

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2016

RADEK ŠŤASTNÝ

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav techniky a automobilové dopravy



Konstrukce jednoválcového motoru

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

doc. Ing. Michal Černý, CSc.

Vypracoval:

Radek Šťastný

Brno 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: *Konstrukce jednoválcového zážehového motoru* vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucímu práce doc. Ing. Michalu Černému, CSc. za jeho odborné rady, trpělivost a za jeho čas věnovaný konzultacím při vytvoření bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině za podporu během studia.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením zážehového jednoválcového motoru. V práci je rozebrán rozdíl mezi čtyřdobým a dvoudobým motorem. Byly popsány funkce jednotlivých dílů obsažených v motoru, dále konstrukce, materiál a silové či tepelné zatížení. V bakalářské práci byla zhotovena prvotní koncepce motoru v trojrozměrném prostoru a následně vytvořena jeho pohybová studie v programu SolidWorks.

KLÍČOVÁ SLOVA

jednoválcový motor, zážehový motor, SolidWorks, návrh motoru

ABSTRACT

The Bachelor`s thesis is intended to construction solution of single-cylinder petrol engine. The thesis analyzes the differences between four-stroke and two-stroke engine. There were described functions of the individual components contained in the engine, further construction, material and power or heat load. In this thesis was created the initial concept engine in three-dimensional space and the creation of a movement study in tool SolidWorks.

KEYWORDS

single - cylinder engine, petrol engine, SolidWorks, design engine

OBSAH

1	Úvod	8
2	Cíl práce	8
3	Konstrukce jednoválcového motoru	9
3.1	Dvoudobý motor	9
3.2	Čtyřdobý motor.....	11
4	Části motoru	12
4.1	Píst	12
4.1.1	Prvky pístu	13
4.2	Pístní kroužek	16
4.3	Pístní čep.....	19
4.4	Ojnice.....	21
4.4.1	Prvky ojnice	21
4.5	Kliková hřídel	23
4.5.1	Prvky klikového hřídele.....	27
4.6	Setrvačník	30
4.7	Hlava válce	30
4.8	Ventilové rozvody.....	33
4.9	Ventily	34
4.10	Ventilové pružiny	36
4.11	Zdvihátka ventilů	38
4.12	Vačkový hřídel.....	39
5	Vlastní koncepce	43
6	Závěr	46
7	Seznam použité literatury	47
8	Obrázky, tabulky a grafy	48

PŘÍLOHA DVD

1 ÚVOD

Spalovací motor je tepelný stroj, který získává pomocí chemické reakce spalováním paliva tlakovou sílu a následně převádí pomocí pístu na energii mechanickou. Zapalováním směsi dochází pomocí elektrického výboje vytvořený v zapalovací svíčce. Jednoválcový motor je konstrukčně jednodušší, hmotnostně lehčí, rozměrově menší a ekonomicky levnější než motor s více válci. Motor s touto konstrukcí se nejvíce používají pro motocykly, motokáry, sekačky, motorové pily a další. Nevýhodou je především menší životnost. Vstřikování u takovýchto motorů se používá s karburátorem nebo se systémem vstřikování paliva. Zapalovací směs je tvořena směsí paliva a vzduchu. U zážehového motoru se používá benzin, líh nebo také stlačený plyn jako je LPG či CNG.

Jednoválcový motor je dvoudobý a čtyřdobý. Dvoudobý motor se používal hlavně ve sportovních motocyklech, avšak nyní je nahradil motor čtyřdobý. Výhoda dvoudobého motoru je jeho jednoduchost oproti čtyřdobému a to je vyloučení ventilů a vačky.

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je sepsat rešerši o existenci spalovacích motorech dvoudobých, čtyřdobých a jeho komponentech. Zahrnuta je jejich funkce, konstrukce a silové či tepelné zatížení. Finální část práce spočívá v konstrukci čtyřdobého zážehového motoru s rozvodem DOHC a jeho následným funkčním modelování v SolidWorks 3D.

3 KONSTRUKCE JEDNOVÁLCOVÉHO MOTORU

Pístový spalovací motor je tepelný stroj přeměňující chemickou reakcí spalováním palivové směsi na pohybovou energii. Konstrukce jednoválcového motoru je díky obsahujícímu menšímu množství funkčních prvků jednodušší oproti motoru s několika válci.

Výhody:

- v ceně
- nenáročných oprav
- seřízení
- malé hmotnosti
- menší spotřebu paliva a oleje

Nevýhody:

- kultivovanost
- horší prohořívání paliva ve spalovacím prostoru = emise
- menší výkon oproti více válcového motoru

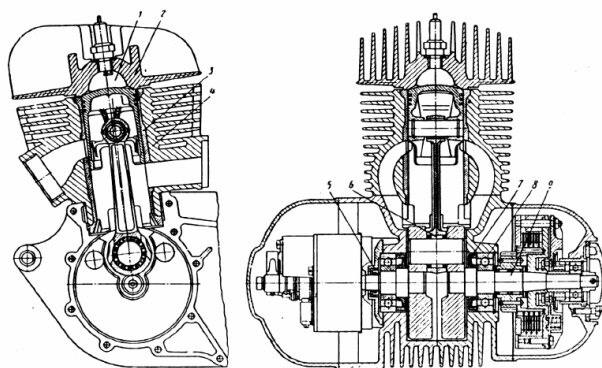
Konstrukce motoru je závislá na počtu pracovních cyklů. To má velký vliv na počtu pracovních prvků ovládající celý mechanismus.

Hlavním rozdílem mezi dvoudobým a čtyřdobým motorem je takový, že ovládání sání a výfuku je ovládáno u čtyřdobého motoru pomocí ventilu. Naopak u dvoudobého je ovládání pomocí pístu, tím odpadá u tohoto motoru zatížení v podobě vaček, ventilů, pružin a dalších nepotřebných prvků k tomuto typu motoru.

3.1 Dvoudobý motor

Dvoudobý motor jak už plyne z názvu, vykonává proces za dvě pracovní doby. Motor díky své jednoduché konstrukci byl oblíbený u malých a středních motocyklů. A to především závodníci motokrosu a silničních motocyklů GP, avšak nyní jsou z větší části vytlačeny čtyřdobým motorem. [1]

Předností dvoudobého motoru bylo konstrukční provedení, tj. nepotřebuje žádné ventily, vačkový hřídel a jiné ovládací prvky. Hmotnost celé sestavy je tedy nižší. Jako příklad je uveden dvoudobý motor na Obr. 1.



Obr. 1 Dvoudobý motor, [1]

Dvoudobý jednoválec se v plynulosti vyrovná i čtyřdobému motoru. Je to dané dvojnásobným počtem pracovních zdvihů. Průběh točivého momentu je tedy rovnoměrnější. Pružnost motoru je lepší, protože disponuje vyšším točivým momentem při nižších otáčkách.

Výhodou je vyšší měrný výkon konaný dvojnásobným počtem zdvihů. Tato výhoda je usměrněna především mísením čerstvé směsi s výfukovými plyny s předešlé expanze.

Nevýhodou je vyšší spotřeba způsobená nedokonalým výplachem a únikem čerstvé směsi do výfukového kanálu. Díky otevřenosti spalovacího prostoru s klikovým prostorem, dochází ke spalování oleje, to má za následek zvýšení emisí ve výfukových plynech. Zvýšení tepelného zatížení je následkem dvojnásobného počtu zážehu za jednu otáčku, čímž vzniká více tepla v motoru. [8]

Celková účinnost dvoudobého motoru se pohybuje kolem hodnoty 10 – 15%, jejich účinnost však stoupá se zaváděním přímého vstřikování benzínu. [3]

3.2 Čtyřdobý motor

V dnešní době nejvíce rozšířený typ motoru. Doba u toho motoru je rozšířena o další dvě pracovní doby. Následkem je změna v konstrukci jednoválcového motoru na Obr. 2. Tedy zavedením ventilů, vaček a dalších prvků nezbytných pro funkci. Tím se stává motor těžším než motor dvoudobý. Celková účinnost díky vysoké chemické účinnosti spalování a vysoké mechanické účinnosti se pohybuje v hodnotách 25-35 % u benzínového motoru. [3]

Pracovní cykly:

- sání
- komprese
- expanze
- výfuk



Obr. 2 Čtyřdobý jednoválcový motor, [8]

Tlak produkovaný při pracovním zdvihu pak působí na klikový hřídel, který dále vyvozuje točivý moment potřebný pro pohon motocyklu. Při volnoběhu se nespotřebuje síla potřebná pro pohon motocyklu, vzniká tím nepravidelné zatížení, které vnímáme jako vibrace a třesení. Při každé druhé otáčce klikového hřídele působí hnací síla na čepy ložisek klikového hřídele. K eliminaci střídavého zatížení mezi jednotlivými takty slouží závaží na klikovém hřídeli. [1]

4 ČÁSTI MOTORU

4.1 Píst

Posuzovat píst lze podle tvaru, hmotnosti, teploty stěn, toku tepla, chlazení, tření, mazání, hlučnosti, opotřebení a výrobních nákladů. [4]

Píst je duté válcové těleso složené:

- dno pístu
- žárový můstek
- drážky pro pístní kroužky
- nálietek pístního čepu
- plášť pístu

Funkce pístu je zachycení vyvinutého tlaku ve spalovacím prostoru expanzí. Snižuje tlak v průběhu sacího zdvihu. Přenos tlaku na dno pístu pokračuje přenosem přes pístní čep, ojnici až na klikový hřídel. Píst je zatěžován velkým teplotním rázem. Proto se musí konstruovat s vůlí. Píst nejen že převádí tlak na pohyb, ale přenáší vedením i teplo absorbované expanzí a třením pístu o stěnu válce.

Práce pístu je i oddělovat pracovní cykly spalovacího prostoru od klikového hřídele. Udržovat pístní čep a pístní kroužky ve správné poloze. Dále přenášet boční sílu vyvolanou klikovým mechanismem na stěnu válce. U dvoudobého motoru plní i funkci šoupátka pro výměnu obsahu válce. [1]



Obr. 3 Typy pístů vyráběných ve společnosti ALMET, [7]

4.1.1 Prvky pístu

Dno pístu

Dno pístu je tvarováno podle spalovacího prostoru a ovlivňuje průběh a kvalitu spalování. Dno je nejvíce zatíženo vysokými teplotami. Proto čím více bude tlustší dno, tím lépe se odvádět teplo. Vyrovňávají se teploty v oblasti pístních kroužků a zlepšuje se jejich práce. Vnitřní povrch dna se často vyztužuje žebry, které zvyšují tuhost. [1]

Žárový můstek

Žárový můstek se vyskytuje mezi dnem pístu a prvním pístním kroužkem. Jeho úkolem je chránit první pístní kroužek před přehřátím a zajistit jeho těsnicí funkci.

Drážky pro pístní kroužky

Píst obsahuje i drážky pro pístní kroužky těsnicí a stírací. Počet drážek závisí na typu rychloběžného motoru.

Plášť pístu

Hlavním úkolem pláště je vedení pístu ve válci, aby vykonával správný pohyb. Plášť přenáší horizontálně působící boční síly a předává teplo stěně válci a mazacímu oleji. Vyvinuté teplo třením závisí na délce pláště. Délka pláště má vliv na naklonění pístu ve válci kde může dojít k opotřebení pístních kroužků. Se zvětšováním délky pláště se tyto nepříjemné jevy minimalizují.

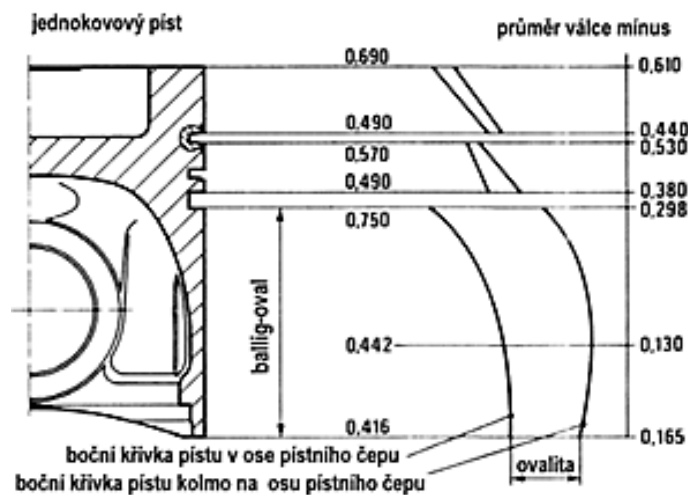
Nálitek pro pístní čep

Pro připojení pístu k ojnici slouží pístní čep. Což je konstrukčně utvořeno tak, že při výrobě pístu se vyfrézuje ve spodní části pístu otvor. Do toho otvoru je vsunut pístní čep.

Tepelné zatížení pístu

Píst musí odolávat přímému kontaktu se spalinami a to hlavně část pístu nazývané dno pístu. Maximální teploty dosahující v prostoru je v rozmezí 2300 až 2800K. Výskyt teplotního zatížení lze vidět na Obr. 4.

Vyšší čísla jsou u přeplňovaných motorů s vysokou hodnotou středního efektivního tlaku. Maximální teplota v drážce pro první pístní kroužek nesmí překročit teplotu karbonizace použitého oleje. [2]



Obr. 4 Teplotní zatížení pístu v závislosti na rozměru, [1]

Chlazení pístu

Odvod tepla z pístu do stěn je pomocí pístních kroužků, můstky mezi kroužky a pláštěm pístu. U pístu jež nejsou chlazeny olejem, je pouze nevelká část tepla, cca 5 až 10 % odvedena pomocí vzduchu nebo olejové mlhy z vnitřní ho povrchu pístu do oleje v klikové skříni. [2]

Odvod tepla z pístu do stěn u velkých zatížení se píst chladí nástřikem oleje do spodní části pístu nebo také pomocí kanálků vytvořené v pístu, které i sníží hmotnost celého prvku. [1]

Materiál

Vlastnosti jsou dány zvolením materiálu:

- šedá litina
- hliníková slitina
- hořčíková slitina
- oceli

dle výrobní technologie:

- odlévání
- kování
- spékání
- lisování

dle povrchové úpravy:

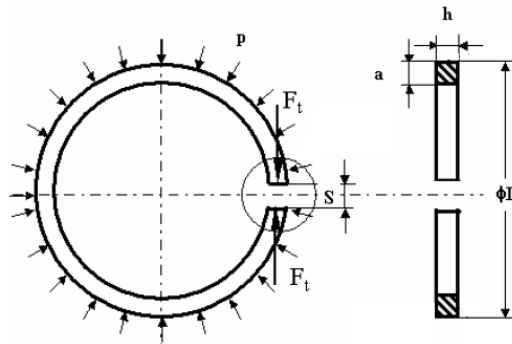
- cínování
- poolovění
- grafitování
- fosfátování
- eloxování

Mezi další parametry patří opracování a drsnost povrchu. [4]

V současné době je nejvíce používaným materiálem hliníková slitina, která musí odolávat teplotám do 320° C. Při překročení této teploty dochází k pevnostní degradaci. V závislosti na typu spalování a ventilů jsou vyráběny vícero druhů pístů lze vidět na Obr. 3.

4.2 Pístní kroužek

Základní funkcí pístních kroužků je utěsnění spalovacího prostoru, odvod tepla z pístu do stěn válce a vytvoření mazacího filmu o vhodné tloušťce mezi stěnou válce a pláštěm pístu. Důležité rozměrové parametry potřebné pro pístní kroužek jsou na Obr. 5.



Obr. 5 Pístní kroužek, [2]

Typy kroužků:

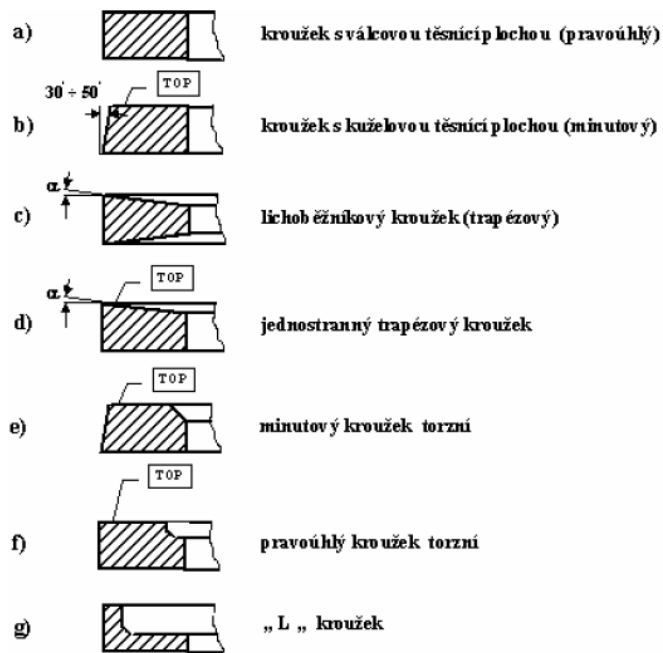
- těsnící
- stírací

Těsnící kroužky

Zabezpečují těsnost spalovacího prostoru a klikového prostoru. Tím ve větší míře zabráňují průniku spalín a také odvodu tepla do stěny válce.

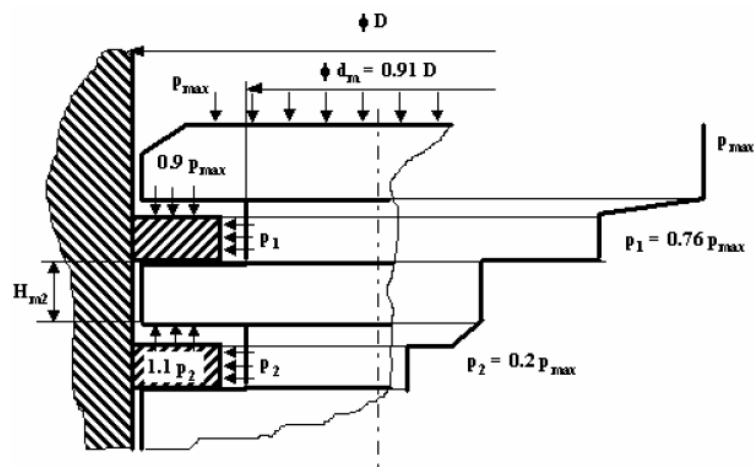
Těsnící kroužky se posuzují podle:

- velikosti radiálního napětí a jeho rozložení po obvodě kroužku
- geometrického tvaru viz Obr. 6
- tvarování
- pronikání oleje do spalovacího prostoru
- zaběhání
- opotřebení kroužků a drážek v pístu



Obr. 6 Tvary příčných průřezu těsnících pístních kroužků, [2]

Funkce těsnících kroužku je posouzena podle výše tlaku viz Obr. 7. U třetího těsnícího kroužku by se měla hodnota přetlaku blížit k nule, aby se dosáhlo dobrého utěsnění pracovního prostoru. [4]



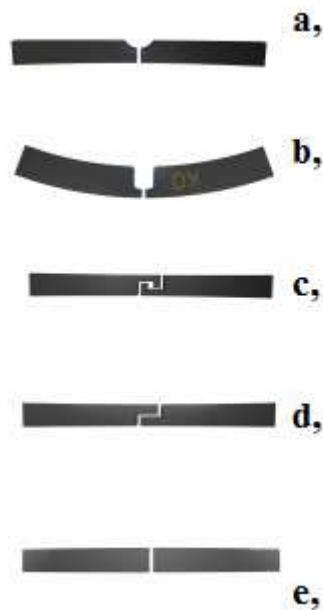
Obr. 7 Rozložení tlaku spalín působících na těsnící pístní kroužky, [2]

Stírací kroužky

Zabraňují vniknutí oleje do spalovacího prostoru a vytváří vhodnou vrstvu oleje. Stírací kroužek je tvořen dvěma ocelovými lamelami a rozpínací pružinou. Povrch v místě styku s válcem je pokryt tvrdo-chrómem. Opotřebením rozpínacích pružin v kontaktní ploše snížíme nitridováním. [1]

Posuzují se dle velikosti radiálního napětí a jeho rozložení po obvodě kroužku a podle omezení průtoku oleje ke spalovacímu prostoru. [4]

Zámek umožňuje navlečení do drážky pístu a následnou dilataci v kroužku při jeho ohřevu. Typy zámků lze vidět na Obr. 8. Je volen tak, aby nedošlo při maximálnímu ohřevu k prasknutí. První pístní kroužek má největší vůli, ostatní mají menší. Přenášení sil dochází na boční dosedací plochu kroužku a stěnami drážkou pro pístní kroužek [3]



Obr. 8 Zámky pístních kroužků: a - zámek s čelním pojištěním; b - zámek s vnitřním pojištěním; c - zámek háčkový; d - přesahující zámek; e - standartní, [10]

Úprava pístního kroužku

Boční dosedací plocha je jemně broušena. Pro zlepšení kluzných vlastností a životnosti je hlavní těsnicí plocha, někdy označována jako pracovní povrchově upravována. Nejčastěji galvanicky nanášen chróm.

Povrchová úprava:

- chrómová vrstva
- porézní chróm
- nástřík molybdenovou vrstvou do drážky nebo do polodrážky
- keramický materiál s obsahem chrómu
- úprava fosfátu, feroxem nebo cínem (zlepšení záběhových a protikorozních vlastností)
- povlečení měkkými kovy jako je olovo, cín, fosfát, sulfosenování, konzervace v olejové suspenzi MoS₂

4.3 Pístní čep

Pístní čep má funkci přenášení silového účinku mezi pístem a ojnicí. Je tedy spojujícím článkem těchto dvou prvků.

Namáhání součásti

Pístní čep je nejvíce namáhán silami od tlaku plynů a setrvačnými silami hmotnosti pístu s pístními kroužky.

Druhy pístních čepů

Tvar pístního čepu může být různý. Nejjednodušší a nejčastěji používané pístní čepy jsou trubkovitého tvaru. S kuželovitými dutinami se složitěji opracovávají, avšak čep má tvar nosníku o stejné pevnosti v ohybu a má tedy menší hmotnost. Pístní čepy pro zážehové motory jsou normalizovány normou ČSN 302130.

Dimenzování

Slabě dimenzovaný pístní čep může způsobit trhliny v horním místě nálitku pro pístní čep, které vedou k poškození pístu. V době po startu motoru, kdy píst je studený mohou vysoké tlaky společně s malou vůlí pístního čepu v nálitku způsobit vysoké zatížení. Po zahřátí pístu se vůle zvětší a vliv ovalizace pístního čepu na napětí v nálitku se zmenší. [7]

Uložení

Uložení pístního čepu má vliv na hmotnost a výšku motoru, rozdělení normálního tlaku v kluzné ploše pístu, klopení pístu v úvratích, hlučnost chodu pístu, vytvoření dostatečného olejového filmu. [4]

Pístní čep je nejčastěji uložen v oku ojnice a nálitcích v pístu tzv. plovoucí uložení. Plovoucí pístní čep musí být v pístu zajištěn pojistnými kroužky, aby nedošlo k posunutí pístního čepu, který by mohl poškodit stěnu válce. K zabránění hlučnosti u studeného motoru by mohl dojít ke klepání pístního čepu díky vůli, než se materiál zahřeje a roztáhne. Proto se volného uložení dosáhne po ohřevu pístu pístního čepu na 383K.

Řešením se stal tuhý pístní čep uložen v poddajných nálitcích pístu. Splnit ho lze jen částečně s ohledem na posuvné hmoty.

Axiální pojištění pístního čepu je nezbytné k následnému provozu celé sestavy. Tedy posunutí pístního čepu ke stěně válce. To by mohlo způsobit tření o vysoké teplotě, kdy materiál pístu z hliníkové slitiny se v oblasti oka pro pístní čep roztaví. Většinou se používají pojistné kroužky tzv. Seegerovy pružné pojistky.

Nevýhoda Seegerovy pružné pojistky je zápich s ostrými hranami, které můžou u menších průměrů vyvolat únavové trhlinky.

Proto u menších průměrů se používají pojistné drátěné kroužky zahnuté. I tu je nevýhoda, a to při axiálním pohybu v důsledku únavového ohybového namáhání k odlomení montážního zobáčku. Při odlomení se může zaklínit zobáček mezi píst a stěnu válce, tím vznikne tření o vysoké teplotě, které roztaví materiál pístu a tím se zadře motor. [1]

4.4 Ojnice

Spojuje píst s klikovým hřídelem a zabezpečuje přenos sil mezi pístem a klikovou hřídelí motoru.

U čtyřdobých motorů je namáhána proměnnou silou tah – tlak. Ojnice přenáší sílu od tlaku plynů na dno pístu na klikový hřídel a zde vytváří točivý moment. [1]

Koncentrace napětí se prověřuje v přechodech k ojnicnímu oku a k hlavě ojnice u dosedací plochy pro ojnicní šrouby a dále tam kde je poloměr přechodu malý. Prověření ojnice je i na tuhost v kroucení, které vzniká z po-otáčivých kmitů pístu. Pevnost dřívku je závislá na kroutivých kmitech zalomeného hřídele. [4]

4.4.1 Prvky ojnice

Okno pro pístní čep

Slouží pro uložení pístního čepu. Šířka oka musí být uvažována i ve vztahu ke vzdálenosti nálitků pro pístní čep v pístu. Pro propojení s plovoucím čepem je vytvořena bronzovým pouzdem zalisována do otvoru v oku ojnice. Po vyvrtání mazacího otvoru, případně zajištění pouzdra proti pootočení je vystružen vnitřní průměr ložiska.

Další možností je zalisování tenkostěnné ocelové pánve s výstelkou z olověného bronzu do vystruženého otvoru v oku ojnice. Z mazacího otvoru je olej rozváděn po celé šířce ložiska díky rozváděcími drážkami.

U přeplňovaných motorů jsou použita ojnicní oka, s lichoběžníkovým tvarem příčného průřezu. Výhodou je přenášení přes větší stykovou plochu velké měrné tlaky vyvolané spalovacími tlaky. Současně se tím vyrovná i tloušťka mazací plochy mazací vrstvy oleje mezi čepem a ložiskovým pouzdem. [2]

Dřívko ojnice

Spojuje oko a hlavu ojnice. Z důvodu pevnostních musí mít tvar příčného průřezu tvar „I“, který je nejodolnějším tvarem proti namáhání tlakem, ohybem a vzpěrem. Vzhledem k únavovému namáhání, musí být přechody mezi dřívkem a ojnicním okem pro pístní čep a hlavou ojnice hladké a všechny strany zaoblené. A učinit přísnou kontrolu dřívku ojnice na výskyt trhlinek. [1,2]

Hlava ojnice

Její tvar se orientuje podle použití klikového hřídele. Je-li hřídel nedělený, musí být hlava ojnice dělená, aby se dala uchytit na klikový čep. Vlastní hlava i její víko jsou pak vzájemně spojeny ojničními šrouby. [1]

Ojniční hlava má být lehká a tuhá, aby nedocházelo k deformaci ložiskových pánví. Tuhost zvyšují plynulé přechody do dřívku ojnice. Dělicí rovina hlavy ojnice je u motorů o průměru ojničního čepu do $0,65D$ kolmá na osu ojnice. Omezení vyplývá z požadavku na montáž a demontáž prvku v případě poruchy či údržbě. Při větších průměrech ojničního čepu vychází hlava s takto umístěnou dělicí rovinou jako nevhodná.

Se šikmou dělicí rovinou přichází nepříznivé rozložení napětí a nutnost konstrukčního řešení a zachycení působících sil v dělicí rovině hlavy. Zachycení sil v dělicí rovině zabezpečuje ozubení vyfrézované v dělicí rovině. [2]

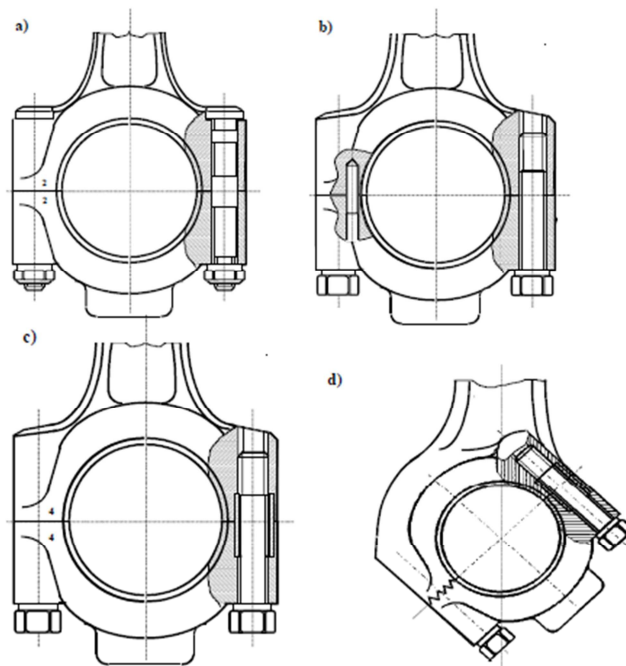
Polohovací drážky

Zabezpečují polohování tenkostěnných ocelových pánví při montáži ojnice na klikový čep. Proti pootočení za provozu motoru jsou ložiskové pánve chráněny celkovým přesahem vnějšího průměru obou polovin pánví ve vztahu k průměru vývrtu v hlavě ojnice. Ve většině případů je vrchní a spodní pánev zaměnitelná, a i když zatížení obou pánví je rozdílné. Horní pánev v hlavě ojnice je zatěžována krátkodobě silami od tlaku plynů (na konci komprese a na začátku expanze). Spodní pánev je dlouhodobě zatěžována silami setrvačnými od posuvných i rotačních hmotností. Zatížení představuje 75% času pracovního oběhu. [2]

Ojniční šrouby

Jsou namáhané proměnným dynamickým zatížením. Hlavní zatížením vyvolávají setrvačné síly posuvných hmot pístní skupiny a rotačních hmot ojnice bez jejího víka. Při malé tuhosti hlavy ojnice dochází k deformaci, která vyvolá přídatná ohybová namáhání ojničních šroubů. Osa ojničního šroubu má být umístěna co nejbližší k ose čepu kliky. [1]

Druhy ojničních spojení jsou na Obr. 9.



Obr. 9 Ojniční spojení: a, Válcovou plochou na dřívku ojničního šroubu; b, Dvojití válcových kolíků; c, Bez kolíků; d, Hlava ojnice se šikmou dělicí rovinou, [2]

Materiál a úprava ojnice

Používají se oceli třídy 11 až 15, které jsou kovány v zápustce. Pro vysoce namáhané ojnice přeplňovaných motorů se používají oceli tř. 16. Jako úprava se provádí tepelné zušlechťování. Pro zvýšení únavové pevnosti se povrch vysoce namáhaných ojnic kuličkuje nebo leští. Litinové ojnice z kujné nebo tvárné litiny se používají u malých motorů. Objevují se však i ojnice lisované z plechu, lehkých slitin, a z kompozitních plastů. Titanové ojnice se vyskytují převážně u závodních automobilů. [2]

4.5 Kliková hřídel

Kliková hřídel nám transformuje přímočarý vratný pohyb na pohyb rotační. Konstrukce klikového hřídele současně zabezpečuje i částečné vyvážení setrvačných sil a momentů posuvných a rotujících hmot pomocí proti závaží. Hřídel přejímá na čepu kli-

ky sílu převedenou z pístů přes pístní čepy a přes ojnici a předává ji dále na setrvačnick, spojku apod. [1]

Konstrukční řešení spojení klikové hřídele a ojnice na Obr. 10 a Obr. 13. U čtyřdobých motorů je klikový hřídel využíván i k rozvodu mazacího oleje do ojničních ložisek.



Obr. 10 Klikového hřídele jednoválcového motoru:1- Vývažek, 2- ojniční čep, 3- uložení ložiska, 4- vybrání vývažku a osazení plastového prvku, [2]

Namáhání

Zatěžování klikového hřídele je dán současným působením prostorové soustavy sil od tlaků plynu na písty a sil setrvačných. Silové účinky jsou časově proměnné, jak z hlediska velikosti, tak i směru nositelky sil vyvolávají v hřídeli pružné kmity, které jej namáhají na ohyb, krut, tah a tlak. Pevnost vůči působícím silovým účinkům, odolnost proti opotřebení čepů ložisek a dlouhou životnost při cyklickém zatěžování. [2]

Vyvažování setrvačných sil a momentů.

Eliminace sil vyvolávající kmity a nežádoucí negativní vlivy klikového hřídele. Následující je plynulý chod za snížení ztrát se docíluje vyvažováním. Provádí se umístěním protizávaží na klikový hřídel nebo pomocí vyvažovacích hřídelů.

Z výpočtového hlediska se vychází z hodnot síly tlaku plynů a síly setrvačné. Tlak plynů ve válci a zrychlení jednotlivých pohybových částí motoru se mění periodicky

v závislosti na otáčení klikového hřídele. Setrvačné síly a síly tlaku plynů, jsou periodickými funkcemi času respektive úhlu natočení klikového hřídele.

Pro rotující část motoru tvořící klikový hřídel a rotující část ojnice platí vztah:

$$F_r = m_r \cdot r \omega^2 \quad 3.1$$

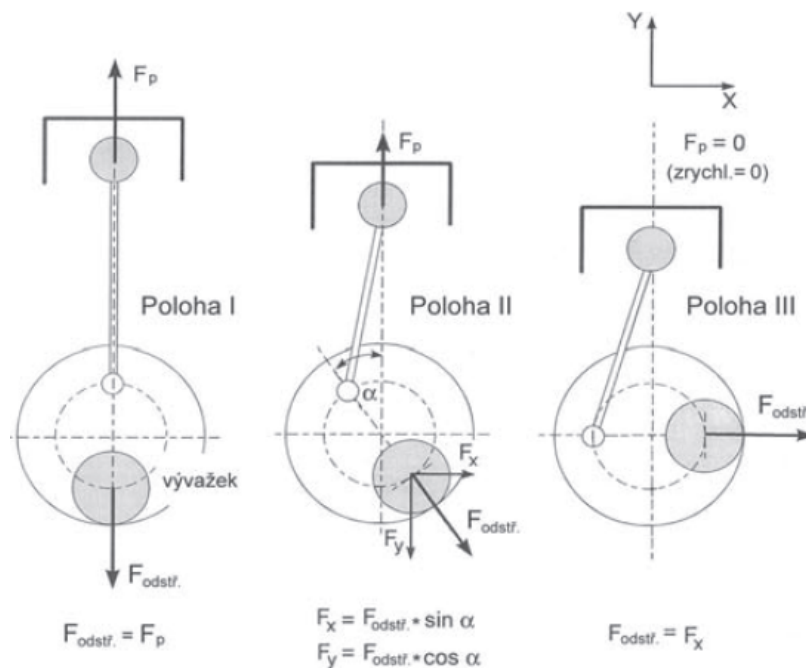
m_r ... celková redukovaná hmotnost rotující části

r ... poloměr kliky

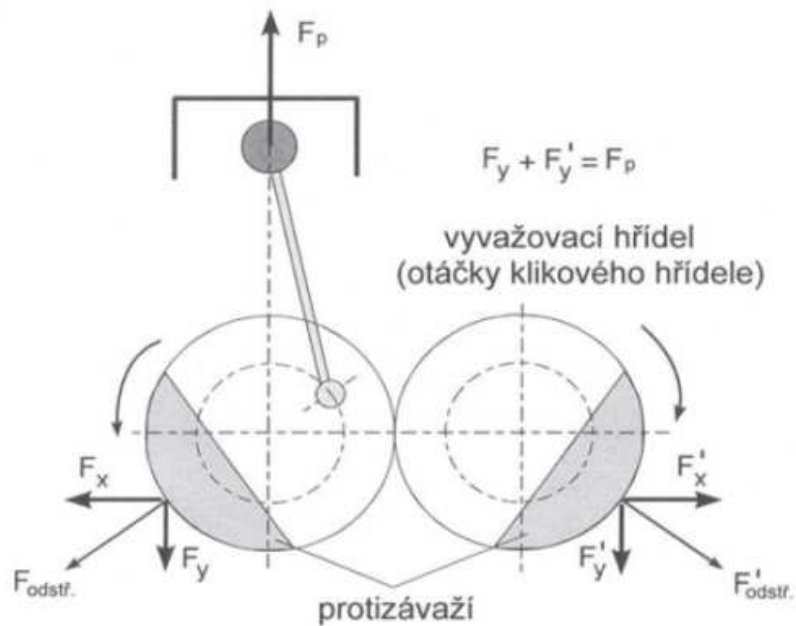
ω ... úhlová rychlost otáčení kliky

Setrvačná síla rotujících součástí působících ve směru kliky má konstantní velikost nezávislou na poloze kliky.

Vyvážení se docílí umístěním vývažku na opačné straně kliky. Hmotnost a vzdálenost těžiště od osy hřídele se volí tak, aby došlo k vyrušení setrvačné síly rotujících součástí pomocí vzniklé odstředivé síly. Druhy vyvážení jsou na Obr. 11 a Obr. 12.



Obr. 11 Vyvážení posuvné setrvačné síly u motoru pomocí protizávaží, [1]



Obr. 12 Setrvačné síly a vyvážení setrvačných sil 1. Řádu u motoru pomocí vyvažovacího hřídele, [1]

Pro setrvačnou sílu posuvných částí tvořící pístní skupina a posuvné části ojnice:

$$F_p = m_p \cdot r \cdot \omega^2 \cdot (\cos \alpha + \lambda_0 \cdot \sin 2\alpha) \quad 3.2$$

m_p ... redukovaná hmotnost části konající posuvný pohyb

λ_0 ... ojnicní poměr ($\lambda_0 = \frac{r}{l}$)

l ... délka kliky

r ... poloměr kliky

α ... úhel natočení klikového hřídele

$m_p \cdot r \cdot \omega^2 \cos \alpha$... posuvná složka setrvačné síly 1. řádu

$m_p \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \sin 2\alpha$...posuvná setrvačná síla 2. řádu

Úplného vyvážení posuvných setrvačných sil 1. a 2. řádu u jednoválcového motoru lze dosáhnout dvěma proti sobě se otáčejícími hmotnými systémy. Tyto systémy musejí mít jednonásobné či dvojnásobné otáčky klikového hřídele.

Vytvořené síly musejí být opačného charakteru, než jsou od původního hřídele. Síly jdou proti sobě. Poloha protizávaží musí být konstruována tak, aby nevznikaly žádné přídavné volné ani příčné momenty.

Konstrukce

Klikový hřídel může být vykován z jednoho kusu nebo z více částí. Části mohou být do sebe zalisované nebo sešroubované. [1]

Požadavky na konstrukci:

- tuhost ohybového a kroutícího zatěžování
- pevnosti vůči působícím silovým účinkům
- odolnost proti opotřebení čepů ložisek
- dlouhá životnost při cyklickém zatěžování

4.5.1 Prvky klikového hřídele

Volný konec hřídele

Přídavných součástí např. pro rozvodový mechanismus, olejového čerpadla a řemenice na pohánění pomocných agregátů a dalších prvků.

Výstupní konec klikového hřídele

Je opatřen přírubou pro připevnění setrvačnicku.

Hlavní čep

Slouží k uložení klikového hřídele do klikové skříně. Rozměry hlavního čepu klikového hřídele stejně jako u klikového (ojničního) čepu jsou dány pevností, měrným tlakem na povrchu čepu a torzním namáháním od točivého momentu a od torzního kmitání klikového hřídele. [1]

Klikový čep

Přenáší síly od ojnice na klikový hřídel.

Rozměry se posuzují podle různých hledisek:

- Pevnosti klikového čepu vůči maximálnímu tlaku plynů ve válci motoru. Jeho ohybové namáhání je silně ovlivněno způsobem uložení klikového hřídele.
- Měrný tlak v ojnicním ložisku. Pro maximální přípustnou hodnotu měrného tlaku je směrodatný materiál ložiska.
- Vlastní kmitočet klikového hřídele. Velikost redukováný hmotnosti torzní soustavy, je snaha snížit klikový čep na co nejmenší hodnotu.
- Další důvod je demontování ojnice. Zvětšením torzní tuhosti klikového hřídele, je účelně zvětšit průměr hlavního čepu, který má menší vliv na zvětšení redukováných hmotností než klikový čep. [1]

Kanálky pro rozvod mazacího oleje

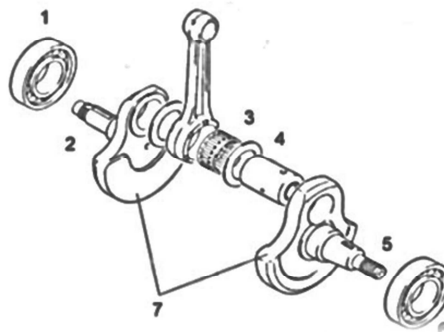
Zabezpečuje přívod oleje do ojnicních ložisek.

Uložení

Uložení klikového hřídele je zpravidla u jednoválcového motoru pouze na dvou ložiscích viz Obr. 13. Ložiska mohou být kluzná nebo valivá.

Kluzná ložiska mají klidný chod, jsou jednoduchá a jejich kluzné pánve lze vyměnit. Nevýhoda je však v odporu tření a musejí být pod velkým tlakem mazány.

Valivá ložiska eliminují třecí odpory, disponují delší životností, ale nastává problém s mazáním. Po ujetí většího počtu kilometrů dochází k vibracím. Ložiska jsou citlivá na znečištění. [2]



Obr. 13 Skládáný klikový hřídel jednoválcového motoru: 1 - hlavní ložisko, 2 – čep hlavního ložiska, 3 – ojnicní ložisko, 4 – čep klikového hřídele, 5 – čep hlavního ložiska, 6 – hlavní ložisko, 7 – kliková ramena, [1]

Kliková skříň nám slouží k uložení klikového hřídele, tedy jeho horní část vytváří stojan, do něhož je pomocí ložisek uložen klikový hřídel. Spolu s blokem válce vytváří základní nosný a vodící systém motoru, sloužící k usměrnění a vyrovnání vnitřních sil a momentů. Zachycuje i vnější silové účinky působící na motor za provozu, například síly působící na nosný rám. Horní část klikové skříně a blok válce nám tvoří blok motoru.

Blok motoru u kapalinou chlazených motorů je hlavním nosným prvkem, k němuž jsou připevněny ostatní části motoru. Celá sestava musí být utěsněna, aby nedocházelo k úniku tlaku a oleje.

Konstrukce

U malého motoru je z většiny případů odlita kliková skříň v celku s převodovou skříní. Válec motoru je přichycen ke skříně pomocí dlouhých svorníků, které upevňují i hlavu válce. Z hlediska konstrukčního provedení je stojan zhotoven při odlití celé skříně. Uložení musí být dostatečně tuhé, aby se předešlo vibracím, hluku a zvýšila se tak životnost motoru.

Kliková skříň musí být u čtyřdobého motoru zabezpečena k odvětrávání, které reguluje přetlak a podtlak vznikající při pohybu pístu, který může snižovat výkon motoru a také negativní vliv na těsnění klikového hřídele. K odvětrávání nebo vyrovnání tlaku se používá několik komor, kde dochází ke kondenzování olejových par a olej poté teče zpět do motoru. Malá část par se i přesto dostane do vzduchového filtru a do spalovacího prostoru. [1]

Chlazení

Odlitek klikové skříně může obsahovat soustavu přepouštěcích kanálků k lepší cirkulaci olejové náplně. Nejvíce však směřující k chlazení ložiskového uložení. I pro zlepšení chlazení klikové skříně a skříně převodovky jsou i ony opatřeny chladícími prvky jako jsou žebra. V důsledku snížení teploty dochází ke zlepšení hmotnostního plnění spodního kompresního prostoru směsí. [2]

Spodní víko motoru

Jedná se o olejovou vanu určenou pro chladicí systém poháněný olejovým čerpadlem. Olejová vana je odlévána z lehkých slitin a v nejnižším místě se nachází vypouštěcí šroub.

Těsnící tmel zabraňuje netěsnosti spoje mezi klikovou skříní a olejovou vanou.

4.6 Setrvačnick

Motory s malým počtem válců jsou osazeny setrvačnickem z důvodu vyrovnání úhlové rychlosti otáčení klikového hřídele, překonání a následném dodání energie klikovému mechanismu po čas pracovního zdvihu, který nedodává do systému energii. [2]

4.7 Hlava válce

Uzavírá plynotěsně i proti průsakům kapaliny spalovací prostor. Spojení hlavy, válce a klikové skříně je zabezpečeno šrouby a maticemi dotažené na předpětí pomocí momentového klíče. Mezi válcem a hlavou válce se osazuje těsnění.

Hlava válce zachycuje spalovací tlak a je přitom silně mechanicky a tepelně namáhána plyny, které vznikají při spalování. Kladou se tedy vysoké nároky na tvarovou pevnost a malou tepelnou roztažnost. [1]

Konstrukce

Konstrukce hlavy musí umožňovat snadnou montáž a demontáž i výměnu náplně válců.

Hlava válce je složena:

- sací a výfukové kanál
- vedení ventilu
- komponenty rozvodového mechanismu
- chladicí okruh
- zážehové svíčky
- spalovací prostor (celý nebo jen jeho část)

Hlava válce u čtyřdobých motorů mohou být členěny podle způsobu vytvoření spalovacího prostoru.

U čtyřdobých motorů s rozvodem OHC a DOHC je součástí hlavy válců vačkový hřídel resp. dva hřídele. Kvůli ventilům se musí spalovací prostory u čtyřdobých motorů tvarově odlišit od ideální polokoule, protože ventily uzavírající spalovací prostory nemohou mít dokonale půlkulatá dna. Hlava válce je konstruována tak, aby byla dobře chlazena. Tvar spalovacího prostoru je závislý na míchání palivové směsi a spalování. To se odráží na výkonu motoru. Z toho vyplývá, že motor musí být odolný proti detonačnímu spalování neboli klepání. [1]

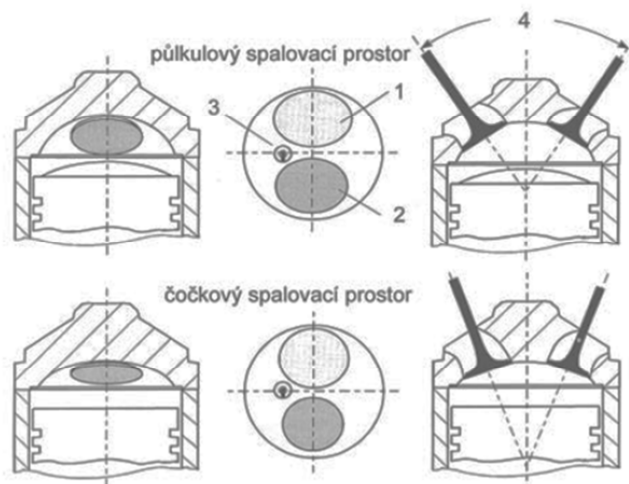
Požadavky spalovacího prostoru

Spalovací motor nesmí obsahovat ostré hrany, mohlo by docházet ke změně víření směsi a následnému spalování v prostoru. Tvary spalovacího prostoru je vícero druhů viz Obr. 14.

Patří sem tvary:

- Polokulovité - proces hoření probíhá rovnoměrně a efektivně.
- Čočkovité (sedlovité, střečovité) - spalovací prostory se podobají ideálnímu polokulovitému provedení. Jsou vhodné pro použití dvou nebo čtyř ventilů na válec a zajišťují dobré plnění válců. Rozvíření směsi výrazně zlepšuje použití kompresních štěrbin.

Radiálně umístěné ventily jsou výrobně náročné a používají se pouze u více ventilových motorů. Spalovací komora by měla být ideálně polokulovitá. Výměna obsahu ve válci je většinou zabezpečena dvěma nebo třemi sacími ventily a jedním nebo dvěma výfukovými ventily. [1]



Obr. 14 Půlkulový a čočkový (sedlovitý, střechovitý) spalovací prostor: 1 - sací ventil, 2 - výfukový ventil, 3 - zapalovací svíčka, 4 - úhel ventilů, [1]

Sedla ventilů v hlavě válců

V hlavě hliníkových slitin a i v litinových, jsou pro zvýšení pevnosti dosedacích ploch vložena prstencová sedla ventilů. Materiál těchto prstenců musí být odolný vůči vysokým teplotám, opotřebení a proti vytváření okujů. Ventilová sedla jsou vyrobena z vysoce legované oceli.

Tvar sedla a jeho vrcholný úhel kuželovité povahy je obvykle 45° . S ohledem na těsnost nesmí být šířka příliš velká. U sacího ventilu je většinou 1,5 mm, u výfukového ventilu 2 mm. Tím je zlepšeno odvádění tepla. Úhel talíře se někdy volí 44° a sedla ventilu v hlavě válce 45° . Vytvoří se úzká těsnicí hrana, která se během provozu zvětšuje až na normální šířku sedla. [1]

Těsnění hlavy válců

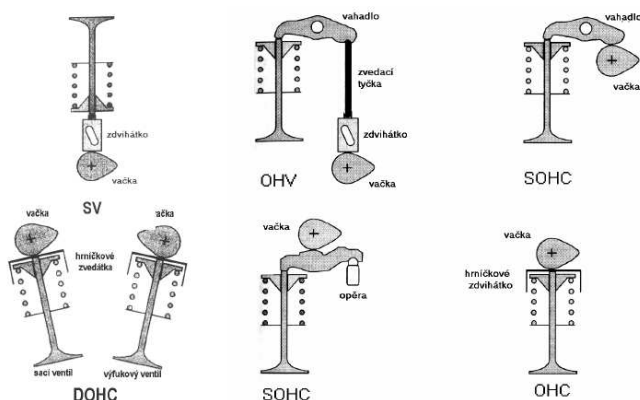
Hlavním požadavkem je uzavření spalovacího prostoru v místě mezery mezi hlavou válce a blokem motoru a současně zamezit průsakům kapaliny chladicí a také mazacího oleje. Plocha na uložení těsnění musí být rovná bez hran a nečistot. Těsnění musí být odolné vůči tlaku, teplotě a agresivitě tekutin. Těsnění je z kovu a měkkého materiálu. Kovový nosný plech o tloušťce asi 0,3mm.

Otvory pro spalovací prostory a pro tlakový olej mazací soustavy a někdy i chladící prostory se po obvodu lemují, např. ocelovým plechem potaženým hliníkem. Utěsnění kapalinových průduchů se může ještě zlepšit nanesením elastického tmelu. [1]

4.8 Ventilové rozvody

Konstrukční uspořádání rozvodového mechanismu (Obr. 15) je vícero druhů, v závislosti na poloze určitých částí rozdělujeme:

- OHV (over head valve) - ventily jsou umístěny v hlavě válce motoru, vačkový hřídel umístěn v bloku motoru.
- OHC (over head camshaft) - vačkový hřídel je umístěn nad hlavou válců, ventily jsou umístěné v hlavě válce motoru.
- DOHC (double over head camshaft) - dva vačkové hřídele uložené nahoře nad hlavou válce a ventily v hlavě válce. Používané často u motocyklových motorů čtyřdobých.
- SV - uspořádání s postranními ventily umístěnými v bloku motoru. Jsou poháněny zespodu vačkovou hřídelí.
- SOHC (single over head camshaft) - Jedna vačková hřídel je uložena nahoře nad hlavou válce.



Obr. 15 Schematické uspořádání ventilových rozvodů, [2]

Hlavní části ventilového rozvodu:

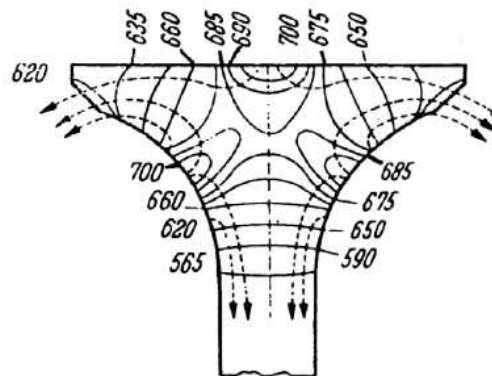
- ventily
- ventilové pružiny
- zdvihátka ventilů
- ventilové tyčky
- vahadla ventilů
- vačkové hřídele

4.9 Ventily

Tvoří část spalovacího prostoru, spolu se sedlem zaručují těsnost a v otevřeném stavu by neměl klást velký odpor proudícím plynům. Průměry talířů ventilů a velikost zdvihu musí být tak velké, aby výměna obsahu válce mohla probíhat s malými průtokovými otvory, pokud možno bez překážek. Výfukový ventil je menšího průměru než sací ventil. Rychlé vyprázdnění spalovacího prostoru zaručuje vysoký tlak plynů při otevření výfukového ventilu. [1]

Namáhání

Jsou namáhány tlakem plynů ve spalovacím prostoru, vysokými teplotami znázorněné na Obr. 16, silami pružin a silami setrvačnými.



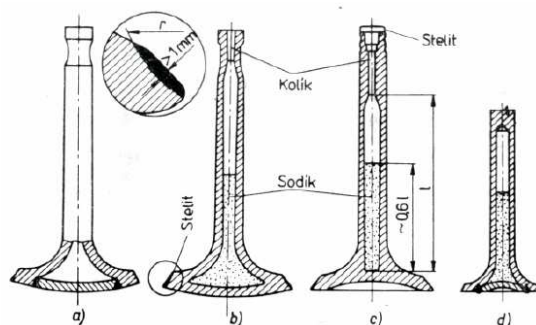
Obr. 16 Teplotní pole talířku výfukového ventilu, [2]

Odolnost ventilu se charakterizuje:

- pevnostně
- tepelně odolné
- vrubově houževnaté
- proti korozním účinkům vyvolané chemickou reakcí při spalování
- náchylnost k opalování
- odolnost proti opotřebení

Konstrukce

Hlavními částmi ventilu je zápich, dříví ventilu, talíř (hlava) ventilu, sedlo ventilu. Hlava ventilu musí být tuhá, aby odolávala mechanickému namáhání i při vysokých teplotách a nepodléhala úplné deformaci. Může být indukčně tvrzena nebo s kaleným sedlem ventilu či navařen stelit (tvrdo-kov). Pro lepší chlazení jsou ventily plněny sodíkem (Obr. 17).



Obr. 17 Ventily plněny sodíkem, [2]

Na stopce se nachází drážka pro upevnění misky pomocí klínek. Miska je osazena jednou nebo dvěma vratnými pružinami, které táhnou ventil do sedla v hlavě válce. Opěrná miska přenáší sílu pružiny ventilu přes kuželky na ventily. Dříví ventilu je vodící prvek ventilu. Nachází se v hlavě válce a může být i výměnné. Sestavené z jednoho materiálu. Hlava a konec dříví jsou několika násobně tvrzeny. Přechod mezi hlavou a

dříčkem musí být pozvolný, aby nevznikala koncentrace napětí a průřez, kterým proudí plyny, měnil svůj tvar i velikost plynule. Dřík ventilu je válcový.

Motor se třemi ventily na válec

Je opatřen dvěma sacími ventily, má velký výfukový ventil. Svíčka je tedy umístěna bočně. Pro lepší zapalování směsi jsou osazeny dvě svíčky.

Motor se čtyřmi ventily na válec

Jsou osazeny dva větší sací ventily a dva menší výfukové ventily. Ovládání těchto ventilů je určeno vačkovými hřídeli. Tedy samostatná vačková hřídel pro sací ventily a hřídel pro výfukové ventily. Toto uspořádání je dáno větším výkonem, lepší výměnou obsahu válce, centrální pozici zapalovací svíčky, lepším převodem tepla než u dvou ventilů. Dále menší citlivostí na detonační spalování, nižší spotřebou paliva. Oproti dvouventilovému motoru jsou ventily motoru čtyřventilového menší a lehčí.

Motor s pěti ventily na válec

Má tři sací a dva výfukové ventily, které poskytují maximální průtočný průřez a nejlepší využití povrchu spalovacího prostoru. Zapalovací svíčka může být uprostřed. Jeden vačkový hřídel ovládá sací ventily a druhý výfukové ventily.

4.10 Ventilové pružiny

Zajišťují trvalý styk ventilu se sedlem v hlavě válce. Síla pružiny musí být dostatečná, aby došlo ke kontaktu hlavy ventilu se sedlem v dané rychlosti. Tím zabezpečuje těsnící funkce a zabraňuje vtáhnutí výfukového ventilu do válce v průběhu sání. Při neplnění správnosti toho mechanismu může dojít ke snížení výkonu či následné kolizi pístu s ventilem.

Ventily většinou má dvě sousední pružiny (Obr. 18). Výhodu mají v řešení menších pružin a zvýšení bezpečnosti provozu zabráněním vpadnutí ventilu do válce v případě prasknutí jedné z pružin. Vnitřní a vnější pružina má obrácený smysl stoupání závitů, aby do sebe nezaklesly. Stoupání závitů je většinou stejné, avšak proměnné stoupání se provádí jako preventivní opatření proti vzniku rezonančního kmitání. [1]



Obr. 18 Pružina pro ventil a její přídatné komponenty, [2]

Materiál

Pružiny se zhotovují ze speciální pružinové oceli obsahující mangan, křemík a chróm. [1]

Vedení ventilu

Slouží ke středění ventilu vzhledem k sedlu, odvádí teplo z dříku ventilu do materiálu hlavy a chladicí látky. Vedení ventilu tedy musí být co nejdelší a vůle musí být co nejmenší. U výfukového ventilu je kromě toho potřeba, aby sahalo co nejbližší k hlavě ventilu a ochlazovaná část dříku byla co nejdelší. V hlavách válce ze slitin hliníku jsou zalisována speciální vodička s dobrými kluznými vlastnostmi.

Vyrábí se především z perlitické šedé litiny nebo hliníkové bronzy, který lépe odvádí teplo a je tedy určeno pro více tepelně namáhané motory.

Utěsnění dříku ventilu na horním konci vedení ventilu musí zajišťovat dostatečný olejový film ve vedení ventilu. Horní konec je tedy osazen těsněním kvůli uniku do výfukového kanálu.

Z důvodu roztažnosti materiálu při změně teploty musejí být opatřeny konstrukčními vůlemi. U většiny motorů se provádí vyrovnání ventilu hydraulicky. Vůle se trvale vymezuje změnou délky, některé vhodné části rozvodového mechanismu obvykle zdvihátka jsou hydraulicky ovládaným teleskopickým prvkem. Tyto prvky jsou ovládané tlakovým olejem mazací soustavy. [1]

Dvouramenné vahadlo

Konec vahadla se opírá o vačku vačkového hřídele a pohyb vačky se tak přenáší bezprostředně na dřík ventilu.

Jednoramenné vahadlo

Je na jednom konci podepřen v uložení, kde se seřizuje vůle ventilu. Vačka vačkového hřídele poté tlačí na zploštělé místo s tvrzeným povrchem.

4.11 Zdvihátka ventilů

Přenášejí zdvih od vačky na ventilovou tyčku u rozvodu OHV nebo přímo ovládat ventil u rozvodu OHC.

Konstrukce

Zdvihátka s kladkou snižují třecí odpory mezi vačkou a zdvihátkem. Jsou rozměrově objemná.

Zdvihátka oblá

Mají menší rozměry, nevýhodou je přímkový styk s vačkou a jeho neměnná poloha jsou tedy náchylnější k opotřebením.

Zdvihátka rovná

Jsou nejpoužívanější, mají malé rozměry a malá opotřebením styčných ploch.

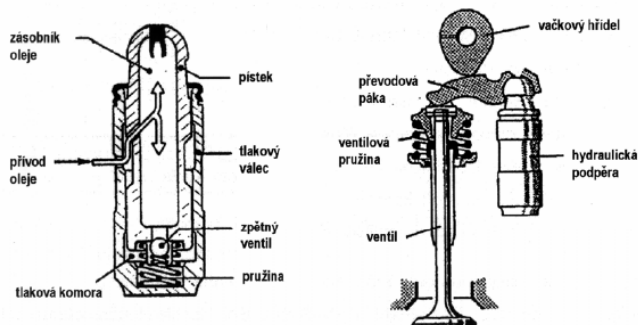
Typy zdvihátek:

- talířová
- hrníčková

Všechny části mají přesně určenou provozní a montážní vůli. Nadměrná vůle zvyšuje hlučnost rozvodu a i motoru.

Hrníčkové zdvihátko s hydraulickým vymezením vůle ventilu

Ovládané vačkovým hřídelem v hlavě válců (rozvod OHC), působící přímo na ventil viz Obr. 19. Odstraňuje hlučnost a automaticky vymezuje veškeré vůle. Řídící prvek je mazací olej, na který je kladen požadavek vysoké čistoty.



Obr. 19 Opěra s hydraulickým vymezením vůle, [2]

4.12 Vačkový hřídel

Převádí otáčivý pohyb získaný od klikového hřídele na pohyb posuvný řídicí ventily. Funkčním prvkem je vačka, která přísluší jednomu nebo dvěma stejnojmenným ventilům. [1]

Uložení

Pro uložení v pevných částech motoru slouží čepy ložisek vačkového hřídele. Jeden konec je upraven pro upevnění hnaného kola rozvodového ústrojí. Mezi vačkami, čepý a koncem vačkového hřídele jsou spojovací úseky. [1]

Konstrukce

Vačkový hřídel je dutý, tím se ušetří na hmotnosti a dutinou můžeme rozvádět mazací olej k ložiskům a vačkám.

Průměry čepů jsou odstupňovány, což umožňuje montáž hřídele do nedělených kluzných ložisek. [1]

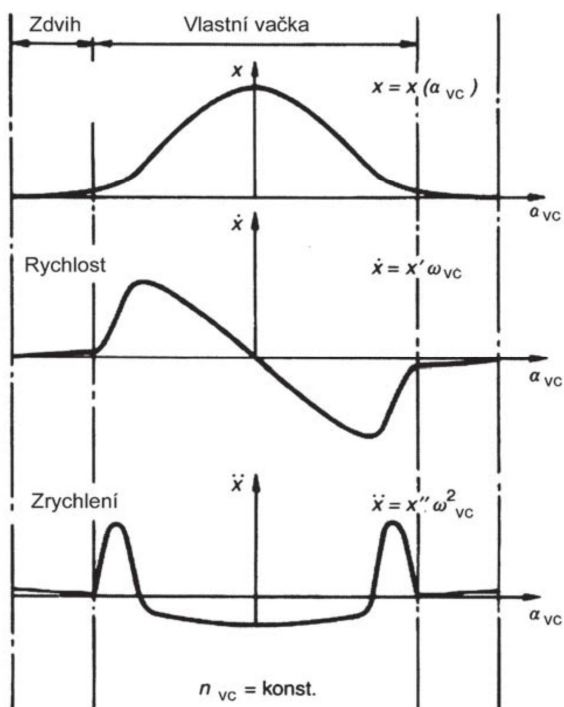
Vačka

Je tvarována podle požadavku na zdvih (velikost otevření), rychlost otevírání a doby maximálního otevření ventilů. Špičatá vačka otevírá a zavírá ventil pomalu a ventil zůstává otevřený pouze krátkou dobu.

Strmá vačka je opak špičaté a její tvar je asymetrický. Plošší náběžná strana na vačce způsobuje pomalejší otevírání, oproti tomu strmější úběžná otevírá na delší dobu ventil a rychleji zavírá. [1]

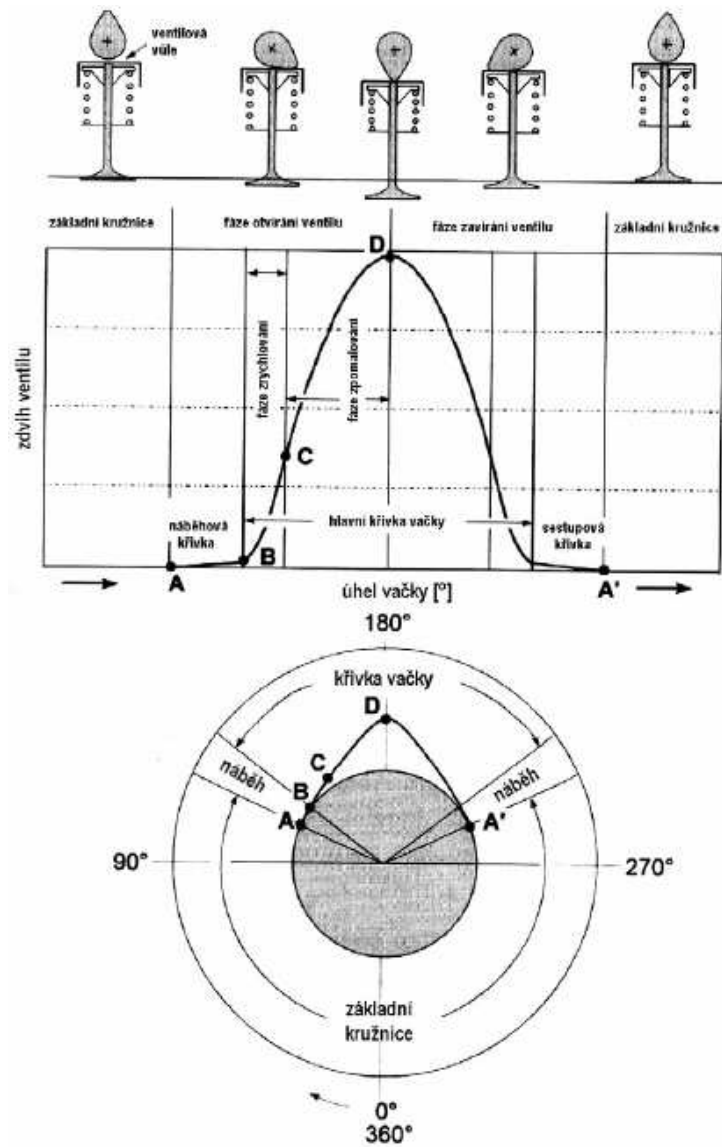
Třetí derivace zdvihového zrychlení se nazývá „JERK“ a udává rychlost nástupu (nárůstu) zrychlení.

Kinematika



Obr. 20 Kinematika vačky: α_{vc} - úhel natočení vačkového hřídele,

n_{vc} - otáčky vačkového hřídele, [1]



Obr. 21 Vačka řídící otvírání a zavírání ventilů, [2]

Pohon vačkového hřídele

Je dáno několika variantami, které mají své výhody a nevýhody dané hlučností, poruchovostí, přesností přenosu ovládací síly. U čtyřdobého motoru jsou otáčky klikového hřídele v poměru s vačkového hřídele 2:1.

Pohony:

- válečkový řetěz
- ozubený řetěz
- desmodromický nucený
- ozubený řemen
- řetězový pohon

Válečkový řetěz

Pohon přímo od klikového hřídele. Točivý moment od motoru na vačkový hřídel přenášejí řetězová kola a válečkový řetěz. Počet zubů je určen, aby vačkový hřídel měl poloviční otáčky oproti klikovému. Články řetězu se časem uvolňují a řetěz se prodlužuje, to je zabezpečeno napínákem řetězu s kluznou lištou.

Ozubený řetěz

Je zesílenou variantou válečkového řetězu. Jsou tedy širší a mohou přenášet velké zatížení.

Desmodromický nucený

Ventilový rozvod pracující pomocí mechanického zařízení, u kterého má ventil pouze jednu malou pomocnou pružinu.

Ozubený řemen

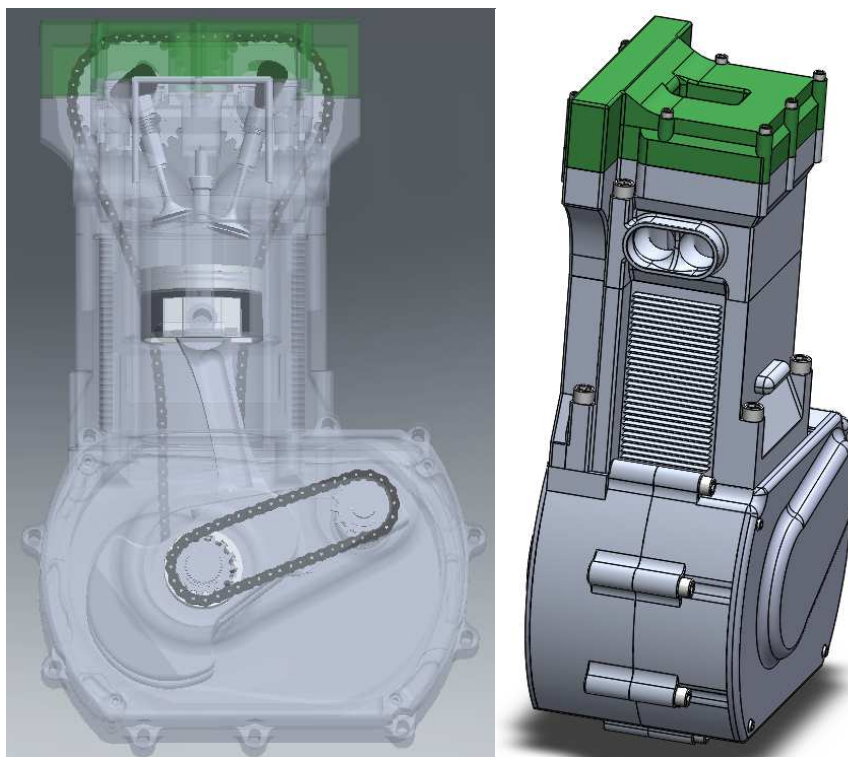
Má výhodu nízké hmotnosti a tichého chodu. Mají jednoduchou a nenáročnou údržbu a nemusejí se mazat. Pohon dvou vačkových hřídelí ozubený řemeny může být pro oba hřídele společný.

Řetězový pohon

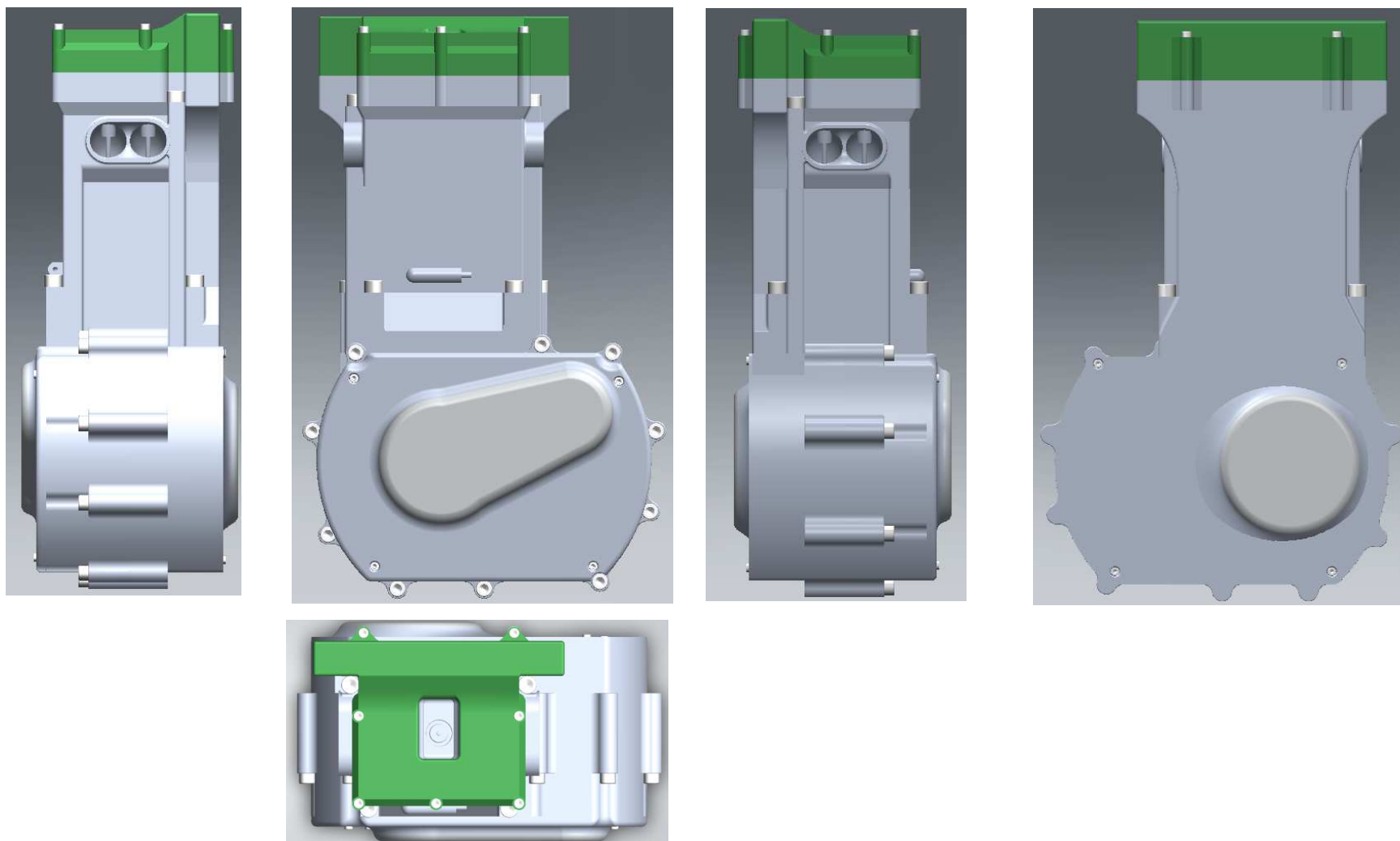
K převodu síly dochází řetězovými koly a kloubovými (válečkovými nebo pouzdrovými) řetězy z oceli. Mohou být poháněny dva vačkové hřídele, pomocné agregáty, olejové čerpadlo. Proti uvolnění řetězu slouží napínák pracující ve všech režimech. Vedení řetězu je z plastu nebo z kovu s plastovým povlakem.

5 VLASTNÍ KONCEPCE

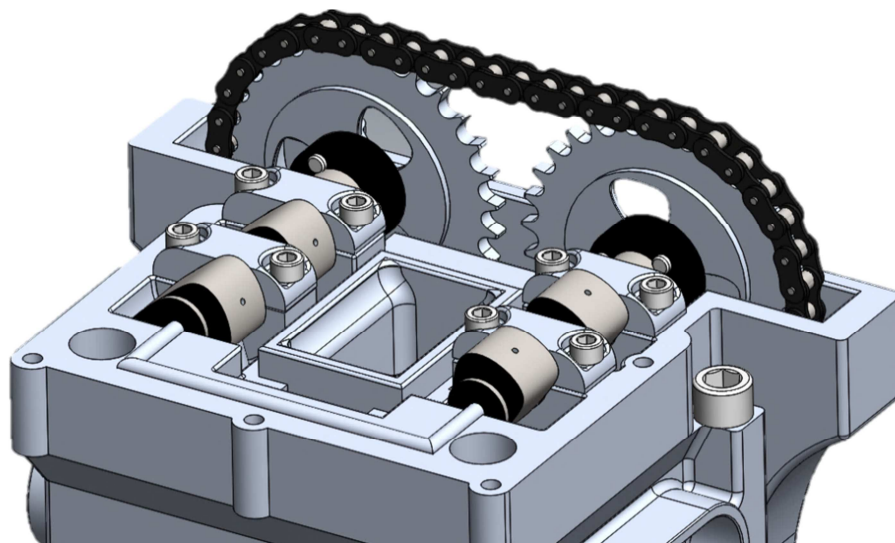
Ze zjištěných a ověřených informací byl sestrojen jednoválcový zážehový motor pro motocykly, čtyřkolky či formule student. Na základě vstupních parametrů byl vypočítán jeho průměr válce 95mm. Z důvodu složitosti konstrukce spalovacího motoru jsou vypočítané jen základní parametry, jakým směrem by se měl motor vyvíjet. Motor je sestaven s rozmístěním vaček DOHC a k pohonu od klikového hřídele je spojen řetězem. Řetězová kola jsou odlehčena a připevněna na vačkový hřídel pomocí šroubů. Chlazení probíhá převážně pomocí kapaliny. Druhá část chlazení je pasivní, tedy vzduchem. Pro zvýšení efektivity chlazení vzduchem je blok motoru osazen lamelami pro zvýšení kontaktní plochy pro odvod tepla.



Obr. 22 Vlastní koncepce jednoválcového motoru, [12]

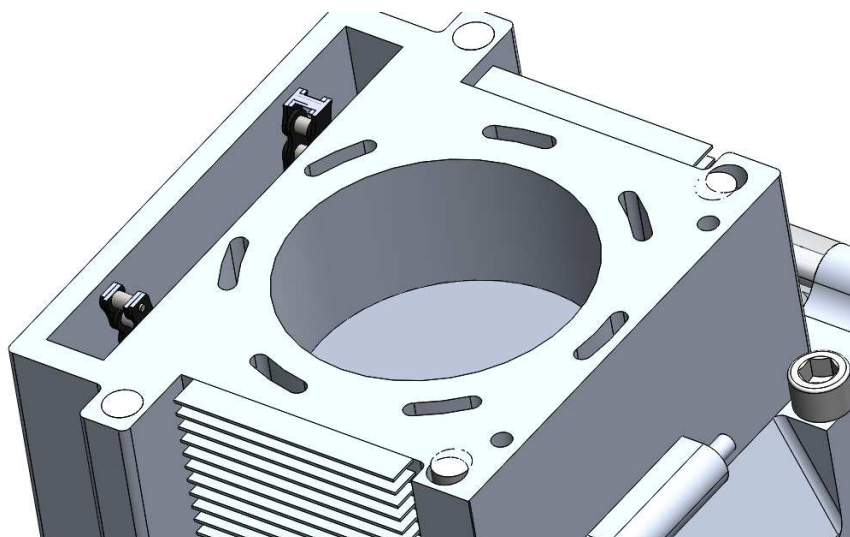


Obr. 23 Pohledy na vlastní koncepci jednoválcového zážehového motoru s rozvodem DOHC, [12]



Obr. 24 Pohled na hlavu motoru, [12]

Vlastní koncepce přívodu oleje do duté vačkové hřídele je zabezpečeno trubicí vycházející z hlavy motoru a rozdělena do dvou větví. Konce větví jsou v těsné blízkosti konce vačkového hřídele.



Obr. 25 Řez blokem motoru, [12]

Chladicí kanálky osazené v soustředné kružnici s pístem. Zabezpečují odvod tepla.

6 ZÁVĚR

Bakalářská práce je zaměřená na řešení jednoválcového čtyřdobého zážehového motoru. První částí je teoretická, rešeršní část, získána převážně z odborných knižních zdrojů. Následná druhá část je návrh a vytvoření animačně funkčního modelu. Obtížné bylo především zvolit vhodnou koncepci, ale i přesto, že se jedná pouze o návrh, lze z něj usoudit, jakým směrem by se konstrukce čtyřdobého zážehového motoru měla ubírat. K dokonalosti návrhu spalovacího motoru dojde, až po vytvoření několika mechanických prototypů. Tyto návrhy musí projít sériemi zkoušek. Modelování v 3D prostoru, uvedené v bakalářské práci, bylo časově náročné hlavně s ohledem na velký počet rozměrových úprav jednotlivých stávajících dílů.

Podle základních požadavků na bakalářskou práci byl vytvořen motor se zvolenými a vypočtenými parametry, především pístu, ojnice atd. Následným výpočtem funkčních a rozměrových hodnot byl vytvořen motor složený z jednotlivých dílů a ty spojovány vazbami tak, aby vznikl animačně pracující stroj v programu SolidWorks. Koncepce motoru má rozměry 345 x 218 x 581 mm a obsahuje 272 dílů a 214 vazeb.

Cílem práce při zadaném tématu bylo i vytvoření návrhu zážehového motoru, jako hlavního prvku, pro primární studii a následné úspěšné uplatnění při pokračování v projektu Formule student, vypsany jako soutěž univerzit mezi sebou, a to v konstrukci závodní formule.

Plně funkční animovaná koncepce modelu motoru pro konkrétní rozměry je uvedena v elektronické formě na přiloženém DVD. Vytvořený 3D model je v prvotní fázi vývojového prototypu a slouží k jeho verifikaci v rámci "brainstormingové" prezentace.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VLK, F. Teorie a konstrukce motocyklů, 1. vydání, Brno: František Vlk, 2004, ISBN 80-239-1601-7
- [2] RAUSCHER, J. *Spalovací motory*, Studijní opory. Brno: Vysoké učení technické, 2005.
- [3] HRMADKO, J. *Spalovací motory*. Praha: Grada, 2014. 296 s. ISBN 978-80-247-3475-0
- [4] KOŽOUŠEK, J. *Výpočet a konstrukce spalovacích motorů I*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1978. 367 s.
- [5] PAPOUŠEK, M. 1976. Diagnostika spalovacích motorů. Praha : SNTL, 1976. str. 205. Sv. I.
- [6] BRABEC, P.: Vliv tuhosti pístního čepu na deformaci pláště. Dostupné na WWW:
http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241.BOZEK/publikace/2003/Pistni_cep.pdf
- [7] Almet: Výrobce pístů pro spalovací motory. Dostupné na WWW:
<http://www.almet.cz/>
- [8] Motorkáři: Motocyklový web. Dostupné na WWW. <http://www.motorkari.cz>
- [9] Energetický ústav v Plzni. Pracovní cykly spalovacích motorů. Dostupné na WWW:
https://kke.zcu.cz/old_web/_files/projekty/enazp/02/IUT/017_Pracovni_cykly_spalovacich_motoru_-_P1.pdf
- [10] Buzuluk. Výroba pístních kroužků. Dostupné na WWW:
<http://www.buzuluk.com/cz/divize-pistni-krouzky/vyrobni-program/pistni-krouzky>
- [11] Martin Liška. Používaná technika. Dostupné na WWW:
<http://www.martinliska.cz/cze/littlecat-450.html>
- [12] Vlastní zdroj

8 OBRÁZKY, TABULKY A GRAFY

Obr. 1 Dvoudobý motor, [1]	10
Obr. 2 Čtyřdobý jednoválcový motor, [8]	11
Obr. 3 Typy pístů vyráběných ve společnosti ALMET, [7]	13
Obr. 4 Teplotní zatížení pístu v závislosti na rozměru, [1].....	14
Obr. 5 Pístní kroužek, [2].....	16
Obr. 6 Tvary příčných průřezu těsnících pístních kroužků, [2].....	17
Obr. 7 Rozložení tlaku spalín působících na těsnící pístní kroužky, [2]	17
Obr. 8 Zámky pístních kroužků, [10]	18
Obr. 9 Ojniční spojení, [2].....	23
Obr. 10 Klikového hřídele jednoválcového motoru, [2].....	24
Obr. 11 Vyvážení posuvné setrvačné síly u motoru pomocí protizávaží, [1].....	25
Obr. 12 Setrvačné síly a vyvážení setrvačných sil pomocí vyvažovacího hřídele, [1]..	26
Obr. 13 Skládání klikový hřídel jednoválcového motoru, [1]	28
Obr. 14 Půlkulový a čočkový (sedlovitý, střechovitý) spalovací prostor, [1]	32
Obr. 15 Schematické uspořádání ventilových rozvodů, [2].....	33
Obr. 16 Teplotní pole talířku výfukového ventilu, [2]	34
Obr. 17 Ventily plněny sodíkem, [2]	35
Obr. 18 Pružina pro ventil a její přídatné komponenty, [2]	37
Obr. 19 Opěra s hydraulickým vymezením vůle, [2]	39
Obr. 20 Kinematika vačky, [1]	40
Obr. 21 Vačka řídící otvírání a zavírání ventilů, [2].....	41
Obr. 22 Vlastní koncepce jednoválcového motoru, [12]	43
Obr. 23 Pohledy na vlastní koncepci jednoválcového zážehového motoru, [12].....	44
Obr. 24 Pohled na hlavu motoru, [12]	45
Obr. 25 Řez blokem motoru, [12].....	45