

T.C.  
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

55cc İKİ-ZAMANLI BENZİN YAKITLI ALTERNATİF İHA HAVA ARACI  
MODEL UÇAK MOTORU TASARIM VE ÜRETİMİ

Muhammed NİYAZOĞLU

Danışman: Prof. Dr. Ahmet TANDIROĞLU

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

ERZİNCAN  
2022  
Her Hakkı Saklıdır

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### 55cc İKİ-ZAMANLI, BENZİN YAKITLI ALTERNATİF İHA HAVA ARACI MODEL UÇAK MOTORU TASARIM VE ÜRETİMİ

Muhammed NİYAZOĞLU

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet TANDIROĞLU

Ülkemizde ve dünyada meydana gelen gelişmeler neticesinde, İnsansız Hava Araçlarının (İHA) her geçen gün daha fazla kullanıldığını görmekteyiz. Maliyet açısından daha ucuz ve güvenli olan bu hava araçları, farklı görevler için kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Gelişen teknoloji sayesinde yeni özellikler eklenerek birden çok amaca hizmet etmektedirler. Ana tasarım ölçütü olarak 55cc hacminde ve iki-zamanlı çalışma prensibinde olması planlanan bu motorun imalat aşamaları ve testleri bu çalışma kapsamında incelenmiştir. Manuel talaşlı imalat tezgâhlarda üretilen bu motorun, her bir parça için kullanılan imalat malzemesi ve üretim tekniği detaylı olarak anlatılmıştır. Motorun test sonuçlarına göre geliştirilmesi gereken yönleri belirlenerek, gereken olası çözüm yöntemleri açıklanmıştır. Ticari olarak ülkemizde bu tarz motorların üretiminin olmamasından dolayı, ilerleyen yıllarda bu tip motorların üretimini yapmak isteyen girişimciler için temel oluşturması amaçlanmıştır.

**2022, 85 Sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Hava taşıtı, İHA, İki-zamanlı, Model uçak motoru.

## **ABSTRACT**

Master Thesis

### **55cc TWO-STROKE, GASOLINE FUEL ALTERNATIVE UAV AIRCRAFT MODEL PLANE ENGINE DESIGN AND MANUFACTURING**

Muhammed NİYAZOĞLU

Erzincan Binali Yıldırım University  
Enstitute of Natural and Applied Sciences  
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet TANDIROĞLU

As a result of the developments in our country and in the world, we see that Unmanned Aerial Vehicles (UAV) are being used more and more every day. These aerial vehicles, which are cheaper and safer in terms of cost, have started to find use for different tasks. They serve multiple purposes by adding new features with the developing technology. The manufacturing stages and tests of this engine, which is planned to have a 55cc volume and 2-stroke working principle as the main design criterion, were examined within the scope of this study. The manufacturing material and production technique used for each part of this engine, which is produced in manual material removal process machines, are explained in detail. The aspects of the engine that need to be developed according to the test results are determined and possible solution methods are explained. Since these types of engines are not commercially produced in our country, it is aimed to form the basis for entrepreneurs who want to manufacture such motors in the coming years.

**2022, 85 pages**

**Keywords:** Aircraft, Model aircraft engine, Two-stroke, UAV.

## TEŐEKKÖR

Teknik eğitim hayatımın başladığı 1999 yılından itibaren şahsıma her tÖrlÖ desteği veren, iş ve eğitim hayatımdaki başarıların mimarı olarak gÖrdÖğÖm saygıdeğer hocalarım; Prof. Dr. Ahmet TANDIROğLU'na ve Prof. Dr. Murat ÇETİN'ne teőekkÖrÖ bir borç bilirim.

Eğitim hayatımın her safhasında beni maddi ve manevi destekleyen rahmetli babam HÖseyin NİYAZOğLU'na ve annem Senem NİYAZOğLU'na, çalışmalarım esnasında desteğini benden esirgemeyen eşim Neşe NİYAZOğLU'na ayrıca teőekkÖrlerimi sunarım.

Muhammed NİYAZOğLU

**EylÖl, 2022**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	<b>2</b>
<b>3. KURAMSAL TEMELLER</b> .....	<b>3</b>
3.1. Model Uçak Motorlarının Sınıflandırılması.....	3
3.1.1. Tasarım tiplerine göre model uçak motorları .....	3
3.1.2. Yakıt tiplerine göre model uçak motorları.....	5
3.1.3. Çalışma Prensiplerine Göre Uçak Motorları .....	9
<b>4. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>12</b>
4.1. Genel Tasarım Kriterleri .....	12
4.2. İmalat Yöntemleri.....	12
4.3. Motor Parçalarının İmalat Aşamaları .....	13
4.3.1. Karter .....	13
4.3.2. Silindir .....	17
4.3.3. Silindir kapağı.....	23
4.3.4. Karter kapağı .....	30

4.3.5.Krank .....	36
4.3.6. Gömlek .....	41
4.3.7. Biyel kolu.....	43
4.3.8. Egzoz .....	46
4.3.9. Egzoz manifoldu.....	50
4.3.10. Pervane somunu.....	53
4.3.11. Pervane burcu .....	54
4.3.12. Pervane flanşı.....	56
4.3.13. Emme manifoldu .....	57
4.4. Motor Test Standı İmalatı.....	59
4.4.1. Motor test standının zellikleri.....	60
4.4.2. Motor lineer yataklama sistemi .....	60
4.4.3. Çekme aparatı .....	60
4.4.4. Kontrol paneli .....	61
4.4.5. Stant gövdesi.....	61
<b>5. ARAŞTIRMA BULGULARI.....</b>	<b>62</b>
5.1. Tasarım ve İmalatı Yapılan Motora Ait Teknik Veriler.....	62
5.2. Tasarım ve Test Verilerine Göre Hesaplamalar .....	63
5.2.1. Motor hacmi.....	63
5.2.2. Motor sıkıştırma oranı .....	63
5.2.2. Motor toplam silindir hacmi .....	63
5.2.3. Strok oranı .....	64
5.2.4. Ortalama piston hızı (pervane yükü altında) .....	64
5.2.5. Efektif motor gücü.....	64
5.2.7. Motor döndürme momenti.....	65

5.3. Motor Testleri.....	65
5.3.1 Devir ölçümü .....	65
5.3.2. Devire göre motor sıcaklığı ölçümü .....	65
5.3.3. Devire göre yakıt sarfiyatı ölçümü .....	67
5.3.4. Devire göre itme kuvveti ölçümü .....	68
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>71</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>72</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>73</b>
Ek-1. Karter çizimi .....	73
Ek-2. Silindir çizimi .....	74
Ek-3. Silindir kapağı çizimi.....	75
Ek-4. Karter kapağı çizimi .....	76
Ek-5. Krank çizimi .....	77
Ek-6. Gömlek çizimi .....	78
Ek-7. Biyel kolu çizimi .....	79
Ek-8. Egzoz çizimi .....	80
Ek-9. Egzoz manifoldu çizimi.....	81
Ek-10. Pervane somunu çizimi.....	82
Ek-11. Pervane burcu çizimi .....	83
Ek-12. Pervane flanşı çizimi .....	84
Ek-13. Emme manifoldu çizimi .....	85

## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 3.1. 1936 model baby cyclone marka pistonlu motor.....	4
Şekil 3.2. O.S. marka 49PI TYPEII model wankel motor .....	4
Şekil 3.3. Jetcat marka PE80-SE serisi bir jet motor .....	5
Şekil 3.4. MK 17 model bir dizel motor .....	6
Şekil 3.5. Kızdırma bujisi .....	7
Şekil 3.6. OS 11 AX nitro motor .....	8
Şekil 3.7. Tek silindirli benzinli motor için elektronik ateşleme.....	8
Şekil 3.8. DLE 55 Tek silindirli benzinli motor .....	9
Şekil 3.9. DA 60 tek silindirli benzinli motor.....	10
Şekil 3.10. Saito FG-30 tek silindirli dört zamanlı benzinli motor.....	11
Şekil 4.1. Karter .....	13
Şekil 4.2. Karter malzemesinin kaba ölçüde kütük malzemedan kesilmesi .....	13
Şekil 4.3. Referans yüzeylerinin torna edilmesi .....	14
Şekil 4.4. Punta deliğinin, punta matkabı yardımı ile tornada açılması .....	14
Şekil 4.5. Krank yuvasının açılması .....	15
Şekil 4.6. Karterin üst kısmının baralanması .....	15
Şekil 4.7. Motor kulaklarının frezelenmesi.....	16
Şekil 4.8. Fazla yüzeylerin frezelenmesi .....	16
Şekil 4.9. Silindir saplamalarına ait vida yataklarının kılavuz yardımı ile açılması .....	17
Şekil 4.10. Silindir .....	18
Şekil 4.11. Silindir imalatında kullanılan kütük çekme alüminyum malzeme .....	18
Şekil 4.12. Silindirin gömlek yatağının tornada matkap yardımı ile delinmesi.....	19
Şekil 4.13. Silindirin gömlek yatağının tornada delik kateri ile işlenmesi .....	19
Şekil 4.14. Silindir peteklerinin kesme kateri ile işlenmesi.....	20
Şekil 4.15. Silindir üzerindeki egzoz portunun freze ile açılması .....	20
Şekil 4.16. Silindirin iç kısmındaki emme portlarının freze ile açılması.....	21
Şekil 4.17. Parmak freze yardımı ile peteklerin açılması .....	21
Şekil 4.18. Egzoz saplama yuvalarına dış çekilmesi .....	22
Şekil 4.19. Silindir saplama yuvalarına dış çekilmesi .....	22
Şekil 4.20. Silindir kapağı.....	23
Şekil 4.21. Kesimi yapılan malzemenin tornaya bağlanması .....	23
Şekil 4.22. Referans yüzeyleri oluşturulmuş parça.....	24
Şekil 4.23. Silindir kapağına punta deliğinin açılması .....	24
Şekil 4.24. Silindir kapağının şerit testerede kesilmesi .....	25
Şekil 4.25. Silindir kapağının saplama deliklerinin divizör yardımı ile delinmesi.....	25

Şekil 4.26. Silindir kapağının özel kesici takım ile torna edilmesi.....	26
Şekil 4.27. Buji yuvasının matkap yardımı ile tornada delinmesi .....	26
Şekil 4.28. Buji yuvasının iç diş kalemi ile tornada açılması .....	27
Şekil 4.29. Diş yuvasının buji ile kontrolü .....	27
Şekil 4.30. Bujinin anahtar yuvası .....	28
Şekil 4.31. Bor yağı kullanılarak tornada kesme kateri ile kanal açılması .....	28
Şekil 4.32. Silindir kapağını tıraşlanması .....	29
Şekil 4.33. Saplama yuvalarının parmak freze ile açılması.....	29
Şekil 4.34. Soğutma kanallarının parmak freze ile açılması.....	30
Şekil 4.35. Buji yuvasının dairesel olarak divizör yardımı ile işlenmesi.....	30
Şekil 4.36. Karter kapağı .....	31
Şekil 4.37. Rulman yatağının delik kateri ile işlenmesi.....	31
Şekil 4.38. Karter faturasının torna edilerek yapılması .....	32
Şekil 4.39. Punta desteği ile parçanın işlenmesi .....	32
Şekil 4.40. Konik çekme işlemi yapılmış parça.....	33
Şekil 4.41. Parmak freze ile tıraşlanmış parça .....	33
Şekil 4.42. Emme manifold girişinin açılması.....	34
Şekil 4.43. Manifold saplama yuvalarına kılavuz ile diş açılması.....	34
Şekil 4.44. Freze tezgâhında burun kısmının işlenmesi.....	35
Şekil 4.45. Matkap tezgâhında montaj deliklerinin delinmesi.....	35
Şekil 4.46. Emme portlarını besleyen kanalın frezede açılması .....	36
Şekil 4.47. Sensör vida yuvalarının, matkap tezgâhında delinerek diş çekilmesi .....	36
Şekil 4.48. Krank .....	37
Şekil 4.49. Isıl işlemle sertleştirilebilir krom alaşımlı çelik malzeme.....	37
Şekil 4.50. Punta deliğinin tornada açılması.....	37
Şekil 4.51. Dönel valfli emme manifold deliğinin tornada açılması .....	38
Şekil 4.52. Rulman yataklarının kaba ölçü ile işlenmesi .....	38
Şekil 4.53. Krank kolunun yuvasının frezede delinmesi .....	39
Şekil 4.54. Krank ve krank kolu .....	39
Şekil 4.55. Krank kolunun hidrolik preste çakılması.....	40
Şekil 4.56. Krank rulman yataklarının tornada işlenmesi.....	40
Şekil 4.57. Krank mili üzerine kama kanalı açılması .....	41
Şekil 4.58. Gömlek .....	41
Şekil 4.59. Gömlek malzemesinin tornada delinmesi.....	42
Şekil 4.60. Kaba ölçüde işlenmiş gömlek malzemesi.....	42
Şekil 4.61. Gömlek portlarının frezede açılması .....	42
Şekil 4.62. Gömleğin dış çapının malafa desteği ile torna edilmesi.....	43
Şekil 4.63. Biyel kolu .....	44
Şekil 4.64. Biyel kolu malzemesi .....	44
Şekil 4.65. Kol yatakları baralanmış biyel kolu.....	44

Şekil 4.66. Fazlalıkların şerit testerede kesilme işlemi.....	45
Şekil 4.67. Biyel kolunun alt ve üst kısımlarının dairesel olarak işlenmesi .....	45
Şekil 4.68. Göbek kısmı frezelenmiş biyel kolu .....	46
Şekil 4.69. Biyel kolu rulmanlarının preste çakılması.....	46
Şekil 4.70. Egzoz .....	47
Şekil 4.71. Egzozun torna tezgâhında delinmesi .....	47
Şekil 4.72. Egzozun tapa kısmının torna edilmesi.....	47
Şekil 4.73. Dış yüzeyi torna edilmiş egzoz.....	48
Şekil 4.74. Egzozun burun kısmının torna edilmesi .....	48
Şekil 4.75. Soğutma peteklerinin frezede açılması.....	49
Şekil 4.76. Egzoz girişi ile saplama deliklerinin frezede açılması .....	49
Şekil 4.77. Egzoz tapasının konik olarak işlenmesi.....	49
Şekil 4.78. Açılı mengene ile delme işlemi .....	50
Şekil 4.79. Egzoz manifoldu .....	50
Şekil 4.80. Manifold kılavuz deliğinin açılması .....	51
Şekil 4.81. Saplama yuvalarının delinmesi.....	51
Şekil 4.82. Manifold yuvasının açılması .....	52
Şekil 4.83. Soğutma peteklerinin tornada açılması.....	52
Şekil 4.84. Tarama yapılmış manifold yüzeyi .....	52
Şekil 4.85. Parmak freze ile kanalların açılması.....	53
Şekil 4.86. Pervane somunu.....	53
Şekil 4.87. Somunun altıgen olarak işlenmesi .....	54
Şekil 4.88. Pervane somununa dış çekilmesi .....	54
Şekil 4.89. Pervane burcu .....	55
Şekil 4.90. Pervane burcunu işlenmesi .....	55
Şekil 4.91. Pervane burcuna dış çekilmesi.....	56
Şekil 4.92. Pervane flanşı .....	56
Şekil 4.93. Pervane flanşının saplama deliklerinin delinmesi .....	57
Şekil 4.94. Pervane flanşının kesme kalemi ile kesilmesi .....	57
Şekil 4.95. Emme manifoldu .....	57
Şekil 4.96. Emme manifoldunu frezede işlenmesi .....	58
Şekil 4.97. Emme manifoldunun kartere montaj edilmiş hali .....	58
Şekil 4.98. Uçak motorunu oluşturan parçalar.....	59
Şekil 4.99. Montaj işlemi tamamlanmış uçak motoru .....	59
Şekil 4.100. Lineer kayar rulmanlı yataklama .....	60
Şekil 4.101. Çekme aparatı .....	61
Şekil 4.102. Kontrol paneli .....	61
Şekil 4.103. Stant gövdesi.....	61
Şekil 5.1. Termokupl bağlantısı .....	66
Şekil 5.2. Devire göre sıcaklık grafiği .....	67

<b>Şekil 5.3.</b> Devire göre yakıt tüketim grafiği .....	68
<b>Şekil 5.4.</b> Devire göre itme kuvveti grafiği .....	70



## TABLÖLAR LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 5.1.</b> Tasarlanan ve Üretilen Deney Motorunun Teknik Değerleri. ....	62
<b>Tablo 5.2.</b> Devir sayısına göre motor sıcaklık değerleri .....	66
<b>Tablo 5.3.</b> Devir sayısına göre yakıt tüketim değerleri .....	68
<b>Tablo 5.4.</b> Devir sayısına göre itme kuvveti değerleri .....	69



## SİMGELER ve KISALTMALAR

### Simgeler

$P_e$	Efektif motor gücü (kW)
$P_{me}$	Efektif ortalama basınç (bar)
$n$	Hız (rpm)
$s$	Kurs boyu (mm)
$V_h$	Motor silindir hacmi (cm <sup>3</sup> )
$V_H$	Motor toplam silindir hacmi (cm <sup>3</sup> )
$c_m$	Ortalama piston hızı (m/s)
$D$	Piston çapı (cm)
$z$	Piston sayısı
$A_k$	Piston yüzey alanı (cm <sup>2</sup> )
$\epsilon$	Sıkıştırma oranı
$V_c$	Yanma odası hacmi (cm <sup>3</sup> )

### Kısaltmalar

AÖN	Alt ölü nokta
ÜÖN	Üst ölü nokta
HSS	Yüksek hız çeliği
İHA	İnsansız hava aracı

## 1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve bilimsel keşifler sayesinde makineleşme hızı her geçen yıl artmaktadır. Elektronik ve bilgisayarlı kontrol sistemleri mekanik ekipmanların vazgeçilmez birer parçası haline gelmiştir. Bu durum mekatronik diye tabir edilen bir dalın doğmasına neden olmuştur. Makinelerin işletim sistemlerinin insanlardan bağımsız olarak bilgisayar destekli yazılım sistemleri ile yapılmasına başlanması ile birlikte çok daha kararlı, hızlı ve hatasız çalışan makine sistemleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Yazılımla desteklenen bilgisayar kontrollü araçlar artık otomatik kontrol sistemleri ile kendilerine verilen görevleri herhangi bir dış müdahale olmadan yerine getirebilmektedir. Bu gelişmeler ışığında insansız hava araçları her geçen gün daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Teknolojik cihazların ve kontrol sistemlerinin gelişmesi ile bu tip araçların kullanımı her geçen gün artmaktadır. Örnek vermek gerekirse film setlerinde havadan görüntü almak için eskiden helikoptere bindirilen kameraman ve görüntü ekibinden oluşan kişilerle çok pahalıya yapılan işler, günümüzde dron diye tabir edilen hava araçları ile sadece yerden kullanıcı bir pilot vasıtası ile yapılmaya başlanmıştır. Bu sayede görüntü alma işlemi ucuz, güvenilir ve insan hayatını tehlikeye atmadan çok daha kolay bir şekilde yapılmaya başlanmıştır. Aynı şekilde sınır bölgelerinde devriye uçuşu yapan savaş uçakları yerine çok daha düşük maliyetli olan insansız hava araçları kullanılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda hava araçlarına olan ilginin artması sonucunda, bu araçlara güç üreten motor sistemleri de gelişmeye başlamıştır. Yakın mesafe ve kısa süreli uçuşlarda genelde elektrik motorlu güç sistemleri kullanılır iken, büyük sistemlerde ise piston motorlu veya türbin motorlu sistemler kullanılmaktadır. Taşıma kapasitesi uçuş irtifası gibi etkenler bu tip araçlarda güç sistemlerinde belirleyici rol oynamaktadır. Ülkemiz şartlarında yerli imkânlar kullanılarak bu tarz motor sistemlerinin geliştirilmesine çok fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenden dolayı iki-zamanlı ve tek silindirli bir insansız hava aracı motorunun tasarım ve imalatı bu tezin ana konusu olmuştur.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Melih Okur, İki zamanlı ve iki silindirli model uçak motorunun tasarım ve imalatını yapmış, iki parçalı silindir bloğu olarak tasarlanan motoru imal ederek çalıştırmıştır (Okur, 2001).

Melih MENGİ, İki zamanlı motorlarda enjeksiyon sistemlerinin, emisyon düşürmeye ve motor performansını artırmaya yönelik çalışmaları incelemiştir (Mengi, 2005).

Göksel Kaya, İki zamanlı benzinli bir motorun performansının analizi için MATLAB/SIMULINK programı kullanılarak yazılan bir program sayesinde, silindir basıncını ve sıcaklığı, efektif güç, efektif moment ve ısıl verim gibi karakteristik değerleri, test sonuçlarına benzer şekilde hesaplamıştır (Kaya, 2010).

Esenay Arslan, İki zamanlı ve değişken supap mekanizması olan bir motorun, üç farklı besleme basıncı ile yanma analizleri ve motor performansını Ansys Fluent programı kullanarak analiz etmiştir (Arslan, 2016).

Mehmet Ali Bayram, İki zamanlı motorlarda kullanılan standart yağların yerine, çeşitli oranlarda evsel atık yağlardan elde edilen biyodizel yakıt kullanılarak, emisyon ve performans ölçümlerini yapmıştır (Bayram, 2013).

Muammer Demiralp, Küçük ölçekli insansız hava araçlarında kullanılan standart pistonların yerine kompozit yapıya sahip piston üretimi yaparak, imal edilen pistonun standart pistonlardan daha performanslı ve uzun ömürlü olduğunu saptamıştır (Demiralp, 2020).

İsmail Aykut Karamanlı, 3D yazıcı sistemi ile insansız hava aracı parçalarını üreterek, tasarımını yaptığı uçağın, ANSYS programı ile analizlerini yapmıştır. 600 metre çapında bir alanda görüntü alarak başarılı deneme uçuşları yapmıştır (Karamanlı, 2018).

Bayram Yağız, İki zamanlı motorlarda yağlayıcı olarak kullanılan mineral yağların yerine bitkisel esaslı kanola, hintyağı ve Ayçiçek yağlarını belli oranlarda kullanarak, farklı motor yükleri altında daha düşük emisyon değerleri ile motorları çalıştırmıştır (Yağız, 2016).

### **3. KURAMSAL TEMELLER**

#### **3.1. Model Uçak Motorlarının Sınıflandırılması**

İçten yanmalı motorların tarihsel gelişimine paralel olarak modelcilikte kullanılan motorlarında bezer şekilde üretilip geliştirilmesine devam edilmektedir. Bu süreçte birçok farklı tipte ve boyutta motor üretilmiş ve modelcilik projelerinde kullanılmıştır. Model uçak motorları tasarım tiplerine, kullandıkları yakıt çeşitlerine ve çalışma prensiplerine göre sınıflandırılabilirler. Bu üç ana ölçüt altında, çok fazla çeşitte motor üretilmektedir. Radyo kontrol sistemlerinin icadından sonra model uçaklar için uyarlanmış kompakt kumanda sistemleri sayesinde modelcilik çok hızlı bir gelişme kaydetmiştir. Serbest uçuş yapabilen herhangi bir devir ayarı olmayan sabit devirli basit motorlar, zamanla geliştirilerek karbüratörlü, turbolu olarak üretilmeye başlamıştır. Hassas devir ayarı yapılabilen yeni motorların gelişmesinde öncülük etmiştir. Bu süreçte malzeme teknolojisinde yaşanan gelişmeler ışığında, daha özellikli malzemeler kullanılarak yapılan motorların devir, yakıt tüketimi ve çalışma ömürleri iyileştirilmiştir.

##### **3.1.1. Tasarım tiplerine göre model uçak motorları**

Tasarım tiplerine göre model uçak motorları pistonlu, döner pistonlu ve türbinli olmak üzere üçe ayrılır.

###### **3.1.1.1 Pistonlu motorlar**

Doğrusal hareket eden bir pistonun bu hareketini, dairesel harekete dönüştüren krank mekanizmasından oluşan motorlar için kullanılan genel tanımdır. 1900'li yılların başından itibaren model olarak motor üretimine başlanılmış ve ilk örneklerine Şekil 3.1'de yer verilmiştir. Motor teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak geliştirilmeye devam etmektedir. Modelcilik dünyasında yaygın olarak kullanılan popüler motorlardır. En çok tek silindirli olarak imal edilmektedir. İki veya daha çok sayıda silindir sayısına sahip motorlarda üretilmiştir. Silindir sayısı birden fazla olan motorların üretim maliyetlerinin yüksek oluşu nedeni ile kısıtlı bir üretim söz konusu olmuştur. Sıralı, v tipi, boksör ve yıldız motor tiplerinde birçok firma özel motorlar üretmişlerdir. Çok

silindirli motorlar ses olarak daha gerçekçi ve aslına yakın özellikler taşırlar. Profesyonel kullanıcılar tarafından tercih edilen bu motorlar ciddi teknik bilgi gerektirdiği için üst düzey modelciler tarafından tercih edilmektedirler.



**Şekil 3.1.** 1936 model baby cyclone marka pistonlu motor

### **3.1.1.2. Döner pistonlu motorlar**

Epitrokoid gövde içerisinde hareket eden üçgene benzeyen piston mekanizmasına sahip bir motor tipidir. 1956 yılında Almanya’da Felix Wankel tarafından icat edilmiş ve soyadını alarak Wankel motor diye adlandırılmıştır. Üretim zorluğu ve bazı kronik problemlerinden dolayı model motor olarak, imalat sanayisinde kendine pek yer edinememiş bir motor tipidir. Şekil 3.2’de 1970 yılında ki O.S. motor ile Graupner firması tarafından modelcilikte kullanılan ilk motorlar üretilmiştir. Sınırlı sayıda üretilen bu motorlar, otomobil sektöründe kendine yer bulamayan motorlar ile aynı kaderi paylaşmıştır.



**Şekil 3.2.** O.S. marka 49PI TYPEII model wankel motor

### 3.1.1.3. Jet motorlar

1940'lı yıllardan itibaren havacılık sektöründe kullanılmaya başlayan bu motorlar, gelişen teknoloji sayesinde yüksek verimli motor olarak havacılık endüstrisinde tartışmasız bir yer edinmeyi başarmıştır. Modelcilik dünyasında son yıllarda uçaklar için uygun boyutlarda üretilip kullanılmaya başlanmıştır. Diğer motor tiplerine göre daha karmaşık, hassas ve pahalıdırlar. Jet motorlarda yakıt olarak kerosen kullanılır. Bu tip motorlarda yanma odasına yakıt ileten kılcal borular bulunur. Bu borular sayesinde yakıt yanma odasında yakılarak türbin için gereken enerji üretilmiş olur. Bu motorlar 40.000 devir civarında rölanti hızlarına sahiptir. İlk çalıştırma esnasında ön kısmında bulunan, elektrik motoru sayesinde çalışırlar. Bu elektrik motoru bir nevi marş motoru vazifesi görmektedir. 100.000 ila 120.000 devir civarında hızlarda çalışan motorlardır. Direk olarak kerosen ile çalışan motorlar olduğu gibi Propan ve bütan gazı ve bu iki gazın karışımından oluşan gazların yardımı ile çalışan tipte motorlar bulunmaktadır. Gaz yardımı ile çalışan motorlarda brülör borularının ısıtılarak, gelen yakıtın maksimum verimde yanması için buharlaştırılması sağlanmaktadır. Gaz yardımı ile yapılan bu işlem yanma odasına giden yakıt borularının ısınma süreci, tamamlanana kadar yapılmaktadır. Ön ısıtma işlemi tamamlandıktan sonra motor kerosen ile çalışmasına devam etmektedir. Şekil 3.3'te ki jet motor modelleriyle çok yüksek hızlara çıkılmaktadır.



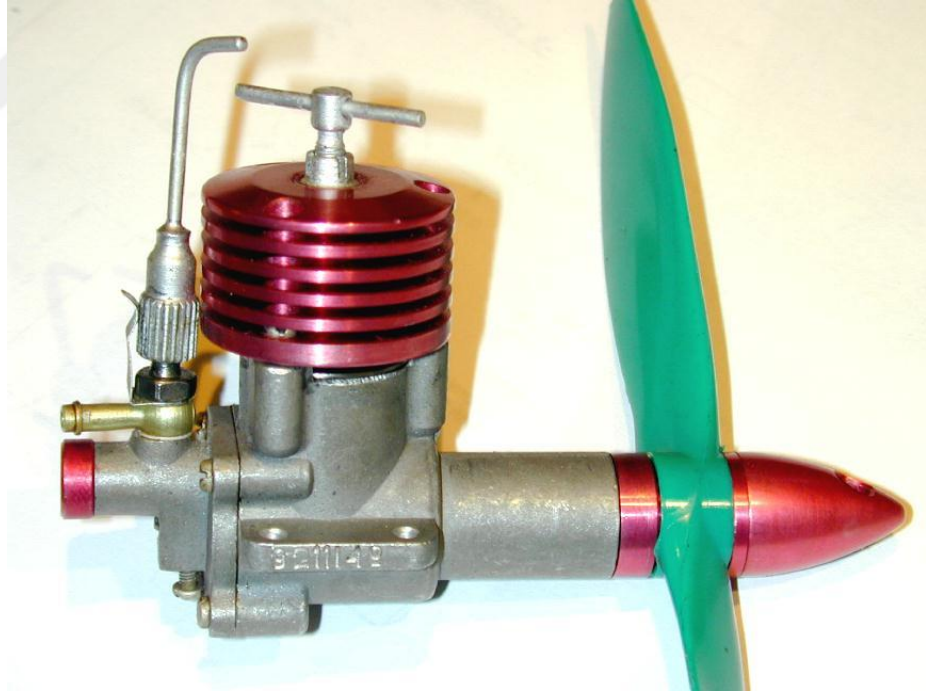
Şekil 3.3. Jetcat marka PE80-SE serisi bir jet motor

### 3.1.2. Yakıt tiplerine göre model uçak motorları

Model motorlar kullandıkları yakıt tiplerine göre 4 sınıf altında incelenebilir.

### 3.1.2.1. Dizel model uçak motorları

Adından da anlaşılacağı gibi çalışma prensibi dizel motora benzer şekilde olan bu motorlar yüksek sıkıştırma yaptıkları yakıt ve hava karışımını yakarak çalışan motorlardır. Normal dizel motorlardan farklı olarak yakıt hava karışımı aynı anda silindire doldurularak birlikte sıkıştırılır. Küçük çapta üretilmiş olan bu motorlar düşük devirlerde bile çok yüksek tork üretirler. Bu motorların sıkıştırma oranı 1/30'a kadar çıkmaktadır. Sıkıştırma oranının motor çalıştıktan sonra hassas bir şekilde ayarlanabilmesi için silindir kapağında yanma odası hacmini değiştiren kollu bir vida sistemi bulunmaktadır. Şekil 3.4'e ait dizel motorlarda parlama noktası düşük olan yakıt birleşimleri kullanılmaktadır. İçeriklerinde kerosen, eter, gaz yağı ve hint yağı gibi maddeler içeren yakıtlar genel olarak kullanılmaktadır. Birçok dezavantajı bulunan bu motorların modelcilikte kullanımı çok kısıtlı kalmıştır. Soğuk havalarda çalışması çok güç olan, hassas bir yakıt besleme sistemleri olmayan ve vibrasyonlu çalışmaları nedeni ile modelcilikte kısa bir süre kullanılmışlardır.



Şekil 3.4. MK 17 model bir dizel motor

### 3.1.2.2. Kızdırma bujili model uçak motorları

Adından da anlaşılacağı üzere Şekil 3.5'te ki kızdırma bujisi ile ateşleme yaparak çalışan motorlara verilen genel tanımdır. Bu motorlar dizel model motorlar gibi yakıt hava karışımını sıkıştırarak çalışırlar lakin kullandıkları yakıtın ateşlenebilmesi için kızdırma bujisi diye tabir edilen bir ateşleyiciye ihtiyaç duymaktadırlar. Kızdırma bujileri genel olarak 1.5 volt civarı 3 amper güç üretebilen pil veya güç kaynakları yardımı ile beslenerek çalıştırılırlar. Bu bujiler sahip oldukları bobinin, uygulanan elektrik enerjisi ile kor hale gelmesi sonucunda yanma odasında sıkıştırılan yakıt ve hava karışımını ateşlerler. Dizel motorların aksine yanma odası hacimleri sabit olan motorlardır. Yakıt içeriğinde metanol, nitrometan, hint yağı veya sentetik yağlayıcılar bulunur. Motor hacmine, gömlek ve silindir yapısına göre nitrometan içeriği farklı olan birçok yakıt çeşidi bulunmaktadır.



Şekil 3.5. Kızdırma bujisi

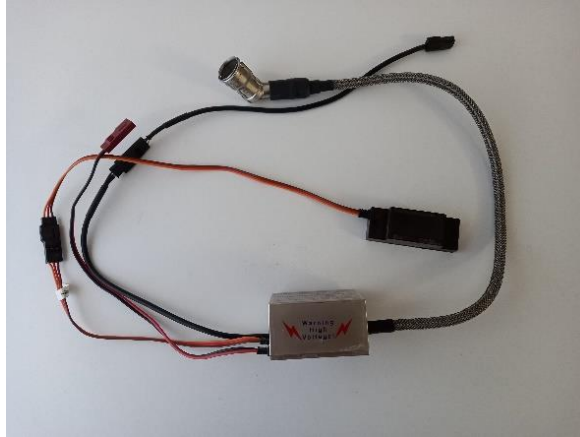
Şekil 3.6'ya ait nitro motorlar çok yüksek devirlere çıkabilmektedirler. 18.000 devir/dakika gibi çok yüksek hızlara çıkan motorlar günümüzde üretilmiştir. Modelcilik dünyasında en çok üretilen motor bu tip motorlardır. Yine de bu motorların bazı dezavantajları bulunmaktadır. Yakıtlarının pahalı oluşu, çok yüksek oranda yağ içeren yakıt kullanımını nedeni ile uçak gövdelerine çok fazla yağ bulaştırmaları ve yakıt tüketimlerinin yüksek olmaları bunlara örnektir. Benzinli motorların geliştirilmesi neticesinde yerini yavaş yavaş bu tip motorlara bırakmaya başlamıştır.



**Şekil 3.6.** OS 11 AX nitro motor

### **3.1.2.3. Benzinli model uçak motorları**

Benzin ve motor yağı karışımından oluşan yakıtlar ile çalıştırılırlar. Motor parçalarının yağlama işlemi yakıt içerisinde bulunan yağ ile yapılır. Yağ oranları 1/20 ila 1/30 civarında olup üretici firmaya göre çeşitlilik gösterebilmektedir. Tek veya çok sayıda silindire sahip olanları bulunmaktadır. Motorlarda ateşleme sistemi olarak batarya veya akü ile beslenen elektronik ateşleme düzeneği Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.7.** Tek silindirli benzinli motor için elektronik ateşleme

Bu ateşleme sistemleri 6-12 volt arası bir voltaj değerine sahip batarya sistemleri ile beslenirler. Okuyucu manyetik sensör vasıtası ile avans ayarı yapılarak çalıştırılırlar. Ayrıca yakıt besleme sistemlerinde rölanti devresi ve tam gaz devresi olmak üzere iki

türlü yakıt hava ayarı yapılması gerekmektedir. Diğer motorlara nazaran daha profesyonel kullanıcılar tarafından tercih edilirler. Pistonlarda sürtünmeyi azaltmak amacı ile genelde tek kompresyon segmanı bulunmaktadır. Genel olarak alüminyum silindir üzerine nikasil kaplı olarak imal edilen silindirler kullanılırlar. Çelik gömleklili imal edilen motorlarda mevcuttur. Bu iki silindir tipinin kendine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Yakıt sistemlerinde diyaframli karbüratör kullanan bu motorlar, her geçen gün popülaritelerini artırmaktadırlar. İki zamanlı ve dört zamanlı olarak 10cc den 400cc hacme kadar farklı tiplerde birçok çeşit motor üretilmektedir. Düz sıralı, boksör tip olarak imal edilirler. Şekil 3.8’de tek silindirli benzin motoru yer almaktadır.



Şekil 3.8. DLE 55 Tek silindirli benzinli motor

#### 3.1.2.4. Jet motorlar

Yukarıda 3.1.1.2. numaralı başlık altında detayları belirtilen bu motorlar kerosen, bütan ve propan gazı ile çalıştırılmaktadırlar. Kullandıkları yakıt cinsine göre diğer motor gruplarından ayrılmaktadırlar.

#### 3.1.3. Çalışma Prensiplerine Göre Uçak Motorları

Aynı tasarım tipine ve yakıt kullanımına sahip motorlar farklı çalışma prensiplerinde üretilebilmektedir. Bunalar için en iyi örnek olarak pistonlu motorları gösterebiliriz.

Pistonlu motorlar genel olarak iki ve dört-zamanlı olarak iki ana grup altında üretilmektedirler.

### 3.1.3.1. İki zamanlı model uçak motorları

Pistonlu olarak üretilen ve farklı yakıtlar ile çalışan model uçak motorlarının tamamında iki-zamanlı çalışma prensibine uygun olarak üretilmiş modeller bulunmaktadır. İki-zamanlı motorlar her devirde güç üreten makineler olduğu için, en çok tercih edilen motor tipi olma özelliğine sahiptir. Dört-zamanlı motorlara nazaran çok daha yüksek devirlere çıkabilmektedirler. Ürettikleri güç ile ağırlıkları arasındaki oran dört-zamanlı motorlara göre çok daha yüksektir. Şekil 3.9'da tek silindire sahip olan iki ve dört-zamanlı motorlar arasında ki diğer bir fark ise motorların dinamik balans yönünden dört-zamanlı olanlara göre daha iyi olmalarıdır. İki-zamanlı motorlar daha düşük vibrasyonlu olarak üretilmektedir. Dizel, kızdırma bujili ve benzinli pistonlu motorlar iki-zamanlı olarak üretilmişlerdir. Dünya piyasasında üretilen motorların büyük çoğunluğu iki-zamanlı olarak üretilmektedir. Üretim kolaylığı ve maliyet oranlarının daha düşük olması da bu konuda avantaj sağlamaktadır. Benzinle çalışan iki-zamanlı motorların son yıllarda geliştirilmesi ile kullanımları artmıştır.



Şekil 3.9. DA 60 tek silindirli benzinli motor

### 3.1.3.2. Dört zamanlı model uçak motorları

Çalışma prensibine uygun olarak sıra ile emme, sıkıştırma, iş ve egzoz zamanı bulunan motorlardır. Her bir zaman için 180 derecelik bir açı yapan krank mekanizması 720 derece açı yaparak bir çevrimi iki turda tamamlamaktadır. İki-zamanlı motorlara göre teknik olarak, daha az güç üreten motorlardır. Motor yapısında emme ve egzoz supapları bulunur. Yanma için gereken hava ve yakıt karışımının motora alınması ile iş zamanı sonunda oluşan egzoz gazını motordan dışarı atılmasını sağlayan supap mekanizmaları kullanılmaktadır. Supapların açılma ve kapanma zamanı krank mekanizmasından hareket alan  $\frac{1}{2}$  aktarma oranına sahip dişlilerin çevirdiği kam sistemi yardımı ile yapılır. İki zamanlı motorlara göre daha düzenli çalışırlar. İki zamanlı motorlarda egzoz gazının basıncı ile egzoz gazı dışarı atılır. Bu da bir miktar egzoz gazının her zaman motor içerisinde kalmasına neden olur. Bu olay yanma yüzdesini düşürmekte ve haliyle güç düşüklüğüne neden olmaktadır. Dört zamanlı motorlarda silindir içerisinde yanma sonucunda oluşan gazların dışarı atılma işlemi piston yardımı ile yapılır, bu sayede egzoz gazının tamamına yakını motordan dışarı atılabilmektedir. Bu özellik sayesinde yanma işlemi daha verimli bir şekilde gerçekleşmektedir. Şekil 3.10'da ki kızdırma bujili ve benzinli motorlar dört-zamanlı olarak üretilmektedir.



Şekil 3.10. Saito FG-30 tek silindirli dört zamanlı benzinli motor

## **4. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **4.1. Genel Tasarım Kriterleri**

Motor tasarımı yapılırken belirlenmesi gereken bazı ana ölçütler bulunmaktadır. Bu ölçütler ışığında tasarlanacak olan motorun ana hatları belirlenmiş olur. Motorların sınıflandırılması kısmında belirtilen özelliklerden faydalanılarak tasarım ölçütleri nihai olarak ortaya çıkmış ve imalat işlemleri başlamıştır.

1. Tasarlanacak olan motor tipi: Pistonlu Motor
2. Kullanılacak yakıt: Benzin
3. Çalışma prensibi: 2 zamanlı
4. Silindir sayısı: 1
5. Silindir hacmi: 55 cc
6. Piston çapı: 45 mm
7. Kurs boyu: 34,7 mm
8. Sıkıştırma oranı: 8.2
9. Ateşleme sistemi: Elektronik
10. Yakıt emiş sistemi: Karterden doldurmalı
11. Yakıt beslemesi: Çek valfli
12. Yağlama sistemi: Yağlı benzin

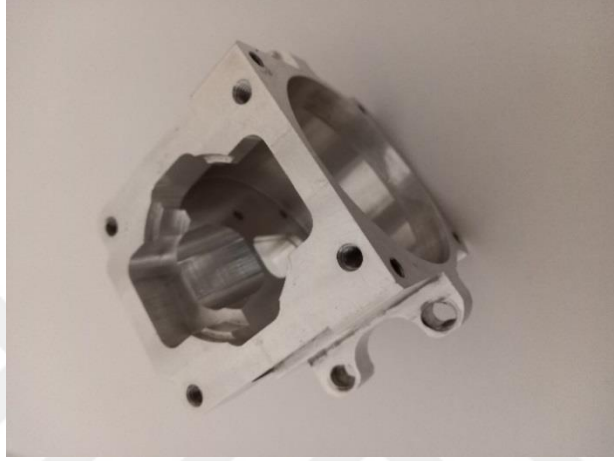
### **4.2. İmalat Yöntemleri**

Bu projede klasik talaşlı imalat yöntemleri kullanılarak, universal tezgâhlar da tasarlanan motor parçalarının, imalatını gerçekleştirilmiştir. Kütük malzemeler kullanılarak motoru oluşturan parçaların imalatı yapılmıştır. Motoru oluşturan parçalardan karbüratör, ateşleme ünitesi piston ve piston segmanı hazır olarak kullanılmıştır.

### 4.3. Motor Parçalarının İmalat Aşamaları

#### 4.3.1. Karter

Şekil 4.1’de mono blok olarak tasarlanan karter çekme alüminyum malzemedен imal edilmiştir. Krank mekanizmasına yataklık eden bu parça üzerinde emme manifoldu, karter kapağı ve silindir bulunmaktadır. 100 mm çapında kütük malzemedен işlenmiştir.



Şekil 4.1. Karter

İlk olarak talaşlı imalat ve kesim hatalarını kurtaracak şekilde malzeme, Şekil 4.2’de gösterildiği gibi kaba ölçü değerlerinde kesilerek imalata başlanmıştır.



Şekil 4.2. Karter malzemesinin kaba ölçüde kütük malzemedен kesilmesi

Kaba ölçüde kesilen malzeme Şekil 4.3’de belirtilen üçayaklı torna aynasına bağlanarak alın tornası yapılmıştır. Malzemenin dış yüzeyinin ayna ayaklarına kadar olan kısmı torna edilmiştir. Böylece referans yüzeyleri elde edilmiştir.



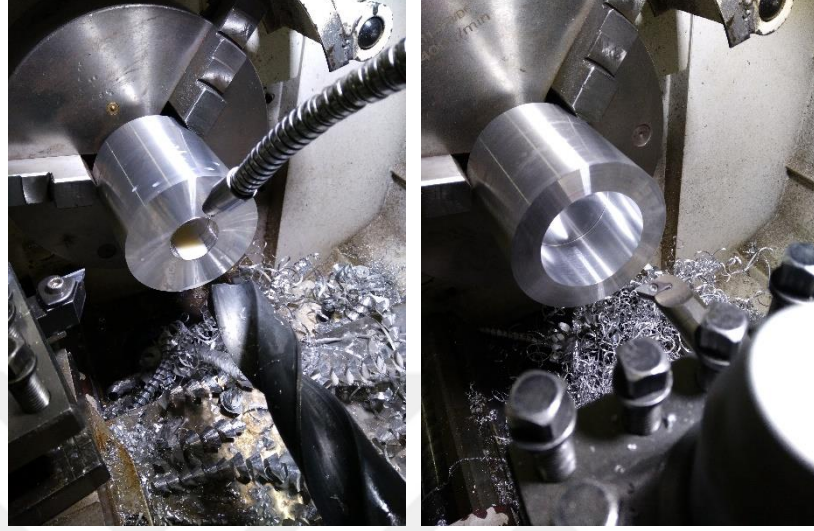
**Şekil 4.3.** Referans yüzeylerinin torna edilmesi

Elde edilen referans yüzeylerinden istifade edilerek, torna edilen karter malzemesi tornadan sökülerek arka kısmının işlenmesi amacı ile ters tarafından tornaya tekrar bağlanmıştır. Ardından alın ve silindirik kısmı torna edilerek bu kısımda da referans yüzeyleri elde edilmiştir. Krank mekanizmasını çalışacağı alanı açmak için Şekil 4.4’te punta matkabı ile merkez deliği açılmıştır.



**Şekil 4.4.** Punta deliğinin, punta matkabı yardımı ile tornada açılması

Krank yatağını açmak için, Şekil 4.5’de belirtildiği gibi punta matkabı deliğini referans olarak matkapla bu bölge birkaç kademe ile genişletilmiştir. İ torna katerininin minimum çalışma çapına kadar büyütülen delik, istenilen lyeye göre torna edilmiştir.



**Şekil 4.5.** Krank yuvasının açılması

İş parçası freze makinesine bağlanarak yan kısımlardaki yüzeyler frezelenmiştir. Ayrıca silindirin oturacağı yüzey belirlenen lyeye kadar yatayda tarama başlıkla tesviye edilmiştir. Şekil 4.6’da krank kolunun çalışacağı alan ayarlı bara yardımı ile delinerek, bu bölgedeki ölçü değerlerine uygun bir Şekilde parça işlenmiştir.



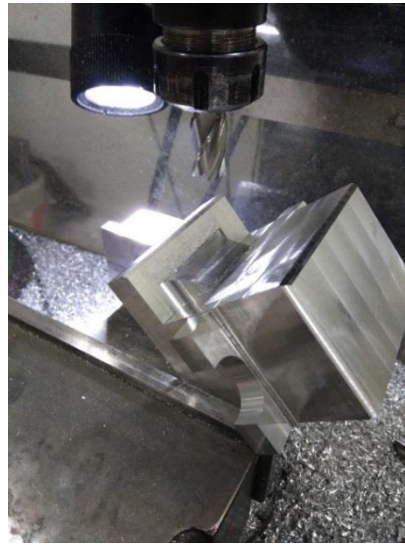
**Şekil 4.6.** Karterin st kısmının baralanması

Üst kısımda bulunan emme portlarının kanalları açıldıktan sonra karter yan kısmı üste gelecek şekilde freze mengenesine tekrar bağlanmıştır. Kartar üzerinde bulunan motor kulaklarının bulunduğu bölüm Şekil 4.7'de ki gibi parmak freze yardımı ile temizlenmiştir. Bu işlem sırası ile her iki yan yüzeye uygulanmıştır.



**Şekil 4.7.** Motor kulaklarının frezelenmesi

Şekil 4.8'de karterin arka kısmında bulunan fazlalıklar frezeleme yapılarak, karter hafifletilmiştir. Bu işlem aynı zamanda motor kulaklarının arasında kalan bölgeye de uygulanmıştır.



**Şekil 4.8.** Fazla yüzeylerin frezelenmesi

Karterin alt kısmında bulunan fazlalıklar divizör yardımı ile freze makinesinde dairesel olarak alınmıştır. Motor kulaklarında 6 mm çapında saplama delikleri açılmıştır. Silindirin bağlanacağı yüzeye şanzımanlı matkap tezgâhında Şekil 4.9’da ifade edilen 4 adet M6 kılavuz deliği açılarak, kılavuz yardımı ile dış çekilmiştir. Ayrıca bu işlem karter kapağının takılacağı ön kısımda da uygulanmıştır. Bu bölgede ise dört adet M5 kılavuza uygun delik açılarak, kılavuz çekilmiştir. Emme manifoldunun bulunduğu arka kısma port deliği açılmıştır. Portun etrafına 4 adet M4 vida yuvası açılmıştır.



**Şekil 4.9.** Silindir saplamalarına ait vida yataklarının kılavuz yardımı ile açılması

Bu işlemlerin ardından talaşlı imalat sonucu oluşan keskin köşe ve yüzeylerde bulunan çapaklar eğe yardımı ile temizlenmiştir. Karter yüzeyine açılan dişler uygun vida yardımı ile kontrol edilerek, çapak benzeri talaş parçacıkları temizlenerek kontrol edilmiştir. Sıkışma yapan dişlere tekrar kılavuz salınarak temizlik işlemi yapılmıştır. Nihai olarak kumpas ve mikrometre yardımı ile ölçüler kontrol edilerek, tasarım ölçülerine uygunluk kontrol edilerek üretim tamamlanmıştır.

#### **4.3.2. Silindir**

Kartere 4 adet M6 cıvata ile bağlanan bu parça, 100 mm çapındaki çekme alüminyum kütük malzemedен işlenerek imal edilmiştir. Gömlek ve piston mekanizmasına yataklık

eden ve motorun en fazla ısınan parçalarından Şekil 4.10'da gösterilen silindir parçasıdır.

Bu nedenle pervanenin sağladığı hava akımından istifade ederek soğutulması için, hava akımına paralel bir şekilde dış yüzeyine kanatçıklar açılmıştır.



**Şekil 4.10.** Silindir

Şekil 4.11'de 100 mm çapındaki kütük malzemenin silindir ölçülerine göre, sulu şerit testere tezgâhında kesilmesi ile imalat işlemine başlanmıştır.



**Şekil 4.11.** Silindir imalatında kullanılan kütük çekme alüminyum malzeme

Silindir imalatında kullanılacak malzeme ilk olarak tornaya bağlanarak alın tornalama işlemine tabi tutulmuştur. Ardından punta matkabı ile delinerek merkezleme işlemi

yapılmıştır. 10 mm den başlayarak 20 mm çapa kadar kademeli olarak tornada matkap uçları yardımı ile parça boydan boya delinmiştir. Şekil 4.12, silindirin içine oturacak olan gömlek yatağının açılması için yapılan ön imalat işlemidir.



**Şekil 4.12.** Silindirin gömlek yatağının tornada matkap yardımı ile delinmesi

Tasarımda belirlenen ölçüye kadar tornalama işlemi için Şekil 4.13’de ki gibi delik kateri kullanılarak parça tornada mükerrer paso işlemlerinin ardından istenilen çapa ulaştırılmıştır. Bu sayede yüzey kalitesi matkaba oranla çok daha pürüzsüz bir şekilde işlenmiştir. Yüzey kalitesinin yüksek olması aynı zamanda motor gömleği ile temas eden bir parça olması nedeni ile çok büyük önem arz etmektedir. Silindir ve gömlek arasındaki ısı transferini bu iki parçanın birbirine temas eden yüzlerindeki kalite belirlemektedir.



**Şekil 4.13.** Silindirin gömlek yatağının tornada delik kateri ile işlenmesi

Silindir torna aynasından sökölerek, boru puntası yardımı ile torna tezgâhına 3 mm dış boyunda tekrar bağlanmıştır. Şekil 4.14'te gösterilmiş olan, kesme kateri sporta bağlanarak soğutma kanalları teker teker bu kesici yardımı ile açılmıştır. Ayrıca kesme esnasında sürtünmeden kaynaklı oluşan ısı nedeni ile malzemenin kesiciye sıvanmasını engellemek için bor yağı kullanımı gerekmiştir.



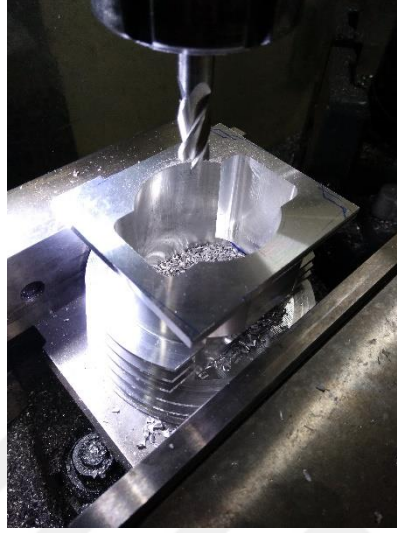
**Şekil 4.14.** Silindir peteklerinin kesme kateri ile işlenmesi

Şekil 4.15'de parça tornadan sökölerek freze makinasına bağlanmıştır. İlk olarak egzoz portunun ve silindir yan yüzeyleri freze ile açılmıştır. Kesici takım olarak HSS 14 mm çapında parmak freze kullanılmıştır.



**Şekil 4.15.** Silindir üzerindeki egzoz portunun freze ile açılması

Silindirin etrafında bulunan fazlalıklar ölçülere uygun şekilde frezede alındıktan sonra Şekil 4.16'da HSS 10 mm parmak freze ile emme portları açılarak, silindirin iç kısmındaki imalat işlemleri bitirilmiştir.



**Şekil 4.16.** Silindirin iç kısmındaki emme portlarının freze ile açılması

Silindirin alt kısmında bulunan fazlalık alanlar öncelikle tarama yapılarak tıraşlandıktan sonra Şekil 4.17'de HSS 4 mm parmak freze yardımı ile bu bölgedeki alanlara soğutma kanatçıkları açılmıştır. Bu işlem silindirin sağ ve sol kısmında bulunan bölgelere uygulanmıştır. Pervanenin oluşturduğu güçlü hava akımına paralel bir şekilde oluşturulmuş bu kanatçıkların, motorun soğutulmasına katkı sağlaması amaçlanmıştır.



**Şekil 4.17.** Parmak freze yardımı ile peteklerin açılması

Egzoz manifoldu ile egzoz ve silindirini birbirine bağlayan saplamaların dış yatakları sütunlu matkap tezgâhında delinmiştir. Bu işlemin ardından matkap mandrenine takılan M5 kılavuz yardımıyla Şekil 4.18’de ki gibi birinci kademe diş çekilmiştir. Ardından ikinci ve son kademe kılavuzlar elde pafta kolu yardımı ile açılmıştır.



**Şekil 4.18.** Egzoz saplama yuvalarına diş çekilmesi

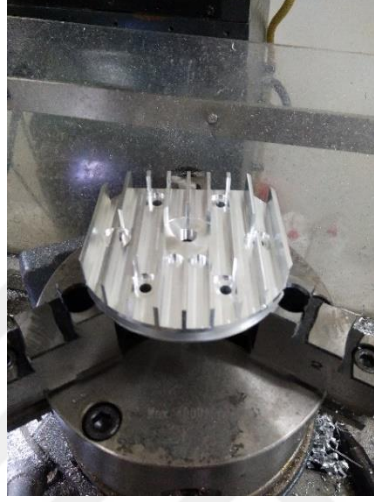
Son olarak silindir kapağını silindire bağlayan saplama yuvaları da aynı şekilde 4,2 mm matkap yardımı ile delindikten sonra Şekil 4.19’da M5 kılavuz ile diş çekilerek parçanın nihai olarak imalatı tamamlanmıştır. Ardından imalat esnasında oluşan çapaklar ve keskin yüzeyler eğelenerek tesviye edilmiştir.



**Şekil 4.19.** Silindir saplama yuvalarına diş çekilmesi

### 4.3.3. Silindir kapağı

Silindire 6 adet M5 vida ile bağlanan bu parçada ateşleme bujisi ve yanma odası bulunmaktadır. Şekil 4.20 piston tarafından sıkıştırılan hava ve yakıt karışımının buji tarafından ateşlenmesi sayesinde meydana gelen yüksek ısı ve basınca maruz kalan kritik öneme sahip bir parçadır.



Şekil 4.20. Silindir kapağı

Şekil 4.21’de 100 mm çapındaki çekme alüminyum malzemenin torna aynasına bağlama payı hesap edilerek imalat aşamaları başlamıştır.



Şekil 4.21. Kesimi yapılan malzemenin tornaya bağlanması

Dış çap ölçüsüne göre torna edilen parça, aynı zamanda alın tornası yapılarak Şekil 4.22’de imalat işleminde ölçülendirmede kullanılacak temel başlangıç noktaları oluşturulmuştur.



**Şekil 4.22.** Referans yüzeyleri oluşturulmuş parça

Silindir kapağının yanma odası kısmına denk gelen faturalı yüzeyi torna edilerek, buji yuvasını açmadan önce Şekil 4.23’te punta matkabı yardımı ile merkez kısmı delinmiştir.



**Şekil 4.23.** Silindir kapağına punta deliğinin açılması

Bu işlemlerin ardından torna aynasına bağlamak için bırakılan fazlalık kısım Şekil 4.24’te şerit testere yardımı ile kesilerek, parça çizim ölçülerine daha yakın bir hale dönüşür.



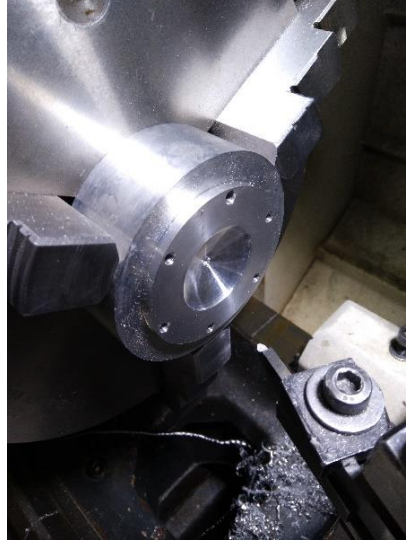
**Şekil 4.24.** Silindir kapağının şerit testerede kesilmesi

Bu işlemin ardından kesilen yüzey dışa bakacak şekilde tekrar tornaya bağlanan parça, alın tornalaması işlemi ile yükseklik ölçüsüne getirilir. Bu işlemin ardından tornadan sökülen parça freze tezgâhına, dikey pozisyonda konumlandırılmış divizör yardımı ile bağlanır. Şekil 4.25'te 6 adet saplama deliği divizörde 60 derece açı aralığı ile teker teker 5 mm matkap yardımıyla delinmiştir. Delme işlemi esnasında alüminyum malzemenin matkap ucuna sıvanmasını engellemek için bor yağı kullanılmıştır. Bu sayede delinen delik yüzeylerinin çok daha düzgün olmasına imkân sağlanmış olur.



**Şekil 4.25.** Silindir kapağının saplama deliklerinin divizör yardımı ile delinmesi

Delme işlemi tamamlandıktan sonra silindir kapağı Şekil 4.26'da tornaya bağlanarak yanma odası kısmı işlenmiştir. Yanma odasındaki pürüzlü yüzeyler motorda vurutuya neden olmaktadır. Bu işlem için kullanılan kalem, HSS çelik kesiciden özel olarak elde açılı olarak bilinmiştir. Buradaki amaç temiz ve pürüzsüz bir yüzey elde edilmesidir.



**Şekil 4.26.** Silindir kapağının özel kesici takım ile torna edilmesi

Bu motorda kullanılacak buji M10X1mm diş adımına sahiptir. Bu çapta ve adımda diş elde etmek için torna tezgâhında punta matkabı ile merkezleme yaptıktan Şekil 4.27’de 9 mm matkap ucu torna mandrenine bağlanarak delme işlemi gerçekleştirilmiştir.



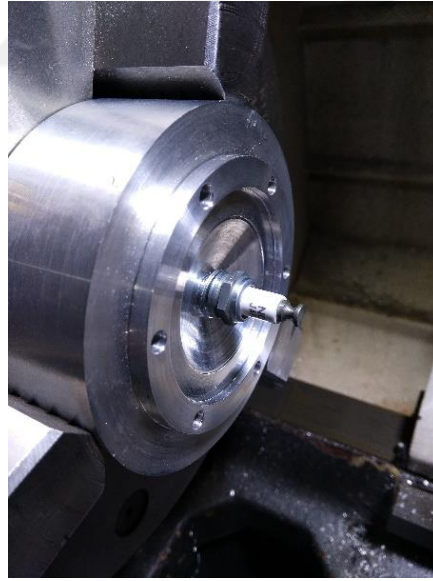
**Şekil 4.27.** Buji yuvasının matkap yardımı ile tornada delinmesi

Bu tip motorlarda genel olarak kullanılan buji tipi CM-6 diye tabir edilen tipte olanlardır. Bu bujiler M10x1mm diş ölçüsüne sahiptirler. 9mm çapında matkap ile delim işleminin ardından torna tezgâhı 1mm diş adımına, kendi diş tablosunda belirtilen dişli kutusu ayarları yapılarak alınır. Diş açımında kullanılan iç diş kalemi Şekil 4.28’de gösterildiği gibi diş açma işleminde kullanılmıştır.



**Şekil 4.28.** Buji yuvasının iç diş kalemi ile tornada açılması

Bu işlemin sonucunda tezgâh ayarları bozulmadan Şekil 4.29'da bujinin yuvaya tam olarak oturduğu tespit edildikten sonra, iş parçası tornadan sökülmüştür. Diş açma işlemi M10X1mm kılavuz takımı ile tornaya ihtiyaç duymaksızın da yapılabilir.



**Şekil 4.29.** Diş yuvasının buji ile kontrolü

Silindir kapağının üst tarafında bujinin oturacağı ve buji anahtarının çalışacağı kadar bir yuva Şekil 4.30'da belirtildiği gibi açılmıştır. Bu yuva açılırken bujinin diş boyu hesap edilerek, buji ile silindir kapağında aynı uzunlukta diş boyu bırakılmıştır.



**Şekil 4.30.** Bujinin anahtar yuvası

Tasarımda belirtilen yan yüzeydeki petek için, malzeme tekrar tornaya bağlanmıştır. Kanal kalem ile istenilen derinlikteki petek açılmıştır. Bu işlem yapılırken parçanın torna aynasından fırlamasını engellemek ve malzemeyi düzgün bir şekilde tornaya bağlamak için boru puntası kullanılmıştır. Kanal açma işlemlerinde kesici kalem çok fazla ısınır, bu da alüminyum malzemenin kesici takıma yapışmasına neden olur. Bunu önüne geçmek için Şekil 4.31’de ki gibi bor yağı kullanılarak bu işlem yapılmıştır.



**Şekil 4.31.** Bor yağı kullanılarak tornada kesme kateri ile kanal açılması

Daha önceden imal edilmiş olan silindir ile silindir kapağı, birkaç adet vida yardımı ile birbirine bağlanır. Bu şekilde freze tezgâhına mengene yardımı ile bağlanır. Şekil 4.32’de sağ, sol ve arka kısmındaki fazlalık bölümler parmak freze yardımı ile tıraşlanmıştır.



**Şekil 4.32.** Silindir kapağını tıraşlanması

Silindir saplama yuvalarını açmak için parça, freze tezgâhına tekrar bağlanır, saplama deliklerinin herhangi bir tanesi referans alınarak 14 mm çapındaki HSS parmak freze yardımı her bir yuva açılmıştır. Bu işlem saplama yuvalarının matkap ile delinmesinin ardından sadece uç değişimi yapılarak, malzeme sökülmeden Şekil 4.33’de belirtildiği gibi parmak freze ile açılması daha doğru ve hızlı sonuç elde edilmiştir.



**Şekil 4.33.** Saplama yuvalarının parmak freze ile açılması

Freze mengenesine tekrar bağlanan parça y eksenine paralel olacak şekilde ayarlanır. Bu işlemin ardından Şekil 4.34’te 8 mm HSS parmak freze yardımı ile soğutma kanalları teker teker açılmıştır.



**Şekil 4.34.** Soğutma kanallarının parmak freze ile açılması

Şekil 4.35'te buji yuvası etrafındaki fazlalık alan parçanın divizöre bağlanarak alınması ile imalat işlemi tamamlanmıştır. Diğer parçalarda olduğu talaş artığı ve keskin köşelerin eğe yardımı ile alınması ile parça kullanıma hazır hale gelmiştir.



**Şekil 4.35.** Buji yuvasının dairesel olarak divizör yardımı ile işlenmesi

#### **4.3.4. Karter kapağı**

Şekil 4.36'da ki parça krank mekanizmasına yataklık eden rulmanların bulunduğu kısımdır. Ayrıca kartere yakıt ve hava karışımını almaya yarayan döner yataklı valf sisteminin manifold girişi ve ateşleme avans ayar bileziği de bu parça üzerindedir.



**Şekil 4.36.** Karter kapağı

İlk olarak diğer parça imalatlarında olduğu gibi kaba ölçülerde kesilen parça torna aynasına bağlanarak krank mekanizmasının ana rulman yatağı açılmıştır. Bu işlem için sırası ile punta matkabı ile delik delme işlemi yapılmıştır. Ardından 10 mm matkap ucu ile parça boydan boya delinmiştir. Son olarak Şekil 4.37’de delik kateri yardımı ile rulman yatağı istenilen ölçü ve derinlikte işlenmiştir.



**Şekil 4.37.** Rulman yatağının delik kateri ile işlenmesi

Karterin iç kısmına oturan fatura yüzeyi Şekil 4.38’de torna edilerek ilk referans yüzeyi elde edilmiştir.



**Şekil 4.38.** Karter faturasının torna edilerek yapılması

Bu işlemden sonra torna aynasından sökülen parça fatura kısmı tarafından tekrar torna aynasına bağlanarak imalata devam edilmiştir. Burun kısmında bulunan rulman yatağı aynı yöntem ile torna edilmiştir. Arıca iki rulman arasında kalan valf yatağı da işlenmiştir. Fatura boyunun kısa olması nedeni ile iş parçasının aynadan fırlamasını engellemek ve salgısız bir şekilde işlemek için Şekil 4.39’da boru puntası ile iş parçası desteklenmiştir.



**Şekil 4.39.** Punta desteği ile parçanın işlenmesi

Bu şekilde bağlanan iş parçası derin talaş kaldırmaya müsait hale gelmiştir. Burun kısmını oluşturan konik kısım bu şekilde işlenmiştir. Şekil 4.40'ta konik açısı sport üzerindeki açı tablasından ayarlanarak konik çekme işlemi yapılmıştır.



**Şekil 4.40.** Konik çekme işlemi yapılmış parça

Şekil 4.41'de freze tezgâhına bağlanan parçanın kapak profiline uygun olarak yan kısımları tıraşlanmıştır.



**Şekil 4.41.** Parmak freze ile tıraşlanmış parça

Rotary valf için giriş deliği açılı mengenede konik burun açısına dik gelecek şekilde ayarlanarak 16 mm parmak freze ile Şekil 4.42'de ki gibi delinmiştir. Ayrıca manifoldun montaj edileceği yüzeyde tarama yapılarak oluşturulmuştur.



**Şekil 4.42.** Emme manifold girişinin açılması

Şekil 4.43'te açılı mengeneden parça sökülmeden, aynı düzlemsel yüzeyde manifold saplama yuvaları için 4,2 mm matkap ucu ile kör saplama delikleri delinmiştir. Bu işlemin ardından M5 kılavuz çekilerek saplama yuvaları da tamamlanmıştır.



**Şekil 4.43.** Manifold saplama yuvalarına kılavuz ile diş açılması

Şekil 4.44'te burun kısmındaki fazlalıklar için parça divizöre dikey bir şekilde bağlanarak bu kısımlar belli açı oranında alınmıştır. Mukavemeti korumak için alt ve yan kısımlarda krank miline paralel yönde 3 adet kiriş meydana getirilmiştir.



**Şekil 4.44.** Freze tezgâhında burun kısmının işlenmesi

Karter kapağının faturalı kısmı freze tezgâhında alınarak istenilen ölçüye getirilmiştir. Bu işlemin ardından işlenen yüzeylerin karterle aynı paralellikte olması için çeşitli eğe tipleri yardımı ile bu bölgeler daha hassas bir şekilde tesviye edilmiştir. Şekil 4.45'te kulak diye tabir edilen kısımlara 5 mm çapında matkap ucu ile montaj delikleri sütunlu matkapta delinmiştir.



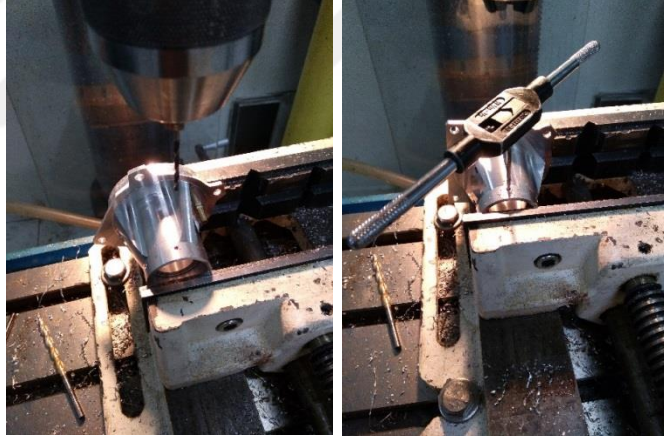
**Şekil 4.45.** Matkap tezgâhında montaj deliklerinin delinmesi

Karterden doldurmalı olarak tasarlanan bu motor için yakıt ve hava karışımının silindire doldurulmasına yardımcı olacak şekilde eğimli bir yapı oluşturularak, Şekil 4.46'da emme portlarını besleyen yollar freze tezgâhında açılmıştır.



**Şekil 4.46.** Emme portlarını besleyen kanalın frezede açılması

Bu parçada son işlem olarak ateşleme bobin sensörünün bağlantı vidaları için Şekil 4.47’de 2 adet M3 diş yuvası matkap tezgâhında 2,5 mm çapında delinip, diş çekilerek açılmıştır.



**Şekil 4.47.** Sensör vida yuvalarının, matkap tezgâhında delinerek diş çekilmesi

#### **4.3.5.Krank**

Şekil 4.48’de yer alan krank mekanizması motorlarda düzgün doğrusal hareketi, dairesel harekete çeviren bir parçadır. Yanma sonucu meydana çıkan enerjinin dönüşümünü sağlayan ana parçadır. Motorun oluşturduğu dönme hareketini pervaneye ileten ve sürekli olarak yük altında çalışmasından ötürü, dayanım ve aşınma noktasında, uygun bir malzemeden imal edilmek zorundadır. Bu sebeple bu projede kullanılan krank malzemesi, korozyon direnci yüksek olan krom molibden alaşımli karbonlu çeliktir.



**Şekil 4.48.** Krank

70 mm çapında 150 mm boyunda kesilen malzeme ile imalat işlemi yapılmıştır.



**Şekil 4.49.** Isıl işlemle sertleştirilebilir krom alaşımli çelik malzeme

İlk olarak Şekil 4.49'da ki malzeme torna tezgâhında salgısız olarak işlenebilmesi için punta deliği Şekil 4.50'de belirtildiği gibi punta matkabı yardımı ile açılmıştır.



**Şekil 4.50.** Punta deliğinin tornada açılması

Krank merkezinde alternatif yakıt emiş sistemi olarak tasarlanan kısmın delme işlemi kademeli olarak yapılmıştır. Delme işlemi esnasında matkap ucunun yanmasını engellemek ve delik yüzey kalitesini arttırmak için Şekil 4.51’de ki gibi bor yağ kullanılmıştır. Özellikle krom oranı yüksek malzemelerde, kesme esnasında kesici takıma sıvanma eğilimi çok fazla olduğu için bor yağ kullanımı gereklidir.



**Şekil 4.51.** Dönel valfli emme manifold deliğinin tornada açılması

Bu işlemin ardından iş parçası tornadan sökülerek ters şekilde tornaya tekrar bağlanır. Şekil 4.52’de punta merkez deliğinin açılmasından sonra krank mekanizmasının rulman yataklarının bulunduğu mil yüzeyleri kabadan işlenmiştir.



**Şekil 4.52.** Rulman yataklarının kaba ölçü ile işlenmesi

Şekil 4.53’te freze tezgâhında divizör yardımı ile krank merkez mesafesinden 17,5 mm kaçık olacak şekilde krank kolunun yuvası delinmiştir. Ayrıca krank balansı için gerekli fazlalıklar frezede alınmıştır.



**Şekil 4.53.** Krank kolunun yuvasının frezede delinmesi

Kaba ölçülerde işlenen krank malzemesi, nihai işlemeden önce ısıtma proseslerine tabi tutulmuştur. Bu şekilde malzemenin dayanımını, yüzeysel sertliğini artmıştır. Isıl işlem için 7.500 Watt gücünde elektrikli bir tav fırını kullanılmıştır. Yağda ve suda malzemeye su verilmiştir. Bu işlemden sonra temperleme işlemine tabi tutulan malzemenin gerilimi giderilmiştir. Isıl işleme tabi tutulan malzemelerde boyutsal olarak çeşitli değişiklikler meydana geldiği için, nihai ölçü değerlerine bu işlemlerden sonra devam edilmiştir. Krank kolu da aynı şekilde kaba torna işçiliğinin ardından ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. Ardından son ölçüsüne torna edilmiştir. Sertleştirme işlemi sonrası torna edilen malzemeler CBN tipi karbür kesici takımlar ile işlenmiştir. Şekil 4.54'te krank ve krank kolu imal edilmiştir.



**Şekil 4.54.** Krank ve krank kolu

Şekil 4.55'te ise krank kol yuvası ve krank kolu 30 tonluk hidrolik preste sıkı geçme olarak montaj işlemi yapılmıştır.



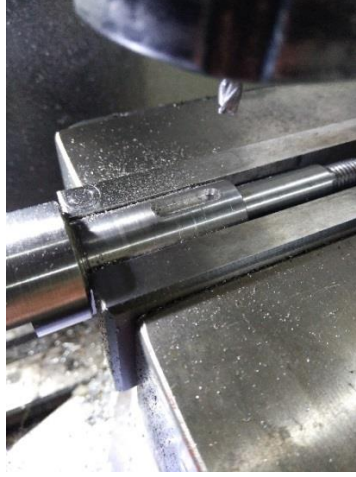
**Şekil 4.55.** Krank kolunun hidrolik preste çakılması

Krank mekanizmasının yatak kısımları ve pervane somunu ve burcunun montaj edildiği kısımların nihai ölçüde işlenmesi için parça yeniden tornaya bağlanarak işlenmiştir. Sırası ile ana rulman yatağı, dönel emme valfi, ön rulman yatağı ve pervane burç yatağı Şekil 4.56'da ki gibi işlenmiştir. Bu sıralama işlemi büyük çaptan küçük çapa doğru yapılmıştır.



**Şekil 4.56.** Krank rulman yataklarının tornada işlenmesi

Pervane somununun montaj edildiği krank milinin uç kısmına M8x1.5 diş çekilmiştir. Şekil 4.57'de malzeme tekrar freze tezgâhına bağlanarak pervanenin burç kısmının montaj edildiği mil yüzeyine kama kanalı açılarak imalat işlemi tamamlanmıştır.



**Şekil 4.57.** Krank mili üzerine kama kanalı açılması

#### **4.3.6. Gömlek**

Silindirin orta kısmındaki yuvaya tatlı sıkı bir şekilde geçen ve pistonu yataklık eden parça Şekil 4.58’de gösterilmiştir. Yüksek oranda grafit içeren dökme demir malzemedan imal edilmiştir. Bu parça üzerinde motorun kurs boyuna bağlı olarak egzoz ve emme manifold portlarına ait pencereler bulunmaktadır. Pistonun içinde çalıştığı bu parça ile piston arasında 0,04 mm tolerans boşluğu bulunmaktadır.



**Şekil 4.58.** Gömlek

Çubuk şekline 60 mm çapındaki malzeme uygun ölçülerde kesildikten sonra tornaya bağlanarak imalat işlemine başlanmıştır. İlk olarak Şekil 4.59’da ki gibi malzemenin boydan boya matkap ile delim işlemi gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 4.59.** Gömlek malzemesinin tornada delinmesi

Kademeli olarak delim işleminin ardından malzeme Şekil 4.60’da gösterildiği gibi nihai çapına 1mm kalana kadar i çap kısmından işlenmiştir.



**Şekil 4.60.** Kaba lde işlenmiş gömlek malzemesi

İki zamanlı motorlarda emme ve egzoz portları gömlek üzerinde bulunur. Bu portların yüksekliği, başlama ve bitiş noktaları tamamen kurs boyu ile orantılıdır. Bu portların açısal olarak konumları da önemlidir. Şekil 4.61’de portların açılma işlemi, parmak freze yardımı ile freze tezgâhında yapılmıştır.



**Şekil 4.61.** Gömlek portlarının frezede açılması

Port açma işleminin tamamlanmasından sonra gömleğin nihai olarak işlenmesine başlanmıştır. İlk olarak etek kısmından tornaya bağlanan gömleğin iç kısmı honlama payı hesap edilerek torna edilmiştir. Bu işlem esnasında tornanın otomatik ilerleme devri mümkün mertebe en düşük oranda seçilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünü asgariye indirmek için ayrıca döküm malzemeye uygun kesici takım kullanılmıştır. 200 kum zımpara ile tornada malafa yardımı ile manuel olarak honlama işlemi yapılmıştır. Şekil 4.62’de derlin malzemedan yapılan bir malafa yardımı ile tornada punta desteği verilerek dış çap istenilen ölçüye torna edilmiştir. Portlarda ve keskin yüzeylerdeki çapaklar eğe ile tesviye edilerek imalat tamamlanmıştır.



**Şekil 4.62.** Gömleğin dış çapının malafa desteği ile torna edilmesi

#### **4.3.7. Biyel kolu**

Motorlarda düzgün doğrusal hareketi krank mekanizmasına ileten, bir ucu pistonu bağlı diğer ucu ise krank koluna bağlı olan parça Şekil 4.63’te gösterilmiştir. Balans edilmesi ve işlemleri kolay olması için çekme alüminyum malzemedan imal edilmiştir. Alt üst yataklaması zarflı masura rulmanlı olarak tasarlanmıştır. Sürtünme katsayısı normal burçlu yataklamalara göre daha düşük olan rulmanlar, motor devrinin artmasına olumlu katkıda bulunurlar. Kranklarda vibrasyonu elimine etmek için yapılan balans hesaplamalarında önemli bir ölçüt olduğu için ağırlığının mümkün mertebe düşük tutulması her koşulda arzu edilen bir durumdur.



**Şekil 4.63.** Biyel kolu

Yüksek hız ve güç altında çalışan bu parça motorda en çok yorulan parçalardan birisidir. Bu nedenle çekme alüminyum malzemeden imal edilmiştir. İmalat işleminde kaba ölçülerine yakın sac malzeme bulunamadığı için Şekil 4.64'te ki 100 mm çapındaki malzemeden disk şeklinde bir parçadan işlenerek imal edilmiştir.



**Şekil 4.64.** Biyel kolu malzemesi

Yatay şekilde freze mengenesine bağlanan parçanın kenara yakın bir noktası referans alınarak yatak delikleri delinmiştir. Ardından ayarlı bara yardımıyla rulman yatakları sıkı geçme ile Şekil 4.65'te ki gibi baralanmıştır.



**Şekil 4.65.** Kol yatakları baralanmış biyel kolu

Her iki yanında bulunan fazlalık kısımlar Şekil 4.66’da ki gibi şerit testere yardımı ile kesilerek parçanın fazlalıklarında arındırılmıştır.



**Şekil 4.66.** Fazlalıkların şerit testerede kesilme işlemi

Rulman delik çaplarına uygun olarak tornada hazırlanan somun sıkmalı malafa yardımı ile parça freze tezgâhında bulunan divizöre bağlanmıştır. Şekil 4.67’de parçanın alt ve üst yataklama kısımlarının etrafında kalan fazlalıkların düzgün bir şekilde dairesel olarak alınması için bu işlem manuel olarak yapılmıştır.



**Şekil 4.67.** Biyel kolunun alt ve üst kısımlarının dairesel olarak işlenmesi

Şekil 4.68’de parçanın orta kısımda bulunan alanın, her iki tarafından parmak freze ile dikey olarak malzemenin belli bir kısmı freze edilmiştir. Bu sayede kolun bir miktar daha hafif olması sağlanmıştır.



**Şekil 4.68.** Göbek kısmı frezelenmiş biyel kolu

Pah kırma ve çapak alma işlemlerinin ardından temizlenen biyel kolu, manuel hidrolik preste rulmanlarının montaj işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.69’da rulman zarflarının ince olması nedeniyle preste çakma işlemi için derlin malzemedен bir parça kullanılmıştır. Bu sayede rulman zarflarına zarar verilmeden preste sıkı geçme işlemi tamamlanmıştır.



**Şekil 4.69.** Biyel kolu rulmanlarının preste çakılması

#### **4.3.8. Egzoz**

İçten yanmalı motorlarda yanma sonucunda oluşan gazların motordan dışarı atılmasını sağlayan parça Şekil 4.70’te gösterilmiştir. Model uçak motorlarında genelde susturucu amacından ziyade motorda oluşan egzoz gazının uzaklaştırılması için kullanılan bir parçadır. Alüminyumun ısı iletim katsayısının yüksek olmasından dolayı bu parçanın imalatında yine alüminyum alaşım malzeme kullanılmıştır.



**Şekil 4.70.** Egzoz

Egzoz tasarım şekline göre üç parçadan oluşmuştur. Bunlar Egzoz, egzoz tapası ve egzoz borusudur. Diğer parçaların imalat başlangıçlarında olduğu gibi kaba ölçülerde kesilen malzemeler ile imalat işlemlerine başlanmıştır. Şekil 4.71’de tornaya bağlanan egzoz malzemesi alın tornası yapılarak punta matkabı ile delinmiştir. Matkap ile egzoz iç kısmının delim işlemi kademeli olarak gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 4.71.** Egzozun torna tezgâhında delinmesi

Delme işleminin tamamlanmasının ardından iç delik kateri ile egzozun iç yüzeyi torna edilerek temiz bir yüzey elde edilmiştir. Ayrıca egzozun tapa kısmının montaj edileceği kısımda Şekil 4.72’de ki gibi işlenmiştir.



**Şekil 4.72.** Egzozun tapa kısmının torna edilmesi

Torna aynasından sökülen iş parçası boru puntası yardımı ile tam boy olarak tornaya yeniden bağlanmıştır. Şekil 4.73'te egzozun dış yüzeyi torna edilmiştir.



**Şekil 4.73.** Dış yüzeyi torna edilmiş egzoz

İş parçası burun kısmının torna edilmesi için yeniden sökülmüştür. Şekil 4.74'te egzozun burun kısmı konik yüzeyler tezgâhın sport açısında ayarlamalar yapılarak torna edilmiştir. Bu işlemler tamamlandıktan sonra parça tornadan sökülerek frezede yapılacak işlere geçilmiştir.



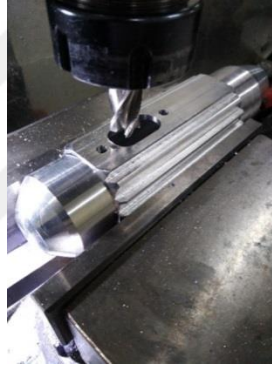
**Şekil 4.74.** Egzozun burun kısmının torna edilmesi

Freze tezgâhına yatay bağlanan iş parçasının parmak freze yardımı ile yan kısımları tıraşlanmıştır. Bu işlemin ardından ferze mengenesinden sökülen parça, tıraşlanan kısımları mengene çenelerine gelecek şekilde yeniden tezgâha bağlanmıştır. Egzozun soğumasını kolaylaştırmak amacı ile Şekil 4.75'te hava akış yönüne paralel soğutma petekleri açılmıştır.



**Şekil 4.75.** Soğutma peteklerinin frezede açılması

Soğutma peteklerinin parmak freze ile açılmasından sonra egzoz manifold çıkışı ile saplama yuvaları da Şekil 4.76’da ki gibi açılmıştır. Egzoz giriş yuvası tek taraflı olarak açılmıştır.



**Şekil 4.76.** Egzoz girişi ile saplama deliklerinin frezede açılması

Egzozun arka kısmındaki çıkış borusu ve tapa alüminyum alaşım malzeme kullanılarak, içten ve dış kısımdan aynı paralellikte Şekil 4.77’de ki gibi konik olarak torna edilmiştir.



**Şekil 4.77.** Egzoz tapasının konik olarak işlenmesi

Şekil 4.78’de egzoz borusu konik torna edilmiş yüzeye 90 derece olacak şekilde açılı mengenede delinmiştir. Delme işlemi, konik yüzey olmasından dolayı freze tezgâhında yapılmıştır. Açı değeri tornada konik tornalama işleminde verilen değerle aynı şekilde ayarlanmıştır.



**Şekil 4.78.** Açılı mengene ile delme işlemi

Torna tezgâhında delme ve tornalama işlemleri tamamlanan boru tapa kısmında açılan deliğe sıkı geçme olacak şekilde monte edilmiştir. Bu işlemlerin ardından egzoz imalatı tamamlanmıştır.

#### **4.3.9. Egzoz manifoldu**

Egzoz ile silindir bloğunu birbirine bağlayan, yanma sonucu oluşan egzoz gazının tahliye edildiği ara parça Şekil 4.79’da gösterilmiştir. Bu parça 2 adet M5 saplama yardımı ile silindir ve egzozu birbirine bağlamaktadır.



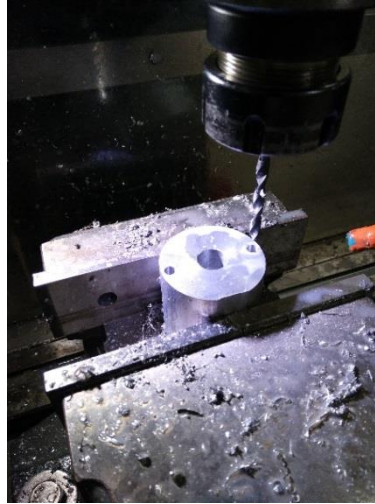
**Şekil 4.79.** Egzoz manifoldu

Diğer imalatlar ile aynı yöntem kullanılarak kaba ölçülerde kesilen parça, tornada merkezine punta deliği açılarak imalat işlemlerine başlanmıştır. Şekil 4.80’de merkez kısmından tornada 12 mm çapında boydan boya delinmiştir.



**Şekil 4.80.** Manifold kılavuz deliğinin açılması

Yuvarlak dolu milden işlenen bu parçanın freze tezgâhına düzgün bağlanabilmesi için silindirik yüzeyi boylu boyunca frezelenmiştir. Şekil 4.81’de dikey olarak freze mengenesine bağlanan parçaya saplamaların geçeceği delikler açılması gösterilmiştir.



**Şekil 4.81.** Saplama yuvalarının delinmesi

Parça tezgâhtan sökülmeden önce 16 mm parmak freze ile egzoz yuvası Şekil 4.82’de ki gibi kademeli olarak açılmıştır. Kör delik işlemlerinde kesici takımın sarma yapmasını engellemek için bor yağ kullanılmıştır.



**Şekil 4.82.** Manifold yuvasının açılması

Şekil 4.83'te parça torna tezgâhına bağlanarak 3 mm genişliğindeki kanal klemi yardımı ile soğutma petekleri açılmıştır. Bu işlem esnasında yine bor yağı kullanılmıştır. Petek yüzeylerinin pürüzsüz ve temiz çıkması açısından bu işlem zaruridir. Açılan bu petekler manifoldun yan kısımlarında bulunan açılı yüzeylerdir.



**Şekil 4.83.** Soğutma peteklerinin tornada açılması

Tekrardan freze tezgâhına bağlanan parçanın alt ve üst kısımlarındaki fazlalıklar Şekil 4.84'de ki gibi tarama yapılarak temizlenmiştir. Bu işleme alt üst yüzeylerdeki petek üst noktalarının bulunduğu kısımlara kadar yapılmıştır.



**Şekil 4.84.** Tarama yapılmış manifold yüzeyi

Yan kısımlardaki peteklerin ara mesafeleri başlangıç için referans kabul edilmiştir. Şekil 4.85'te Ffreze tezgâhında tarama yapılan yüzeylere 3 mm çapındaki parmak freze ile soğutma kanalları açılmıştır. Bu işlem parçanın alt ve üst yüzeyine uygulanarak imalat işlemi tamamlanmıştır.



**Şekil 4.85.** Parmak freze ile kanalların açılması

#### **4.3.10. Pervane somunu**

Krank mekanizmasının uç kısmında bulunan M8 diş çekilmiş alana Şekil 4.86'da ki pervane somunu montaj edilmiştir. Pervane krank mili ile sıkı bir şekilde montaj edilmesi açısından çok önemli bir parçadır. Gevşeme ihtimalini ortadan kaldırmak için normal somunlara oranla üç kat daha fazla diş boyuna sahip bir yapıda imal edilmiştir. Pervane bu tip uçak motorlarında itme kuvvetini oluşturmak ve de motorun çevrim yapabilmesi için güç depoladığı bir volan vazifesi görmektedir. Çalışma esnasında meydana gelecek olası bir gevşeme motorun durmasına neden olmaktadır.



**Şekil 4.86.** Pervane somunu

Korozyona dirençli olması nedeni ile paslanmaz çelik malzemedен imal edilmiştir. Şekil 4.87'de 16 mm çapında malzeme freze tezgâhına, dik konumlandırılmış divizöre bağlanarak işlenmiştir. Bu işlem için 60 derece açı verilerek altıgen somun formu oluşturulmuştur.



**Şekil 4.87.** Somunun altıgen olarak işlenmesi

Freze tezgâhından sökülen malzeme torna tezgâhına bağlanarak 6,8 mm matkap ucu ile delinmiştir. Şekil 4.88’de punta mandrenine bağlanan M8 kılavuz yardımı ile diş açılmıştır. Torna aynasından sökülen malzeme ters olarak yeniden bağlanarak uç kısmı işlenmiştir. Somun imalatı bu şekilde tamamlanmıştır.



**Şekil 4.88.** Pervane somununa diş çekilmesi

#### **4.3.11. Pervane burcu**

Pervane burcu krank mili üzerine montaj edilen diğer bir parça Şekil 4.89’da gösterilmiştir. Bu parça 4 mm kama ile mil üzerine sabitlenmiştir. Kamalı olarak imal edilmesinin iki nedeni vardır. Birincisi ateşleme sensörünün algılayıcı mıknatısı bu

parça üzerine monte edildiği için açısız pozisyonun değişmemesi gerekmektedir. Aksi takdirde ateşleme avansı bozularak motorun durmasına neden olabilir. İkinci neden ise pervane göbek milinin haricinde dört adet M5 vida ile bu parçaya bağlandığı için herhangi bir çözülme veya gevşek durumunun önüne geçilmesi açısından kamalı olarak imal edilmiştir.



**Şekil 4.89.** Pervane burcu

Şekil 4.90'da pervane burcu 40 mm çapında alüminyum alaşım malzemeden imalatı gösterilmiştir. İlk olarak tornaya bağlanan malzemenin pervane mil yuvası, 9 mm çapında matkap ile delinmiştir. Ardından iç delik kateri ile delik çapı 10 mm ye çıkarılmıştır. Ara kanal kısmı keski kateri ile açılmıştır.



**Şekil 4.90.** Pervane burcunu işlenmesi

Tornadan sökülen iş parçası markalama yapılarak matkap tezgâhında 4,2 mm matkap ucu ile 4 noktadan delinmiştir. Şekil 4.91'de M5 kılavuz ile dış çekilerek, pervanenin saplama yuvaları imal edilmiştir.



**Şekil 4.91.** Pervane burcuna diş çekilmesi

4,9 mm çapında matkap ucu ile kör olarak mıknatıs deliği açılmıştır. Bu deliğe sıkı geçme olarak 5 mm çapındaki mıknatıs çakılmıştır. Ardından nokta yardımı ile sağlı sollu malzeme nokta ile şişirilerek yerinden çıkması engellenmiştir. Planya tezgahında 4 mm kama kanalı açılarak imalat tamamlanmıştır.

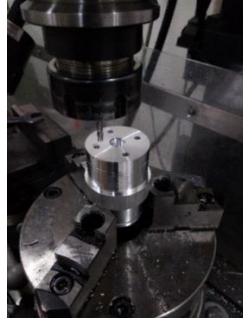
#### **4.3.12. Pervane flanşı**

Pervane burcu ile pervane 4 adet M5 vida ile birbirine montaj edilmektedir. Bu işlemde pervanenin zarar görmesini engellemek için pervanenin önüne 4 adet 5 mm çapında aynı merkez mesafesinden delinmiş Şekil 4.92’de ki flanşa ihtiyaç duyulmuştur.



**Şekil 4.92.** Pervane flanşı

Bu imalat 40 mm çapında alüminyum alaşım malzeme ile gerçekleştirilmiştir. Torna tezgahına bağlanan malzemenin dış çapı istenilen ölçüye göre torna edilmiştir. Ardından merkez deliği matkap yardımı ile tornada delinmiştir. Şekil 4.93’te tornadan sökülen malzeme freze tezgâhına bağlanarak divizör yardımı ile delikleri delinmiştir. Bu işlem için 5 mm çapında HSS parmak freze ucu kullanılmıştır.



**Şekil 4.93.** Pervane flanşının saplama deliklerinin delinmesi

Tekrardan torna tezgâhına bağlanan malzemenin ön kısmında bulunan fatura yüzeyi alın tornalama yöntemi ile yapılmıştır. Kesme kalemii ile parça Şekil 4.94'te belirtilen kalınlığa göre kesilmiştir. Pervane göbek deliği ve sağlama yuvalarındaki çapaklar temizlenerek imalat işleminin tamamlanmıştır.



**Şekil 4.94.** Pervane flanşının kesme kalemii ile kesilmesi

#### **4.3.13. Emme manifoldu**

Karbüratörün kartere bağlandığı noktada bulunan ara parça Şekil 4.95'te gösterilmiştir. Bu parça ayrıca yakıt emiş işleminin yapan çek valfe de yataklık etmektedir.



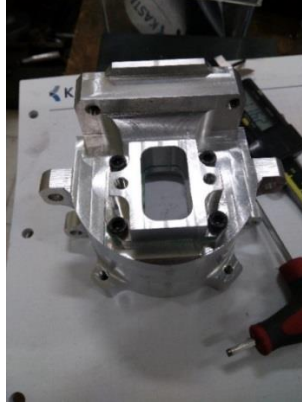
**Şekil 4.95.** Emme manifoldu

Alüminyum alaşım dolu malzemeden imal edilen bu parça divizöre bağlanarak freze tezgâhında parmak freze yardımıyla Şekil 4.96’da ki gibi işlenmiştir.



**Şekil 4.96.** Emme manifoldunu frezede işlenmesi

Tüm delme işlemleri bittikten sonra karbüratör saplamasının montajını sağlayan iki adet M5 diş çekilmiştir. Kartere ise 4 adet M4 cıvata yardımı ile bağlanan bu parçanın sızdırmazlığını sağlamak için montaj esnasında 0,75 mm kalınlığında klingrit conta kesilerek Şekil 4.97’de ki montaj işlemi yapılmıştır.



**Şekil 4.97.** Emme manifoldunun kartere montaj edilmiş hali

Bu işlemlerin tamamlanmasının ardından Şekil 4.98’de ki imalatı tamamlanan parçalar tekrardan çapak kontrolü yapılarak gerekli tesviye işlemleri yapılmıştır. Silindir kapağı, silindir, karter, karter kapağı emme ve egzoz manifoldunun montaj noktalarına uygun olarak klingrit malzemeden conta seti kesilmiştir. Parçalar benzin ile yıkanarak temizlendikten sonra montaj işlemine geçilmiştir.



**Şekil 4.98.** Uçak motorunu oluşturan parçalar

Krank yataklaması için 2 adet rulman kullanılmıştır. Rulmanlar kartere sıkı geçme olarak montaj edilmiştir. Motoru oluşturan hareketli parçalar iki-zamanlı motor yağı ile ön yağlama yapılarak montaj işlemi yapılmıştır. Buji montajı öncesi krank mili elle çevrilerek motorda herhangi bir sıkışma olup olmadığı kontrol edildikten sonra buji ve pervane montajı yapılmıştır. 22x10 ölçülerinde ahşap bir pervane bu motorda kullanılmıştır. Montaj işlemi tamamlanmış uçak motoruna Şekil 4.99’da yer verilmiştir.



**Şekil 4.99.** Montaj işlemi tamamlanmış uçak motoru

#### **4.4. Motor Test Standı İmalatı**

İmalatı tamamlanan uçak motorunun çalıştırılması için bir stant imalatı gerekmiştir. Bu amaç doğrultusunda motorun çalıştırılması, yakıt sarfiyatının ölçülmesi, anlık olarak devrinin ölçülmesi ve devire göre çekme kuvveti ile sıcaklığının hesaplanabilmesine olanak sağlayan bir tasarım yapılmıştır. Bu tasarım sayesinde yukarıda belirtilen tüm veriler bu stant sayesinde hesaplanabilmiştir.

#### 4.4.1. Motor test standının özellikleri

1. Ateşleme sensörü ile paralel çalışan dijital devir takometresi
2. 120 santigrat dereceye kadar ölçüm yapabilen dijital termokupl sistemli termometre (0,1 derece hassasiyetli)
3. Dijital 50kg maksimum çekme kapasitesine sahip, dijital terazi.(5gr hassasiyetli)
4. Ateşleme voltaj ve güç göstergesi

#### 4.4.2. Motor lineer yataklama sistemi

Motorun çekme kuvvetinin hesaplanabilmesi için gereken en önemli kriter, çalışma esnasında minimum sürtünme kaybıyla çekme kuvvetinin hesaplanmasıdır. Şekil 4.100'de gösterilmiş olan lineer yataklama sistemi kullanılarak sürtünme kaybı mümkün mertebe asgariye indirilmiştir. İki adet lineer yataklama ile motor test standına monte edilerek gerekli yataklama işlemi tamamlanmıştır.



Şekil 4.100. Lineer kayar rulmanlı yataklama

#### 4.4.3. Çekme aparatı

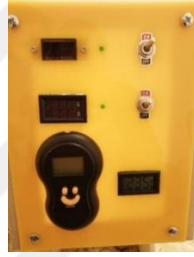
Şekil 4.101'de ki motorun çekme testinde kullanılacak aparat, U formunda 10 mm alüminyum sac malzemeden tasarlanarak imal edilmiştir. Freze tezgâhında motor bağlantı kulaklarına uygun olarak imal edilmiştir. Bu parça lineer yataklamalar ile motoru birbirine bağlayan ara bir bağlantı parçası görevi de görmektedir. Arka kısmında motoru sabitleyerek çalıştırmaya imkân tanıyan bir pim ile yuva da bulunmaktadır. Ayrıca bu parçada motor devrini sabitlemek için gaz telininin bağlandığı kilitleme mekanizması eklenmiştir.



Şekil 4.101. Çekme aparatı

#### 4.4.4. Kontrol paneli

Şekil 4.102’de ki panel için 3 mm kalınlığında pleksi kullanılmıştır. Takometre, termometre, terazi göstergesi, voltmetre ile anahtarlar bu panel üzerine montaj edilmiştir. Çalışma esnasında motordan etkilenmemesi için test standının arka kısmına konumlandırılmıştır.



Şekil 4.102. Kontrol paneli

#### 4.4.5. Stant gövdesi

Şekil 4.103’de ki motor ve ölçüm sistemlerinin bağlandığı bu parça 15 mm kontrplak malzemeden üretilmiştir. Üst kısmında ateşleme sistemi, akü ve yakıt deposu gibi parçaların bulunduğu bir bölme bulunmaktadır. Taban da motorun oluşturduğu dönme momentine karşı stabil durmasını sağlayacak ayaklar bulunmaktadır.



Şekil 4.103. Stant gövdesi

## 5. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 5.1. Tasarım ve İmalatı Yapılan Motora Ait Teknik Veriler

Motor tasarımı esnasında belirlenen teknik değerler ışığında motor imalatı gerçekleştirilmiştir. İmalat sonrası test standına bağlanarak çalıştırılan motorun devir ve yakıt tüketimi gibi reel değerleri ölçülerek bulunmuştur. Bu ölçüler ışığında motora ait hesaplamalar yapılarak motorun genel olarak teknik verileri hesaplanmıştır. Teknik veriler Tablo 5.1’de belirtilmiştir.

**Tablo 5.1.** Tasarlanan ve Üretilen Deney Motorunun Teknik Değerleri.

<b>Motor Tipi ve modeli</b>	<b>Tek silindirli 2 zamanlı</b>
Silindir sayısı	1
Yakıt tipi	Benzin
Piston çapı(mm)	45,00
Piston kursu (mm)	34,70
Silindir hacmi (cm <sup>3</sup> )	55
Yanma odası hacmi(cm <sup>3</sup> )	7,60
Sıkıştırma oranı	8,2/1
Motor Gücü (kW/devir)	4,65/7.250
Moment (Nm/devir)	12,25/7.250
Ateşleme Sistemi	Elektronik
Ateşleme Avansı (KMA)	ÜÖN’den 30° önce
Yakıt Emiş Tipi	Karterden beslemeli
Motor Relanti Devri (rpm)	1.600
Yakıt besleme sistemi	Çek valfli ve karbüratörlü
Maksimum Devir (devir/dakika)	7.250
Yağlama Yağı tipi	İki-zamanlı motor yağı
Yağlama sistemi	Yakıt yağlamalı
Yağ/yakıt oranı	1/15

## 5.2. Tasarım ve Test Verilerine Göre Hesaplamalar

### 5.2.1. Motor hacmi

Hesaplamalarda piston çapı 4,5 cm olarak alınmıştır. Piston yüzey alanı için gerekli formül (5.1)'de verilmiş olup yaklaşık 15,90 cm<sup>2</sup> sonucuna varılmıştır. Motor silindir hacmi için ise piston sayısı 1 olarak alınmış ve (5.2) formülüyle yapılan hesaplamalarla birlikte 55,15 cm<sup>3</sup> sonucu elde edilmiştir.

$$A_K = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (5.1)$$

$$A_K = \frac{\pi * (4,5)^2}{4} \cong 15,90 \text{ cm}^2$$

$$V_h = z * A_K * s = \frac{z * \pi * D^2 * s}{4} \quad (5.2)$$

$$V_h = 1 * 15,90 * 3,47 = \frac{1 * \pi * (4,5)^2 * 3,47}{4} = 55,15 \text{ cm}^3$$

### 5.2.2. Motor sıkıştırma oranı

Pistonun üst ölü noktada iken üstünde bulunan alan yanma odası hacmi olarak tanımlanır ve yanma odasının hacmi (5.3) verilmiş olan formülle hesaplanmıştır.

$$V_C = \frac{V_h}{(\epsilon - 1)} \quad (5.3)$$

$$V_C = \frac{55,15}{(8,2 - 1)} = 7,66 \text{ cm}^3$$

### 5.2.2. Motor toplam silindir hacmi

Motor toplam silindir hacmi (5.4) yer alan formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$V_H = (z * V_h) + V_C \quad (5.4)$$

$$V_H = (1 * 55,15) + 7,66 = 62,81 \text{ cm}^3$$

### 5.2.3. Strok oranı

Bir pistonlu motorda, çapın strok ile bölünmesiyle belirlenen strok oranı, geleneksel olarak bir motorun yüksek motor hızlarında (rpm) güç için mi yoksa daha düşük motor hızlarında tork için mi tasarlandığını gösterir. Strok oranının hesaplanması formül (5.5) gösterilmiştir. Bu formül üzerinde yapılan hesaplamalar sonucunda strok oranının 1'den küçük çıkması durumunda küçük stroklu motor ifadesi kullanılmaktadır. (Demirsoy,2012)

$$= \frac{s}{D} \quad (5.5)$$

$$\frac{34,7}{45} = 0,77$$

### 5.2.4. Ortalama piston hızı (pervane yükü altında)

Krank açısının bir tam çevriminde piston silindir içerisinde ÜÖN ya ve AÖN ya olmak üzere iki kez hareket etmektedir. Ortalama piston hızı, motor tasarımı, gerilmeler ve diğer parametreler için makine hızına nazaran piston hızı önemli bir parametredir. Ortalama piston hızının hesaplaması formül (5.6)'da gösterilmiştir. (Demirsoy,2012)

$$c_m = \frac{2*s*n}{60} = \frac{s*n}{30} \quad (5.6)$$

$$c_m = \frac{2 * 0,0347 * 5750}{60} = \frac{0,0347 * 5750}{30} = 6,65 \text{ m/s}$$

### 5.2.5. Efektif motor gücü

Silindirler içinde elde edilen indike güçten motorun çalışması için gerekli olarak harcanan güçler çıktıktan sonra, motorun volanından alınan güçtür. (Demirsoy,2012).  $P_{me}$  Efektif ortalama basınç (bar) Pratik değer olarak 7 bar kabul edilmiştir ve iki zamanlı motor için efektif motor gücünün hesaplaması formül (5.7)'de verilmiştir.

$$P_e = \frac{P_{me}*n*V_H}{600} \quad (5.7)$$

$$P_e = \frac{7 * 7.250 * 0,055}{600} = 4,65 \text{ kW}$$

### 5.2.7. Motor döndürme momenti

Moment, motorun iş yapabilme yeteneğinin göstergesidir ve belirli bir moment kolu uzaklığından etkiyen kuvvetin etkisi olarak tarif edilebilir. (Demirsoy,2012). Bu tanıma göre, Döndürme momentinin hesaplaması ( iki zamanlı motorlar için) formül (5.8) gösterilmiştir.

$$M_d = \frac{19.098 * P_e}{n} \quad (5.8)$$

$$M_d = \frac{19.098 * 4,65}{7.250} = 12,25 \text{ Nm}$$

## 5.3. Motor Testleri

### 5.3.1 Devir ölçümü

Test standına bağlanan motor rodaj işlemlerinin ardından pervane yükü altında çalıştırılarak maksimum çıkabildiği devir takometreden anlık olarak okunmuştur. İlk etapta 4.900 rpm olarak maksimum devir ölçülmüştür. Karbüratör sisteminde bulunan hava yakıt karışım oranlarının ayarlanması ile devir 5.400 rpm ya kadar yükselmiştir. Ateşleme avans ayarı yapılan motor, nihai olarak maksimum 5.750 rpm gibi bir değere ulaşmıştır. Ayrıca rölanti devrinin en sağlıklı olarak 1.600 rpm olduğu belirlenmiştir. Bu devrin altındaki devirlerde, motorun tek silindirli olmasından dolayı vuruntulu çalıştığı ve stop etme eğilimi olduğu gözlemlenmiştir. Bu işlemlerin ardından pervane mili ölçüsüne göre delinerek torna tezgâhında imalatı yapılan bir volant yardımı ile yüksüz bir şekilde motor çalıştırılarak devir ölçümü yapılmıştır. Bu şekilde yapılan ölçüm sonucu olarak 7.250 rpm değeri takometre yardımı ile tespit edilmiştir.

### 5.3.2. Devire göre motor sıcaklığı ölçümü

Bu işlem için test standına monte edilen dijital termometre kullanılmıştır. Şekil 5.1’de yer verilen termometrenin termokupl bağlantısı, motorda yanma odasına en yakın nokta olan silindir kapağına monte edilmiştir.

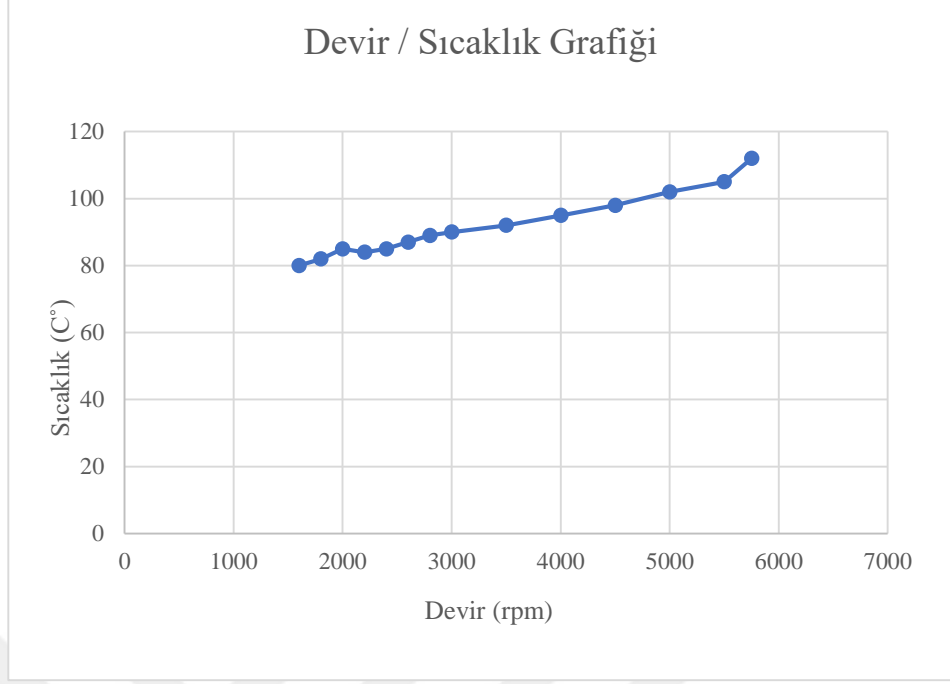


**Şekil 5.1.** Termokupl bağlantısı

Motorun ilk çalıştırılması ile birlikte 2 dakika gibi bir sürede sabit çalışma sıcaklığını yakaladığı yapılan ölçümler neticesinde belirlenmiştir. Bu sıcaklık değeri 20 °C civarında hava sıcaklığı olan bir ortamda 80°C olarak ölçülmüştür. Rölanti devrinden başlayarak maksimum devire kadar olan sıcaklık devir ölçüm grafiği elde edilen veriler ışığında hesaplanmıştır. Sıcaklık verilerine etkiyen en önemli unsurlardan biri ise motor yakıtına konulan yağ oranıdır. Motorun en verimli çalıştığı yağ ile yakıt oranının 1/15 olduğu bu ölçümler neticesinde tespit edilmiştir. Bu oranın altındaki değerlerde ise sürtünmeye bağlı olarak motor sıcaklığının arttığı gözlemlenmiştir. Üstündeki değerlerde ise motorun çalışma düzeninin bozulduğu ve ateşleme bujisinin yağlama yaptığı görülmüştür. Devir sayısına göre motor sıcaklık değerleri Tablo 5.2’de, grafiği ise Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

**Tablo 5.2.** Devir sayısına göre motor sıcaklık değerleri

Motor devri (rpm)	Sıcaklık değeri(°C)
1.600	80
1.800	82
2.000	85
2.200	84
2.400	85
2.600	87
2.800	89
3.000	90
3.500	92
4.000	95
4.500	98
5.000	102
5.500	105
5.750	112



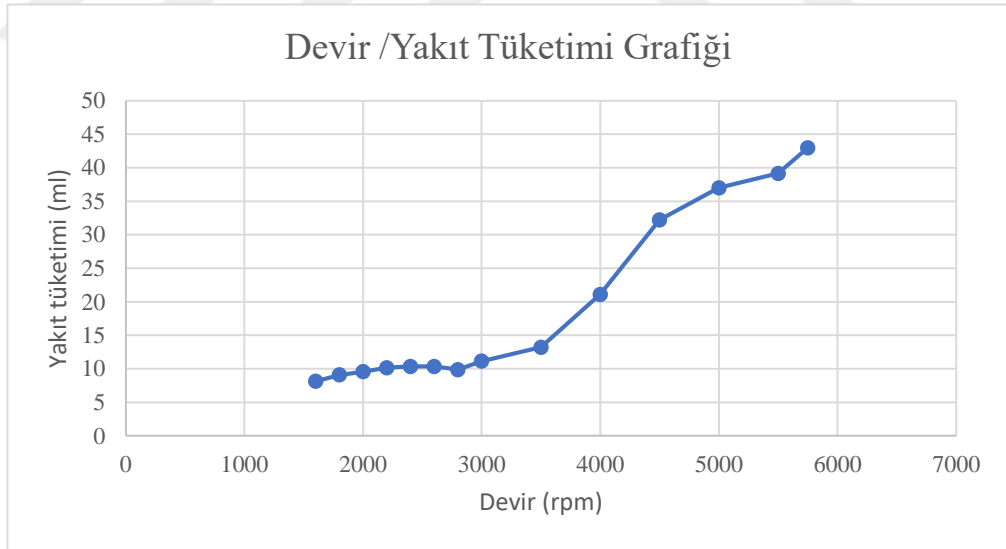
**Şekil 5.2.** Devire göre sıcaklık grafiği

### 5.3.3. Devire göre yakıt sarfiyatı ölçümü

Belirlenen devir değerlerinin her birinde 10'ar dakika çalıştırılan motorun yakıt tüketimi ml/dak olarak hesaplanmıştır. 500 ml hacminde bir yakıt deposu kullanılarak ölçüm değerleri hesaplanmıştır Test standında gaz mekanizmasını sabit devirde tutabilmek için ayarlı bir gaz teli düzeneği kullanılmıştır. Her devir ölçümünde 500 ml hacimli yakıt deposu tam olarak doldurularak, motor belirlenen sabit değerde 10 dakika çalıştırılmıştır. Bu zaman diliminin tamamlanması ile motor durdurularak depodaki kalan yakıt 250 ml ve 100 ml mezür yardımı ile ölçülmüştür. Bu şekilde parametreler teker teker hesaplanmıştır. Bu motor piyasadaki diğer model uçak motorları ile aynı mantıkta soğutma ve volan sistemine sahiptir. Burada soğutma işleminin pervanesinin ürettiği hava akımı sağlamaktadır. Ayrıca motor çevrimi için gerekli olan enerji volan yerine pervane kanatlarına birikmektedir. Bu sayede uçak pervanesi bir uçağın uçuşu için gereken çekme kuvvetini üretmesinin yanı sıra volan ve soğutma sistemi vazifesini de yerine getirmektedir. Devir sayısına göre yakıt tüketim değerleri Tablo 5.3'te, grafiği ise Şekil 5.3'te gösterilmiştir.

**Tablo 5.3.** Devir sayısına göre yakıt tüketim değerleri

Motor devri (rpm)	Yakıt tüketimi (ml/dak)
1.600	8,2
1.800	9
2.000	9,5
2.200	10,1
2.400	10,3
2.600	10,2
2.800	9,8
3.000	11
3.500	13,2
4.000	20,2
4.500	32,1
5.000	37
5.500	39,2
5.750	41,4



**Şekil 5.3.** Devire göre yakıt tüketim grafiği

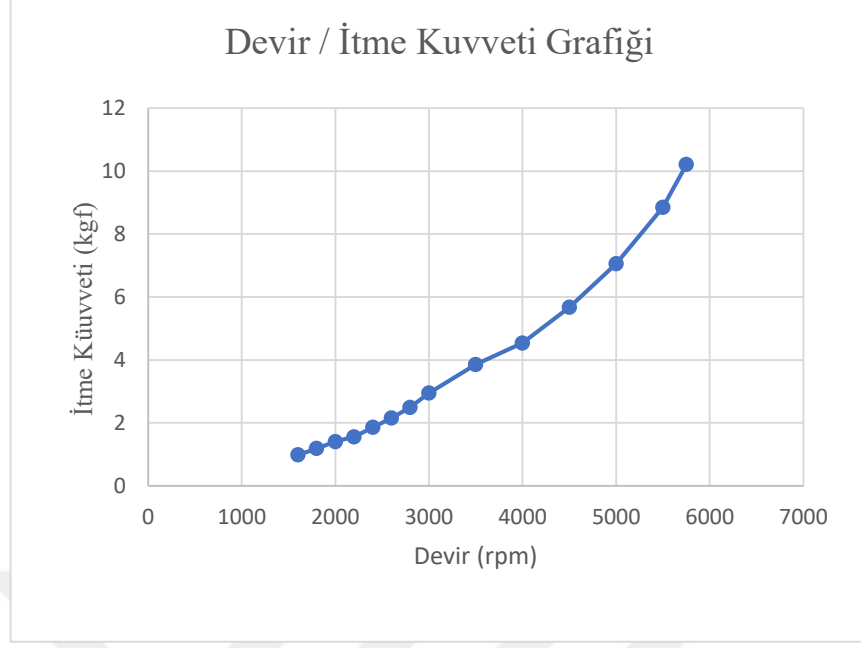
#### 5.3.4. Devire göre itme kuvveti ölçümü

Bu veri bir uçak motorunun uçurabileceği uçak ağırlığını belirleyen en önemli faktördür. Çekme kuvveti bir uçağın toplam ağırlığının yarısı kadar olabilir. Genel

olarak düşük hızda uçan ve süzülme kabiliyetleri yüksek olan modellerde bu oran yeterlidir. Bu tip uçaklarda kanat gövdenin üzerinde bulunmaktadır. Ağırlık ve çekme gücü arasındaki oran 1'e yaklaştıkça uçağın hızı ve manevra gücünde artmaktadır. Bu oran 1'in üzerine de çıkabilmektedir. Akrobasi uçakları genel olarak 1 ve üzeri bir orana sahiptirler. Dikey olarak uçmak için bu oranın 1'in üzerinde olması gerekmektedir. İmalatı yapılan motorun hacim ve güç değerlerine uygun pervane seçimi yapıldıktan sonra çekme gücü testleri yapılmıştır. Motor için uygun olan pervanenin ölçüleri 22x10 dur. Burada 22 sayısı inç olarak pervanenin çapını belirtmektedir. 10 rakamı ise pervanenin hatvesini belirtmektedir. Bu pervane ile yapılan testlerde motorun hızının 5.750 devire kadar çıkabildiği dijital takometre ile yapılan ölçümler sonucunda belirlenmiştir. Test standına bağlanan motorun çekme gücü 50 kg kapasiteli ve 5 gr hassasiyetli bir dijital terazi yardımı ile ölçülmüştür. Motor belirlenen devir aralıklarında, devri sabitlenerek çekme gücü kilogram olarak tespit edilmiştir. Tablo 5.4'te devir sayısına göre itme kuvveti değerleri, Şekil 5.4'te ise bu verilerin grafiği bulunmaktadır.

**Tablo 5.4.** Devir sayısına göre itme kuvveti değerleri

<b>Motor devri (rpm)</b>	<b>İtme kuvveti (kg-f)</b>
1.600	0,985
1.800	1,185
2.000	1,405
2.200	1,555
2.400	1,855
2.600	2,15
2.800	2,495
3.000	2,945
3.500	3,855
4.000	4,535
4.500	5,67
5.000	7,055
5.500	8,845
5.750	10,205



**Şekil 5.4.** Devire göre itme kuvveti grafiği

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

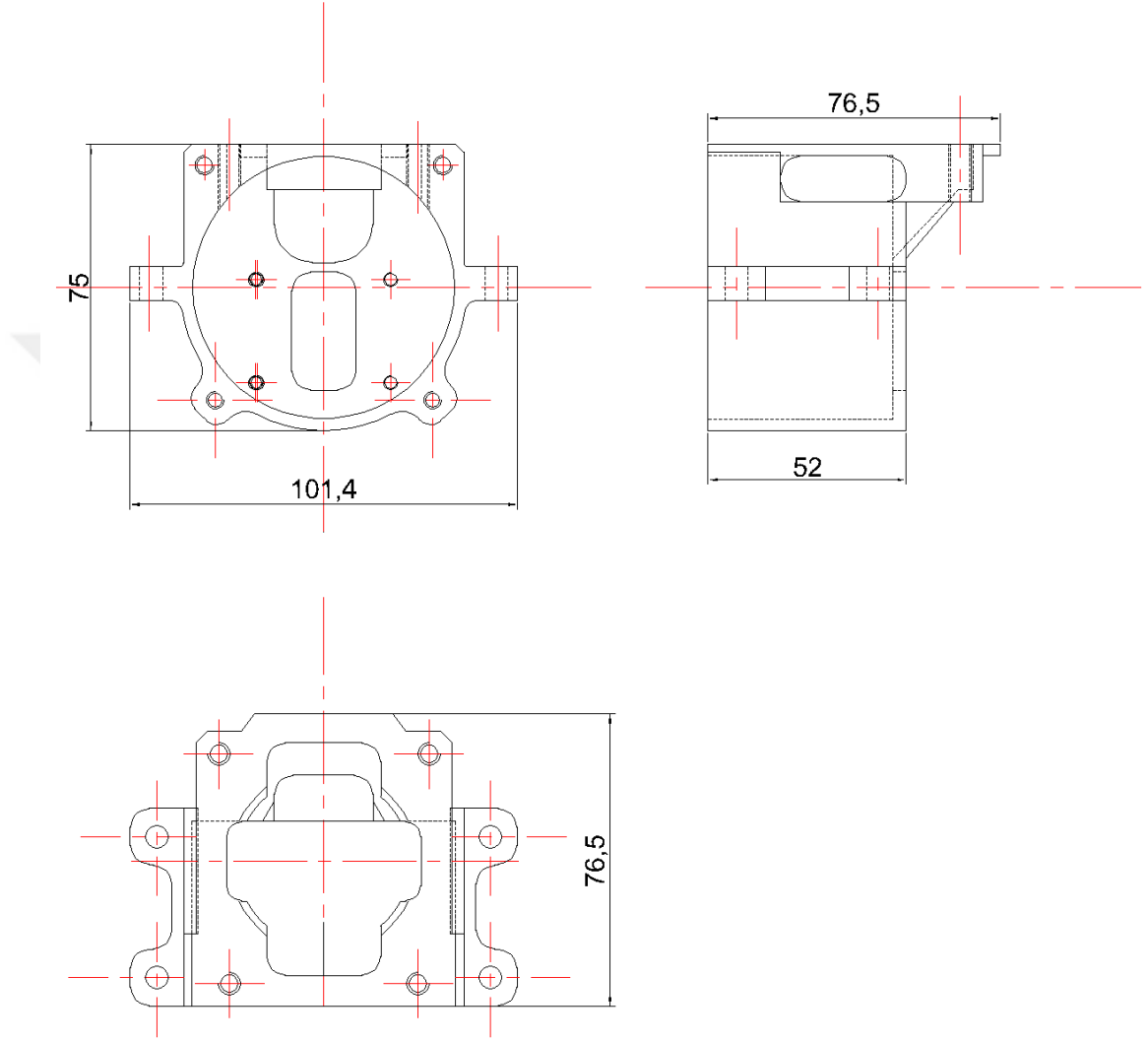
İmalat işlemlerinin ardından yapılan test verileri motorun 10kg civarında bir itme kuvvetine sahip olduğunu göstermiştir. Bu itme gücü ile 10 ila 15 kilogram arası bir uçağı uçurabilecek kapasitede olduğu anlaşılmıştır. Motorun yakıt / yağ karışım oranının normal şartlarda 1/20 ila 1/25 civarında olması gerekmektedir. Test verilerine göre ideal karışım oranının (1/15) normalden yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. Ayrıca piston ve gömlek toleransının düşük olmasından dolayı ısınma meydana geldiği tespit edilmiştir. Rodaj işleminden sonra motorun çok daha düşük sıcaklıklarda çalışabileceği öngörülmektedir. Bu duruma neden olan faktörlerin başında soğutma peteklerinin yetersizliği gelmektedir. Motorun gaz tepkimesinin orta derecede olduğu belirlenmiştir. Tepkime hızının iyileştirilmesi için krank mekanizmasının daha hafif olması gerektiği anlaşılmıştır. Motor çalışırken oluşan vibrasyonun kabul edilebilir, düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Vibrasyon konusunda iyileştirme yapmak için öncelikle piston biyel ve krank mekanizmasının daha düşük ağırlıklarda tasarlanarak imal edilmesi gerekmektedir. Test sonuçları neticesinde motor komple sökülerek hareketli parçalarda yüzey kalitesi kontrolleri yapılmıştır. Hareketli parçalarda herhangi bir aşınma ve deformasyona rastlanmamıştır. Üniversal tezgâhlarda üretilen bu motorun CNC sistemli talaşlı imalat tezgâhlarında daha hafif ve ergonomik olarak üretebileceği anlaşılmıştır.

## KAYNAKLAR

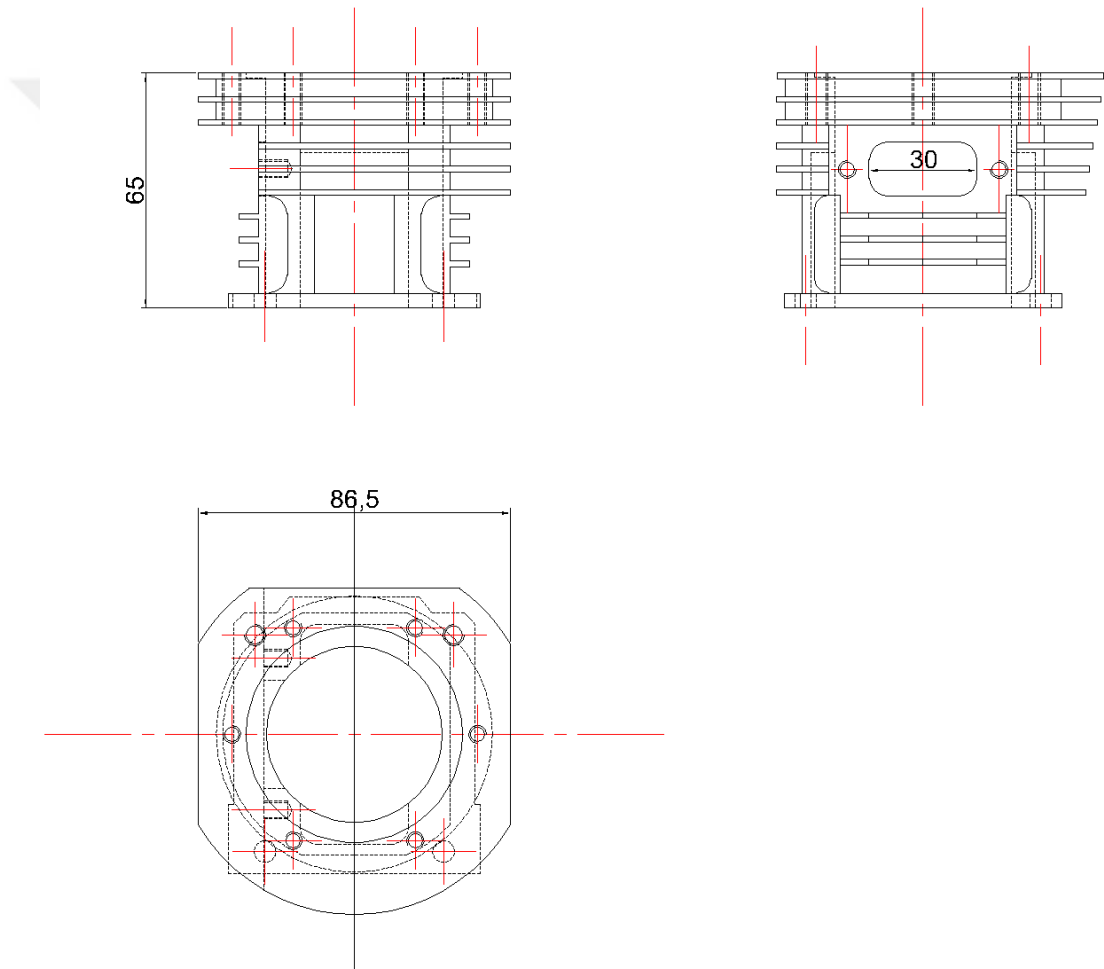
- Bell, A. Graham. (1999) “Two Stroke Performance Tuning”, *J H Haynes*, 10-67.
- Demirsoy, Mustafa. (2012) “Motor Konstrüksiyonu”, *TMMOB Makina Mühendisleri Odası*, 70-90.
- Desert Aircraft. [www.desertaircraft.com](http://www.desertaircraft.com) Son erişim tarihi: 12.12.2021
- Heywood, B. J. (1988) “Internal Combustion Engine Fundamentals”, *McGrawHill*, Newyork, 25-120.
- Jennings, Gordon. (1973) “Two Stroke Tuner’s Handbook”, *HPBooks* 13-50.
- Jetcat. [www.jetcat.de](http://www.jetcat.de) Son erişim tarihi: 12.12.2021
- Model Aviation. [www.modelaviation.com](http://www.modelaviation.com) Son erişim tarihi: 12.12.2021
- Model Engine News. [www.modelengineneews.org](http://www.modelengineneews.org) Son erişim tarihi: 12.12.2021
- O.S. Engine. [www.os-engines.co.jp](http://www.os-engines.co.jp) Son erişim tarihi: 12.12.2021.
- Promodel. [www.promodelhobby.com](http://www.promodelhobby.com) Son erişim tarihi: 12.12.2021
- Pulkrabek, Willard W. (2016) “İçten Yanmalı Motorlar Mühendislik Temelleri”, *Güven Bilimsel Yayınevi*.
- Sabancı, Alaettin., ve Işık, Alim. (2012) “İçten Yanmalı Motorlar”, *Nobel Akademi Yayıncılık*.
- Saçar Makina. [www.sacarmakina.com](http://www.sacarmakina.com) Son erişim tarihi: 12.12.2021
- Safgönül, Behçet., Ergeneman, Metin., Arslan, H. Ertuğrul., ve Soruşbay, Cem. (2013) “İçten Yanmalı Motorlar ” *Birsen Yayınevi*.
- Saito. [www.saito-mfg.com](http://www.saito-mfg.com) Son erişim tarihi: 12.12.2021.
- Stone, R. (1989) “Motor Vehicle Fuel Economy”. *Macmillan Educational Ltd.*, Houndsmills.

## EKLER

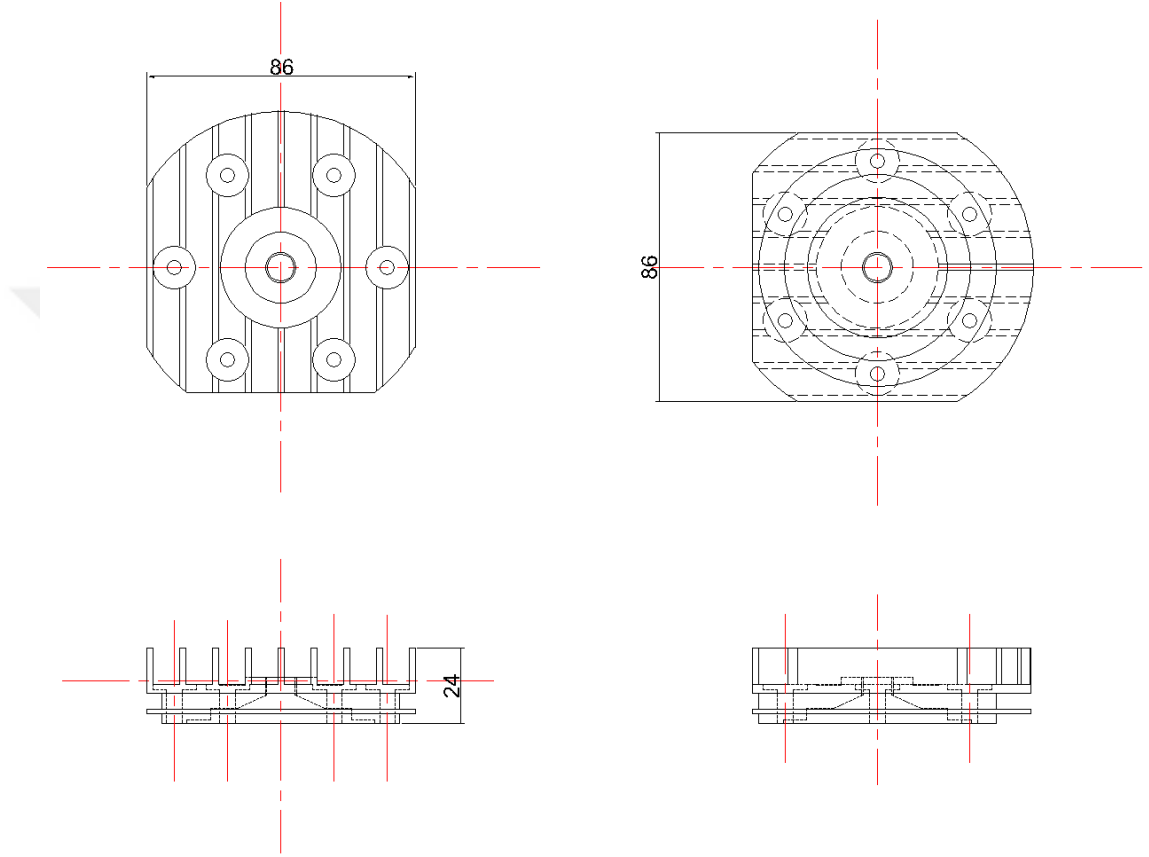
### Ek-1. Karter çizimi



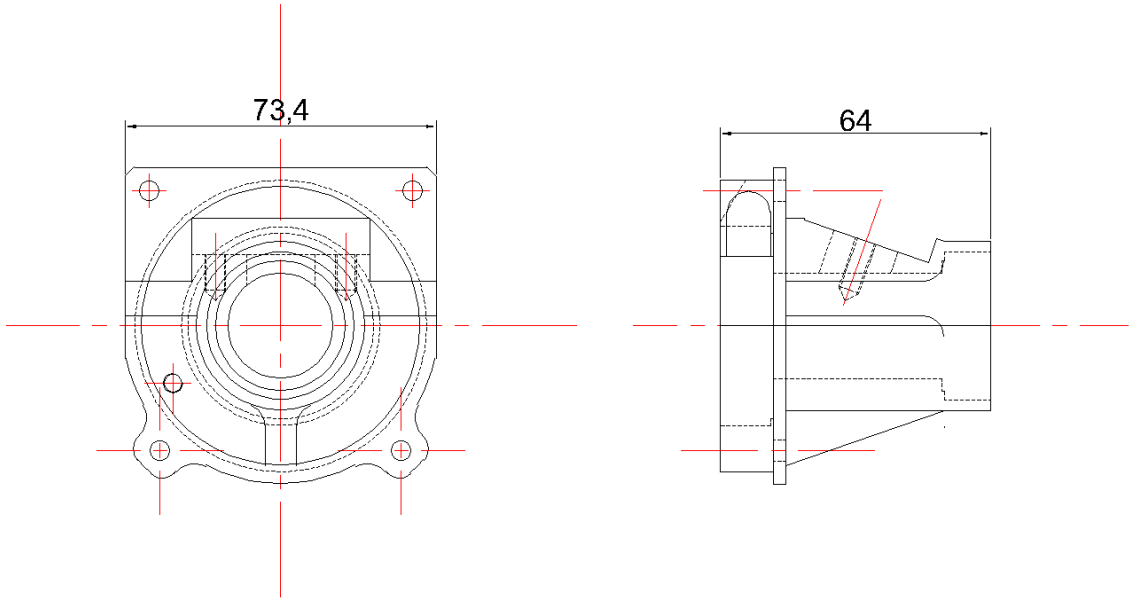
**Ek-2. Silindir çizimi**



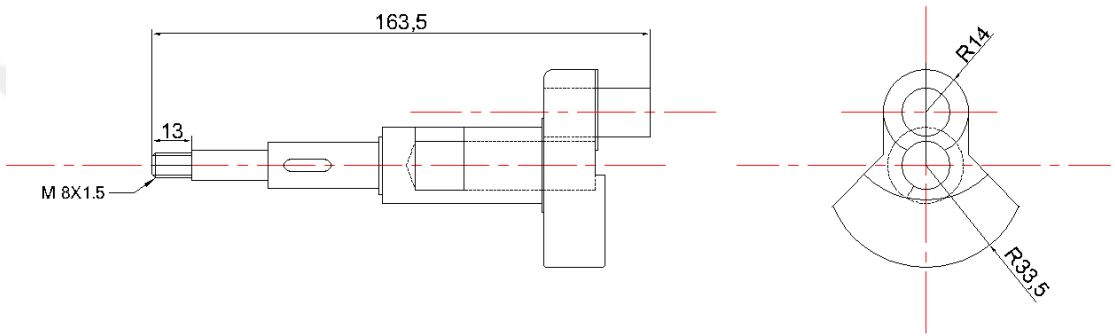
**Ek-3. Silindir kapağı çizimi**



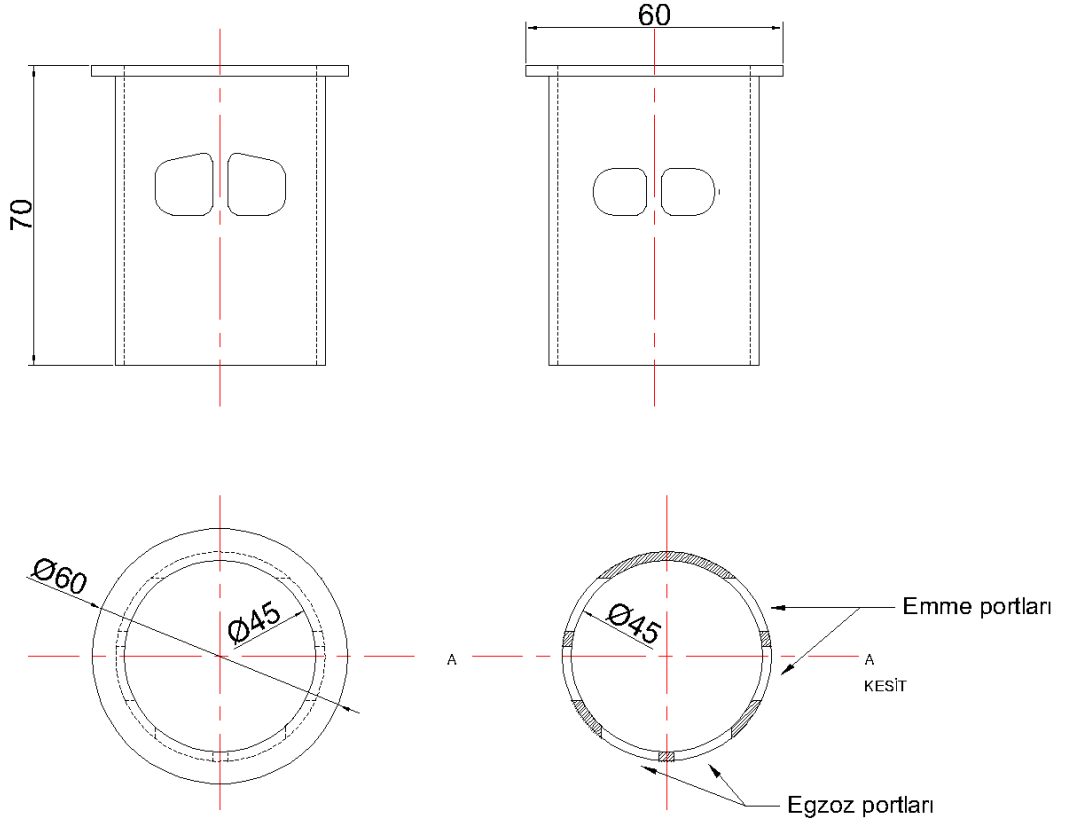
**Ek-4. Karter kapağı çizimi**



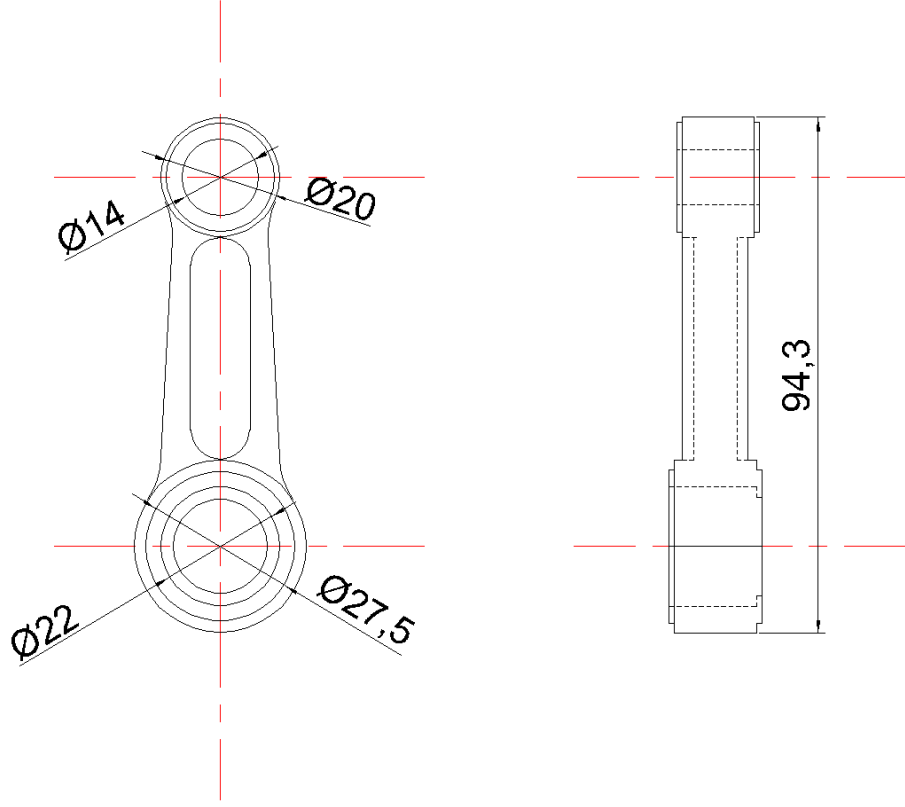
**Ek-5. Krank çizimi**



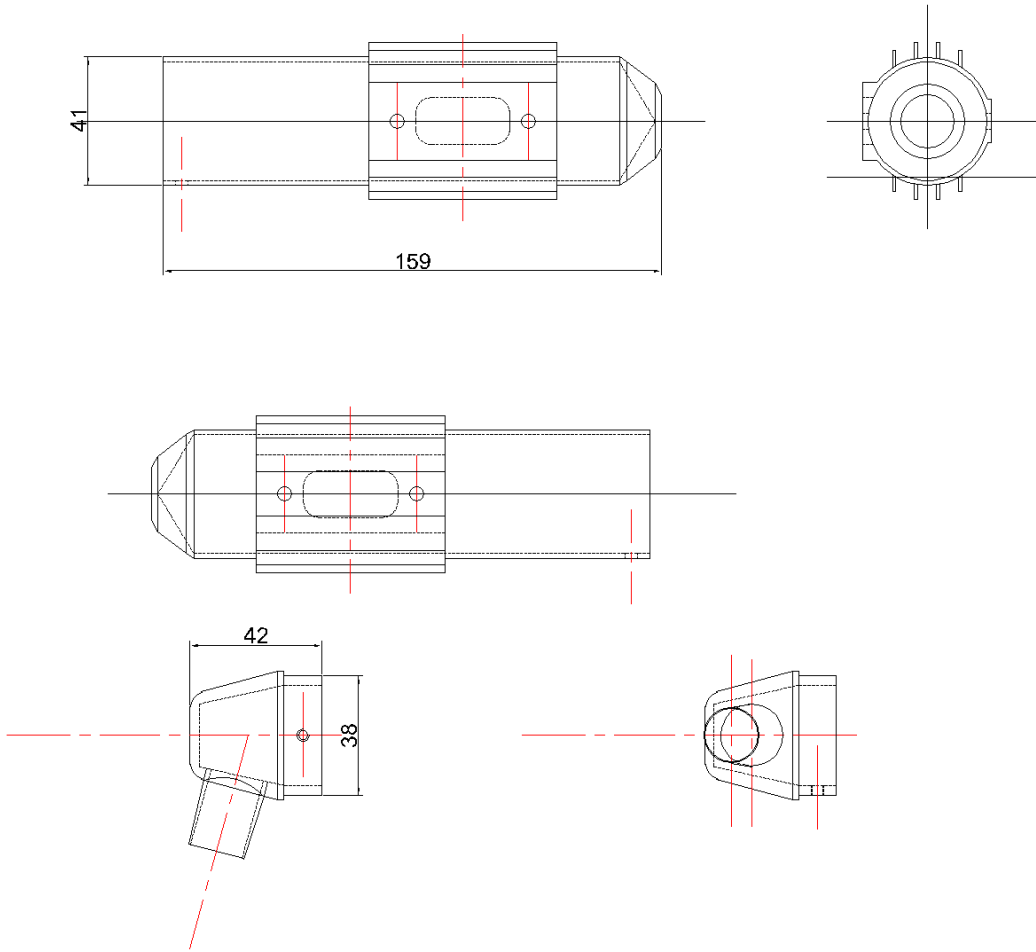
## Ek-6. G6mlek izimi



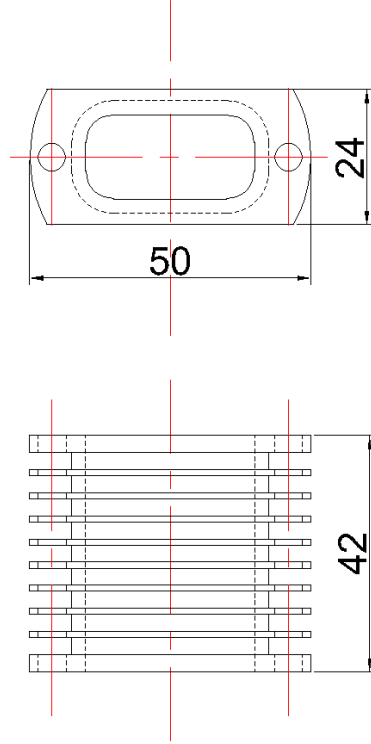
Ek-7. Biyel kolu çizimi



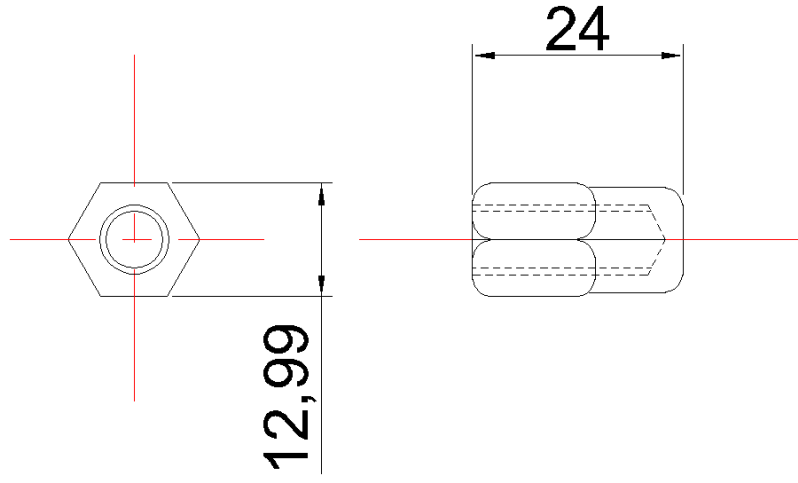
**Ek-8. Egzoz çizimi**



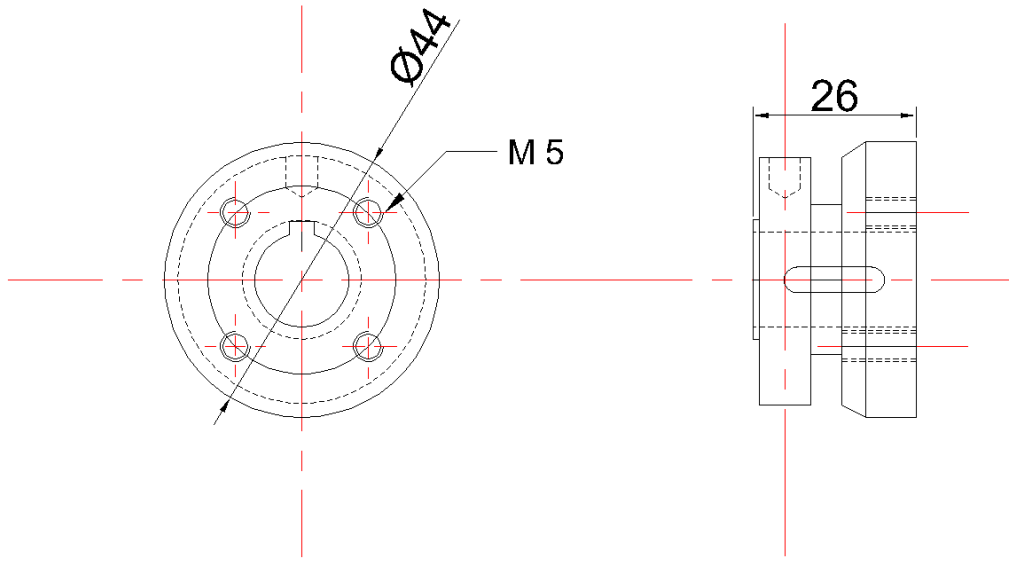
**Ek-9.** Egzoz manifoldu çizimi



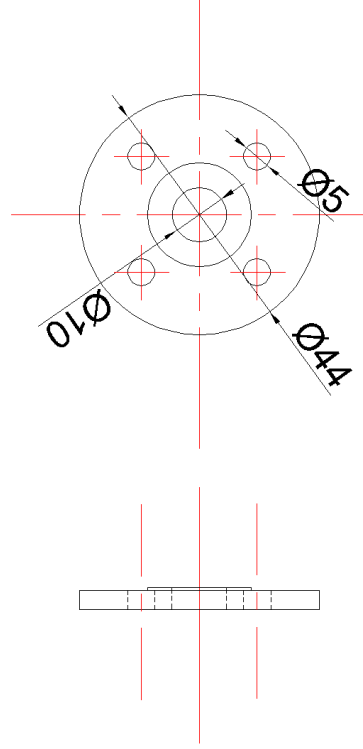
**Ek-10.** Pervane somunu çizimi



**Ek-11. Pervane burcu çizimi**



**Ek-12.** Pervane flanşı çizimi



**Ek-13.** Emme manifoldu çizimi

