



Středoškolská technika 2010

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Hvězdicovýmotor

Střední průmyslová škola strojnická Olomouc, tř. 17. Listopadu, Olomouc

Jméno a příjmení, třída: Antonín Bořil

Prohlašuji, že jsem maturitní práci vypracoval samo statně použil jenuvedené prameny a
literaturu.

Datum:

Podpis

Tímto bych chtěl poděkovat za pomoc při práci na tomto projektu především Ing. Vladimíru Houšťovi, za pomoc s konstrukcí, řídním čitelce Ing. Věře Kozákové za pomoc s technologickou částí a v poslední řadě Mgr. Renatě Havelkové za pomoc s textem a prezentací práce.

Obsah

Obsah.....	3
1 Úvod.....	4
2 Spalovacímotory.....	5
2.1 Čtyřdobémotory.....	8
2.2 Dvoudobémotory.....	10
3 Hvězdicovémotory.....	11
3.1 Hlavní části konstrukce hvězdicového motoru.....	13
3.2 Konstrukce dalších pomocných strojů.....	22
4 Závěr.....	28
Anotace.....	29
Resumé.....	30
Seznam použitých zdrojů.....	31
Cizojazyčný slovník.....	33
Přílohy.....	34

1 Úvod

Téma hvězdicový motor jsem si vybral především proto, že mě zajímají dopravní prostředky a jejich konstrukce. Dalším důvodem je to, že jsem se přihlásil ke studiu na ČVUT obor strojírenství a chtěl bych studovat konstrukci letadel, proto byl pro mě tento projekt nejzajímavější.

Hlavní a pracovní časově nejnáročnější částí tohoto projektu bude 3D model vytvořený v programu Inventor 2010. V tomto modelu budou vymodelovány jednotlivé části mechanismu motoru Bramo 322.

Jelikož je tento model motoru v měřítku 1:1 v budově SPŠSO Olomouc bude většina součástek poměřována a následně vymodelována, ale je mnoho součástí které zdůvodňují svou složitost a musím počítat a kabinazovat další součástky.

Na modelu bude přítomný funkční klikový mechanismus i rozvody vaček v čteně táhel, ale nejsou tyhle dva mechanismy spojeny současně, protože rozvody obsahují pružiny a ty nejsou možné modelovat a čít proto je tento mechanismus omezen.

V další části, a to textové, se budu zabývat základním rozdělením spalovacích motorů. Na to navazují základní požadavky na hvězdicové motory. Poté se věnuji rozebrání vlastností jednotlivých částí motoru a poté jednotlivými ústrojími motoru.

V závěru práce se budu věnovat obecnému chlazení, mazání a palivům hvězdicových leteckých motorů.

Příloha bude obsahovat technologický postup pro výrobu zvolené součásti a její výrobní výkres.

2 Spalovacímotory



Obrázek1- Spalovacímotor

Spalovací motor je zařízení ve kterém se spaluje palivo a vzniká tepelná energie, která se následně mění z tlakové energie na mechanickou energii, kterou vykonává mechanický píst.

Hlavní typy spalovacích motorů

Dělí se především na motory dvoudobé a čtyřdobé. Dvoudobý motor potřebuje na vykonání celého cyklu jednu otáčku klikového hřídele, zatímco čtyřdobý motor potřebuje dvě otáčky klikového hřídele. Oba dva druhy motorů se dále dělí na motory zážehové (benzínové) a motory vznětové (naftové). Činnost jednotlivých motorů lze vysvětlit na jednotlivých pracovních obězích, které jsou znázorněny v tlakovém diagramu p-V.

Oběhy se dělí na:

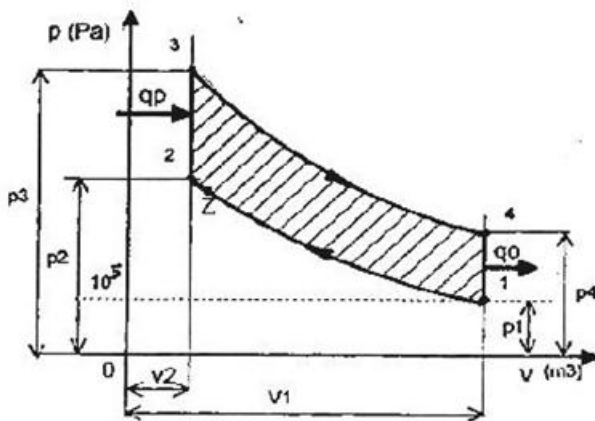
- a) **teoretický** – je založen na základě výpočtů
- b) **skutečný** – je založen na měření motoru

Teoretické oběhy

Hlavní předpoklady pro teoretický oběh:

- pracovní oběh je uzavřený, stav pohonné látky na konci je stejný jako na začátku
- obsah válce se nemění (není rozdíl mezi oběhem čtyřdobého a dvoudobého motoru)
- teplo se řídí a odvádí řídícím objemem nebo pístovým tlakem
- změny objemu jsou vratné, průběh komprese a expanze je adiabatický
- součásti pracovního prostoru neodvádějí ani nepřivádějí teplo, mechanismus pracuje bez tření

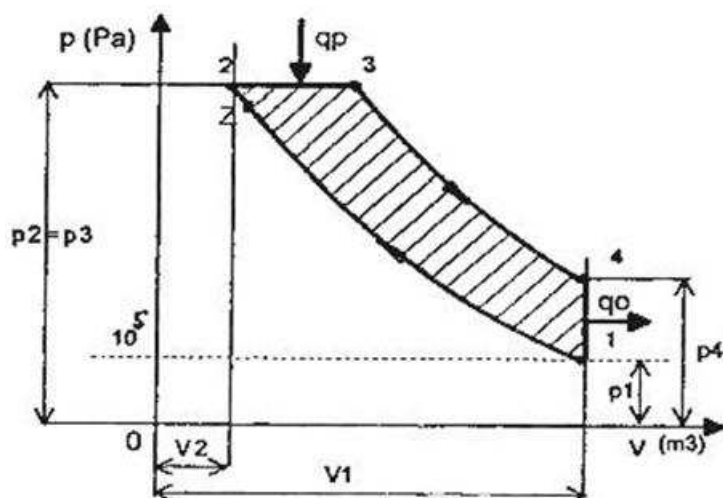
Teoretický pracovní oběh zážehového motoru



Obrázek 2- Teoretický pracovní oběh

1-2 adiabatická komprese, 2 -3 izochorické hoření ($V = \text{konst.}$), bod Z – zapálení směsi, 3- 4 adiabatická expanze, 4 -1 izochorický výfuk ($V = \text{konst.}$), Q_p – teplo přivedené ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$), Q_o – teplo odvedené

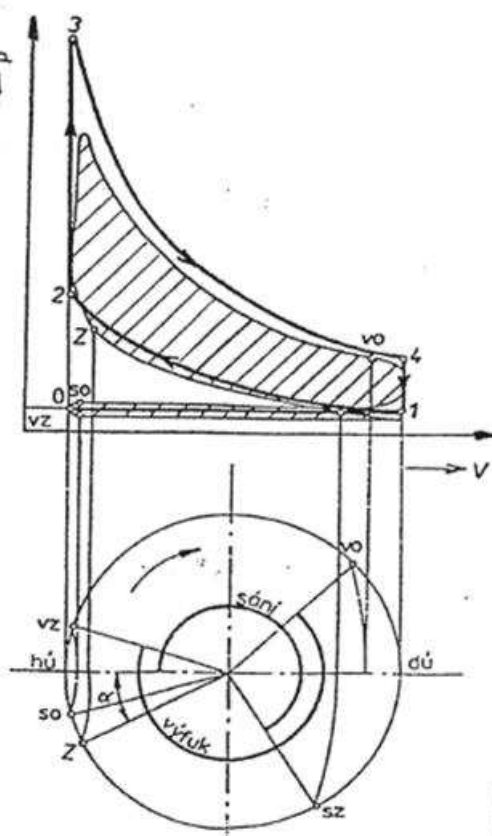
Teoretický pracovní oběh vznětového motoru



Obrázek 3 - Teoretický pracovní oběh

1-2 adiabatická komprese, 2-3 izobarické hoření, bod Z – vstřík paliva, 3-4 adiabatická expanze, 4-1 izochorický výfuk

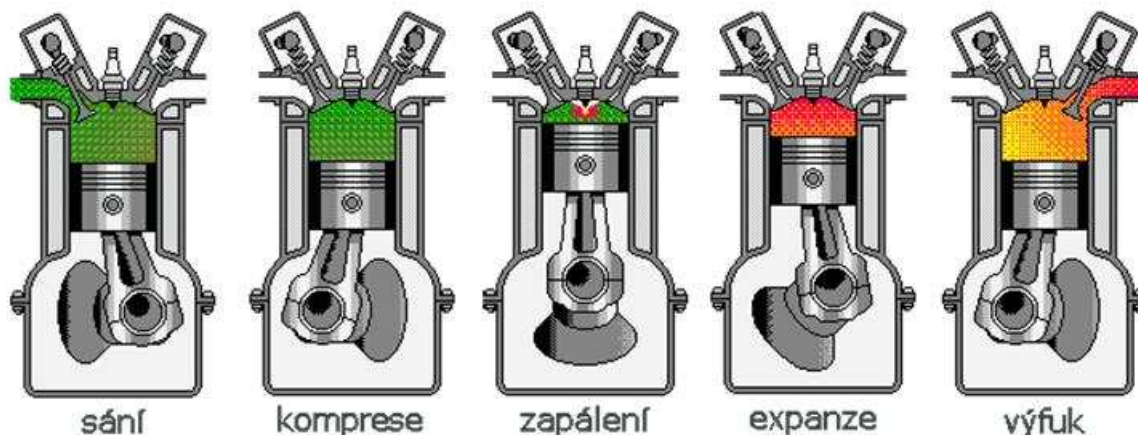
Skutečný oběh



Hlavní předpoklady pro skutečný oběh: - oběh je uzavřený, komprese a expanze je polytropická. Spalování není dokonalé, trvá určitou dobu, proto se teplota při řízení neodvídá stálého objemu nebo tlaku. Teplota se odvíjí stálého tlaku, protože vzhledem k výfukovým plynům trvá určitou dobu. Proto je účinnost motoru menší.

2.1 Čtyřdobé motory

Čtyřdobý zážehový motor



- pracuje na čtyřdobý výkoní jednoh pracovního cyklu pro každou otáčku klikových hřídel

Jednotlivé doby:

SÁNÍ

- do válce je přisávací ventil nasává palivo a směs vzduchu a paliva, píst jde dolů

KOMPRESSE

- píst se pohybuje směrem nahoru, stlačuje zážehovou směs
- sací ventil se uzavírá několik stupňů před níže uvedeným účelem využitím setrvačnosti proudící směsi k lepšímu plnění pracovního objemu
- těsně před horním vrátem se uzavírá zážehová směs

EXPANZE

- stlačení směsi se zapálením zážehovou směsí, exploduje a expanzí plynutla čí píst dolů
- oba ventily jsou uzavřeny

- teplota spaliny dosahuje 1800°C-2000°C
- tlak působící na píst je 3 až 4 MPa
- před dosažením dolní úvratě se otevřívá výfukový ventil tlakem 0,3 až 0,5 MPa

VÝFUK

- spaliny jsou vytlačeny z válce, píst se pohybuje nahoru
- ventil se zavírá těsně za horní úvratí

Čtyřdobý vznětový motor

- pracuje podobně jako zážehový motor, rozdíl je v tom, že vznětový motor pracuje mnohem vyššími tlaky a teplotami a má větší nasávání palivového směsu nasává pouze vzduch, který se komprese zahřívá a poté se do něj vstříkne rozprašená nafta, která se zapálí kompresním teplem

Jednotlivé doby jsou:

SÁNÍ

- otevřený sací ventil se nasává vzduch zbavený nečistot

KOMPRESI

- zdvihem vzduchu komprese je vzduch stlačen tlakem 3 až 4 MPa a jeho teplota 550°C-800°C
- 10 až 30° před horní úvratí se do spalovacího prostoru vstříkne přesné množství rozprašené nafty tlakem 8,5 až 20 MPa, které se promísí s horkým vzduchem vznítí

EXPANZE

- tlakem paliny vyvolané expanzi se řídí pístem a další částí klikového ústrojí
- před skončením expanze se otevřívá výfukový ventil

VÝFUK

- probíhá při pohybu pístu do horní úvratě, při němž výfukové plyny jsou vedeny přestlukem výfuku

2.2 Dvoudobé motory

Dvoudobý motor by měl být teoreticky 2x větší účinností než čtyřdobý motor a v praxi to může být i více. Dvoudobý motor má výhodu v tom, že využívá jen část její energie. V válci zůstává část plynu a naopak, do výfukové trubky dostává se palivo. Dvoudobý motor má navíc vyšší výkon než čtyřdobý motor a zároveň méně škodlivých výfukových plynů. Další výhodou je, že klikový mechanismus má menší rozměry a lze jej mazat přímo směsí motorového oleje nebo mazacími systémy, a v tom případě i dvoudobý motor má jednodušší konstrukci.

Dvoudobý zážehový motor

Nemají ventilaci rozvodu jako motory čtyřdobé. Jednotlivé fáze motoru probíhají nadpístem a podpístem. Jedná se o zážehový motor, který je uzavřen hermeticky. Pracovní cyklus dvoudobého motoru probíhá následovně: 1. Vstřikování paliva do válce. 2. Stlačování paliva kompresí. 3. Vznícení paliva. 4. Vytlačování výfukových plynů. 5. Vstřikování paliva do válce. 6. Stlačování paliva kompresí. 7. Vznícení paliva. 8. Vytlačování výfukových plynů.

První zdvih – komprese

- probíhá v prostoru nadpístem a řídkou směsí paliva a vzduchu. Při pohybu pístu do horní úvratě, pístem se uzavírá sací kanál a do prostoru klikové skříňky nasává palivo a směs.

Druhý zdvih – expanze

- v okamžiku, kdy píst dosáhne horní úvratě, palivo se zapálí a směs se rozpíná. Expanze trvá dlouho, dokud píst neodkryje výfukový kanál. Poté odkryje píst kanál a vypouští do oblasti nadpístem jevy tlak. Pak píst dosáhne spodní úvratě a klikové skříňce.

Dvoudobý vznětový motor

- jeho činnost je obdobná jako u motoru zážehového, ale rozdíl je v tom, že tento motor je plněn čistým vzduchem
- u tohoto motoru je vstřikování paliva do válce a vznícení paliva (nafta) a dohořívání paliva (expanze) (zdvihu)
- tyto motory se vyrábějí jako řídké kanálové s vratným vyplachováním nebo jako přeplňované s proudovým vyplachováním

3 Hvězdicové motory

V mém projektu se zabývám konkrétně hvězdicovým motorem Bramo 322, který byl montován do letadla JUNKER-W34HAU



Obrázek 4 - Model hvězdicového motoru

Hvězdicový motor je spalovací motor, který má válcové umístění kolem klikové hřídele v jedné rovině.

Hlavní požadavky na hvězdicové motory

Konstrukce motoru a její zvláštnosti jsou určené požadavky na motor. Zvláštní konstrukce letadlového motoru jsou zásadně podmíněny požadavky na spojitý výkon v jediné soustrojí s velkou hospodárností a provozní spolehlivostí při minimální váze a rozměrech. Zatímco z hlediska hospodárnosti a spolehlivosti se podobají automobilovým motorům, tak jejich rozměry a váha jsou mnohokrát větší.

Základní požadavky jsou:

- a) Dostatečný výkon

- b) Výškovou (jmenovitá výška) podle čelule tounu
- c) Conejmenší váha
- d) Conejvětší hospodárnost
- e) Malé rozměry
- f) Provozní spolehlivost a dlouhá životnost
- g) Vyvážení
- h) Pohodlný provoz a obsluha
- i) Výrobní možnosti

VÝKON

Výkon letadlového motoru určuje značnými řetecko-taktickými vlastnostmi (rychlost, stoupavost, obratnost, užitečné zatížení).

Výkon lze zvětšit dvěma způsoby: zvětšením zdvihového obsahu motoru a zvětšením litrového výkonu (1) zdvihového obsahu válce. Obsah válce lze zvětšit buď zvětšením jejich rozměrů (pro úměrné zvětšení nebo zvětšením počtu válců, nebo zvětšením počtu válců).

Zvětšení rozměrů válce nadobvyklé mezení čelné, poněkud je provozováno vzestupem teploty a máhání zvětšením hmotnosti motoru. Zvětšením počtu válců nepříliš lze značně složitost motoru z hlediska konstrukce, je jedním z nejučinnějších způsobů, jak zvýšit výkon motoru.

Aby se zvětšil výkon motoru, je výhodnější zvětšit litrový výkon motoru. Protože litrový výkon N_L je výkon vztažený na 1 litr zdvihového obsahu válce, můžeme

podle rovnice vyjádřit takto:

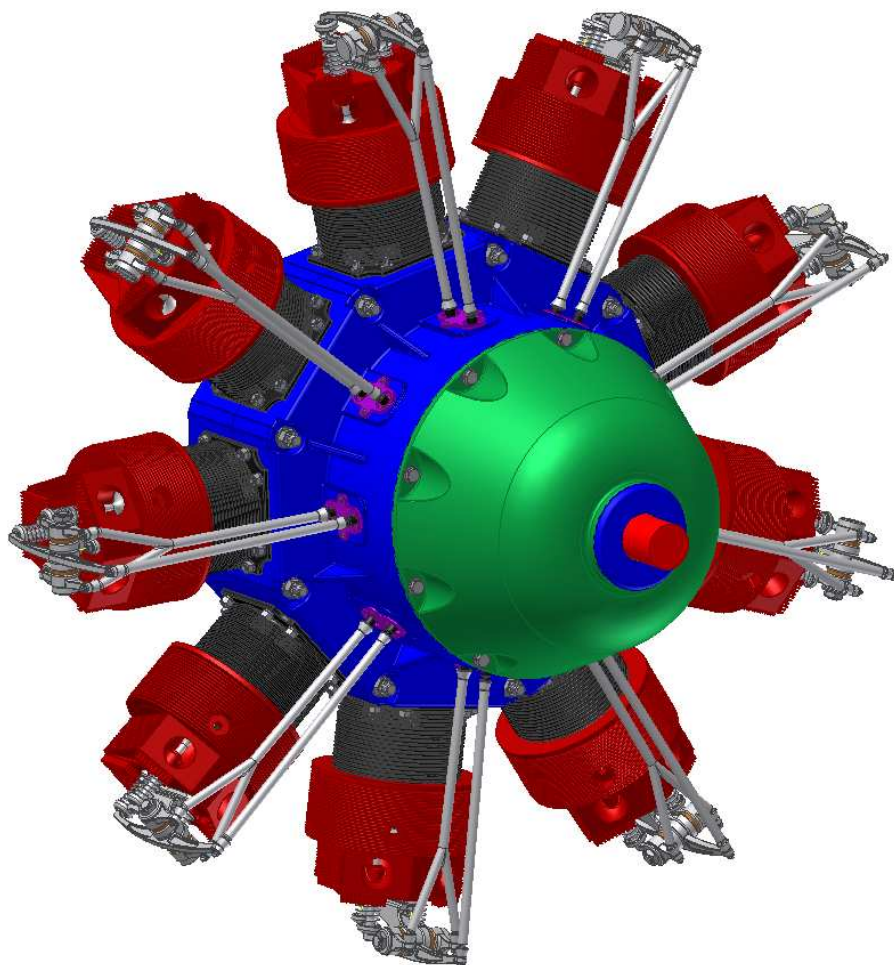
$$N_L = \frac{N_e}{V_h} = \frac{P_e n}{900}$$

Litrový výkon je tedy úměrný počtu válců motoru a střednímu efektivnímu tlaku. Proto pracuje každé letadlo s maximálními hodnotami těchto činitelů.

Zvýšení počtu válců je omezeno:

- a) Zmenšení součinitele plnění
- b) Snížení životnosti motoru vlivem většího potřeby řebení částí
- c) Snížení spolehlivosti motoru

3.1 Hlavní části konstrukce hvězdicového motoru



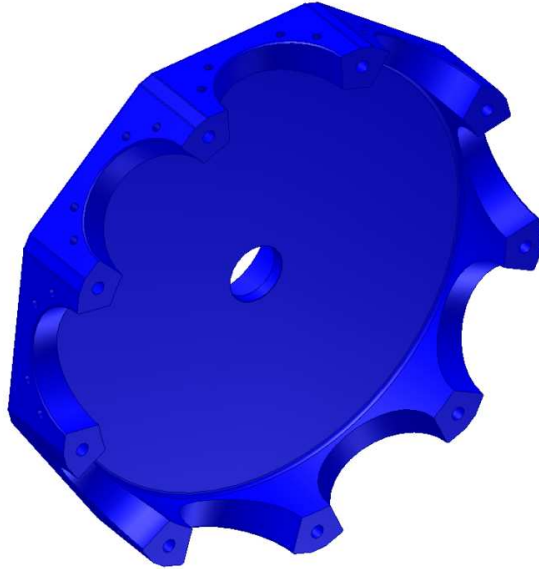
Obrázek 5 - Hvězdicový motor

Při modelování hvězdicového motoru Bramo 322 programem Inventor 2010 jsem používal jako předlohu model tohoto motoru ve skutečné velikosti, který je umístěn v budově SPŠSO Olomouc. Při navrhování rozměrů jednotlivých součástí jsem používal tento model k poměrování a nezměřitelné části jsem musel navrhnout počteně. Některé součástky jsou vzhledem ke složitosti zjednodušeny a není u nich brán ohled na to, zda jsou možné vyrobit, jsou v modelování pouze, aby plnily technickou funkci.

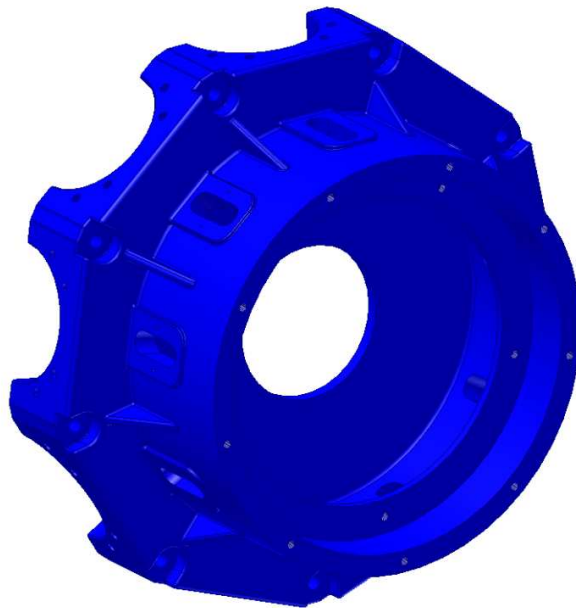
Model motoru měl být původně plně funkční, ale jelikož Inventor nezvládá modelovat stlačení pružin a další věci, musel jsem při modelování od tohoto upustit a udělat pohyblivé jen určité části motoru nezávisle na ostatních. Na motoru plně funguje klikový mechanismus včetně vačkového kotouče, dále jsou funkční táhla ovládací a sací a výfukové ventily, ale ty už nejsou spojeny s funkcí vačkového kotouče. Ventily jsou spojeny s pružinami a z toho důvodu jsou nepohyblivé.

MODELOVÁNÍ KONSTRUKCE BLOKU MOTORU

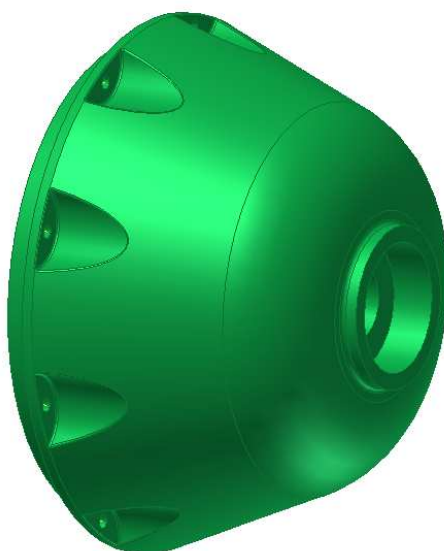
Blok motoru je tvořen ze tří částí. V zadní a střední části je umístěn klikový mechanismus a v přední části je umístěn reduktor motoru.



Obrázek 6 - Zadní část bloku motoru



Obrázek 7 - Střední část bloku motoru



Obrázek 8-P řední část bloku motoru

Blok motoru je hlavní nosná část motoru. K bloku motoru jsou připevněny válce a jsou v něm umístěny ložiska klikového hřídele. Blokem motoru se upevňuje celý motor k motorovému ložetadlu. Kromě toho se blok motoru používá i u některých pomocných strojů a soustrojí (agregáty) jako jímky oleje, který vytéká z ložisek podobně.

Na blok motoru se přenáší zatížení působené silami plynů a silami setrvačnými. Síly od tlaků plynů působící na válec a klikový hřídel stále ve stejné velikosti, ale v opačném smyslu, namáhají část klikové skříňky mezi hlavními ložisky klikového hřídele a plochami pro upevnění válců. Setrvačné síly se přenášejí na klikovou skříňku v zásadě klikovým hřídelem a jejich nevyvážené složky se přenáší upevňovacími patkami na motorové ložetadlo. Kromě toho přenáší blok motoru i reakční krouticí moment.

Z důvodu montáže klikového ústrojí a dalších různých pomocných pohonů je blok motoru tvořen z více částí. Jednotlivé části bloku motoru jsou spojeny závrtnými šrouby.

Části skříňky, které se přenáší hlavní namáhání od válců klikového ústrojí jsou nosnými částmi bloku motoru. Ostatní části bloku motoru, které nejsou příliš namáhány, jsou umístěny u pomocných ústrojí.

Nosná část motorů z duralových motorů se zpravidla vyrábí z výkonných nebo zvláště lehkých slitin. Někdy bývá nosná část ocelová. Menší tloušťka ocelových částí bloku má protitloušťku z lehkých slitin v obou případech přibližně stejnou váhu.

Nevýhoda ocelového nosného tělesa bloku motoru je obtížnost výroby

Výhoda ocelového nosného tělesa bloku motoru je její větší únavová pevnost.

Nosné těleso výkonných hvězdicových motorů má svislé dělení v rovině osy válce. Taková konstrukce umožňuje snadnou montáž klikového mechanismu a dále dovozuje kontrolovat utažení šroubů na spojích částí klikového hřídele nebo ojnic po jejich zamontování do bloku motoru.

Materiál bloku motoru.

U nízko výkonných motorů se klikové skříňně odlévají se slitin hliníku, u výkonnějších motorů se blok motoru kovává z hliníkové litiny nebo dokonečně z oceli.

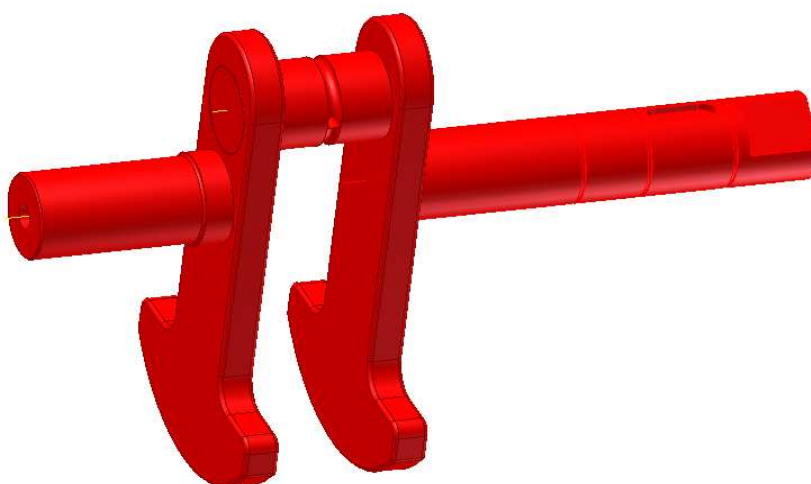
Stěny klikové skříňně, především jejich namáhané části, musí být tlustší než 5 až 6 mm, protože při tenčích stěnách materiál během lití rychle chladne, což může zavinit nezatažení kovu a jiné závady při odlévání. Naopak zvětšení tloušťky stěn namáhaných součástí klikové skříňně nad 20 mm není vždy vhodné, z důvodu zhoršení mechanických vlastností tlustostěnných odlitků.

Hlavní požadavky při výrobě

Hlavní požadavky na mechanické obrobění klikové skříňně je přesná souosost hlavních ložisek, správné úhlové a délkové umístění dosedacích ploch otvorů pro válce.

Při montáži klikové skříňně se musí dosáhnout potřebné přesnosti styků a správného umístění stavěcích kolíků a závrtných šroubů.

KONSTRUKCE KLIKOVÉH ŘÍDELE



Obrázek 9 - Klikový hřídel

Klikovou hřídel jsem modeloval zjednotlivých částí a poté je spojoval, abych vytvořil celou sestavu klikového řídce. Středem klikového řídce je veden kanál pro mazání motoru. Kliková hřídel je člená z důvodu montáže ojnice.

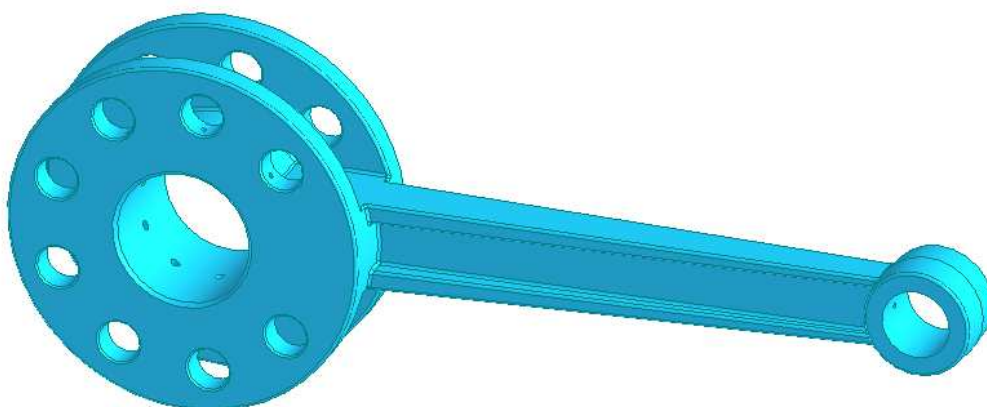
Pracovní podmínky klikového řídce

Hlavním úkolem klikového řídce motoru je přenášet výkon získaný ve válcích na vrtuli letadla. Dalším důležitým úkolem klikového řídce je pohyb pístů v době jejich zdvihů, ve kterých senekoná práce, apohánírůzná další strojí.

Za běhu motoru působí na klikovou hřídel normální a tangenciální síly v jeho klikových čepech, odstředivísíly klikaprotizávaží, reakceložisek, jež působí proti těmto silám a moment odporu vzduchu otáčející se vrtule. Na hřídel působí i trvalá zatížení, způsobená pohonem různých soustrojí. Tato zatížení jsou však malá proti dříve zmíněnému zatížení a při výpočtu hřídele se zanedbává. Velikost krouticího momentu, působícího na klikový řídce, mění se periodicky podle úhlu pootočení hřídele. Vlivem periodického změny krouticího momentu vznikají torsní kmity klikového řídce.

Často vznikají vlivem těchto torsních kmitů v jednotlivých částech hřídele velká přídavná namáhání, jež mohou zavinit i zlom hřídele. Proto musí konstrukce a rozměry hřídele zaručovat nejen dostatečnou pevnost hřídele při zatížení, která na něj působí, ale musí odstranit nebezpečí vzniku větších, přídavných namáhání torsních kmitů.

KONSTRUKCE OJNICE



Obrázek 10 – Hlavní ojnice

Hlavní ojnice byla velmi obtížná modelování, protože obsahuje jeně jako klikových řídelnitřní kanály provedení tlakového oleje promazání. Největší problémí dělalo rozvedení oleje dovedlejších ojníc.

Ojnice spojují klikových řídel, konající otáčivý pohyb, s pístem, který vykonává přímočarý vratný pohyb. Zachycuje a přenáší na klikových řídel všechny síly, vznikající při pohybu pístu. Ojnice samopodléhá tlakovému namáhání, tlaku a tahu.

U motoru Bramo 322 je využit systém hlavních vedlejších ojníc, jehož výhodou je vysoká tuhost hlavy ojnice a tím její dostatečně malá deformace.

Nevýhodou tohoto způsobu jsou stejné kinematiky pístů v různých válkách a přídavné zatížení hlavních ojníc jejich písty silami, které vznikají vedlejších ojníc.

Aby se zmenšiloopotřebení řecíh povrchu pístního čepu ojnice, jedoojnicího okazaliso vanobronzové pouzdro. Ojnicího čepsemažetlakovýmolejem, kanáljevrtán zojnicíhlavypřesřídkojnice až doojnicího čepu.

Hlavavedlejších ojníc je hlavou hlavních ojníc spojena čepem, uloženým pevně v okách hlavy hlavních ojníc a je zajištěn pojistnými kroužky.

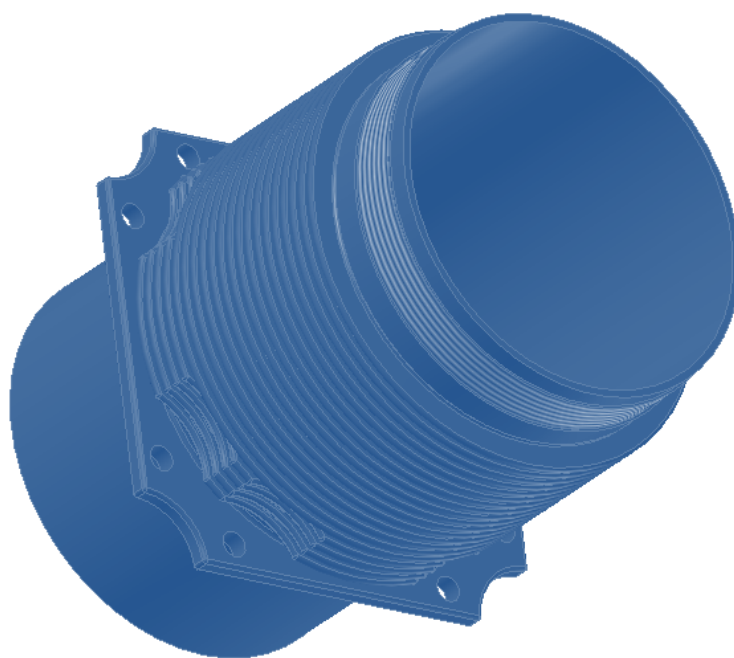
Ojniční ložiska

Kluzná ložiska ojničních hlavěmá na řecích plochách vrstvy ložiskového kovu. Ojniční ložiska u hvězdicových motorů je jedním z nejvíce namáhaných a je důležitých součástí motoru, omezují do značné míry dovolené zvýšení výkonu motoru.

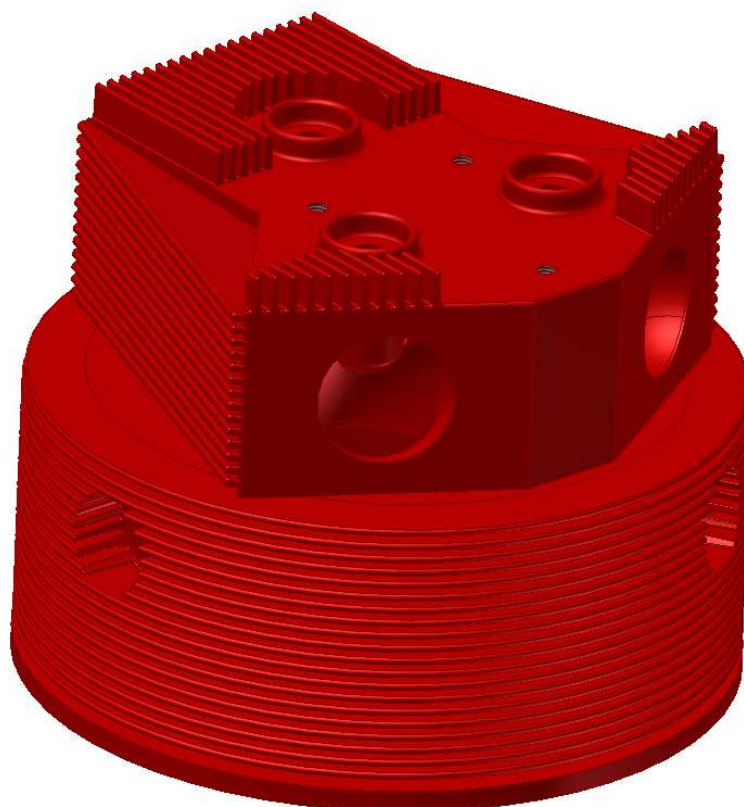
Přidané zatížení závisí na provozní schopnosti ložiska a jeho rozměrech (na průměru a délce řecí plochy), na materiálu a stavu řecí plochy a na podmínkách mazání ložiska. Čím větší jsou rozměry ložiska, tím menší je tlak na ložisko a tím menší je zatížení v daných podmínkách jeho potřeby. Rozměry ojničních ložisek jsou omezeny rozměry konstrukcí klikových řídel a dále jsou omezeny i vlastní vahou.

Aby se zabezpečila dostatečná nosnost ložiska, nedoporučuje se dlat jeho zatížených místech libovolným způsobem drážky, otvory nebo vybrání, usnadňující odvod oleje z tenké olejové vrstvy

KONSTRUKCE VÁLCÉAHLAVYMOTORU



Obrázek11-Válec



Obrázek12-Hlava

Modelování válce bylo poměrně jednoduché, nejsložitější byl modelování
navrhnutí rozteče čežeber avšak modelování hlavy motoru bylo asi nej
složitější ze všech

součástí motoru. Největší problém v této součásti dle výrobce tvoří řísací a výfukové kanály.

Konstrukce

U hvězdicových motorů se používá soustava válců a řípevných bloků motoru, vlivem tohoto uspořádání hvězdicových motorů chladí vzduchem, jelikož každý váleček má dostatečně žebrování a dostatečný omytí proudem chladícího vzduchu.

Za provozu motoru je hlava vystavena značnému tepelnému namáhání vzniklému nerovnoměrným rozdělením tepla. Aby se tato nerovnoměrnost zmenšila, má konstrukce hlavy možnost lepší odvodění tepla nejvíce zatížených míst, tj. od výfukových kanálů a od spojení mezi dvěma ventily.

Žebrování

Stupeň žebrování válce se vyjadřuje měrným povrchem žebrování, to je celkový povrch vztažený na jeden litr pracovního obsahu válce. Měrný povrch žebrování závisí především na vzdálenosti mezi žebry a jejich výšce.

KONSTRUKCE PÍSTU MOTORU



Obrázek 13 - Píst

Pístem spalovacího motoru se utěsňují těsnicí objem válce a pístňášejší síly působení tlakem plynů na ojnice.

Utěsnění pracovního prostoru válce je třeba zvednout úvodů:

- a) Unikání plynů z válce do prostoru klikové skříňky se zmenšuje účinnost motoru a zvyšuje se záhřívání pístu i teplota klikové skříňky, což je nepřijatelné.
- b) Píst musí zabránit pronikání mazacího oleje z prostoru klikové skříňky do prostoru spalovacího, aby olej pronikl do válcové unikalspolusvýfukovými plyny. Pronikání velkého množství oleje do spalovacího prostoru zajišťuje značnou tvorbu karbonu, čímž se zvyšuje účinnost spalovacích svíček.

Píst pracuje za velmi obtížných podmínek, protože je během pracovního pochodu vystaven značnému ohřívání horkými plyny, kterými prochází do řídkosti. Chlazení pístu je zajištěno, protože píst je oddělen od stěny válce olejeovou vrstvou a kromě toho se prosvětluje menší průměrná tloušťka vnitřní povrch válce jen částí svého pláště. Vlivem ztíženého chlazení pístu je jeho pracovní teplota značně vyšší než teplota válce a dosahuje 300 až 330 °C.

Kromě tepelného namáhání působí na píst značné síly vzniklé tlakem plynů a síly setrvačné. Při řehnutí se vytvoří na ojnicích síla působící kolmo na stěnu válce, tato síla působí na povrch pláště pístu a zvyšuje mechanické ztráty při překonávání třecích sil.

Při konstrukci pístu musí být splněny tyto požadavky:

- a) Musí být spolehlivě utěsněn vnitřní prostor válce.
- b) Pevnost jeho stěny namáhání působící na píst musí být dostatečná.
- c) Odvod tepla musí být dostatečný, aby píst měl správnou teplotu.
- d) Opatření třecích ploch musí být malá.
- e) Tření pístu o stěny válce musí být co nejmenší.
- f) Musí se zabránit pronikání oleje z klikové skříňky do pracovního prostoru.
- g) Váha musí být co nejmenší, tento požadavek souvisí se snahou zmenšit setrvačnost pístu, která dosahuje značné hodnoty a zvyšuje namáhání celého klikového ústrojí.

Pronikání paliva do klikové skříňky se zabráňuje těsnicími pístními kroužky v horní části pístu. Pístní kroužky jsou v jednom místě řezány a v volném stavu mají větší

průměrně ževrtání válce. Kroužek vložený do příslušné drážky v pístu a zasunutý spíše do válce je v seřízení stavu a jeho povrch je tlakován vlastní pružností kstěně válce.

Místem, kterým mohou plyny kroužkem nejspíše pronikat, je jeho zámek. Aby se odstranilo toto pronikání plynů, jsou na každém pístu řídkroužky, jejichž zámkysou pootočený o 120° na obvod pístu.

Další úkolem pístních kroužků je stírání oleje v vrstvě sestavené v válce.

3.2 Konstrukce dalších pomocných strojů

Rozvodové stroje – rozvod pomociva čerčkového kotouče

Rozvodové stroje mají otvírat a zavírat ventily, to znamená řídit jejich pohyb podle předem daného zákona. Zákon pohybu ventilů je určen četvarem profi luotáčející se v čky.

Rozvod pomociva čerčkového kotouče se používá především v vzduchem chlazených hvězdicových motorech. V čerčkovém kotouči se používá planetový řevodovky poháněné klikovou hřídelí.

Pohyb mezi vačkou a ventilem se řevádí zdvihátkem, tyčinkami a vahadly. Při tomto sety čerčkového kotouče zdvihátko a vahadlo, takže je schopná řevádět pouze namáháním tlak.

Výpočet počtu vaček a uhel mezi vačkami

počet válců i : 9
 průměr pístu (mm): 150

Výpočet počtu vaček a uhel mezi vačkami

n_k - počet otáček vačkového kotouče
 n - počet otáček klikového hřídele
 ψ - úhel mezi osami válců
 δ - úhel mezi vrcholy stejnojmenných vaček

$$\psi = 360/i = 40$$

$$\delta = \frac{4 \cdot \pi \cdot \psi}{2\pi + \psi}$$

$$\delta(\text{rad}) = 1,5708$$

$$\delta(^{\circ}) = 90,000$$

	(rad)	(°)
ψ -	0,698132	40
δ -	1,5708	90
	0,174533	10

Počet vaček

$$k = 2\pi/\delta \qquad k = 4$$

Počet otáček vačkového kotouče

$$\text{volím } n = 50$$

$$n_k = n/i+1 \qquad n_k = 5$$

Převodový poměr otáčky motoru/otáčky vačkového kotouče

$$i_p = n/n_k$$

$$i_p = 10$$

Návrh jednotlivých ozubených kol planetové převodovky

Tento výpočet byl velmi složitý, protože jsem musel zvolit hodnoty, aby roztečná kružnice ozubení vačkového kotouče odpovídala vzdálenosti planetových ozubených kol + polovina velikosti roztečné kružnice planetového ozubeného kola.

	1	2	3	4
z	60	72	18	150
D	120	144	36	300
f	100	83,33333	83,33333	10

$$\text{modul } m = 2$$

$$i_{1,2} = 1,2$$

$$i_{3,4} = 8,333333$$

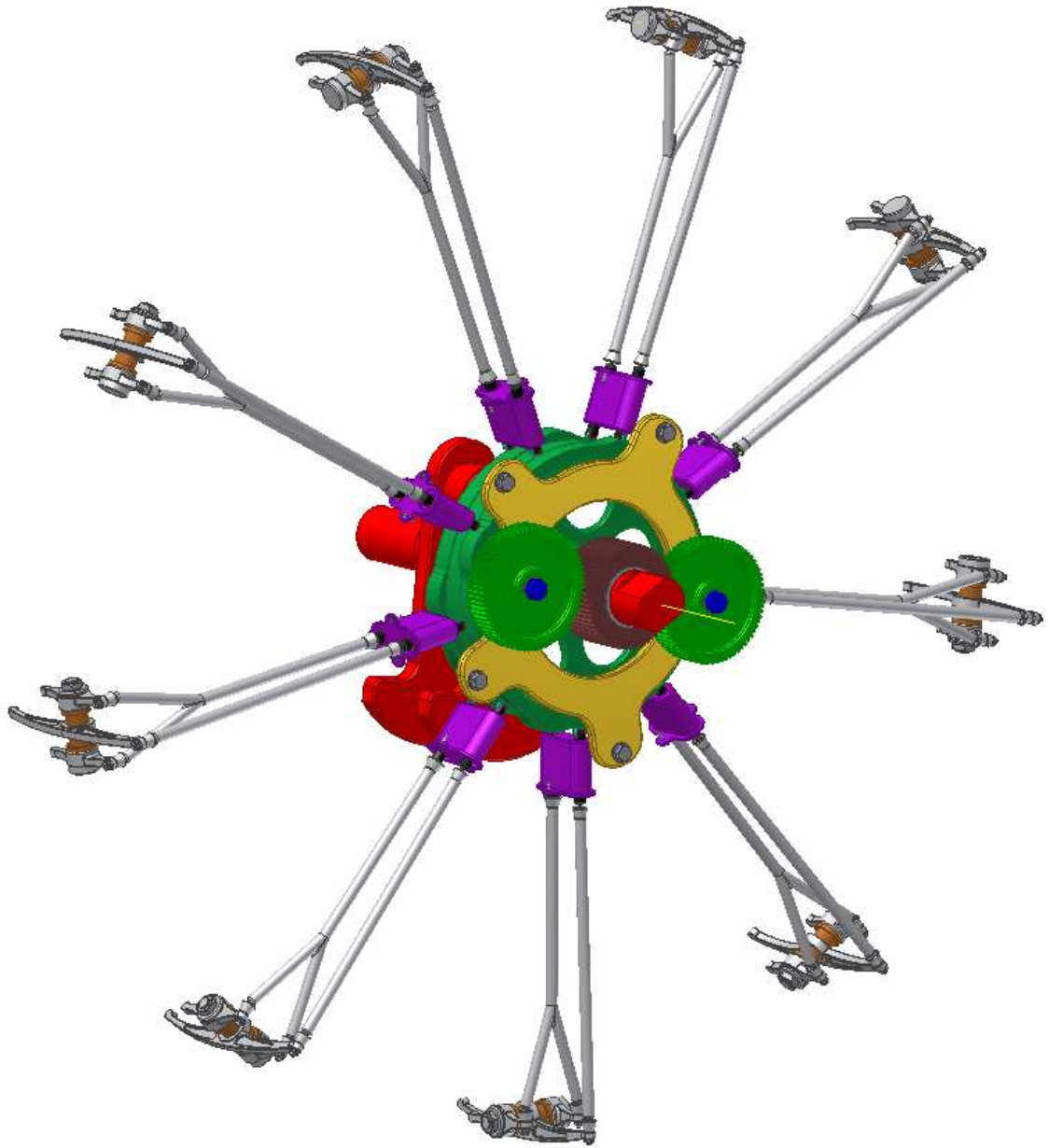
$$a \text{ (mm)} = 300$$

$$a_1 \text{ (mm)} = 300$$

$$a - a_1 \text{ (mm)} = 0$$

Pro výpočet těchto hodnot jsem vytvořil tabulku formátovanou pomocí vzorců a snažil jsem se co nejvíce buňky provázet vzorci, abychom určili co nejmenší počet ozubených

položek postupně se došl k tomu závěru. Tyto hodnoty odpovídají modelu planetového řevodovky.



Obrázek 14 - Planetová řevodovka v čtřnřozvod ě

Konstrukce a význam reduktor ě

Reduktorem letadlov ěho motoru nazýváme ěstroj, kte ře p řenáš ě otáčiv ě pohyb klikov ěho h ř ědele na vrtulov ě h ř ědel. Reduktor zmenšuje po čet otáč ek vrtulov ě h ř ědele oproti klikov ě h ř ědeli.

Potřeb a reduktoru je daná podmínkami práce vrtule. U motor ě s velkým ě výkonem se dosáhne nejv ětš ě ě ěinnosti vrtule (tj. pom ě řu výkonu tažn ě síly vrtule využit ěho

k pohybu letadla ve vzduchu, kvýkonu spotřebovanému na otáčení vrtule) asi při 1000 až 1600 ot/min, to znamená průměrně menší otáčky, než jsou otáčky motoru. Proto jsou nutné reduktory s převodem 1:(0,35 až 0,80).

Při použití reduktoru se sice zmenší výkon přiváděný na vrtuli o 1 až 2% vlivem mechanických ztrát v ozubeném převodu a vložiscích vrtulového hřídele, dosažený zisk na účinnosti vrtule u motoru spočteme otáček větším než je 2000 ot/min, je zisk větší než ztráta výkonu.

Reduktory má tvar planetového převodu s kuželovým mikoly.

Mazací soustava motoru

Hlavním úkolem mazání letadlových motorů je zmenšit tření a opotřebení troucích se povrchů a odstranit nebezpečí jejich přehřátí vhodným odvodem tepla vzniklého vlivem tření.

Další úkoly mazací soustavy:

- a) Chlazení tepelně velmi namáhaných součástí, např. pístu, písty se většinou chladí mazacím olejem jen v nepatrné míře, a proto se používá zvláštního chlazení pístu olejem
- b) Ohřívání karburátoru olejem u vzduchem chlazených motorů
- c) Činnost řídicích a jiných přístrojů například servomechanismus regulátoru stupně vzduchu.

Mazací systém musí zajistit jak nepřetržitou a dostatečnou dodávku oleje na třecí plochy, tak i nepřetržitě odsávání oleje ze sběračů čili musí zajistit nepřetržitý oběh oleje u motoru. Při oběhu oleje vzniká ztráta oleje, především pronikáním oleje v úlímězi pístem a válcem do spalovacího prostoru a zahříváním. Obíhající olej se proto musí doplňovat z olejové nádrže letadla a chladit v chladiči, aby se nepřehřál.

Mazací soustava motoru v letadle se skládá z vnitřní soustavy, obsluhující všechny prvky, upevněné na motoru, a z vnější soustavy, obsluhující všechny prvky, upevněné na draku letadla.

Hlavní požadavky na mazací olej

Hlavní požadavky na mazací olej jsou vyjádřeny vlastnostmi

- a) *Viskositou*
- b) *Mazivostí*
- c) *Teplotou vzplanutí*
- d) *Teplotou tuhnutí*

Viskosita oleje má vliv jak na vznik kapalinového tření, tak i na velikost jeho součinitele, a tedy i na velikost ztrát třením. Při nedostatečné viskositě oleje nastává snadnopolosuché tření, což zvyšuje mechanické ztráty a zvyšuje opotřebení součástí.

Mazivost je hlavním činitelem, charakterizujícím pevnost přítlaku olejové blány na třecích plochách, proto má mazivost hlavní vliv na charakter tření.

Teplota vzplanutí je minimální teplota oleje, při které vzplanou páry vytvořící se nad hladinou oleje při zapálení cizím zdrojem. Teplota vzplanutí omezuje teplotní podmínky, při kterých lze použít určitý druh oleje.

Teplota tuhnutí oleje je teplota, při které zůstane hladina oleje po naklonění na 45° nehybná po 5 minut.

CHLAZENÍ

Při pracovním pochodu vznikají ve válci motoru značné ztráty tepla stěnami, tato ztráta tepla zmenšuje účinnost pracovního oběhu, účinnost se tím snižuje o 5-6%.

Intenzita sdílení tepla z pracovních plynů do vnějšího prostředí je podmíněna rozdílem teplot a tepelným odporem (to znamená odpor při přestupu a prostupu tepla) látek, které stojí v cestě. Tuto cestu lze rozdělit do tří úseků:

- a) Přestup tepla z plodiny spalování do povrchu stěn
- b) Prostup tepla stěnami
- c) Přestup tepla z povrchu stěn do vnějšího, váleč obklopujícího chladícího prostředí, jež může být kapalně nebo plynně.

Stěny válce mají teplotu mezi teplotami pracovních plynů a prostředím chlazujícího válce. Čím větší je tepelný odpor při přestupu a prostupu tepla z pracovních plynů do stěny a čím menší je odpor při přestupu tepla ze stěny do chladícího prostředí, tím více se teplota stěny blíží teplotě chladícího prostředí.

Prakticky nesmí teplota stěn překročit jistou mezní hodnotu, poněvadž jinak by vzniklo mnoho závad při práci motoru, zejména:

- a) Horší mazání pístu a zadírání pístních kroužků vlivem karbonizace oleje
- b) Propalování ventilů a praskání hlavy válce
- c) Vznik samozápalu odrozežhavených míst spalovacího prostoru.

Sdílení tepla z stěny do okolního prostoru ředí musíme být tedy dostatečně, aby se dosáhlo přípustné teploty stěny.

Ipřes bohatost žebrování se často dostáváme až ke kritickým teplotám. Teplota stěny hlavy má přímý vliv na teplotu ventilů a zapalovacích svíček. Používané konstrukce a materiály těchto částí zajišťují spolehlivost jejich práce při teplotách hlavy do 260°C. Tyto teploty jsou s teplotou maximálně přípustných teplotami pro celou hlavu válce.

Přípustná teplota samotného válce je podstatně nižší, její velikost je omezena podmínkou udržet vrstvu mazacího oleje na stěnách válce, aniž vzniká nadměrně rychlá karbonizace. Jinak se pístní kroužky zadírají. A to je přímou příčinou jejich zlomu a přehříváním pístu.

PALIVA LETECKÝCH MOTORŮ A JEJICH VLASTNOSTI

Měrná váha

Měrnou vahou nazýváme poměr váhy určitého objemu paliva a váhy téhož objemu vody při teplotě 4°C. Měrná váha je tedy váha 1 litru paliva v kg nebo váha 1 cm³ v g. Protože měrná váha paliva závisí na jeho teplotě, musí se vztahovat na určitou standardní teplotu, rovnou 20°C.

Měrná váha má poměrně malý vliv na práci motoru, projevuje se jen při průtoku paliva tryskami karburátoru, při němž se vzestupem měrné váhy se zvětšuje i průtokové množství v karburátoru.

Odpařivost paliva

Odpařivost paliva je jedním z jeho nejdůležitějších vlastností. Na odpařivost se klade mnoho požadavků, daných prací motoru a provozem.

Pro snazší spouštění motoru má palivo obsahovat určitou část snadno odpařitelných složek nebo pohlcených plynných uhlovodíků, které vytvoří při chladném motoru vhodnou směs. Kromě toho má být asi polovina paliva dostatečně prchavá pro odpařování v sacím potrubí při použití karburátoru, jinak je rozdělení paliva pro jednotlivé válce ztíženo.

4 Závěr

V této dlouhodobé práci jsem si ověřil všechny části projektu modelováním počínaje až závěrečnou práci na konci.

Tato práce mi přidala hodně zkušeností, co se týče rozvrhu a plánování práce, vyhledávání a zpracování informací, samostatnosti při zpracovávání projektu. Zjistil jsem, jaké části projektu mi dělají největší problém, ale především se dokonale seznámil s konstrukčním programem Inventor a zjistil jsem mnoho informací o hvězdicových motorech i motorech obecně. Zjistil jsem, že veškeré zadané požadavky pro projekt jsem byl schopen zpracovat.

Anotace

Příjmení a jméno:	Bořil Antonín
Škola:	Střední průmyslová škola strojnická, Olomouc, tř. 17. listopadu 49
Název práce:	Hvězdicový motor
Počet stran:	34
Počet příloh:	2 (4 strany)
Počet pramenů a použitých literatury:	2
Klíčová slova:	motor dvoudobý motor čtyřdobý motor hvězdicový motoru blok motoru píst ojnice kliková hřídel vačkový kotouč chlazení palivo mazání

V této dlouhodobé práci jsem řešil problematiku konstrukce hvězdicových motorů. Práce obsahuje 3D model motoru Bramo 322, včetně dalších pomocných ústrojí motoru. Model motoru je v 3D podobně částečně funkční, některé jeho části jsou nepohyblivé, protože jejich funkčnost je omezena konstrukčním programem Inventor.

Resumé

In this work I have long dealt with the issue of construction of radial engines. Work includes a 3D model of the engine Bramo 322, including other auxiliary engine exhaust. The model is a 3D engine like partially functioning, some parts are immobile because their functionality is limited to designs with Inventor.

Seznam použitých zdrojů

1. **Maslenikova Rapitov.** *Letadlové pístové motory*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955. III-3-B2-L13.

2. Palba. [Online] [Citace: 18. 2. 2010.] <http://www.palba.cz/>.

Seznamobrázků

Obrázek1-Spalovacímotor.....	5
Obrázek2-Teoretickýpracovníoběh.....	6
Obrázek3-Teoretickýpracovníoběh.....	7
Obrázek4-Modelhvězdicovéhomotoru.....	11
Obrázek5-Hvězdicovýmotor.....	13
Obrázek6-Zadníčástblokumotoru.....	14
Obrázek7-Středníčástblokumotoru.....	14
Obrázek8-Předníčástblokumotoru.....	15
Obrázek9-Klikováhřídel.....	16
Obrázek10-Hlavníojnice.....	17
Obrázek11-Válec.....	19
Obrázek12-Hlava.....	19
Obrázek13-Píst.....	20
Obrázek14-Planetovářevodovkavčteněrozvodů.....	24

Cizojazyčný slovník

ČESKY

ANGLICKY

Motor

engine

Dvoutaktní motor

two-stroke engine

Čtyřtaktní motor

four-stroke engine

Hvězdicový motor

radial engine

Blok motoru

engine block

Píst

piston

Ojnice

connecting rod

Klikováh řidel

crankshaft

Vačkový kotouč

camwheel

Palivo

fuel

Chlazení

cooling

Mazání

lubrication

Přílohy

Technologický postup výroby čepu

Výkres čepu

VÝROBNÍ POSTUP

1

Návrh polotovaru: materiál 11 500
polotovar ČSN 42 5510
kusů: 9

TYČ Ø 38 – 1074 ČSN 42 5510

Nástroje:

- soustružnické nože: SK pájené destičky – P20

NOŽE: ČSN 22 3814 - $\kappa = 45^\circ$ ubírací přímý pravý
ČSN 22 3818 – ubírací stranový pravý
ČSN 22 3730 – zapichovací nůž
Závitový nůž

Třída obrobiteľnosti:

13b – $k_v = 0,80$ (soustružení)

$$n = \frac{1000 \cdot v \cdot k_p}{\pi \cdot D} (\text{min}^{-1})$$

Tolerování:

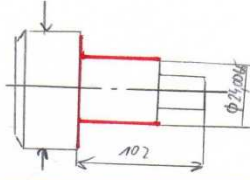
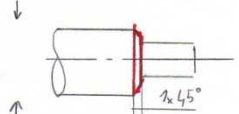
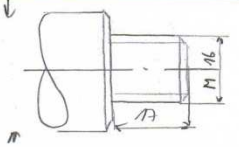
Ø 24 k6 = 20,0065 mm

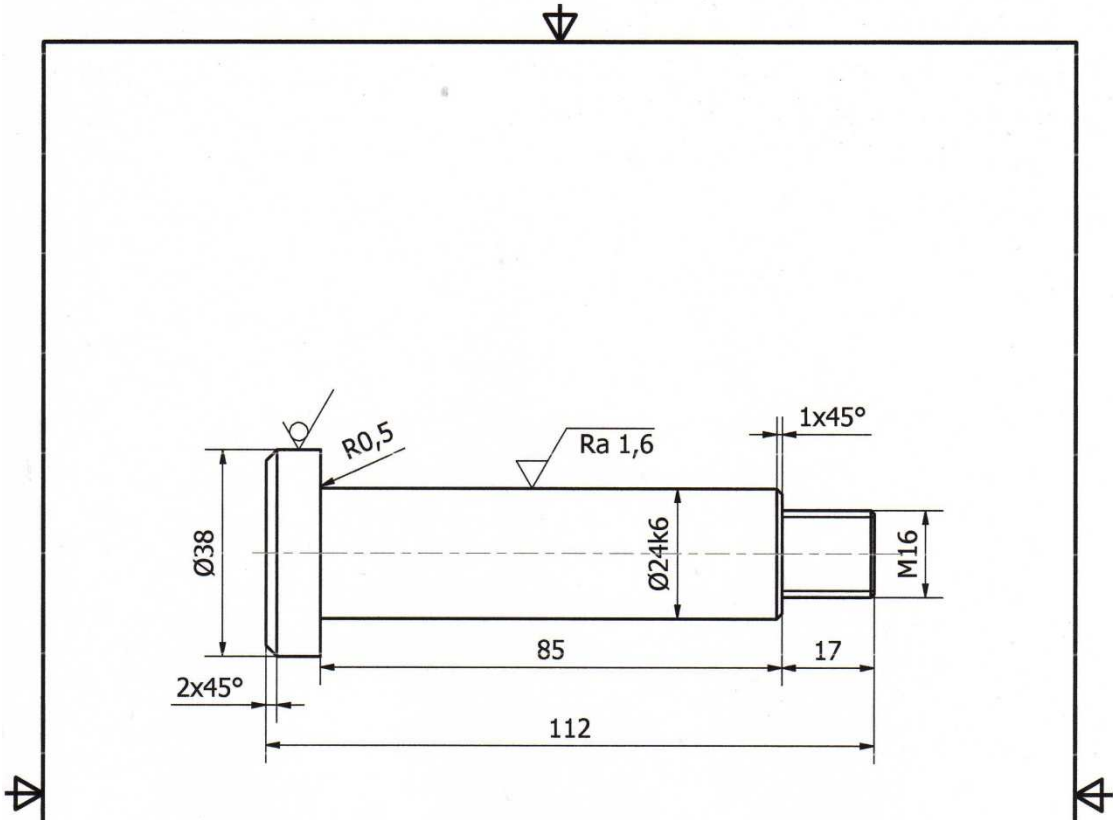
Kontrola rozměrů:

Kontrola rozměrů je prováděna po každém úseku, abychom eliminovali nepřesnou výrobu.

Měřidla: posuvné měřidlo, třmenový kalibr Ø24k6, závitový kalibr

VÝROBNÍ POSTUP		Název součásti a označení polotovaru:	Číslo výkresu a materiál součásti:	Strana:		
		$\phi 38-1074$ ČSN 42 5510		2		
Operace	Úsek	POPIS ČINNOSTI	STROJ	NÁSTROJ	VYOBRAZENÍ	
1	1	DĚLIT MATERIÁL NA DĚLKU 117,5 mm	STROJNÍ RÁHOVÍ PILA			
2	1	UPNOUT POLOTOVAR DO SKLÍČIDLA NA DĚLKU 40 mm	SOUSTRUH			
	2	ZAROVNAT ČELO $\alpha = 5,5 \Rightarrow \alpha = 3, \alpha = 2$	$m = 34,1$ <i>Sotlma</i> ČSN $\Delta = 0,11$ mlol 22 3814 $r = 40,8$ mlb			
	3	SRAZIT HRANU $2 \times 45^\circ$ $\alpha = 2$	$m = 34,8$ $\Delta = 0,11$ $r = 40,8$	-11-		
3	1	OTOČIT UPNOUT NA DĚLKU 102 mm				
	2	HRUBOVAT $\phi 26$ mm NA DĚLKU 102 mm $\alpha = 3 \times 2$ $R_a = 1,6$	$m = 415,5$ $\Delta = 0,07$ $r = 49,6$	ČSN 22 3813		
	3	HRUBOVAT $\phi 16$ mm NA DĚLKU 17 mm $R_a = 1,6$ $\alpha = 2$	$m = 832,5$ $\Delta = 0,05$ $r = 68$	-11-		
			Datum:	26.4.2010	Vypracoval:	BOŘIL

VÝROBNÍ POSTUP		Název součásti a označení polotovaru:	Číslo výkresu a materiál součásti:	Strana:	
		Ø38-1074 ČSN 42 9570		3	
Operace	Úsek	POPIS ČINNOSTI	STROJ	NÁSTROJ	VYOBRAZENÍ
	4	SOUSTRUŽIT NA ČISTO Ø24,0065 NA DÉLKU 102 mm $\alpha = 0,5$	M = 832,5 $\Delta = 0,05$ $\nu = 68$	- -	
	5	ŠRAZIT HRANU 1x 45°	- -	- -	
	6	ŘEZAT ZÁVIT M16 NA DÉLKU 17 mm		Závitový Nůž	
4	1	SOUHRAVNÁ KONTROLA ROZMĚRU DLE VÝKRESU		MĚŘIDLA VIZ STR. 1.	
				Datum: 26. 4. 2020	Vypracoval: BOZIL



Ramax 3,2

Ø38 - 112		11 500		0,416 kg		
Ø 38 - 1074 ČSN 42 5510		11 500		0,98 kg		
POZICE PART NO.	NÁZEV-ROZMĚR NORMA	DESCRIPTION-DIMENSION NORM	KUSŮ PIECES	MATER. KON./FINAL MATER.	HMOT. Č./NET WEIGHT	ČÍSLO SKLADOVÉ POLOŽKY/NO. OF STOCK ITEM
				MATER. VÝCH./ORIG. MATER.	HMOT. HR./BR. WEIGHT	IDENTIFIKÁTOR-VÝKRES Č./IDENTIFIER-DRAWING NO.
POZNÁMKA/NOTE				CELK. Č. HMOT./GLOB. NET WEIGHT		
				TOLEROVÁNÍ ISO 8015 PŘESNOST/GFNFR. TOIFR. ISO 2768 - mK		
				TYP/TYPE		
ZMĚNA/REVISION		DATUM/DATE	INDEX	PODP./SIGN.	NÁZEV/TITLE	
VYPRAC./PREPAR.	BOŘIL	MĚŘITKO/SCALE	1:1		ČEP	
TECHNOLOG/					ČÍS. VÝKR./DRAW. NO.	LIST/SHEET No.
SCHVÁLIL/APPROV		STARÝ VÝKR./OLD DRAW.				
DATUM/DATE	27.4.2010	NOVÝ VÝKR./NEW DRAW.				LISTY/SHEETS
SOUBOR/FILE						