

**İKİ ZAMANLI VE İKİ SİLİNDİRLİ BİR MODEL UÇAK MOTORUNUN
TASARIMI VE İMALİ**

Melih OKUR Selim ÇETİNKAYA

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Beşevler, Ankara, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada, iki zamanlı ve iki silindirli bir model uçak motorunun prototipinin yapılması amaçlanmış ve teorik olarak hesaplanan gerekli bilgiler, basic programlama dili ile yapılan program sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca prototipin imali sırasında karşılaşılan problemler tartışılmış ve çözüm yolları aranmıştır.

Anahtar kelimeler : Küçük iki zamanlı motor, Model uçak motoru

**DESIGN AND MANUFACTURE OF A TWO STROKE AND TWO PISTON
MODEL AIR CRAFT ENGINE**

ABSTRACT

In this study, it is aimed to manufacture a model aircraft engine prototype with two stroke and two cylinder. Required theoretical calculations have compared with BASIC computer simulation results. Beside this, the difficulties confronted during the manufacturing process of the prototype was argued and solution ways have discussed.

Key Words: Small two stroke engine, Model aircraft engine

1. GİRİŞ

Başlangıçta hobi amaçlı çalışmalarda kullanılmak üzere üretilen model motorları, günümüzde birçok farklı kullanım alanı bulmakta ve bu alanlardaki ihtiyaçlara cevap vermek amacıyla birçok farklı tasarımı yapılmaktadır. Halen dünya genelinde birçok ülkede, iki ve dört zamanlı model motorları üretilmekte ve tasarımlarındaki gelişmeler sürmektedir.

Ülkemizde bu tür model uçak motorlarının imalatını yapan herhangi bir firma bulunmamaktadır. Ancak, mevcut modellerin üretim ve tasarımlarının geliştirilmesi amacı ile üniversite düzeyinde bazı çalışmalar yapılmıştır. O.D.T.Ü. ve T.H.K.'nin işbirliği ile yapılan bir projede yaklaşık 100 kadar tek silindirli model uçak motoru üretilmiş fakat kullanılan malzeme seçimi ve diğer bazı etkenlerden dolayı çalışmalar sürdürülememiştir [1].

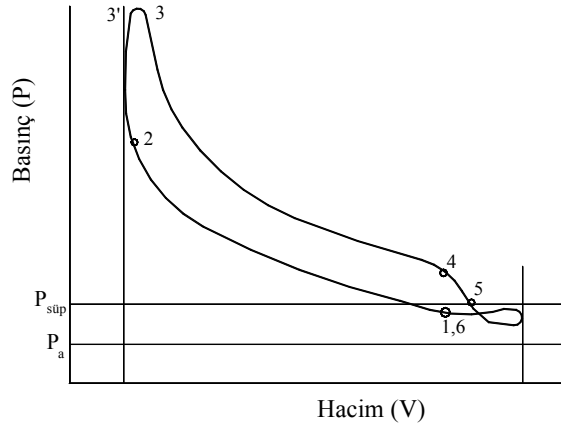
Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Ali Kömürcü tarafından yapılan yüksek lisans tez çalışmasında iki zamanlı bir model deniz taşıt motoru tasarlanmış, prototipi yapılarak tasarlanmış ve 6250 1/min'de 0,55 kW güç elde etmiştir [2].

Ülkemizde kullanılan bu tür motorların hepsi yabancı firmalar tarafından üretilmekte ve ülkemize ithal edilmektedir. Ayrıca piyasada kullanılan bu tür motorlardan iki ve daha fazla pistonlu olanlarının hemen hemen hepsi dört zamanlı olup, güçleri ve devirleri eşdeğer boyutlardaki ve iki zamanlı motorlara göre daha düşüktür. Bu bilgiler göz önünde tutularak, bu çalışmada, 8000 1/min'de 4,5 kW güç üretecek iki zamanlı, iki silindirli, boksör tipi bir model uçak motorunun prototipinin yapılması amaçlanmıştır. Motorun güç

ağırlığının, devrinin ve gücünün daha fazla olması amaçlandığı için iki zamanlı, tek silindirli motorlara göre daha dengeli bir çalışmayı sağlamak için ise de iki silindirli ve boksör tipi olarak tasarlanmıştır.

2. İKİ ZAMANLI MOTORLAR VE ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

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 1'de iki zamanlı motorun P-V diyagramı görülmektedir.



Şekil 1. İki zamanlı motorun P-V diyagramı

2.1. Ön Emme Ve Sıkıştırma Zamanı

Ön emme ve sıkıştırma zamanında piston, A.Ö.N.'dan Ü.Ö.N.'ya doğru hareket ederken genellikle önce emme portunu, daha sonra da egzoz portunu kapatır. Piston Ü.Ö.N.'ya doğru giderken, bir yandan benzinli motorlarda hava-yakıt karışımını (dolgu), dizel motorlarında ise taze havayı kartere alırken, diğer yandan silindire daha önceden alınmış olan dolguyu sıkıştırır. Sıkıştırma sonunda;

Basınç; Benzin motorlarında $P_2 = 10-14$ bar
Dizel motorlarında $P_2 = 30-50$ bar

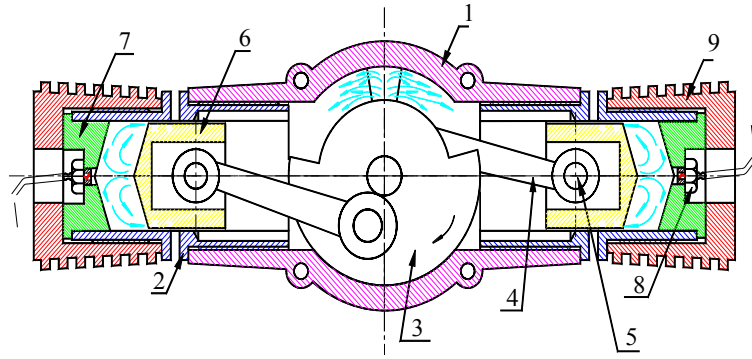
Sıcaklık; Benzin motorlarında $T_2 = 550-750$ K
Dizel motorlarında $T_2 = 700-900$ K kadardır.

Piston Ü.Ö.N.'ya ulaşmak üzereyken, benzin motorlarında yakıt-hava karışımı buji ile ateşlenerek tutuşturulur. Dizel motorlarında ise, basınç altındaki taze hava içerisine, yakıt püskürtülür. Yakıt, sıkıştırmanın ve sıcaklığın etkisiyle kendi kendine tutuşarak yanmaya başlar.

2.2. Yanma Ve Genişleme Zamanı

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 $45-50^{\circ}$ 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 ($P_{sup} = 1,1-1,3$ bar) silindire girer. Silindirde bulunan yanmış gazları süpürerek, egzoz portuna doğru iter. Bu esnada piston A.Ö.N.'ya ulaşır [3].

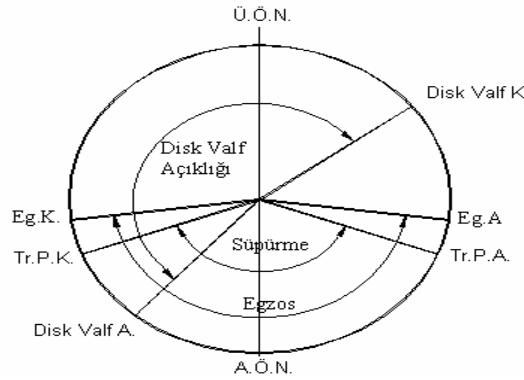
Piston A.Ö.N.'dan Ü.Ö.N.'ya hareket ederken önce emme portunu; daha sonra da egzoz portunu kapatır. Buradan da anlaşıldığı gibi egzoz gazları ve onların yerlerini alacak olan taze hava veya yakıt hava karışımı (dolgu) değişimi A.Ö.N. civarında meydana gelmektedir. Şekil 2'de tasarlanan motora ait ön emme ve sıkıştırma başlangıcı görülmektedir.



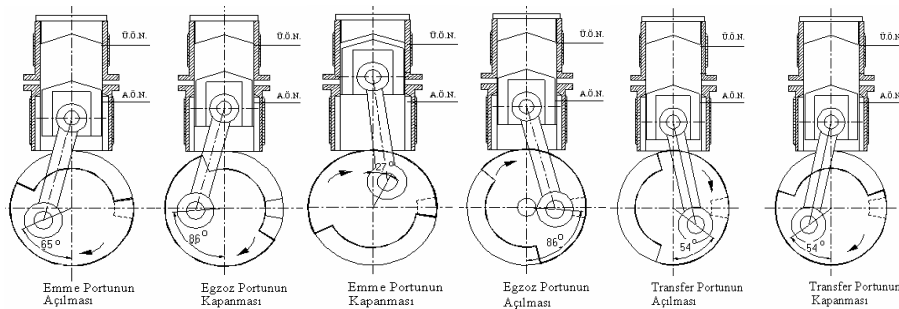
Şekil 2. Ön emme ve sıkıştırma başlangıcı

1. Gövde 2. Silindir 3. Döner valf 4. Biyel 5. Piston pimi 6. Piston 7. Tapa 8. Buji 9. Silindir kapağı

İki zamanlı motorlarda, portların açılma ve kapanma süreleri ile ateşleme veya dizel motorlarında püskürtme avanslarının önemi büyüktür. İki zamanlı ve disk valfli motorlarda tipik port zamanlamaları Şekil 3'teki diyagramda verilmiştir.



Şekil 3. Disk valfli motorlarda port zamanlamaları [4]



Şekil 4. Prototip motora ait disk valf zamanlamaları

3. MOTORUN TASARIM AŞAMALARI VE PROTOTİP MODELİN ÖZELLİKLERİ

Bir motorun tasarım ve geliştirme çalışmalarının maliyeti oldukça yüksektir. Bu nedenle yeni bir tasarımın ve geliştirme çalışmalarının yapılıp yapılamayacağına bazı sorulara cevap verildikten sonra karar verilmelidir [5]. Model uçak motorlarının dışarıdan ithal ediliyor olmasından dolayı bu sektörün ülkemizde de gelişmesini sağlamak amacı ile böyle bir motorun tasarlanması amaçlanmıştır.

Otomotiv alanında kullanılanlarda olduğu gibi, model motorları da wankel "rotary", yıldız, iki ve dört silindirli v.b. üretilmekte; birçok alanda kullanılmaktadır. En çok kullanılma alanı eğlence amaçlı olmakla

birlikte, ordumuz dahil bazı dünya ülkelerinde casus gözlem uçakları, sabotaj amaçlı uçaklar gibi uygulama alanları da bulunmaktadır [1].

Tasarlanacak motor; uzaktan kumandalı model uçak motorlarında kullanılacak, gücü 4,5 kW ve devri de 8000 1/min olacaktır. Daha önce belirtilen amaçlar dahilinde motor, iki pistonlu, iki zamanlı, karterden süpürmeli ve boksör tipi olarak tasarlanmıştır. Motor küçük olduğundan, tasarım basitliği ve kolaylığı bakımından, döner supaplı ve egzoz portlu olacaktır. Model uçak motorlarının ilk çalışması kızdırma bujisi yardımı ile olmakta ve motor ısındıktan sonra buji devreden çıkartılıp, sıkışma prensibine göre çalışmasının devamı sağlanmaktadır. Tasarlanan motorda farklı yakıtların denenmesi ve yanmanın kontrollü olması amaçlandığı için elektronik ateşleme sistemi kullanılacaktır.

Model uçak motorları, bujisiz sıkıştırma prensibine göre çalıştıkları için bu tür motorlarda alevlenme derecesi yüksek, metanol (metil alkol), nitrometan ve rizinüsöl (hint yağı) gibi sentetik yağlar kullanılmaktadır.

Nitro Bileşikleri = Aromatik Nitro bileşikleri Benzen halkasındaki H atomu yerine Nitro (NO₂) grubunun gelmesiyle oluşur.

Sentetik Yağlar = Kimyasal yolla elde edilen Gliserinden türetilen yağlardır. Yağ asitlerinin gliserinle oluşturdukları esterlerdir [6].

Kızdırma bujili model motorlarında;

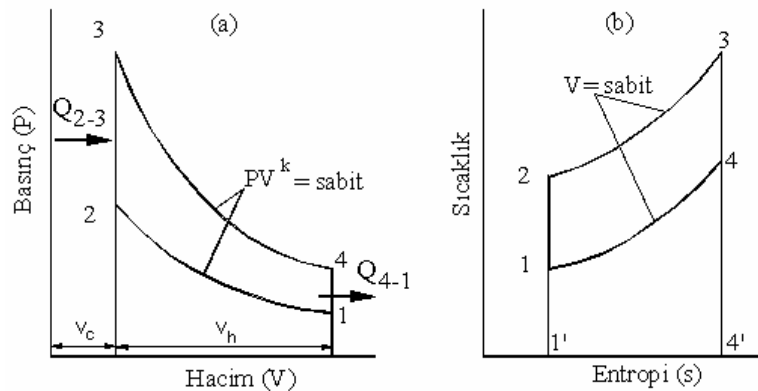
Standart yakıt,	Bujili (elektrodlü),	Kendiliğinden ateşleme,
% 80 metanol	% 70 metanol	% 20-30 hint yağı
% 20 hint yağı	% 10 aseton	% 20-40 eter
	% 20 hint yağı	% 40-60 benzin veya dizel yakıtı

karişimleri kullanılmaktadır [7].

Tasarlanan motorda, ateşleme sisteminden dolayı, bu yakıtların haricinde L.P.G. de kullanılacaktır. Ayrıca bu tür motorlarda kullanılan basit yapılu bir karbüratör tasarlanmıştır. Yük kontrolü ise karişım oranı değiştirilerek sağlanacaktır. Tasarlanan motorun model uçaklarda kullanılması amaçlandığı için hava soğutma sistemi seçilmiştir.

3.1. Termodinamik Analizi

Gerek 4-zamanlı, gerekse 2-zamanlı benzin, gaz yağı ve gaz yakıtlı motorlarda sabit hacim çevrimi uygulanmaktadır. Isı çevrime sabit hacimde girer ve işin elde edilmesinden sonra kalan ısı çevrimden gene sabit hacimde atılır. Sıkıştırma ve genleşme, yukarıda yapılan kabullere uygun olarak adyabatik hal değişimi ile olmaktadır. Bu çevrime ait basınç-hacim (P-V) ve sıcaklık- entropi (T-s) diyagramları Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Sabit hacimde ısı girişli teorik çevrim [3]

3.2. Motorun Boyutlandırılması

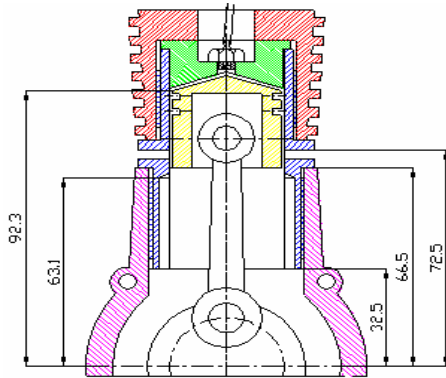
Motorun ana boyutları Çizelge 1'deki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır. Motor parçalarının boyut hesaplamaları yapıldıktan sonra, Şekil 6'daki prototip motorun ana boyutları elde edilmiştir. Ayrıca iki

zamanlı motorların tasarım hesaplamalarında kullanılan bir basic programlama dili ile de motorun boyut hesaplamaları yapılmış ve Şekil 7’de sunulmuştur [4].

Çizelge1. Motorun boyutları ile ilgili hesaplamalar

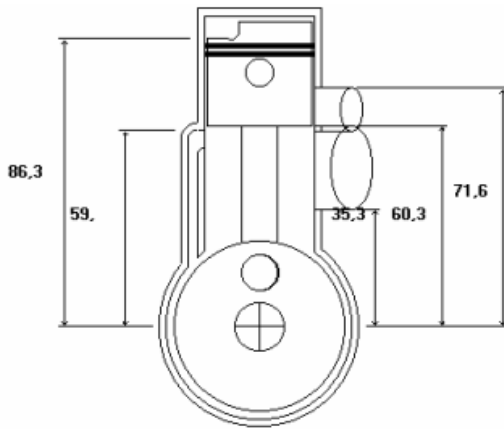
HESAPLAMA ADI	KULLANILAN FORMÜL	BULUNAN SONUÇ
Bir çevrimde verilmesi gereken enerji(Q_T);	$Q_T = \frac{P_e}{n} = \frac{4500}{133,33}$	$Q_T = 33,75 \text{ J}$
Bir çevrimde gerekli yakıt miktarı(b_t);	$b_t = \frac{Q_t}{H_u}$	$b_t = \frac{33,75}{19957} = 1,691 \cdot 10^{-3} \text{ g}$
Bir çevrimde gerekli hava miktarı(L_{air});	$L_{air} = 1,691 \cdot 10^{-3} \times 17 = 0,0287 \text{ g.hava}$	$L_{air} = 0,0287 \text{ g.hava}$
Bir çevrimde gerekli hava- yakıt miktarı(L_t);	$L_t = L_{air} + b_t$	$L_t = 0,0304 \text{ g}$
Süpürme Hacmi(V_h);	$V_h = \frac{L_t}{\rho}$	$V_h = \frac{0,0304}{1226} = 2,483 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ $V_h = 24,829 \text{ cm}^3$
Silindir çapı (D)	$V_h = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot 1,05D$	$D = 3,1109 \text{ cm} = 31,109 \text{ mm}$
Çap/strok oranını(X); (X = 1,05 alınır)	$X = \frac{H}{D}$	$H = 1,05 \cdot 31,109$ $H = 32,665 \text{ mm}$
Yanma odası hacmi (V_c)	$V_2 = V_3 = V_c$	$V_2 = V_3 = 1460,53 \text{ mm}^3$
Toplam Silindir Hacmi	$V_1 = V_4 = V_c + V_h$	$1460,53 + 24829,07 = 26289,6 \text{ mm}^3$
Süpürme Basıncı ($P_{süp}$)	$P_1 = (P_{süp}) = 0,11-0,13 \text{ MPa}$	
Sıkıştırma Başlangıcı Sıcaklığı (T_1)	$T_1 = T_{atm} \frac{\epsilon \cdot P_1}{\epsilon \cdot P_1 - P_r \cdot (1 - \frac{T_{atm}}{T_r})}$	$T_1 = 301,75 \text{ K}$
Sıkıştırma Sonu Basıncı (P_2)	$P_2 = P_1 \cdot \epsilon^k$	$P_2 = 120 \cdot 18^{1,4} = 6863,77 \text{ kPa}$
Sıkıştırma Sonu Sıcaklığı(T_2)	$T_2 = T_1 \cdot \epsilon^{k-1}$	$T_2 = 301,75 \cdot 18^{1,4-1} = 958,92 \text{ K}$
Sisteme giren ısı miktarı (Q_{2-3})	$Q_{2-3} = m \cdot c_v \cdot (T_3 - T_2)$	
Sistenden atılan ısı miktarı (Q_{4-1})	$Q_{4-1} = m \cdot c_v \cdot (T_4 - T_1)$	
Çevrim sırasında yapılan iş (η_{tb})	$\eta_{tb} = \frac{W_{net}}{Q_{2-3}} = \frac{\text{çevr.net.isi}}{\text{çevrime.giren.ısı}}$ $\eta_{tb} = 1 - \frac{Q_{4-1}}{Q_{2-3}} = 1 - \frac{T_4}{T_3} = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}$	$\eta_{tb} = 1 - \frac{1}{18^{1,4-1}}$ $\eta_{tb} = 0,685 = \%69$
Basınç artış oranı (β); $\beta = 1,5$ kabul edilirse;	$\beta = P_3/P_2$ $P_3 = \beta \cdot P_2$	$P_3 = 1,5 \cdot 6863,77 = 10295,6 \text{ kPa}$
Maksimum Sıcaklık (T_3)	$T_3 = T_1 \cdot \beta \cdot \epsilon^{k-1}$	$T_3 = 301,75 \cdot 1,5 \cdot 18^{1,4-1} = 1438,38 \text{ K}$
Genişleme Sonu Sıcaklığı (T_4)	$T_4 = \frac{T_3}{\epsilon^{k-1}}$	$T_4 = \frac{1438,38}{18^{1,4-1}} = 452,65 \text{ K}$
Genişleme Sonu Basıncı(P_4)	$P_4 \cdot V_4^k = P_3 \cdot V_3^k$	$P_4 \cdot 26289,6^{1,4} = 10295,6 \cdot 1460,53^{1,4}$ $P_4 = 180 \text{ kPa}$
Motorun toplam strok hacmi (V_H);	$V_H = V_h \cdot Z$	$V_H = 24,829 \cdot 2 = 49,658 \text{ cm}^3$ $V_H = 4,9658 \cdot 10^{-2} \text{ litre}$

Ortalama efektif basınç (P_{me})	$P_{me} = \frac{60.W_e}{V_H} = \frac{60.P_e}{V_H \cdot i \cdot n_\xi}$	$P_{me} = \frac{60.4,5}{4,965 \cdot 10^{-5} \cdot 8000.1}$ $P_{me} = 679,64 \text{ kPa} = 6,797 \text{ bar}$
Güç ağırlığı (G_p)	$G_p = \frac{G}{P_e}$	$G_p = \frac{1,5}{4,5} = 0,33 \text{ kg/kW}$
Efektif verim (η_e); $B = 0,280 \text{ kg/h}$ [8] $H_u = 19957 \text{ kJ/kg}$	$\eta_e = \frac{3600.P_e}{B.H_u}$	$\eta_e = \frac{3600.4,5}{0,280.19957}$ $\eta_e = 0,289 = \% 29$
Özgül yakıt tüketimi (b_e)	$b_e = \frac{3600}{\eta_e.H_u}$	$b_e = \frac{3600}{0,29.19957} = 0,62 \text{ kg/kWh}$
Litre gücü (P_L)	$P_L = \frac{P_e}{V_H}$	$P_L = \frac{4,5}{4,96 \cdot 10^{-2}} = 90,62 \text{ kW/l}$
Toplam silindir boyu (L_s)	$L_s = H + L + L_T$	$L_s = 32,66 + 31 + 15,6 = 79,26 \text{ mm}$
Silindir kalınlığı (t_c); $\sigma_{em} = 50 \text{ N/mm}^2$	$t_c = \frac{D.P_{max}}{2.\sigma_{em}}$	$t_c = \frac{31,109 \cdot 10,3}{2.50} \quad t_c = 3,20 \text{ mm}$
Yanma odası yüksekliği (h_c)	$V_c = \frac{\pi.d^2}{4} \cdot h_c$	$1460,53 = \frac{3,14 \cdot 31,109^2}{4} \cdot h_c$ $h_c = 1,92 \text{ mm}$
Volümetrik Verim (η_v), $\rho_s = \text{silindirdeki dolgu yoğunluğu}$ kg/m^3 $\rho_s = 0,795 \text{ kg/m}^3$ [9] $\rho_a = \text{dış ortamdaki havanın}$ yoğunluğu kg/m^3 $\rho_a = 1,226 \text{ kg/m}^3$ [10]	$\eta_v = \frac{\rho_s}{\rho_a}$	$\eta_v = \frac{0,795}{1,226}$ $\eta_v = 0,648 = \%65$
Doldurma Verimi (η_d) Bir çevrimde gerekli yakıt miktarı (b_i);	$\eta_d = \frac{b_t}{m_h} = \frac{b_t}{V_h \cdot \rho_s}$	$\eta_d = \frac{0,001691}{0,0248 \cdot 0,0795} = \%86$
Dolgu Tutma Verimi (η_{dt})	$\eta_{dt} = \frac{\eta_d}{\eta_{so}} = \frac{\eta_d}{\eta_v}$	$\eta_{dt} = \frac{0,85}{0,65} = 1,3$



Şekil 6 Prototip motorun ana boyutları

BORE mm = 31,1
STROKE mm = 32,6



CON-ROD mm =	60
EXHAUST OPENS, °atcd =	94
TRANSFER OPENS, °atcd =	26
INLET OPENS, °btcd =	115
TRAP COMPRESSION RATIO =	18
SQUISH CLEARANCE mm =	1,92
WRIST PIN TO CROWN mm =	10
WRIST PIN TO SKIRT mm =	16
SWEPT VOLUME cm ³ =	24,8
TRAP SWEPT VOLUME cm ³ =	15
CLEARANCE VOLUME cm ³ =	0,9
DEFLECTOR HEIGHT mm =	5

Şekil 7 Prototip motorun basic programlama dili ile yapılan hesaplamaları

4. MALZEME VE İMALAT

Bu bölümde prototip motorun parçalarının imalatının yapılması ile ilgili bilgiler verilecektir. Ayrıca verilen tasarım ve malzeme bilgileri haricinde imalatta ve motorun deneysel çalışmaları esnasında karşılaşılan problemler ve bu problemlerin çözümündeki aşamalar anlatılacaktır.

Prototip motorda, öncelikle bu tür motorların en büyük sorunlarından olan aşırı ısınma problemini çözmek amacı ile silindir ve pistonlar ısı iletkenliği iyi olan özel alüminyum alaşımından (duralümininden) yapılmış ve aşınma direncini artırmak amacı ile silindir ve pistonlar sert eloksal malzeme ile kaplanmıştır. Ancak silindir yüzeylerinin kısa süreli bir çalışmanın ardından çizilmiş olduğunun tespit edilmesinden dolayı bu yöntemden vazgeçilerek piyasada bulunan bu tür motorlarda kullanılan alaşım çelik malzemeler seçilmiştir [11]. Prototip motorda silindir bloğunun imalinde ise Etibank Seydişehir ürünü olan Etial 60 alüminyum malzeme kullanılmıştır [12]. Ayrıca motorun iki silindirli ve boksör tipi oluşu iki silindir arasındaki faz açısının 180° olacak şekilde işlenmesini gerektirmiştir. Silindirlerin blok üzerine montajı ise ince adımlı metrik vida açılarak sağlanmıştır. Bu vidalama sayesinde silindirlerdeki karışım miktarı, giriş portlarının en uygun alana ayarlanması ile mümkün olmaktadır.

Motorun çalışması esnasında artan sıcaklıktan dolayı sıkışmaları önlemek amacıyla pistonlar alüminyum alaşımından imal edilmiş ve yüzey kaplama işlemine tabi tutulmuştur. Başlangıçta pistonlar, silindir ile piston arasındaki boşlukları artırmak için iki kompresyon sekmanlı olarak yapılmış, fakat sekman ağızlarından kompresyon kaçağı yapması ve ağızların silindiri çizmesinden dolayı tasarım değiştirilerek sekmanlı olarak imal edilmiştir.




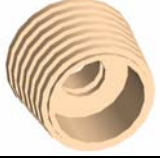






Model uçak motorlarının krank milleri, ön tarafına bağlanan pervaneye hareket vererek güç çıkışı sağlamaktadır. Krank milleri çok zorunlu kalınmadığı sürece tek parça (yekpare) yapılırlar. Çünkü ana muylu ile kol muyluları arasındaki herhangi bir eksen kaçıklığı motorlarda istenen bir durum değildir. Genelde çok silindirli, küçük motorlarda biyelin kepli yapılamamasından dolayı, krank milleri parçalı yapılırlar. Prototip motorda da bu özellikler olduğundan krank mili parçalı yapılmıştır. Öncelikle muyluların geçmeleri imalat kolaylığı açısından yuvarlak geçme yapılarak üst taraftan cıvata ile sıkılmıştır. Deneysel çalışmalar sırasında cıvataların kesme gerilmelerine dayanamaması üzerine geçmeler hassas bir şekilde tel erezyon tezgahında ve altıgen profilde kesilerek imal edilmiş ve bu sorun aşılmıştır.

Prototipte biyel, I profilli ve biyelde serbest pistonda sıkı olarak imal edilmiştir. Biyel malzemesi olarak, atalet momentlerini azaltmak amacı ile alüminyum alaşımı malzeme kullanılmıştır. Ayrıca biyel başı ve biyel ayağına bronz yatak çakılarak yataklama yapılmıştır.

Silindir kapağı ve silindir tapasında ısı iletkenliği yüksek olan alüminyum alaşımı malzeme kullanılmıştır. Motor hava soğutmalı olduğu için gerekli kanatçık hesaplamaları yapıldıktan sonra bu kanallar dış yüzeye uygun bir şekilde açılmıştır. Kapağın silindire montajı için iç yüzeyine ince adımlı metrik vida açılarak imalatı tamamlanmıştır. Silindir tapasının ise üzerinde kızdırma bujisini bulundurmaktadır. Silindire kolayca sökülüp takılması için kaygan geçme olarak imal edilmiştir.

Prototipte krank miline yataklık yapmak ve karter hacmini oluşturmak için orta ve arka kapak olarak adlandırılan iki adet özel kapak tasarlanmıştır. Ayrıca arka kapak üzerinde hava yakıt karışımını ayarlayan özel bir karbüratör bulunmaktadır. Karbüratör; vidalı ana parça, vidalı somun ve yakıt ayar çubuğu olarak üç kısımdan oluşmaktadır. Vidalı parça üzerine açılmış olan ince adımlı vida sayesinde, yakıt ayar çubuğunun ucundaki konikliğin hassas bir şekilde yakıt girişini ayarlaması sağlanmaktadır.

Çizelge 2’de tasarım ve imalatı yapılan motor parçaları görülmektedir.

Silindir Bloğu		Karbüratör	
Silindir		Silindir kapağı	
Pistonlar		Silindir tapası	
Krank Mili		Orta kapak	
Biyel		Arka kapak	

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada tasarlanan ve imal edilen motorda, ilk olarak bu tür model uçak motorlarının en önemli sorunlarından biri olan aşırı ısınma sorununu çözüme yolları aranmıştır. Uzun çalışma periyotlarında aşırı sıcaklık yüzünden silindirler ve pistonlar arası boşluğun azalması ve ısının hızlı bir şekilde silindir kafasından uzaklaştırılamaması, motorun performansının düşmesine yol açmaktadır. Bu sorunu gidermek için silindir ve pistonların aynı tür malzemeden yapılması gerekmektedir. Ayrıca ısıyı daha iyi iletmesi açısından alüminyum alaşımı malzemelerin seçilmesinde fayda görülmüştür. Ancak bu tür malzemelerin aşınma dirençleri iyi olmadığından sürtünmeler sonucundaki aşınmaları önlemek için, silindir ve pistonlar sert eloksal ile 40 mikron kalınlığında kaplanmıştır. Sert eloksalın aşınma direnci yaklaşık olarak 2.5 mg/1000 devirdir[13].

Prototip imal edildikten sonra yapılan denemelerde, düzensiz yanmalar görülmüş, yapılan kontrollerde sekman ağız boşluklarında kompresyon kaçakları tespit edilmiştir. Ayrıca motorun çalışması sırasında sekmanların silindir yüzeylerindeki egzoz portlarına takılmaları sonucunda oluşan aşırı sürtünme kayıpları ve silindirlerdeki aşınmalar düzensiz yanmaların sebebi olabilir. Silindir ve pistonların malzeme seçimi ve tasarımlarındaki değişiklikler ile bu sorun giderilmiştir. Ampirik formüller sonucunda bulunan yanma odası hacmi ile hava yakıt karışımının, deneyler sırasında optimum düzeyinin tespiti için, motora dışarıdan sürekli olarak ilk hareketin verilmesi gerekmiş, deneyler esnasında karşılaşılan en büyük sorunlardan biri de bu olmuştur.

Bu tür motorlarda sıkıştırma oranının fazla olmasından dolayı aşırı kompresyon oluşmakta, yanma basıncının ve atalet kuvvetlerinin etkisiyle, orta krank muylularında oluşan burulma gerilmeleri, bağlantı pimlerinin kesilmesine neden olabilmektedir. Krankın tasarımındaki bu olumsuzluk bazı eksen kaymalarını doğurmuş ve bunun sonucunda piston ve silindirlerde aşırı aşınmalara ve motorun sıkışmasına neden olmuştur. Krankın imalindeki iyileştirmeler ile bu sorun önemli ölçüde giderilmiştir. Kartardan doldurmalı motorlarda motorun çalıştırılması sırasında motora alınan hava/yakıt karışım oranının ayarlanması oldukça zor olmaktadır. Karışım oranını daha küçük adımlarda ayarlayan bir karbüratörün kullanılması bu sorunu çözebilmektedir. Prototip üzerinde yapılan iyileştirmeler sonucunda motor kısa periyotlar halinde çalıştırılmıştır. Daha sonraki proje çalışmaları ile, performans ölçmeleri ile birlikte motoru geliştirme çalışmalarının sürdürülmesi planlanılmaktadır..

KAYNAKLAR

1. Aslan, İ., 1999, **Sözlü Görüşme**, Turkkuşu Gen. Müd. Etimesgut Ankara.
2. Kömürcü, A., 1999, **İki Zamanlı Model Bir Deniz Taşıt Motorunun Tasarım ve İmali**, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara
3. Safgönül, B., Ergenemen, M., Arslan, E., Soruşbay, C., 1999, **İçten Yanmalı Motorlar**, İstanbul.
4. Blair, Gordon P., 1990, **The Basic Desing of Two-Stroke Engines**, U.S.A.
5. Çetinkaya, S., 1998, Motor Tasarımına Giriş, **Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Ders Notları**, Ankara.
6. Petrol Ofisi, Madeni Yağ Şube Müdürlüğü, 1980, **Yakıtlar ve Yağlar**, İstanbul
7. Günter M., 1983, **“Lexikon Des Modellbaus”** Transpress Veb Verlag, Berlin.
8. Dündar K., 1996, Makine Tasarımı II, **Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi** (Ders Notları), Ankara
9. Taylor, C.F., 1985, **The Interna-Combustion Engine in Theory and Practice Volume 2**, England.
10. Karabulut, H., 1997, **Isı Transferi**, **Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Ders Notları**, Ankara
11. Aydınlar Makine-Metal San. Ve Tic. Ltd. Şti., 1996, **Malzeme Kataloğu**, Ankara
12. **Etibank Seydişehir Ürün Kataloğu**, 1999, Konya.
13. Almet Metal Endüstri ve tic. Aş., 1998, **Eloksal Yüzey İşlemi (Anodizing) Şartnamesi**, Ankara