve piston takımı ile birleştirildikten sonra diğer gövdedeki alyan başlı cıvatalar deliklerinden geçirilerek kendi eksenlerinde montajı sağlanmıştır.



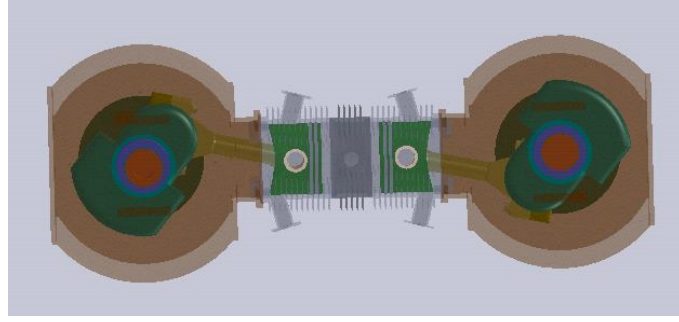
Şekil 5.13. Montajda karşılık gelen alt kısım ve silindirin takılışı.

Bu işlemlerden sonra, iki ayrı motor mekanizmasını yani krank-biyel mekanizmasını, pistonu ve silindiri birleştirme işlemi kalmıştır. Diğer gövde Şekil 5.14’de görüldüğü gibi ters çevrilerek silindirler alyan başlı cıvatalar ve silindir üzerindeki faturalar sayesinde pistonlar aynı eksende kafa kafaya gelecek şekilde yaklaştırılıp birleştirme işlemi sağlanmıştır. Bu işlem sayesinde üç adet farklı silindir tek bir silindir haline getirilmiştir. Motorun komple birleşmiş Solid Works’teki görünüşü Şekil 5.15’deki gibidir.



Şekil 5.14. Silindirlerin saplama ve alyan başlı cıvatalarla motor gövdesine bağlanışının CATIA programında görünüşü.

Oluşturulan silindir, karşıt pistonlu prototip motorun imalatının en önemli parçası olmuştur. Bu parça iki ayrı motorun kesişim noktasıdır ve motorun çalışması için gerekli olan yanmanın gerçekleşeceği parçadır. Ayrıca karşılıklı olarak gelen motorları birleştiren parçadır.



Şekil 5.15. Motor montaj halindeyken Solid Works'teki görünüşü.

Malzeme olarak alınan motorlar; tam teşekküllü iki zamanlı ve çalışan birer mekanizma oldukları için, karşıt pistonlu motoru oluşturacak diğer parçalarımız fabrikasyon olarak hazır bulunduğundan çalışmayı kolaylaştırmıştır. Kranklar motorun gövdesinde yataklanmış olarak hazırdır. Çalışma prensiplerine uygun olarak ateşleme sistemi ve gerekli avans ayarı hazır şekilde bulunmaktadır. Ateşleme sistemi manyetik olarak volan üzerindeki mıknatıslardan konumu algılayıp pistonlar Ü.Ö.N.'ya yaklaştığında ateşlemesini gerçekleştirmektedir. Ateşleme sisteminin motor üzerindeki görünümü Şekil 5.16'da gösterilmiştir.



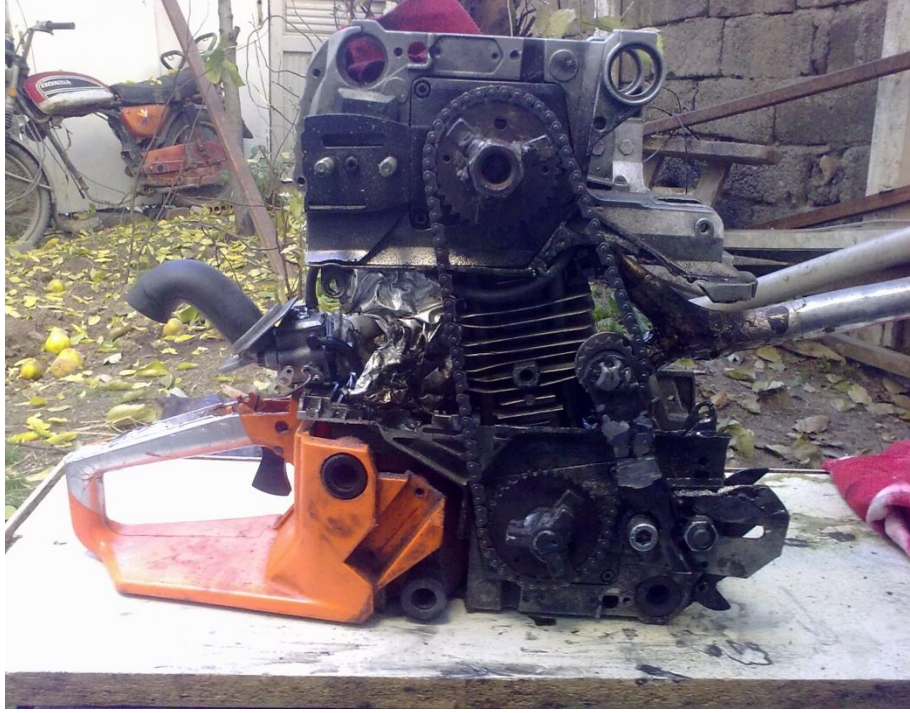
Şekil 5.16. Ateşleme sisteminin motor üzerindeki görünümü.

Krank mekanizmasının üzerinde volan ve biyelin dışında, karşılıklı olarak iki pistonun aynı eksen üzerinde hareket etmesini sağlayacak ve krankları birbirlerine bağımlı hareket ettirecek birer dişli mekanizması bulunmaktadır. Dişliler Şekil 5.17'de gösterilmektedir.



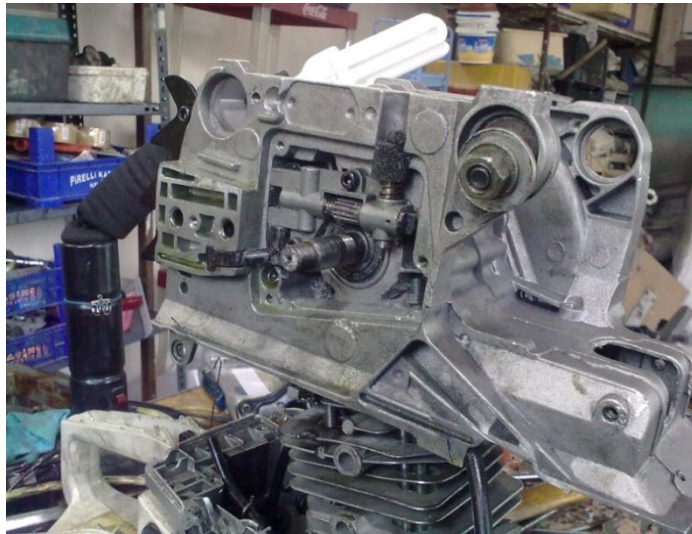
Şekil 5.17. Dişli ve zincirin görünümü.

Motorun montajını yapılırken karşılıklı motorların silindirleri standart şekilde bağlandığında egzoz ve emme manifoldları terste kalmaktadır. Bir tarafta hem emme hem egzoz olmaktadır. Bunun için ilk silindir parçası motora ters takılmıştır. Alt kısmında silindirin karterle olan ilişkisi iki adet conta kullanılarak karter sızdırmazlığı da minimuma düşürülmüştür. Sonrasında orta ve üst silindir parçaları faturalarından yerine oturtulup yanma odası ve diğer karşılık gelecek pistonun gireceği silindirde takıldığında egzoz çıkışları bir tarafta, emme girişleri bir tarafta olacak şekilde montajı yapılmıştır. Motordaki bu değişiklik Şekil 5.18’de gösterilmektedir.



Şekil 5.18. Karşıt pistonlu motorun emme girişlerinin solda ve egzoz çıkışlarının sağda olduğu genel bir görünüm.

Silindirleri motorun alt mekanizmasına bağlayan cıvata ile krankların yatakladığı yağlamanın sağlandığı karter kısmı ve ateşlemeyi barındıran elektronik sisteminde dâhil olduğu alt kısımlar bağlanarak sistem oluşturulmuştur.



Şekil 5.19. Karşıt pistonlu motorun montajında üste gelen mekanizma.

Sistem oluşumundan sonra her iki pistonunda kendi üst ölü noktalarına getirilerek Şekil 5.20'deki gibi bir zincir ve gergi sayesinde mekanizmanın birbirleriyle uyumlu olarak çalışması sağlanmıştır. Dişlilerin diş sayısı ve çaplarının aynı olması sayesinde, iki pistonunda aynı hareketi yapmaları sağlanmıştır.



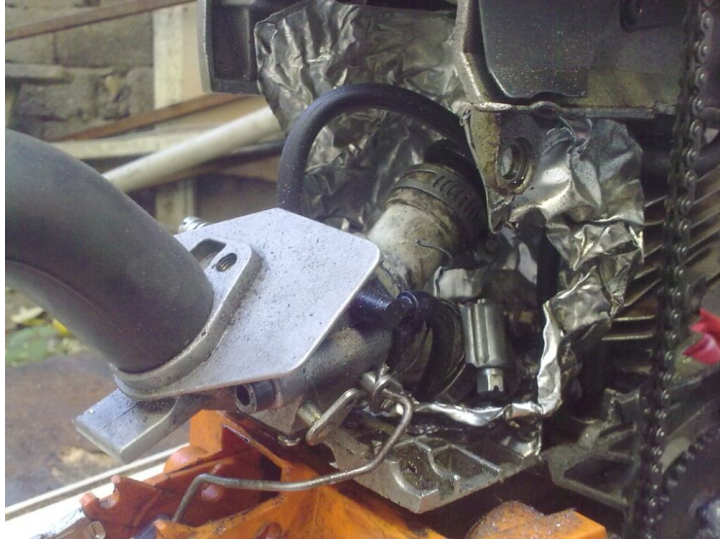
Şekil 5.20. Krankların zincir ve gergisiyle bağlanmış hali.

Motorların ateşleme avansları kendiliğinden ayarlı olduğu için çalışma prensipleri sistemsel olarak hazırdır. Şekil 5.21'de ateşleme sisteminin motor üzerindeki hali görülmektedir.



Şekil 5.21. Ateşleme sisteminin görünüşü.

Bu aşamalardan sonra mevcut sistemde iki adet emme girişi ve iki adet egzoz çıkışı bulunmaktadır. Motorun karakteristik özelliklerini ölçebilmemiz açısından tek bir karbüratörden sisteme yakıt göndermemiz gerekmektedir. İki ayrı emme girişini tek bir giriş yapılabilmesi için plastik çatal boru kullanılmıştır. Çatalların emme girişlerine bağlanması Şekil 5.22'de gösterilmiştir.



Şekil 5.22. Karbüratörün iki ayrı girişe yakıt vermesini sağlayan plastik çatal borunun görünümü.

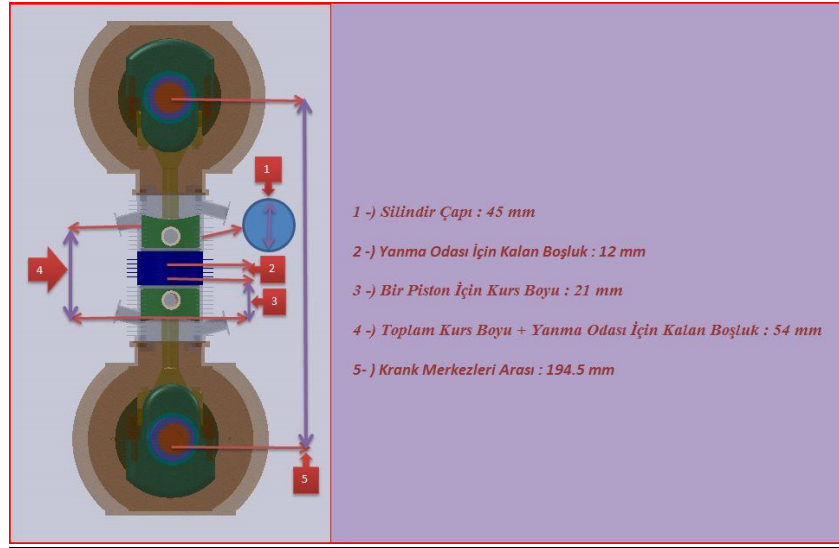
Çatalın diğer tarafındaki girişine de karbüratör bağlanmıştır. Ağaç kesme motorunun kendi üzerindeki parçalarından yakıt deposu da sisteme uygun olduğu için muhafaza edilmiştir ve yakıt hortumları da karbüratöre bağlanmıştır. Bunun dışında sistem üzerinde karbüratörün çalışması için gerekli olan vakum hortumu da bulunmaktadır. Motorun gövdesini oluşturan ve karter diye adlandırılan kısma açılan vakum prosesini oluşturacak alt ve üst gövdede olmak üzere iki farklı hortum bulunmaktadır. Bu iki hortum yine bir aparat sayesinde tek bir çıkışla birleştirilip karbüratördeki girişine takılmıştır.

Mevcut durumda karbüratör tek silindirli iki zamanlı bir motora uygun olduğu için istenilen performansı gösterememiştir. Çünkü sistem iki adet piston ile çalışmaktadır. İçeriye iki adet pistonun kullanacağı hava ve yakıt karışımının alınması gerekmektedir. Bunun için karbüratör ayarlarını değiştirerek birkaç veri elde

edilmiştir ancak sistemin kusursuz çalışmasına yeterli gelmemiştir. Gözlemlenen çalışmalarda, gaza yüklenildiğinde motorun çalıştığı ancak rölanti devirlerinde etkin bir çalışma sağlanamadığı anlaşılmıştır. Bu işlem için de rölanti devresi yakıt gelişi deliği iğne yardımı ile biraz genişletilmiştir. Ancak sadece buda yeterli olmamıştır. Burada karşılaşılan bir diğer sorunda, gaz kelebeği rölanti devresinde kapalı konumda bulunduğu için içeri hava ancak tek pistonu karşılayacak şekilde alınmaktadır. Bunun içinde hava giriş deliği de büyütülmüştür ve sonucunda motorun çalışmasına pozitif etkileri olmuştur. Motorun stabil çalışabilmesi için iki adet silindir hacmi düşünülerek daha büyük silindir hacmine sahip iki zamanlı bir karbüratör sisteme dahil edilerek sorun aşılmıştır.

Motorun ilk hareketi dişli sistemi üzerine kaynakla bağlanan bir somun ve bu somuna uygun lokma anahtarı ve bir matkap yardımıyla sağlanmaktadır. Bütün sistemler ateşleme, yakıt, zincir ve ana parçalar montaj edildikten sonra motor matkapla döndürüldüğünde çalıştığı görülmüştür.

5.2. TEKNİK VERİLER VE HESAPLAMALAR



Şekil 5.23. Tasarım motoruna ait teknik veriler.

5.2.1. Bir Silindirin Kurs Hacmi

Tasarımı yapılan motorda tek silindir içerisinde iki farklı pistonun çalışması gerçekleştiği için iki silindirli olarak düşünülmektedir. İki pistonun kursu tek kurs olarak kabul edilmektedir. Motorun başka bir özelliği de iki zamanlı olması ve supap kullanılmamasıdır. Bu durumda kurs hacmi hesaplanırken pistonun içeride havayı sıkıştırmaya başladığı an göz önünde bulundurulmuştur. 4 zamanlı motorlarda genellikle kurs boyu krank çapına denk gelmektedir. Çünkü supap ve 4 zamanın ayrı ayrı gerçekleşmesi pistonun alt ölü noktadan itibaren önüne kattığı havayı süpürme ve sıkıştırma imkânı sağlamaktadır. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda tasarımı yapılan motor için kurs başlangıcı egzozun kapandığı ana denk gelmektedir. Egzoz kapanmadığı halde hava basıncı yani P1 1 atm kabul edilir. İki piston içinde egzozun kapanma anından itibaren üst ölü noktaya kadar süpürdükleri hacim kurs hacmini oluşturmaktadır. Bu mesafe tek bir piston için 21 mm'dir. İki pistonda süpürdüğü için toplam mesafe 42 mm'dir. Şekil 5.23'de temsili olarak mesafeler gösterilmiştir.

Silindir Çapı: $(D) = 45 \text{ mm}$

$V_h \Rightarrow$ Bir silindirin kurs hacmi

Piston Yolu: $(H) = 42 \text{ mm}$

$V_H \Rightarrow$ Motorun toplam silindir hacmi

$z \Rightarrow$ Silindir sayısı

$$V_h = \frac{\pi * D^2}{4} * h_1 \Leftrightarrow \frac{\pi * 4.5^2}{4} * 4.2 = 66.790 \text{ cm}^3$$

5.2.2. Yanma Odası Hacmi

Yanma odası hacmi, ilk çalışmalarda motorun sadece yeterli sıkıştırma oranı ile çalışmasını sağlamak amacı ile tasarlanmıştır. İlk karşılaşılan problem, üç farklı silindiri aynı ekseninde bir arada tutup sızdırmazlığını sağlamak olmuştur. Bu problem silindirler üzerinde açılan faturalar ve motoru birleştiren karşılıklı civata ve saplamalarla aşılmıştır. Bundan sonraki aşama yanma odası için ayrılan hacmin sıkıştırma sonu basıncına yönelik geliştirmelerle devam etmektedir. Yanma odası hacmi; benzinli bir motor için sıkıştırma sonu basıncının max. ve min. değerleri göz

önüne alınarak, yakıtın erken ateşleme ve vuruntu oluşup kontrolsüz yanması durumları da düşünülerek tasarlanmıştır. Ayrıca benzinin basınç ve sıcaklık artışına bağlı olarak gaz hale geçmesi ve yanmanın hızlanması açısından da bu değerler önemlidir. Üzerinde çalışılan tasarım için benzinli bir motor olması sebebi ile yanma odasını oluşturan bölüme açılan bir buji deliği olması gerekmektedir. Bu duruma bağlı olarak bujinin çapı da hesaba katılarak max. 12mm'ye kadar düşürülebilmektedir. Yani pistonların ikisinde üst ölü noktaya geldiğinde aralarındaki mesafe max. 12mm'ye kadar yaklaştırılabilmiştir. Teorik olarak yanma odası hacmi de aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

$$V_c = \frac{\pi * D^2}{4} * h_1 \Leftrightarrow \frac{\pi * 4.5^2}{4} * 1.2 = 19.085 \text{ cm}^3$$

5.2.3. Sıkıştırma Oranı

Sıkıştırma oranı motor ile ilgili verilerin tümü ile alakalıdır. Bu oran, tasarımı etkilemektedir. Tasarımı yapılan motor için, kullanılan parçaların standart oluşu da sıkıştırma oranını ayarlamak açısından önem teşkil etmektedir. Kullanılan parçalar, tek pistonlu, farklı sıkıştırma oranına sahip, standart tek silindirli ve iki zamanlı motor parçalarıdır. Tasarımın dez avantajı olarak değerlendirilen sıkıştırma oranını direk etkileyen buji deliği çapından dolayı bırakılan mesafe, malzemelerin dayanımı açısından aslında avantaj sağlamaktadır. Çünkü parçaların çekme burulma gibi imalat hesapları karşıt pistonlu bir motorun ulaşabileceği max. sıkıştırma oranına uymayıp, parçaların deforme olması muhtemeldir. Hesaplanan kurs hacmi ve yanma odası hacmi bilgileri ile aşağıdaki formüller vasıtası ile bu oran hesaplanabilmektedir.

\mathcal{E} = Sıkıştırma oranı

$V_1 \Rightarrow$ Sıkıştırma başlangıcındaki hacim (Bir silindirin toplam hacmi)

$V_2 \Rightarrow$ Sıkıştırma sonu hacim

$V_h \Rightarrow$ Bir silindirin kurs hacmi

$V_c \Rightarrow$ Bir silindirin yanma odası hacmi

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_1}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c} \Leftrightarrow \varepsilon = \frac{66.790 + 19.085}{19.085} \Rightarrow \varepsilon = 4.4 / 1$$

Bu sıkıştırma oranı, güç elde etme açısından çok iyi bir değer değildir. Ancak motorun çalışması açısından ilk aşamada yeterlidir. Bu oranı yükseltmenin bir yolu da daha büyük çapta silindir ve pistonlar kullanmaktır. Üzerinde çalışılan tasarımda sıkıştırma oranının artırılabilmesi için; piston kafalarına, yanmaya yön verecek ve bujiye değmeyecek şekilde parça monte edilebilir.

Termik Verim

k : Adyabatik üs = cp/cv

ε : Sıkıştırma Oranı = 4,4/1

η_{th} : Termik Verim

$$k = \frac{C_p}{C_v} = \frac{1,0035 \text{ kj}}{0,7165 \text{ kj}} = 1,4$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} = 1 - \frac{1}{4,4^{1,4-1}} = \%45$$

5.2.4. Sıkıştırma Sonu Sıcaklığı

Tasarlanan motor üzerinden alınan verilerle, teorik olarak sıkıştırma sonu sıcaklığını da aşağıdaki formüllerle Kelvin olarak hesaplanabilir.

$$T_1 = 27^\circ C + 273 = 300 K$$

$$T_2 = T_1 * \varepsilon^{k-1} \Rightarrow T_2 = 300 * 4.4^{1.4-1} \Rightarrow T_2 = 542.63K$$

5.2.5. Sıkıştırma Sonu Basıncı

Sıkıştırma sonu basıncı için gerekli olan bilgilere de teorik olarak N.Ş.A.'da atmosfer basıncı baz alınarak hesaplanabilmektedir.

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 100 \text{ kPa}$$

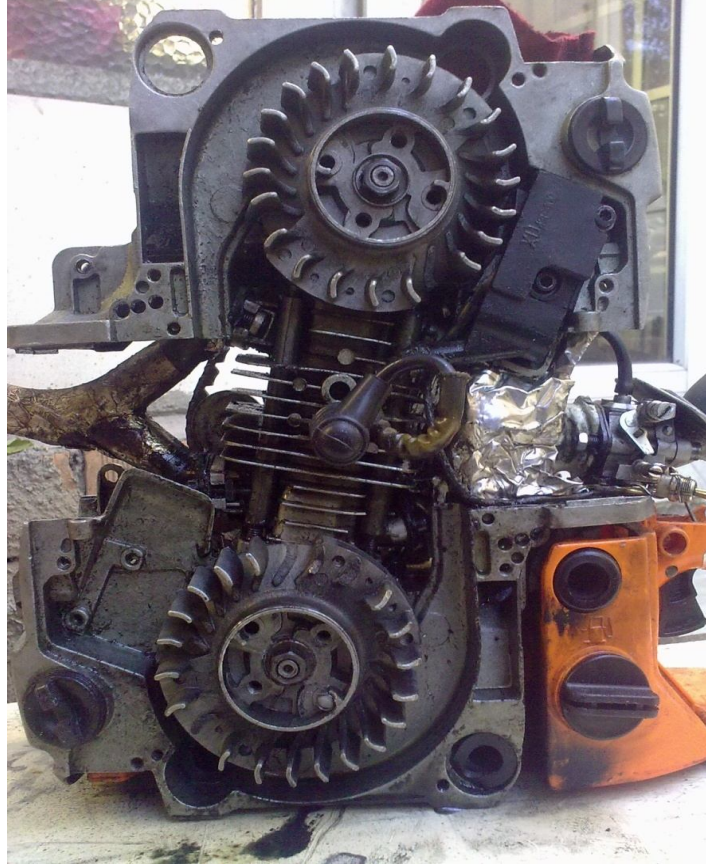
$$P_2 = P_1 * \varepsilon^k \Rightarrow P_2 = 100 * 4.4^{1.4} \Rightarrow P_2 = 795 \text{ kPa}$$

Çıkan sonuç değerlendirildiğinde, çalışmaların gerçekleştirildiği atölyede bu basıncın ve teorik hesaplamaların doğruluğunun test edilebilmesi için manometre ile ölçümler yapılmıştır. Ölçümler, motor çalışma sıcaklığı şartlarında iken buji sökölüp manometre buji deliğine takılarak yapılmıştır. Motor matkap yardımı ile en az 7 tur olmak şartı ile döndürülmüştür. Manometreden alınan değerin yaklaşık 8 bar olduğu görülmüştür ki bu da bulunan sonucu doğrulamaktadır.

Mevcut imkânlar doğrultusunda motor üzerinden alınan verilerle diğer teknik hesapların yapılabilmesi imkânı bulunamamıştır. Bundan sonraki değerlerin hesaplanabilmesi için gerekli olan yanma sonucu basıncı, yanma sonu sıcaklığı ve sisteme alınan ısı enerjisi bilgilerinden en az birinin bilmesi gerekmektedir. Bu verilerle motorun gücünü teorik olarak hesaplayıp değerlendirme imkânı bulunabilir. Uygun şartlar ve imkânlar sağlandığında bundan sonraki aşamalarda motorla ilgili testler ve değerlendirmeler yapılması planlanmaktadır. İlk aşama olarak karşıt pistonlu olarak tasarlanmış bir motorun çalıştırılması incelenmektedir.

5.2.6. Motorun Soğutma Sistemi

Üretilen motorun volanları üzerinde hava sirkülasyonu sağlaması için santrifüj fan bulunmaktadır. Volan ve üzerlerindeki paletler Şekil 5.24'de gösterilmektedir. Motorun etrafı, plastik kapaklarla kapatılıp havaya yön verilerek silindirin soğuması sağlanmaktadır. Yeni tasarımda da bu sistem fırsat olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 5.24. Volanlar üzerindeki hava sirkülasyonu sağlayan paletlerin, kapaklar takılmadan görünüşü.

Ancak motor üzerindeki kapaklar ağaç kesme motorundaki sisteme göre tasarlandığı için tamamen kullanılamamıştır. Volan tarafındaki kapak olduğu gibi alınıp yan kısmından gövdeye civataları ile bağlanarak takılmıştır.

Alt ve üst gövdeler için ayrı ayrı bu işlem gerçekleştirilmiştir. Bu kapaklar yeni tasarımda tek başına volanın üzerindeki santrifüj fan sayesinde çektiği havaya yön vermesi için yeterli gelmemektedir. Bunun için motorun eski halinin üst kapakları da kullanarak, ortada açık kalan kısmı kapatmak için iki ayrı kapağında yan kanatları kesilerek karşılıklı olarak tasarlanmış ve bant yardımıyla birleştirilerek ayrı bir parça daha oluşturulmuştur. Şekil 5.25’de volanlar üzerinde hava sirkülasyonu sağlayan kapakların takılmış hali görülmektedir.



Şekil 5.25. Volanlar üzerinde hava sirkülasyonu sağlayan kapakların takılmış hali.

Bu parçanın takılması için gövde üzerinde cıvata bağlantıları bulunmaktadır. Bu sayede her iki volandaki kanatların sağladığı hava sirkülasyonu ortada birleşerek silindirin kanatları arasından geçmesi sağlanıp, silindirlerin üzerindeki isi dağıtılmış olmaktadır. İmalatı yapılan motorun soğutma sistemi hava ile gerçekleşmektedir.

5.2.7. Motorun Yağlama Sistemi

Yeni tasarlanan motorun yağlama sistemi içinde hazır parçaları ve hazır sistemleri kullanmak işimizi büyük ölçüde kolaylaştırmıştır. Motor üzerinde değişiklik yapılmamış hali düşünüldüğünde yani iki zamanlı benzinli bir motorun çalışma prensipleri düşünüldüğünde, bu tarz motorların yağlanması yakıt sistemi ile gerçekleşmektedir. İki zamanlı benzinli motorlarda yağ, benzin ile 1/12 oranında karıştırılarak içeri alınmaktadır. Ancak burada ayırt edilmesi gereken durum hava, benzin ve yağ direk pistonun önüne ya da yanma odasına alınmamaktadır. Vakum olayı, piston üst ölü noktaya çıkarken karter kısmında gerçekleşmektedir. Yani hava yakıt ve yağ, piston üst ölü noktaya çıkarken ilk önce kartere emilmektedir. Bu işlem olduğunda da karışım içerisindeki yağ; karter, piston ve biyel rulmanlarına direk temas etmekte ve yağlama işlemi gerçekleşmektedir.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

“Karşıt pistonlu benzinli bir motorun tasarımı, imalatı ve çalıştırılması” konulu çalışmada; pistonlu içten yanmalı motorların performansının artırılması ve standart bilinen motorların dışında farklı sistemlerin çalışmasının gözlenmesi incelenmiştir. Tasarımdan imalata birçok detay, problem ve çözümlenmeleri ile farklı tasarımda çalışan bir motor ortaya çıkarılmıştır.

Literatürdeki karşıt pistonlu motorlarla alakalı olarak yapılan çalışmalar incelenmiştir. Birçok farklı tasarımdaki motorların çalışmaları incelenerek, tasarlanan motor üzerinde gerekli değişiklikler geliştirilmiştir. Dolayısı ile üzerinde çalışılan karşıt pistonlu motorun tasarımında, diğer benzer motorlara göre farklılıklar bulunmakta ve değişik özellikler taşımaktadır.

Üzerinde çalışılan karşıt pistonlu motorun imal edilmişinde, parçaların uyumu ve çalışabilirliği açısından standart motor parçalarından yararlanılmıştır. Böylece; hem prototip imalinde oluşabilecek problemler minimize edilmiş, hem de yeniden parça üretmeye gerek kalmamıştır. Bu motorun imalatındaki iş yükünü ve maliyetini azaltmıştır. Motorun, bir blok oluşturacak şekilde üzerinde taşıyacağı parçaların üretilmesi sağlanmıştır. Yapılan tasarım ile piston hareketlerine bağlı olarak emme girişleri ve egzoz çıkışlarının zamanlaması; krank, biyel, piston ve silindir hazır olarak kullanıldığı için ayrıca bir hesaplama düşünülmeden ayarlanmıştır. Karşılıklı sistemler montajlandıktan sonra iki farklı krank; zincir ve dişliler yardımı ile bağımlı olarak çalışması sağlanmıştır. Zincir sayesinde kranklar aynı yöne dönmekte ve dönme etkisi ile pistonlar üst ölü noktalarda birbirine yaklaşarak sıkıştırma işlemini gerçekleştirmektedir. Ayrıca ateşleme, yağlama ve soğutma sistemleri de kullanılan standart motorlardan hazır olarak alınmış ve tasarıma uygun halde getirilerek çalışması sağlanmıştır. Karşıt pistonlu motorun bütün parçaları; sisteme ve çalışma

prensiplerine uygun bir şekilde montaj edildikten sonra bir arada çalışması gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak aynı yöne dönen çift krank milli karşıt pistonlu bir motor üretilip çalışması sağlanmıştır.

Bundan sonraki aşamalar için ortaya koyulan tasarımın sonucu olan karşıt pistonlu aynı yönde dönen çift krank milli bir motorun gelişiminin sağlanması için;

- Motorun güç, moment ve yakıt sarfiyatı gibi karakteristiği testlerle ölçülerek sonuçlara göre motorun iyileştirilmesine gidilebilir.
- İhtiyaç duyulan motor gücüne göre daha büyük çaplara sahip piston ve silindirler kullanılabilir.
- Sıkıştırma oranı artırılıp azaltılabilir ve alternatif yakıtlarla denenebilir.
- Bujinin yeri ve konumu değiştirilebilir,
- Akışkanın silindir içine giriş ve çıkışını yönlendirerek piston tepesi tasarlanabilir.
- Yağlama sistemi açısından motor yatay olarak konumlandırılabilir. Aksi halde yeni bir yağlama sistemi tasarlanmalıdır.
- Aynı yönde dönen krank mili çıkışlarındaki dişlilerden planet dişli sistemine yörünge dişliden veya güneş dişliden hareket girdisi verilebilir.

KAYNAKLAR

1. Ford, H. and Dearborn, M., Ford Motor Company, "Opposed piston engine", **Seri No: 2334917, U.S. Patent**, 1-7 (1943).
2. Holmes, C. L., "Opposed piston engine", **Seri No: 2420779, U.S. Patent**, 1-11 (1944).
3. Gehrant, G. R., "Opposed piston engine", **Seri No: 2462092, U.S. Patent**, 1-9 (1949).
4. Lieberherr, H. U., "Supercharged opposed piston engine", **Seri No: 2977943, U.S. Patent**, 1-6 (1955).
5. Erick, W. R., "Opposed piston engine", **Seri No: 3394683, U.S. Patent**, 1-9 (1967).
6. Boon, H. S., "Opposed piston engine", **Seri No: 3384057, U.S. Patent**, 1-5 (1968).
7. Feedback, R. S., "Omnitorque opposed piston engine", **Seri No: 3485221, U.S. Patent**, 1-14 (1969).
8. Feinberg, C. R., "Constructional improvements in a two-stroke opposed piston engine operating with stratified charge", **Seri No: 2768616, U.S. Patent**, 1-6 (1982).
9. Tieses, W., "Two plus two stroke opposed piston heat engine", **Seri No: 4996953, U.S. Patent**, 1-6 (1990).
10. Sisco, M., "Dual piston cylinder configuration for internal combustion engine", **Seri No: 6250263, U.S. Patent**, 1-11 (2001).
11. İnternet: Gazi Üniversitesi Otomotiv Bilim ve Teknoloji Topluluğu OBİTET. "İki Zamanlı Motorların Çalışma İlkeleri, Alternatif İçten Yanmalı Motorlar". http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/alternatif_motorlar/alternatif_icten_yanmalı.htm (2012).
12. Özdamar, İ. ve Yelken, B., "Benzinli Motorları", **M.E.B.**, 1:10-200 (1984).
13. Safgönül, B., Arslan, H.E., Ergeman, M. Ve Soruşbay C., "İçten Yanmalı Motorlar", **Birsene Yayınevi**, İstanbul, 2: 77-80 (1999).

14. Sürmen, A. ve Karamangil, M. İ., “Motor Termodinamiği”, *Alfa Akademi*, 79-105 (2004).

ÖZGEÇMİŞ

Yasin ERSÖZ 1985 yılında Eskişehir’de doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. 2002 yılında Prof. Dr. Orhan OĞUZ Lisesinden mezun oldu. 2003 yılında Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü’nde öğrenime başlayıp 2008 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2009 yılında Ford Otomotiv San. A.Ş.’de Proje tasarım sorumlusu olarak göreve başladı. 2009 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı’nda başlamış olduğu yüksek lisans programını, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı’nda tamamladı.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Kumlube Mh. Nimet Sk. No:27
ESKİŞEHİR

Tel: 05073747818

E-posta: ysnrsz@hotmail.com