



Středoškolská technika 2011

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

3D MODEL SPALOVACÍHO MOTORU BMW

Libor Macek

Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola Šumperk
Gen. Krátkého 1, 787 29 Šumperk, okres Šumperk

ANOTACE

Předmětem práce byla modelace šestiválcového motoru BMW M30, který je použit v automobilu BMW 525 E12 z roku 1975. Celá modelace proběhla v programu Autodesk Inventor 2010. Motor je vytvořen podle skutečného motoru, který jsem sám postupně rozebíral. V dokumentaci je popsána funkce jednotlivých součástí, jejich použití v praxi a u složitějších částí i postup modelace. Práce se dá použít jako didaktická pomůcka pro studenty technicky zaměřených škol.

Klíčová slova: Motor; BMW; M30; E12; Autodesk Inventor

ANNOTATION

This thesis was modeling six-cylinder engine BMW M30, which was used in car BMW 525 E12 from 1975. Whole modelation was made in PC program Autodesk Inventor 2010. The engine was created according to real engine, which I have disassembled by myself. In documentation is described function of individual parts, their use in practice and modelation procedure of difficult ones. This thesis can be used as education tool for students from industry schools.

Key words: Engine; BMW; M30; E12; Autodesk Inventor

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | ÚVOD | 6 |
| 2 | ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOTORU BMW M30..... | 7 |
| 2.1 | AUTOMOBILKA..... | 7 |
| 2.1.1 | Popis automobilky | 7 |
| 2.1.2 | Historie Automobilky | 7 |
| 2.2 | MOTOR M30..... | 9 |
| 2.2.1 | Varianty motoru M30 | 11 |
| 2.2.2 | Přehled Modelů..... | 12 |
| 3 | ŘEŠENÍ ZADÁNÍ | 13 |
| 3.1 | PŘÍPRAVA PROJEKTU..... | 13 |
| 3.2 | JEDNOTLIVÉ ČÁSTI MOTORU | 13 |
| 3.2.1 | Kryt ventilového rozvodu | 13 |
| 3.2.2 | Hlava..... | 13 |
| 3.2.3 | Blok..... | 15 |
| 3.2.4 | Vana | 15 |
| 3.2.5 | Startér..... | 16 |
| 3.2.6 | Rozdělovač..... | 18 |
| 3.2.7 | Filtr oleje..... | 18 |
| 3.2.8 | Sání | 19 |
| 3.2.9 | Termostat | 20 |
| 3.2.10 | Benzínové čerpadlo..... | 21 |
| 3.2.11 | Olejové čerpadlo-..... | 21 |
| 3.2.12 | Vodní čerpadlo..... | 22 |
| 3.2.13 | Svíčky | 24 |
| 3.2.14 | Rozvod..... | 24 |
| 3.2.15 | Karburátor | 25 |
| 3.2.16 | Píst | 26 |
| 3.2.17 | Ojnice..... | 27 |
| 3.2.18 | Kliková hřídel | 28 |
| 3.2.19 | Ventily | 30 |
| 3.2.20 | Vahadla | 30 |
| 3.2.21 | Vačkový hřídel..... | 31 |
| 3.2.22 | Setrvačník | 32 |
| 3.2.23 | Svody výfuku..... | 32 |
| 3.2.24 | Spojovací materiál | 33 |
| 4 | ZÁVĚR..... | 34 |
| 5 | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 35 |
| 6 | PŘÍLOHY PRÁCE | 36 |

1 ÚVOD

Cílem této práce bylo vytvoření didaktické pomůcky pro ukázkou montáže a pro představení konstrukce spalovacího motoru žákům, kteří nemají možnost vidět rozebraný motor v praxi. Zvolil jsem spalovací motor firmy BMW. Model je vytvořen v programu Autodesk Inventor 2010 podle skutečného motoru, nikoliv podle výkresové dokumentace. Obsahuje všechny díly použité ve skutečném motoru a je plně funkční.

Ze začátku jsem vůbec nevěděl jak začít, v Inventoru jsem neuměl snad nic, ale v minulosti už jsem v různých CAD programech pracoval. Postupem času jsem zjistil, že moje práce je několikanásobně složitější. Ať už z toho hlediska, že musím motor postupně rozebrat do šroubku a mezitím modelovat již rozebrané části, abych věděl, co kam patří, ale i kvůli tomu, že celý motor nemůžu mít doma v pokoji a během modelování jej měřit.

2 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOTORU BMW M30

2.1 Automobilka

2.1.1 Popis automobilky

BMW (Bayerische Motoren Werke AG)

je německý výrobce automobilů, motocyklů a motorů. Hlavní sídlo společnosti je v Mnichově. BMW je mateřskou společností firem Mini a Rolls-Royce a v nedávné minulosti i bývalé skupiny Rover. V roce 2005 zaměstnával koncern přes 105 000 lidí. Modro-bílý vzor znaku firmy je stylizací bavorské vlajky a také odráží původ BMW (rotující bílá vrtule na modré obloze, jako symbol výrobce leteckých motorů). BMW vlastnil tým Formule 1 BMW Sauber.



2.1.2 Historie Automobilky

2.1.2.1 Počátky

V roce 1916 se spojily dvě německé firmy, Rapp Motorenwerke a Gustav Otto Flugzeugwerke, ze kterých vznikla společnost Bayerische Flugzeugwerke. O rok později se společnost přejmenovala na Bayerische Motoren Werke (Bavorské Motorové Závody), tedy BMW. Zpočátku se firma specializovala pouze na výrobu leteckých motorů. S jedním z motorů dokonce získala světový rekord, když v roce 1919 Franz Diemer dosáhl s letadlem poháněným motorem BMW IV rekordní výšky 9 759 metrů. V roce 1922 byla otevřena továrna v Mnichově, na místě kde automobilka sídlí dodnes. O rok později byl sestrojen první motocykl BMW R32. Firma do automobilového průmyslu vstoupila v roce 1928, když odkoupila závod v Eisenachu. Společnost vyráběla pouze jediný model na základě vozu Austin Seven, který vyráběla na základě licence, pod označením Dixi. Až v roce 1931 se začal vyrábět automobil vlastní konstrukce – Dixi 3/15. Vůz byl velice úspěšný a prodalo se ho kolem 15 000 kusů. Původní model měl motor o objemu 750 cm³ a výkonem 11 kW (14 k). Pozdější verze z roku 1932 nazývaná 3/20 PS měla vyšší výkon a modernější konstrukci.

2.1.2.2 Předválečné modely

Začátkem třicátých let již měly všechny modely charakteristickou masku chladiče. Nejdůležitějším modelem 30. let je 303 z roku 1933 s 1,2 litrovým šestiválcem. Vůz nabízel skvělé jízdní vlastnosti a navíc se dodávaly různé karoserie. Dále následovaly modely 309, 315 a 319. Tato stále malá vozidla se zasloužila o zvětšení produkce a tím zvyšování zisku automobilky.

Asi nejznámějším předválečným vozem značky je model 328. Lehký elegantní roadster se vyráběl od roku 1936 do roku 1940. Byl poháněn šestiválcem se třemi karburátory Solex (1 971 cm³) a výkonem 57 kW (77 k). Vůz dosahoval maximální rychlosti 150 km/h a stal se tak nejrychlejším sériově vyráběným vozem své doby. Typ 328 byl na svou dobu velmi moderní. Zmizely stupačky a přední světlomety byly zapuštěny do karoserie, což bylo u předválečných vozů naprosto výjimečné. Stal se velice oblíbeným hlavně ve Velké Británii, kde se stal zakladatelem tradice anglických roadsterů. Byla vyvinuta i závodní verze, která dosahovala nevídaných úspěchů. Mezi největší úspěchy patřilo vítězství v závodě Mille Miglia a 24hodinovém závodě v Le Mans. Pro tento závod byla zkonstruována speciální verze kupé od italské návrhářské firmy Corrozzzeria. Posledními předválečnými modely byly 321 a 335.

2.1.2.3 Poválečné modely

Za druhé světové války se výroba natrvalo přesunula z okupovaného Eisenachu do Mnichova. Tři roky po skončení války v roce 1948 byla obnovena výroba motocyklů a v roce 1952 výroba automobilů. Prvním poválečným vozem byl model 501, který ještě vycházel z předválečných automobilů BMW. Čtyřdvéřový vůz poháněný šestiválcem (2 000 cm³) podpořil znovuzkřížení značky a zároveň se postaral, aby se firma dostala na seznam výrobců luxusních automobilů. Následoval typ 502. Osmiválcový motor V8 (2 600 cm³) poháněl mnoho modelů padesátých let. Nejhezčí z nich bylo bezpochyby kupé 507, které ovšem neslavilo očekávaný úspěch. Po luxusních automobilech totiž nebyla v poválečné Evropě velká poptávka.

Prodávající automobilku zachránila výroba (pod licenci) italských vozů Isetta. Miniaturní vozidlo poháněl vzduchem chlazený jednoválec s výkonem 8,8 kW (12 k). Dalšími úspěšnými modely zvyšující zisk automobilce byly 500 a 600. Ty zaznamenaly úspěchy hlavně ve Spojených státech. V roce 1962 se začal vyrábět model 1500. Tento

sedan s motorem vpředu a poháněnými zadními koly předznamenal další vývoj značky BMW V60. letech automobilka nabízela modely 1600, 1800 a 2000. Dvoudveřové verze dostaly označení s dvojkou na konci, tedy 1502, 1602, 1802 a 2002. V roce 1967 koupilo BMW společnost Hans Glas BmbH v Dingolfingu, kde postavila svojí druhou továrnu. V 70. letech čekal automobilku rozmach, když byla v Dingolfingu postavena druhá továrna a celkem čtvrtá továrna v Landshutu. V roce 1972 se objevil první sériově vyráběný vůz s turbo motorem - BMW 2002 Turbo, který se ale nedočkal úspěchu kvůli ropné krizi (vůz měl totiž spotřebu 22 l/100km). Historie výroby motocyklů slaví v roce 1973 padesáté výročí a po tuto dobu bylo vyrobeno 500 000 kusů.

V tomtéž roce se začíná vyrábět první generace řady 5, která nahradila modely 1500 až 2000. V roce 1976 se představila „trojková“ řada nahrazující modely typu 1502 až 2002. Dále byly představeny vozy řady 6 a 7. Dále byl spuštěn výrobní program motocyklů v Berlíně. V osmdesátých letech se představila nová generace „trojkové“ řady (1982), s nejlepším modelem označeným M3. Od roku 1981 se prodává řada 5 se vznětovým motorem (2,4 l). Její třetí generace se začíná prodávat od roku 1988.

Jako první evropská automobilka BMW vznesla požadavek na používání bezolovnatého benzínu, a tak představila jedny z prvních evropských vozů s katalyzátory. V roce 1994 koupilo BMW společnost Rover Group, kam spadaly vozy Rover, MG (tyto dvě jsou již zaniklé) a Land Rover. O rok později začala firma dodávat své motory BMW Rolls-Royce pro letadlo McDonnell Douglas.

Součástí koncernu BMW jsou i dceřiné společnosti jako BMW Technik GmbH, která se zabývá vývojem nových automobilů a celkovým výzkumem celé automobilové dopravy. Další z nich je BMW M GmbH, která se zabývá výrobou sportovních a závodních vozů a okruhových speciálů.

2.2 Motor M30

BMW M30 je řadový šestiválcový motor zkonstruován automobilkou BMW a byl použit v mnoha různých modelech od roku 1968. Začal se vyvíjet na konci šedesátých let jako rozšířená 2.5litrová verze robustního řadového čtyřválcového motoru M10, který byl prvně použit v tzv. „Neue Klasse“ BMW 1500, se kterým má společného mnoho designových prvků, včetně sklonu 30° na pravou stranu pro snížení těžiště a optimální využití místa motorového prostoru, crossflow hlavy válců a řetězovým rozvodem SOHC s ventily ovládanými vahadly. „Big six“ také známý jako „Senior six“

získal tyto své přívlastky po představení menšího BMW M20, řemenem ovládaného SOHC šestiválce, na konci sedmdesátých let.

M30 poháněl modely šestiválcových BMW E9 a BMW E24 coupé na Evropských šampionátech cestovních vozů (ETCC) po celá sedmdesátá léta do poloviny osmdesátých let, dokonce se díky výkonnější DOHC 24ventilové hlavě používal pro závody vysoce výkonných automobilů.

Produkce variant M30 přeplňované turbodmychadlem M102B32 a M106B34 byly používány v BMW E23 v modelu 745i. Přestože tyto motory měly zdvihový objem 3,2 a 3,4 litru, toto označení nesly kvůli svému výkonu, který byl přirovnatelný k atmosférickému motoru se zdvihovým objemem 4,5 litru. 3,5 litrové DOHC M5 a M6 motory byly užívány v Jihoafrické 745i v letech 1984-1986.

Novější motory M30 byly osazeny vícebodovým vstříkáváním Bosch L-Jetronic a Bosch Motronic.

Řadové šestiválce BMW M30 byly nejdéle vyráběné motory značky BMW, začaly se vyrábět v roce 1968 pro sedany E3 a coupé E9. Poslední použití tohoto bloku bylo v roce 1994 pro model E32 730i. Kubatury byly v rozsahu od 2,5 do 3,4 litru se zdvihem 100mm.

M30 měl takřka „neprůstřelnou“ vanu a byl to opravdový dřič. Rozvodový řetěz byl konstruován, aby vydržel po celý život motoru, a taky vydržel, když byl napínák řetězu správně nastaven. Hlava válců byla náchylná k deformaci, když byl motor přehřátý, ale s výměnami oleje a ostatními rutinními opravami tento motor bez problémů zvládl 400 000 km.

2.2.1 Varianty motoru M30

| Model | Zdvihový Objem | Výkon @otáčky/m | Točivý moment | Omezovač | Komp rese | Rok výroby |
|-----------|----------------|--------------------------|----------------|----------|-----------|------------|
| M30B25LE | 2.5L 2494cc | 110kW(150HP) @5500RPM | 215Nm @4000 | | 9.6:1 | 1981 |
| M30B28LE | 2.8L 2788cc | 132kW(177HP) @5800RPM | 240Nm @4000 | | 9.3:1 | 1977 |
| M30B28 | | 135kW(181HP) @5800RPM | 240Nm @4200 | 6500RPM | 9.3:1 | 1979 |
| M30B30 | 3.0L 2986cc | 135kW(181HP) @5800RPM | 255Nm @3500 | | | 1976 |
| | | 140kW(188HP) @5800RPM | 260Nm @4000 | 6200RPM | 9.0:1 | 1986 |
| M30B32 | 3.2L 3210cc | 145kW(194HP) @5500RPM | 285Nm @4300 | | | 1979 |
| M30B32LAE | | 185kW(248HP) @5200RPM | 380Nm @2600 | | | 1980 |
| M30B32LE | | 145kW(194HP) @5500RPM | 280Nm @4300 | | | 1976 |
| M30B34 | 3.4L 3430cc | 155kW(211HP) @5700RPM | 305Nm @4000 | 6200RPM | 8.0:1 | 1986 |
| | | 136kW(185HP) @5400RPM | 290Nm @4000 | | 8.0:1 | 1984 |
| M30B34M | | 160kW(218HP) @5500RPM | 310Nm @4000 | | 10.0:1 | 1982 |
| M30B34MAE | | 185kW(248HP) @4900RPM | 380Nm @2200 | | | 1982 |
| M30B35 | | 155kW(211HP) @5700RPM | 305Nm @4000 | 6200RPM | 9.0:1 | 1988 |

2.2.2 Přehled Modelů

| Označení motoru | Typ automobilu | Časové rozpětí |
|-----------------|-----------------|----------------|
| M30B25V | E12 525 | 1973-1981 |
| M30B25 | E28 525i | 1982-1987 |
| M30B28 | E24 528i | 1979-1987 |
| M30B30 | E12 530i | 1976-1981 |
| | E32 730i | 1986-1994 |
| | E34 530i | 1988-1993 |
| | E24 630CS | 1976-1989 |
| M30B32 | E24 633CSi | 1976-1984 |
| | E23 733i(745i) | 1978-1984 |
| | E28 533i | 1983-1984 |
| | E30 333i | 1986 |
| M30B34 | E28 535i(M535i) | 1985-1987 |
| | E24 635CSi | 1985-1987 |
| | E23 735i(745i) | 1985-1987 |
| M30B35 | E24 635CSi | 1988-1989 |
| | E34 535i | 1988-1993 |
| | E32 735i | 1988-1992 |
| | E24 635CSi | 1978-1983 |
| | E12 M535i | 1980-1981 |

3 ŘEŠENÍ ZADÁNÍ

3.1 Příprava projektu

Měl jsem možnost dostat se ke starému vyřazenému motoru BMW. Náradí jsem měl poměrně dost, protože se automobilismu už nějaký ten rok věnuji, tudíž mi nic nebránilo začít.

Začal jsem tedy motor postupně rozebírat a domů jsem si nosil součástky, které mi připadly realizovatelné. Většinu součástek jsem měřil digitálním posuvným měřidlem tzv. šuplérrou.

3.2 Jednotlivé části motoru

3.2.1 Kryt ventilového rozvodu

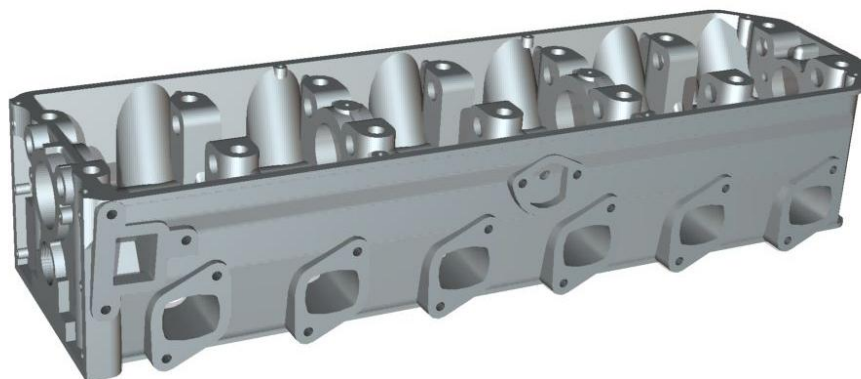
Kryt ventilového rozvodu slouží především pro ukrytí vačkového hřídele a vahadel. Je dobře utěsněn, kvůli rozstříkujícímu oleji pro mazání veškeré pohyblivé části ventilového rozvodu a aby se do motoru nedostaly nečistoty.

Tuto součástku jsem dělal v pořadí jako druhou, hned po filtru oleje. Což zpětně hodnotím jako špatné rozhodnutí, protože tento kryt je poměrně složitý a se zkušenostmi, které jsem pochytil v průběhu modelování ostatních součástek, bych ho vymodeloval za čtvrtinu času. Tehdy mi tento kryt trval asi 3 dny, protože jsem neznal správné postupy a neuměl si takové součástky správně představit.

3.2.2 Hlava

Hlava motoru slouží k uzavření spalovacího prostoru jednotlivých válců. V hlavě jsou uloženy ventily, ventilový rozvod, zapalovací svíčky, v případě OHC i vačkové hřídele. V místě spalovacího prostoru, je v hlavě vytvořen tvarově složitý prostor pro ventily, elektrody svíčky a vrchol pístu, kde dochází ke kompresi a následnému spálení nasávané směsi. Tento spalovací prostor je společně s tvarem vrcholu pístu velmi důležitý pro tzv. tvrdý chod motoru. Vzhledem k tomu, že zde dochází ke shoření směsi, je jeho tvar důležitý pro správné promísení a směru hoření, tím pádem i k vyhoření množství směsi – množství emisí ve výfukových plynech.

Hlava motoru je protkána soustavou kanálů, ve které proudí chladicí kapalina a ochlazuje tak, nejvíce tepelně zatěžovanou část motoru. Jsou zde i kanály, pro přívod oleje a jeho odtok zpět do sběrné vany pod blokem motoru. Hlava může být jak celolitinná, tak i odlitek z hliníkové slitiny, zde ale musí být vodítka a sedla ventilů zalisována z ušlechtilé oceli, poněvadž hliníková slitina nemá dostatečnou tvrdost. Mnou popisovaná hlava je z hliníkové slitiny.



Hlava motoru byla bez pochyby nejtěžší součást celé sestavy, ke konci jejího modelování už byla tak složitá, že program dělal vyloženě zbytečné chyby a jakékoliv složitější operace jako šablonování nebo tažení už nezvládal.

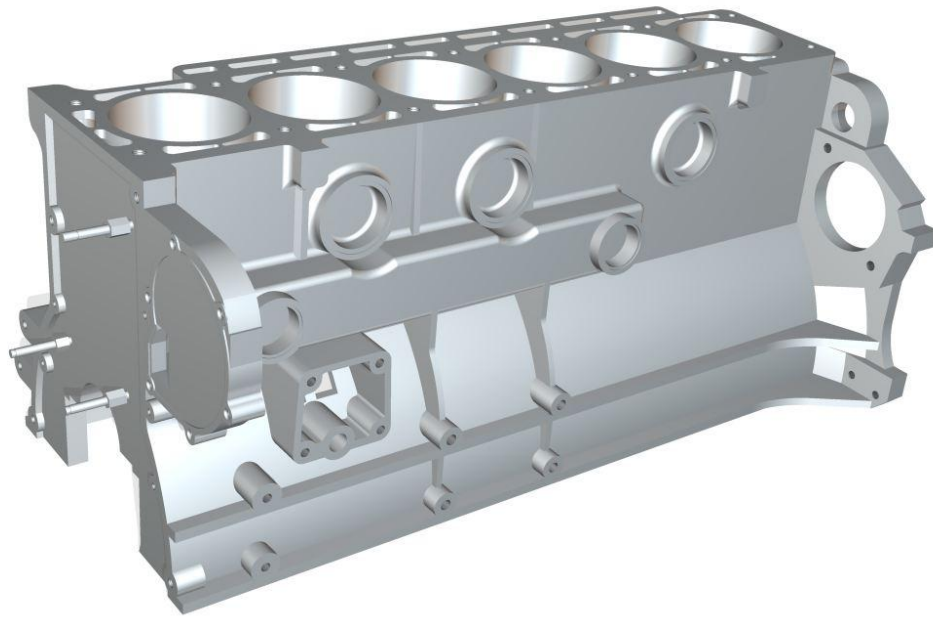
Začal jsem tím, že jsem vysunul styčnou plochu s krytem ventilových rozvodů a vysunutím odebral materiál z boků. Poté jsem vysunutím odebral materiál z vnitřku hlavy. Vysunutím jsem přidal patice pro výfukové svody a sání.

Problémy nastávaly většinou u šablonování, kde se například nedal označit správný náčrt a podobně, takže jsem tyto chyby musel složitě obcházet. Šablonováním jsem řešil také sací a výfukové kanály, které nešly rozkopírovat, pravděpodobně kvůli tomu, že se Inventoru prostě nechtělo dělat tolik věcí naráz, proto jsem musel dělat každý zvlášť. Snad jediné věci, které jsem v této součásti dělal rotací, byly spalovací prostory, vodítka a sedla ventilů.

Obzvlášť složité bylo modelování kanálů pro chladicí systém, které by se daly v ideálním prostředí vytvořit **Skořepinou**, ale bohužel zde nemluvíme ani z daleka o ideálním prostředí, proto jsem musel postupně vysunutím „objet“ každý ventil tak, abych se s ním nestřetl.

3.2.3 Blok

Blok je jedna z nejdůležitějších součástí motoru, poněvadž jsou na něm nebo v něm uchyceny ostatní součásti motoru. Blok je vyroben formou odlitku buď z ocelolitiny nebo z hliníkové slitiny, u bloků z hliníkové slitiny musí být stěny válců tvořeny jako litinové vložky, kdežto u bloku z litiny toto nemusí být pravidlem, zde může být blok i válec jako monoblok. Je to z důvodu hmotnosti a složitosti, poněvadž u



monobloku mohou být veškeré díly tenčí (snížení celkové hmotnosti). Blok je protkán různými kanály a komorami, kde proudí jak chladící kapalina, tak olej, ve spodní části bloku motoru jsou vytvořena uložení pro klikovou hřídel. Spodní část bloku motoru musí být rozšířena, aby zde kliková hřídel, vybavena i protizávažími měla dostatečný prostor pro svoji rotaci.

Modelování bloku motoru nebylo samo o sobě moc těžké, problém byl spíše s měřením, protože jsem neměl bod, od kterého bych měřil, tak jsem musel improvizovat.

3.2.4 Vana

Motorová vana je přichycena na spodu bloku motoru a slouží k zachycení rozstříkovaného oleje a jeho shromáždění pro olejové čerpadlo. Jsou v ní různé

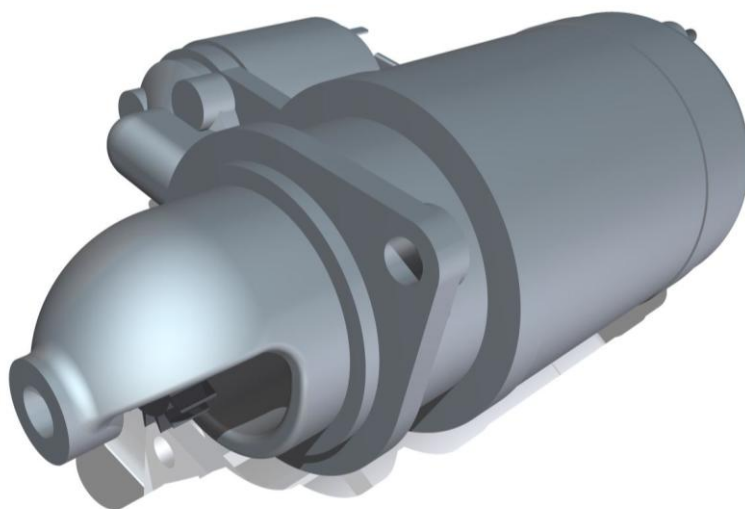
přepážky, které zabraňují, aby při akceleraci, brždění nebo zatáčení nedošlo k odlití oleje od sítka olejového čerpadla.

Modelování vany bylo celkem složité kvůli množství chyb, které si Inventor bezdůvodně vymyslel. Nakonec jsem došel do cíle způsobem, že jsem vysunul velký kvádr, ze kterého jsem poté postupně ořezával materiál pomocí pracovních rovin a vysunutím. Samozřejmě nedokonalá funkce Skořepina, na kterou jsem spoléhal, už byla tato jednoduchá součástka moc složitá. Takže vnitřní prostor jsem musel z boku odebrat vysunutím.

3.2.5 Startér

Startér je zařízení s elektromotorem sloužící k počátečnímu roztočení spalovacího motoru. Pomocí malého ozubeného kola (pastorku), které je elektromagnetem vysunuto k ozubené části setrvačnicku, který následně roztočí. Po dosažení dostatečných otáček, kdy motor již pracuje sám, je pastorek uvolněn a vrací se zpět. Kdyby se pastorek nevrátil, došlo by ke spálení elektromotoru, kvůli vysokým otáčkám setrvačnicku.

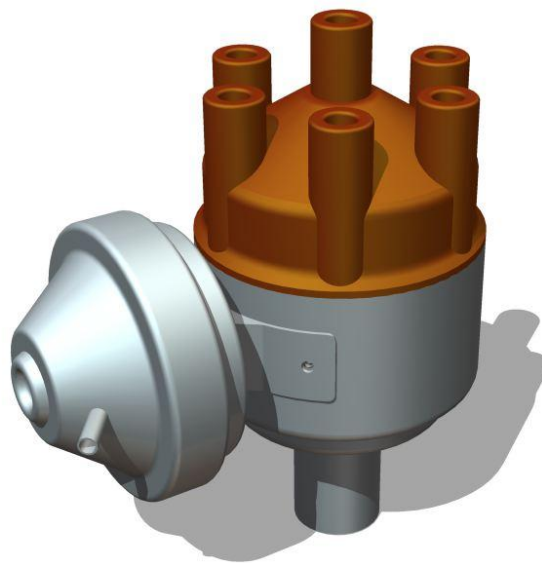
Elektrický startér je použit u většiny spalovacích motorů, s výjimkou malých, které je možno nastartovat ručně, a velkých pracovních strojů, které startuje menší spalovací motor.



Vzhledem k tomu, že jsem startér nemodeloval i vevnitř, takže složitému elektromotoru jsem se vyhnul. Začal jsem tedy rotací samotného obalu elektromotoru, poté jsem vysunutím odebral materiál u vybrání na krytu pastorku. Tímto jsem měl hotový základ startéru, na který jsem musel dodělat akorát elektromagnet, který má na starosti vysouvání pastorku při startování. Ten, vzhledem ke svému jednoduchému tvaru, jsem vymodeloval pomocí rotace

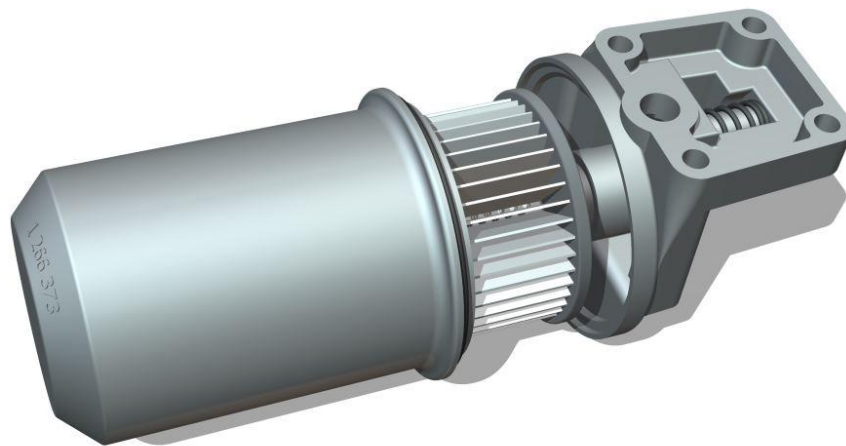
3.2.6 Rozdělovač

Rozdělovač slouží pro rozdělování impulsů z cívky do zapalovacích svíček. Funguje tak, že podle otáček motoru, konkrétně u tohoto motoru ozubeným převodem od vačkové hřídele, se v něm otáčí člen (palec), který spojuje kontakty k jednotlivým svíčkám. Je doplněn o tzv. podtlakový regulátor, který na základě podtlaku v sání (se zvyšujícími se otáčkami vzniká větší podtlak) dochází k posunutí doby zapalování směrem do mínusu. (delší doba od zážehu svíčky k tzv. horní úvrati pístu). To ovlivňuje vyšší výkon a vyšší točivý moment motoru.



3.2.7 Filtr oleje

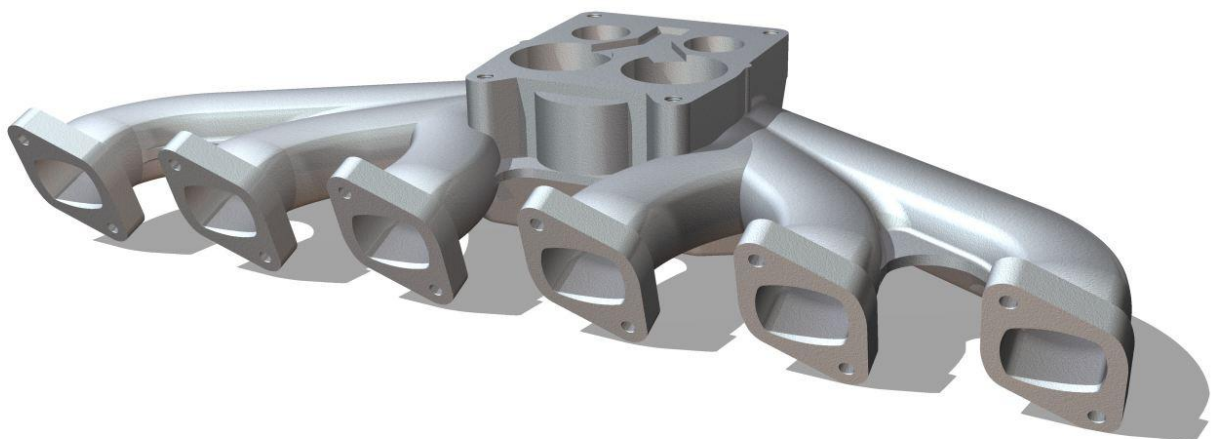
Filtr oleje je ze speciálního papíru, který je umístěn ve válcové nádobě, kde dochází k odstranění nejjemnějších nečistot, které vznikají při provozu motoru a tím zabraňuje možnému zvýšení opotřebení kluzných dílů a jejich následnému poničení, k tzv. zadření. Do filtru je olej dopravován pomocí zubového čerpadla. U některých motorů může být mezi zubové čerpadlo a filtr oleje zařazen chladič oleje, který slouží pro snížení teploty oleje a k prodloužení jeho mazacích schopností a ke zvýšení životnosti samotného motoru. Olej se méně přepaluje a zachovává si déle svoje mazací schopnosti.



Tato podsestava byla úplně první, co jsem v tomto projektu modeloval. Takže svým způsobem byla složitá. V hlavě tohoto filtru se totiž nachází tlakový ventil, který se při vypnutí motoru a poklesu tlaku v oběhu, zavře a tím neumožní, aby všechn olej stekl do vany. Aby při následném startování nepracoval motor na sucho.

3.2.8 Sání

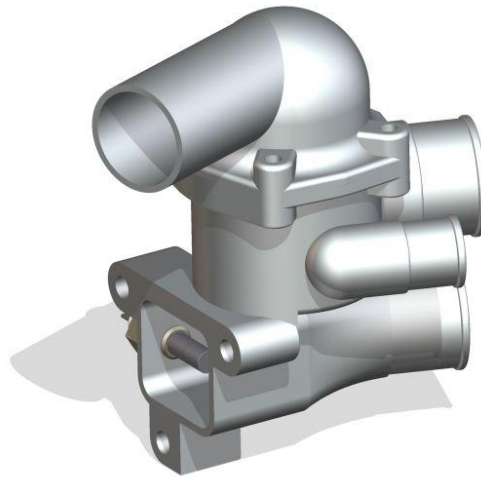
Sání slouží k přepravě směsi vzduchu s benzínem z karburátoru do spalovací komory. Délka jednotlivých sacích trubic by měla být shodná a stěny sání by měly být co možno nejhladší, pro správné proudění vzduchu, aby docházelo k dobrému plnění spalovací komory. U tohoto motoru je sání vyhříváné chladicí kapalinou. Toto vyhřívání je pouze do doby, než se motor prohřeje na provozní teplotu. Tímto dochází k rychlejšímu odpařování benzínu a snížení emisí ve výfukových plynech.



Sání byla jedna nejtěžších součástí, začal jsem tím, že jsem vysunul dotykové plochy s hlavou válců poté pomocí rovin jsem vysunul čtverec, kde se sání rozvětjuje pro každý válec, tažením jsem vymodeloval jednotlivé trubice sání, které jsem poté zrcadlil také na druhou stranu. Nakonec jsem vysunutím odebral část materiálu z počátečního čtverce, a všechny hrany zaoblil.

3.2.9 Termostat

Termostat zajišťuje správnou teplotu v chladicím oběhu, pracuje tak, že při studeném motoru zavře ventil, aby chladicí kapalina neproudila přes chladič. Tím pádem je rychleji ohřátá na provozní teplotu. Jakmile se teplota zvyšuje a je potřeba jí ochladit, otevře ventil, aby chladicí kapalina mohla proudit přes chladič, takže se ochladí. Při špatné funkci termostatu se motor buď přehřívá, nebo naopak je dlouhou dobu studený.

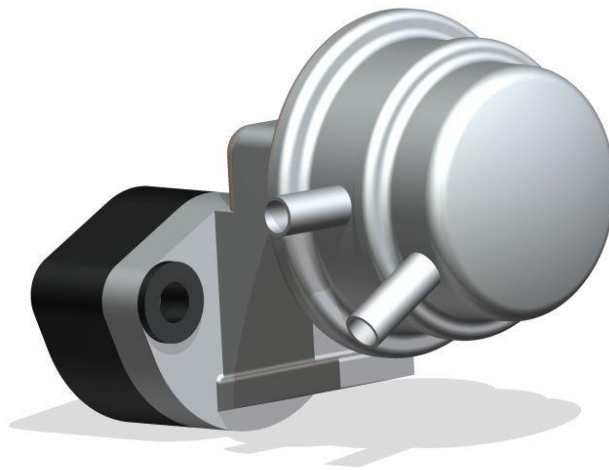


Tělo termostatu jsem začal vysunutím části, kde se stýká s hlavou termostatu, navázal jsem rotací. Poté jsem vysunul část, kde je termostat připevněn k hlavě motoru. Šablonováním a vysunutím jsem vytvořil ústí pro gumové hadice.

Hlavu termostatu jsem vytvořil vysunutím styčných ploch s tělem a rotací. Dále jsem vysunul ústí pro gumovou hadici.

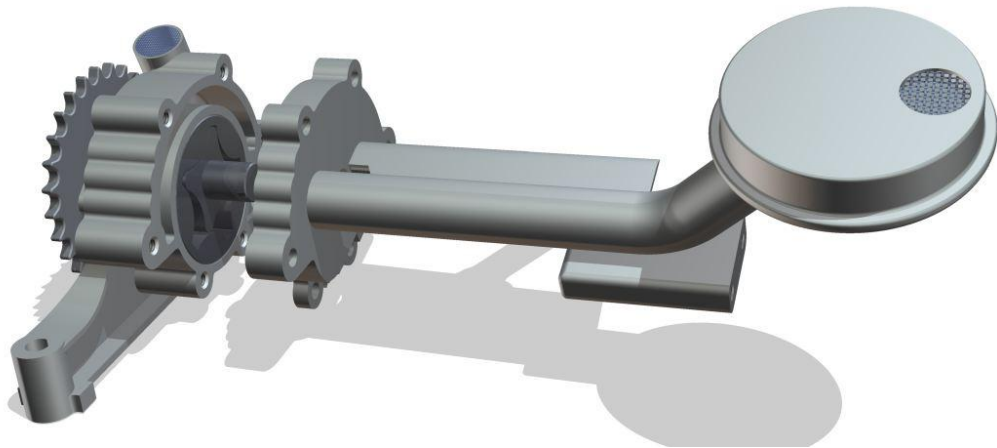
3.2.10 Benzínové čerpadlo

Benzínové čerpadlo slouží pro zásobování karburátoru palivem. U motorů, u nichž je příprava směsi zajišťována karburátorem, není elektrická pumpa přímo v nádrži jako u vstřikování, nýbrž membránové čerpadlo ovládané vačkovou hřídelí podle otáček motoru. Protože u motorů se vstřikováním musí být tlak paliva stále konstantní, což by membránové čerpadlo, kvůli snižujícím se otáčkám, splnit nedokázalo.



3.2.11 Olejové čerpadlo-

Olejové čerpadlo je poháněno válečkovým řetězem od klikové hřídele podobně jako vačková hřídel, protože musí být zajištěno množství a tlak oleje přímo úměrné otáčkám motoru, aby měl motor stále dostatek oleje všude, kde je potřeba. Na tyto účely se většinou používají zubová čerpadla, která nemají moc velký průtok, ale zajistí velký tlak, čehož je právě u motoru potřeba, aby se olej vytlačil až k vačkové hřídeli, která je umístěna poměrně vysoko, a dostal se různými kanálky například ke klikové hřídeli uložené v bloku.

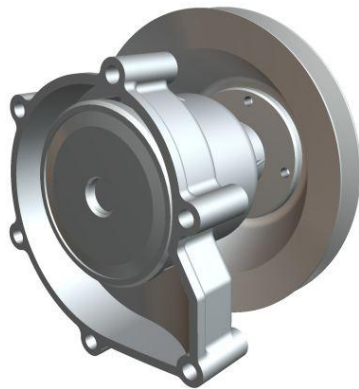


Tato součástka nebyla ani tak složitá, jak vypadá. Začal jsem ozubeným kolem, které jsem udělal pomocí jednoho vysunutí a pokračoval přes hřídel až k samotnému tělu. Sací sítko je stejně jak celý motor nakloněné o 30 stupňů, aby bylo vodorovně s hladinou.

3.2.12 Vodní čerpadlo

Vodní pumpa slouží k zajištění oběhu chladicí kapaliny, nejčastěji vody s nemrznoucí směsí tak, aby voda stále obíhala a chladila všechny potřebné komponenty v motoru. Pumpa je poháněna klínovým řemenem přímo od řemenice na klikové hřídeli, takže nejčastější závada je prasklý klínový řemen.

Nemrznoucí směs se používá v zimě proti zamrznutí chladicí kapaliny a následnému znehodnocení motoru a v létě zvyšuje bod varu chladicí kapaliny a zabraňuje korozi uvnitř chladicího oběhu. V motorech, u nichž je hlava či blok odlita z hliníkové slitiny, musí mít nemrznoucí směs speciální složení, aby nedocházelo k agresivní korozi uvnitř motoru.



Vodní pumpa byla jedna z posledních modelovaných součástí, modeloval jsem jí až po modeláži bloku, takže jsem již měl přesně vyměřené rozměry místa, kam má pumpa přijít. Z bloku jsem okopíroval plochu dotyku a vysunul jsem ji, poté jsem rotací vytvořil pouzdro pro hřídel řemenice. Dále několika vysunutími jsem dotvořil přesný tvar těla pumpy.

3.2.13 Svíčky

Svíčky se dělí podle motorů, ve kterých jsou použity:

Zapalovací svíčky jsou používány v zážehových (benzínových) motorech na zažehnutí směsi.

Žhavicí svíčky jsou používány ve vznětových (naftových) motorech pro předeřtání spalovací komory.

Svíčky tvoří u zážehových motorů velmi důležitou úlohu, jednoduše řečeno, je to jiskřiště proudu z cívky. Jiskra, která zažehne stlačenou směs benzínu se vzduchem, vytvoří detonaci, díky které expanze plynů uvádí píst do pohybu.



Svíčku jsem vymodeloval poměrně jednoduše, nikdy jsem nezkoumal, co je uvnitř, protože se svíčka nedá rozmontovat, takže jsem jí vytvořil z jedné součásti pomocí rotace, vysunutí

3.2.14 Rozvod

3.2.14.1 Ozubený řemen

Musí se měnit po určitém intervalu ujetých kilometrů, jinak praskne, čímž přestane ovládat ventily a ty se navzájem zničí s pístem. Navíc kvůli agilitě gumového řemenu může při důrazném cuknutí motoru, například při roztahování auta, přeskočit o zub, čímž motor v lepším případě ztratí načasování ventilů a v horším případě dojde opět ke vzájemnému zničení ventilu a pístu. Toto řešení je v dnešní době nejvíce používané u „levnějších“ automobilů.

3.2.14.2 Válečkový víceřadý řetěz

Je konstruován na celou životnost motoru, kterou se správným nastavením napínací kladky bez problému zvládne. Právě na řetězovém rozvodu byl vyvinut

system variabilního časování ventilů (u BMW označováno jako VANOS, u Hondy VVTC), díky změně poloh napínacích kladek. I když je řetězový rozvod hlučnější, tak je používán u většiny dražších automobilů, jako jsou BMW, Mercedes-Benz, atp.

3.2.14.3 Ozubená kola

Tento rozvod je trefně označován, jako nezničitelný, protože kola neprasknou, nevytahají se, ani se polámou, protože na ně není vyvíjena velká zátěž. Také nehrozí riziko přeskočení při cuknutí jako u řemene. Tento rozvod je často používán u závodních automobilů, kde se na nějaké to cuknutí nehledí. V sériových automobilech je toto řešení hodně vzácné.

U mého motoru jsem měl dvě možnosti jak udělat řetězový rozvod, řetěz vytvořený Design Acceleratorem vypadal jako průhledný klínový řemen, takže jsem postoupil k druhé možnosti, což bylo vymodelování článků a následné zavazbení k sobě. Na vymodelování článků jsem použil program RollerChain, který se nakonec ukázal jako nepotřebný, protože jsem stejně musel články překreslit kvůli rozměrům a celkově řetěz prodloužit.

3.2.15 Karburátor

Karburátor slouží pro přípravu směsi vzduchu s benzínem. U mého motoru je karburátor dvojitý dvojstupňový, což znamená že pro 3 válce jsou 2 škrťací klapky, jedna větší a jedna menší, které se otevírají podle polohy plynového pedálu, to samé pro zbylé 3 válce. Přes karburátor proudí vzduch do sacího potrubí díky podtlaku, který vytváří píst, když koná pohyb první doby (sání) a je otevřen sací ventil příslušného válce. Základ karburátoru v tomto motoru se skládá ze tří částí (vrstev), v první odshora jsou umístěny krycí klapky přiváděného vzduchu, ve druhé je malý zásobník paliva a palivové jehly, jimiž je palivo rozstříkováno do proudícího vzduchu a ve třetí jsou umístěny škrťací klapky, které ovlivňují množství směsi, které putuje přes sací potrubí do spalovací komory.

Modelování karburátoru jsem se bál, proto jsem ho nechal až téměř na konec, ale při modelování jsem zjistil, že to není tak složité. První a třetí vrstvu jsem vymodeloval vysunutím náčrtu půdorysu a desítkami malých vysunutí kvůli různým kanálkům pro

palivo atd. Ale druhá vrstva byla oříškem, protože docházelo k zúžení větších klapek z první do třetí vrstvy. Toto zúžení jsem po velkém úsilí udělal šablonováním.

3.2.16 Píst

Píst je v motoru jedna z nejdůležitějších součástí, opírá se o něj expanze plynů způsobená detonací palivové směsi. Tuto energii píst přenáší pomocí pístního čepu přes ojnici na klikovou hřídel.

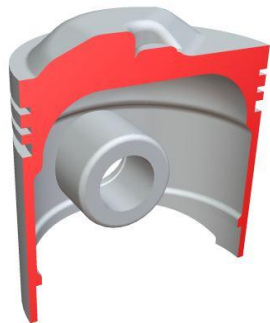
Pro utěsnění pístu ve válci jsou po jeho obvodu pístní kroužky.

Sání – Píst jde dolů, nad ním vzniká podtlak. Proto otevřeným sacím ventilem vniká do válce chladná palivová směs.

Stlačování – Píst jde nahoru a stlačuje směs, oba ventily jsou přitom uzavřené. Tím se zvýší tlak směsi i teplota. Ve vhodném okamžiku, kde se píst blíží své horní poloze, zapálí se stlačená palivová směs elektrickou jiskrou.

Rozpínání – Zapálená směs hoří, zvyšuje se tlak vznikajícího plynu i teplota (asi na 2000 °C). Oba ventily jsou uzavřené. Vytvořený plyn se prudce rozpíná a tlačí píst dolů. Koná práci a jeho vnitřní energii převádí na pohybovou energii pístu.

Výfuk – Píst jde nahoru, výfukový ventil se otevře: sací zůstává uzavřen. Spálené plyny jsou pohybem pístu vytlačeny výfukovým ventilem z válce.



Modelování pístu bylo velmi jednoduché, rotací jsem vytvořil základ a poté vysunutím odebral materiál na spodu, pro místo rotace klikové hřídele. Dalším vysunutím jsem vytvořil uchycení pro pístní čep.

3.2.17 Ojnice

Ojnice je specializovaná strojní součást sloužící pro mechanický přenos hnacích sil. Jedná se o tyč, která v pístových strojích převádí posuvný pohyb na rotační. Jeden konec ojnice je připevněn čepem k pístu a druhý konec k čepu na klikové hřídeli. Ojnice je jednou z nejnamáhanějších částí motoru. Bývá proto pro velkou mechanickou pevnost vyrobena z kvalitní legované oceli nebo pevných lehkých slitin. Je kombinovaně namáhána především na vzpěr, dále na tah a ohyb, protože její rychlost, směr pohybu i poloha se periodicky mění. Oko i ojniční ložisko je také namáháno plošným tlakem. Ojnice musí vykazovat vysokou provozní odolnost pro rázové namáhání. Během doby životnosti běžného spalovacího motoru obvykle ojnice vykoná i

několik stovek miliónů zdvihů a to bez jakéhokoliv poškození. Kromě mechanického namáhání se také jedná o namáhání tepelné, které je dáno provozní teplotou motoru.

Ojnici jsem vytvořil vysunutím půdorysného náčrtu, rozšířením konců a vysunutím jsem odebral materiál na dříku ojnice pro odlehčení. Toto odebrání jsem poté zrcadlil i na druhou stranu ojnice.

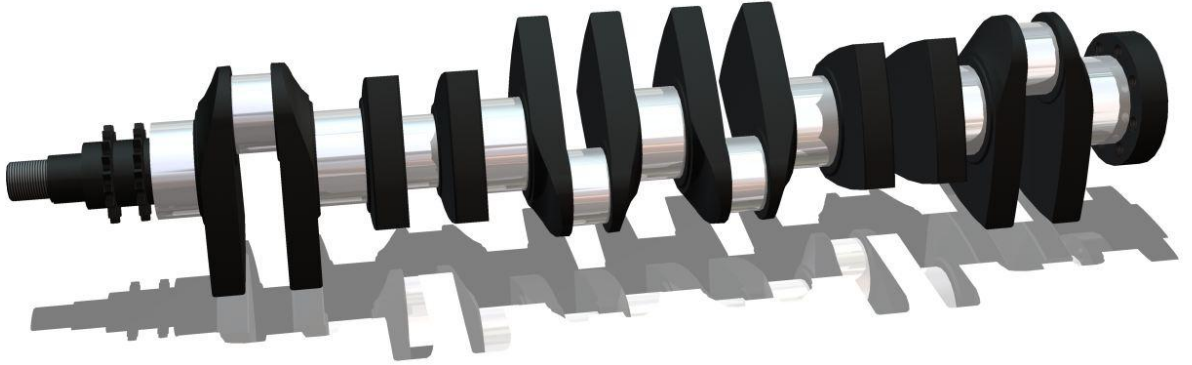


3.2.18 Kliková hřídel

Kliková hřídel je základní součást všech spalovacích motorů. Je složena z krátkých, válcových čepů, navzájem pevně spojených rameny. Čepy, umístěné v ose otáčení hřídele se nazývají klikové, a čepy, které jsou vůči této ose vyoseny, se nazývají ojniční. Pro spalovací motory obsahuje klikový hřídel navíc protizávaží naproti čepu ojnice, které slouží k dynamickému vyvážení setrvačných rotačních sil. Kliková hřídel může být také ze stejných důvodů vyvažována jinou hřídelí, která má opačný směr otáčení. Toto řešení není třeba používat u víceválcových motorů s násobkem tří, jejichž kliková hřídel je dynamicky ideálně vyvážena.

Ojniční i klikové čepy musí být uloženy do kluzných ložisek tzv. šál, které jsou z kompozitního materiálu. Musí mít jinou tvrdost a značnou porezitu, aby nedocházelo ke vzájemnému zadírání ložiska a čepu. Porezitu proto, aby v sobě dokázalo uchovávat mazací látky. Tento kompozitní musí být dokonale podložen po celé své ploše, jinak by došlo k jeho mechanické destrukci, protože je velmi křehký. Tyto ložiska jsou velmi citlivá na správné mazání. Při správném mazání vydrží celou životnost motoru. Klikový hřídel, pokud není z jednoho kusu materiálu a je skládán z více segmentů, může být

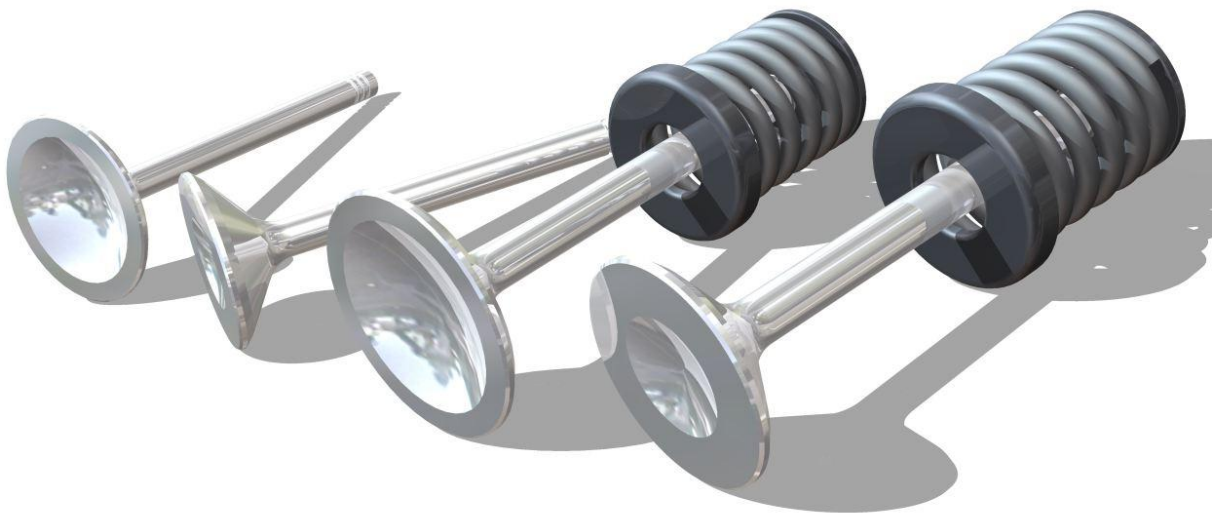
vybaven i několikařadými kuličkovými ložisky. Toto řešení bývá používáno u dvoudobých motorů.



Klikovou hřídel jsem modeloval tak, že jsem vysunul první klikový čep, na který jsem navázal ramenem a ojničným čepem a ozrcadlil jsem rameno na protější stranu. Dále jsem zrcadlením rozkopíroval jednotlivé kliky a pootočil jsem jimi o 120° .

3.2.19 Ventily

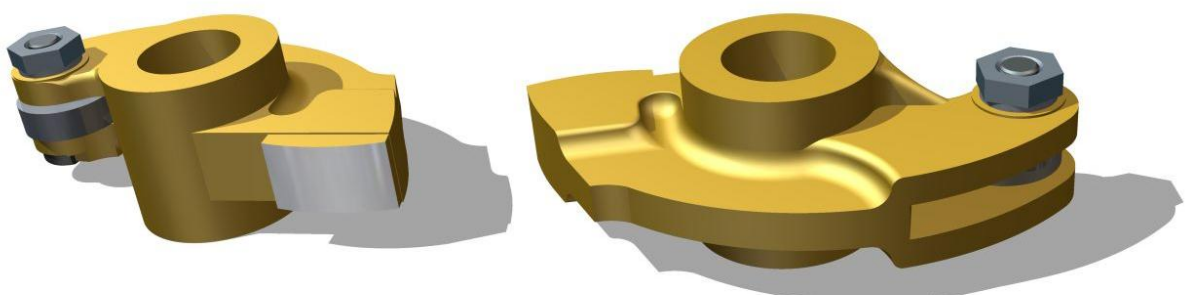
U veškerých pístových motorů a strojních zařízení, dochází k pracovním taktům, které mohou být dvoudobé nebo čtyřdobé (spalovací motory). Kompresory jsou dvoudobé, zde jsou používány plunžrové ventily. U čtyřdobých spalovacích motorů ať už vznětových nebo zážehových, jsou používány talířové ventily, které jsou přes dřík ventilu ovládány vahadly. Ventily slouží k otevírání a zavírání spalovací komory pro jednotlivé cykly. Ventil dosedá v hlavě válců na ventilové sedlo, které musí být vzájemně s ventilem zabroušeno na tolik přesně, aby nedocházelo k jeho profukování a následné destrukci. Na to, aby se ventil uzavíral, slouží dva způsoby, buď ventilovými pružinami, může být jedna nebo dvě pružiny na ventil, to jsou rozvody SV, OHV, OHC. Zvláštností rozvodu OHC je absence ventilových pružin, ale ventily mají profrézovaný



dřík, kde speciální vahadlo vykonává jeho uzavírací pohyb.

3.2.20 Vahadla

Vahadlo je uložené na vahadlové tyči (tzv. kozlík) v podstatě se jedná o dvouramennou páku, kde na jedné straně je buď zdvihátko od spodní vačky **OHV** nebo přímo vačkový hřídel **OHC** a na straně druhé, je dřík ventilu. Při pohybu vačky dochází ke kývavému pohybu vahadla a tím buď stlačuje či uvolňuje ventil. U



desmodromického rozvodu je toto vahadlo navíc prostrčeno dříkem ventilu a tím zároveň ventil uzavírá.

3.2.21 Vačkový hřídel

Podle uložení a počtu vačkových hřídelí rozlišujeme ventilové rozvody **SV**, **OHV**, **OHC** a **DOHC**

3.2.21.1 SV

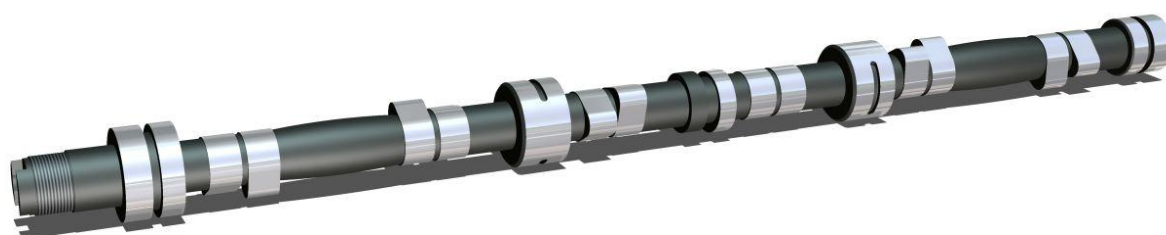
Vačkový hřídel byl uložen dole v bloku motoru a pomocí zdvihacích tyček ovládala přes vahadla pohyb ventilů, a ventily byly uloženy z boku válce.

3.2.21.2 OHV

Vačkový hřídel byl uložen taktéž dole v bloku motoru a přes tyčková zdvihátka, pomocí vahadel v hlavě motoru ovládala ventily. Je to jednodušší způsob, kde není potřeba řetězového nebo řemenového pohonu vačky v hlavě (OHC). Ještě řada **Felicie 1,3l** měla tento rozvod. V současné době je tento ventilový rozvod stále používán u velkoobjemových motorů osobních vozů americké provenience.

3.2.21.3 OHC

Tento rozvod je používán dnes ve většině evropských a asijských motorů a dříve zejména u sportovních motorů. Jeho princip spočívá v uložení vačkového hřídele v hlavě motoru. K jeho pohonu se používají buď ozubené řemeny, válečkové víceřadé řetězy nebo ozubená kola. Podle počtu vačkových hřídelí máme buď jednovačkový tzn. **SOHC (Single Over Head Camshaft)** nebo 2 vačkové hřídele označené jako **DOHC (Double Over head Camshaft)**. U jednovačkových hřídelí je nutnost použití vahadel pro ovládání ventilů, jejich vůle mezi ventilem a vahadlem se seřizuje několika způsoby. U dvou vačkových hřídelů vahadla již použita nejsou. Dva vačkové hřídele se používají hlavně u čtyř ventilového rozvodu. Jeden vačkový hřídel je pro řadu sacích ventilů a druhý je pro řadu výfukových ventilů. Jak jsem již uvedl, při tomto řešení vačkových hřídelů, je pro zlepšení účinnosti plnění a výplachu spalovacího



prostoru, tzn. ke snížení spotřeby paliva a následných emisí, používáno proměnné časování ventilů **VANOS** nebo **Double-VANOS**.

3.2.22 Setrvačnick

Setrvačnick je kotouč, který díky své vysoké hmotnosti uchovává kinetickou energii, čímž stabilizuje otáčky motoru. Je osazen ozubeným věncem se šikmým náběhem zubů, který zajišťuje, aby při vysunutí pastorku startéru do sebe zuby správně zapadly.



3.2.23 Svody výfuku

Směrné potrubí, které při větším počtu válců zajišťuje jejich sběr a nasměrování výfukových plynů. U šestiválců jsou dvě větve výfukového potrubí. U běžných sériových motorů, pokud se nejedná o sportovní speciály, jsou tyto svody z litiny.



3.2.24 Spojovací materiál

Pro montáž motoru byl samozřejmě potřebný i spojovací materiál, jako šrouby, matky a podložky. Tyto součásti se většinou dají dát do sestavy z obsahového centra programu, ale tyto šrouby nevyhovují, protože tvoří kolize. Z tohoto důvodu jsem všechny šroubky, matky a podložky modeloval sám. Všechny byly většinou otázkou rotace a pár vysunutí, ale za to jich bylo nespočet.

4 ZÁVĚR

Díky této práci jsem se nejen hodně naučil v programu Autodesk Inventor, ale také jsem si rozšířil prostorovou představivost a vědomosti o funkci motoru.

Práce byla někdy jednoduchá, ale někdy se zdánlivě jednoduché součásti měnily na noční můru, kvůli častým chybám programu a už mi docházeli možnosti, jak postupovat. Ale nakonec jsem se dopracoval ke zdárnému konci, jsem se svojí prací spokojen a hlavně jsem si díky této práci uvědomil, co chci v životě dělat a potvrdil jsem si správnou volbu vysoké školy.

Tato práce se dá bezesporu použít jako názorná pomůcka pro vysvětlení principu čtyřdobého spalovacího motoru.

5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY (VČETNĚ DALŠÍCH ZDROJŮ)

Literatura

Julius Mackerle: Motory závodních motorů
ISBN: 04-212-80

Webové stránky

http://en.wikipedia.org/wiki/BMW_M30

<http://cs.wikipedia.org/wiki/BMW>

Jiné

BMW ETK Elektronische teile katalog DVD 2006

6 PŘÍLOHY PRÁCE

