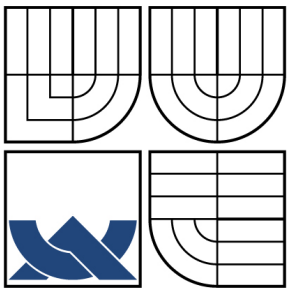
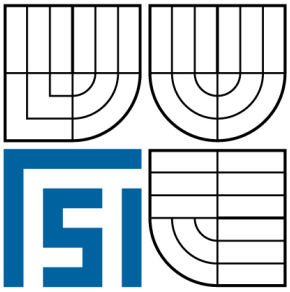


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

MAZÁNÍ VZNĚTOVÝCH A ZÁŽEHOVÝCH MOTORŮ

LUBRICATION OF GASOLINE AND DIESEL ENGINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — TOMÁŠ KREJČÍ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — doc. Ing. IVAN KŘUPKA, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2008

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá rešerší současného stavu poznání v oblasti mazání vznětových a zážehových motorů, maziv a vymezením trendů. V první části naleznete obecné pojednání o principu vnitřního spalování, konstrukci vznětových a zážehových motorů. V dalších částech naleznete popis mazacího systému motorů a jeho částí, dále popis jednotlivých typů mazání a jejich výskyt na součástech motoru a posléze je pozornost zaměřena na motorové oleje a pohled na současný stav.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vznětový motor, zážehový motor, vnitřní spalování, olejové hospodářství, mazání, mezné tření, hydrodynamické tření, motorové oleje, aditiva.

ABSTRACT

The main subject of this bachelor's thesis is describing the present state of knowledge in the sphere of compression-ignition and spark-ignition engines lubrication, lubricants and future trends. First part is about internal combustion principle, engine construction. Next parts are about engine lubrication system, lubricating modes, and its locating in the engine. Last part is about oils, and insights into the future.

KEYWORDS

Compression-ignition engine, spark-ignition engine, internal combustion, engine lubrication system, lubricating, boundary lubrication, hydrodynamic lubrication, oils, additives.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KREJČÍ, T. *Mazání vznětových a zážehových motorů.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 39 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Ivan Křupka, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Mazání vznětových a zážehových motorů* vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Ivana Křupky, Ph.D. a uvedl v seznamu literatury všechny použité zdroje.

V Brně dne 6.května 2008

……..

Tomáš Krejčí

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval doc. Ing. Ivanu Křupkovi, Ph.D za odborné vedení, věcné a podnětné připomínky a cenné rady.

OBSAH

Obsah **11**
Úvod **12**
1 Princip vnitřního spalování **13**
1.1 Čtyřdobý pracovní cyklus 13
1.2 Rozdíly v cyklu zážehového a vznětového motoru 13
2 konstrukce zážehových a vznětových motorů **15**
3 Olejové hospodářství a mazací systém **17**
3.1 Tlakové oběžné mazání s mokrou skříní 18
3.2 Tlakové oběžné mazání se suchou skříní 18
3.3 Mazání čerstvým olejem 19
3.4 Mazání mastnou směsí 19
3.5 Čističe oleje 19
3.5.1 Obtokový čistič 19
3.5.2 Plnoprůtokový čistič 19
3.5.3 Ostatní čističe 20
3.6 Olejová čerpadla 20
3.6.1 Zubové čerpadlo 21
3.6.2 Rotační čerpadlo 21
3.6.3 Srpkové čerpadlo 21
3.7 Chladiče oleje 22
3.8 Ztráta tlaku oleje v motoru a její možné příčiny 22
4 Režimy mazání **23**
4.1 Hydrodynamické tření 23
4.1.1 Mechanismus vývinu tlaku v HD režimu 23
4.1.2 Tloušťka mazacího filmu v režimech kapalinovém mazání 25
4.2 Suché a mezní tření 26
4.3 Vliv viskozity maziva 26
5 Mazání na částech motoru **27**
6 Motorové oleje **30**
6.1 Dělení olejů 30
6.2 Aditivace olejů 31
6.3 Viskozita motorových olejů 32
6.4 Klasifikace motorových olejů 33
6.5 Současný vývoj v oblasti motorových olejů 34
7 Závěr **36**
Seznam použitých zdrojů **37**
Seznam obrázků **38**

ÚVOD [3]

Hlavním úkolem spalovacího motoru je přeměnění chemické energie paliva na pohyb, tedy mechanickou formu energie, který lze dále využít. Nejjednodušší cestou, kterou lze z paliva získat pohyb, je spálit jej uvnitř motoru. Proto je většina dnes používaných motorů motory s vnitřním spalováním. Podle druhu průběhu spalování rozeznáváme dva základní typy:

Motor zážehový (Ottův), který nese jméno svého vynálezce, Nikolase Augusta Otty. Charakteristické pro něj je zapálení stlačené směsi paliva se vzduchem přeskočením jiskry na zapalovací svíčce.

Motor vznětový (Dieslův), pojmenovaný po Rudolfu Dieslovi, pro který je charakteristické stlačení směsi na velmi vysoký tlak a její samovolný zápal vlivem vysoké kompresní teploty.

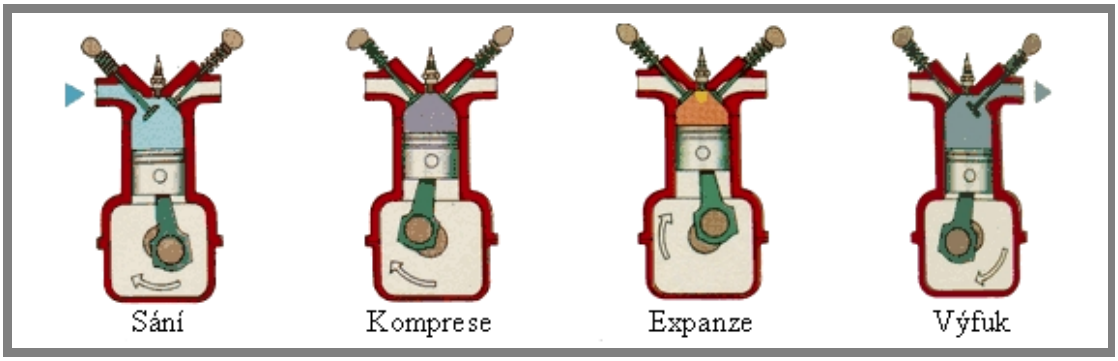
Obr.1 Nicolaus August Otto (1832-1891) a Rudolf Diesel (1858-1923).
[*http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/Nicolaus-August-Otto.jpg*]
[*http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/Diesel_1883.jpg*]

1 PRINCIP VNITŘNÍHO SPALOVÁNÍ [3, 7]

Při vnitřním spalování je do válce nasáto malé množství paliva smíšené se vzduchem a zapáleno. Při spalování směsi dochází k rozpínání plynů, které tlačí píst dolů. Energie plynů se tak přeměňuje na recipročí pohyb pístu, který je prostřednictvím klikového mechanismu převáděn na pohyb rotační.

1.1 Čtyřdobý pracovní cyklus

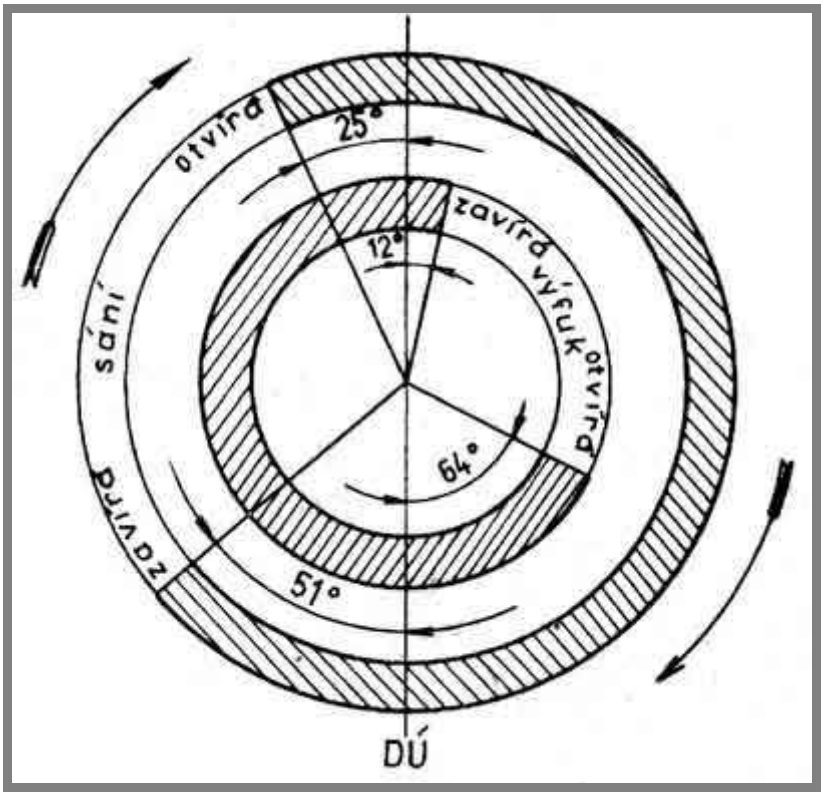
Převážná většina dnes vyráběných spalovacích motorů pracuje s cyklem čtyřdobým, při kterém je pracovní doba vždy jedna ze čtyř. Pracovní cyklus začíná sáním – píst je v horní úvrati, otevírá se sací ventil . Při pohybu pístu směrem k dolní úvrati se ve válci vytváří podtlak a přes otevřený sací ventil je do válce nasávána čerstvá směs. Sací ventil se uzavírá několik stupňů po dolní úvrati. Následující dobou je komprese, při které píst, který se vrací z dolní do horní úvratě, stlačuje nasátou směs. V době před dosažením horní úvratě (která se nazývá předstih zážehu) je směs zapálena zapalovací svíčkou. Následuje expanze, při níž je píst hnán rozpínajícími se plyny směrem k dolní úvrati (expanze je doba pracovní) a několik stupňů před dolní úvratí se otevírá výfukový ventil. Při poslední době, výfuku, jsou spálené plyny hnány přetlakem ve válci přes otevřený výfukový ventil pryč z válce, píst se vrací zpět do horní úvratě. Nyní je cyklus ukončen a sáním začíná cyklus následující.



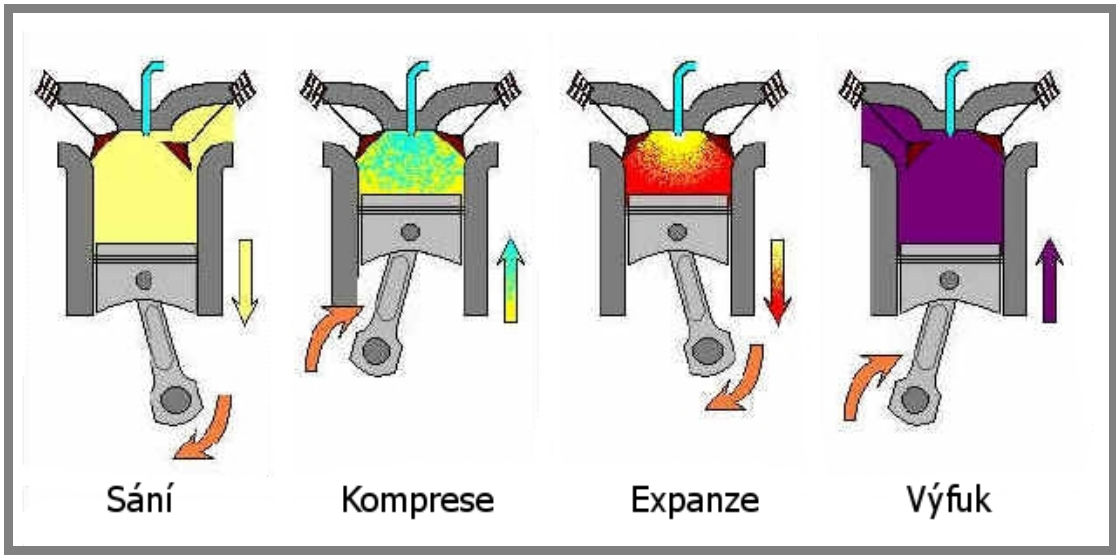
Obr. 2 Pracovní cyklus čtyřdobého zážehového motoru
[*http://dragon.web2001.cz/fyzika/tepelnestroje/ctyrdoby_zazehovy_01.htm*]

1.2 Rozdíly v cyklu zážehového a vznětového motoru

Cykly zážehového a vznětového motoru jsou si velmi podobné, oba přeměňují palivo v energii pomocí série explozí ve válcích. Hlavním rozdílem mezi nimi je způsob, jakým k explozi dochází. V zážehovém motoru je nasávaný vzduch nejprve smísen s palivem, poté stlačen a jiskrou zapálen, zato ve vznětovém motoru je nejprve vzduch stlačen, a poté je přímo do válce vstříknuta dávka paliva. Vlivem teploty dosažené stlačením, která je vyšší než teplota vznícení paliva, je palivo zapáleno.



Obr. 3 Diagram časování ventilů motoru FIAT 127
[*http://lazo.czechian.net/slehofer/5%20motor/38.jpg*]



Obr. 4 Pracovní cyklus čtyřdobého vznětového motoru
[*http://www.myrctoys.com/engines/diesel.jpg*]

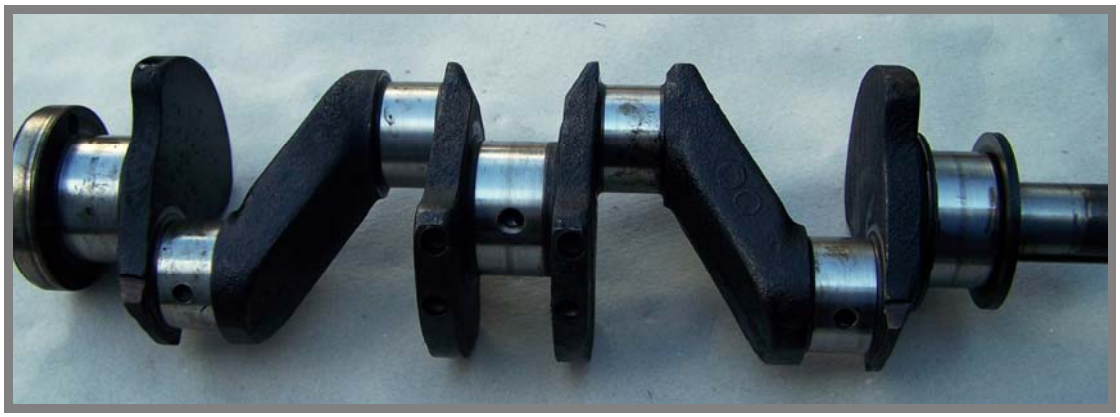
2 KONSTRUKCE ZÁŽEHOVÝCH A VZNĚTOVÝCH MOTORŮ [3, 5, 7, 10]

Za základ motoru považujeme blok motoru, který se zpravidla vyrábí odléváním. Do bloku jsou vloženy válce, vyrobené nejčastěji z temperované litiny. Jednotlivé válce mohou mít v motoru různé konfigurace, které mají vliv například na setrvačné účinky v klikovém ústrojí. Pokud je vnější povrch vložky válce ve styku s chladicí kapalinou, mluvíme o mokré vložce válce, naopak, pokud ve styku není, mluvíme o suché vložce. Základním požadavkem na blok je tuhost a pevnost, nesmí se deformovat při provozním zatížení, taktéž by měl dobře tlumit vibrace.

Reciproční pohyb pístu ve válci je na rotační převáděn pomocí klikového hřídele. Píst je s klikovým hřídelem spojen prostřednictvím ojnice. Na ojnici rozlišujeme oko, přes které se prostřednictvím pístního čepu spojuje s pístem, dřík a hlavu, která ojnici spojuje s klikovým hřídelem.

Píst zachycuje tlak plynu ve spalovacím prostoru. Síla, která při působení plynů na plochu pístu vzniká, je přenášena ojnicí na klikový hřídel. Prostřednictvím pístních kroužků se zajišťuje těsnost spalovacího prostoru. Píst také odvádí teplo od hoření směsi dále do stěn válce. Píst je tedy silně mechanicky i tepelně namáhanou součástí motoru. Válec, který je průběžně ochlazován, se tepelně roztahuje daleko méně než píst, proto je třeba umístit píst s dostatečnou vůlí, a přitom zachovat těsnost spalovacího prostoru. Proto jsou těsnící pístní kroužky pružné a přizpůsobují se dilatacím pístu. Je také nutné zabránit průniku mazacího oleje do spalovacího prostoru. Tomu zabraňuje stírací kroužek, který ze stěn válců stírá přebytečný olej a nechává jen nezbytně nutnou vrstvu.

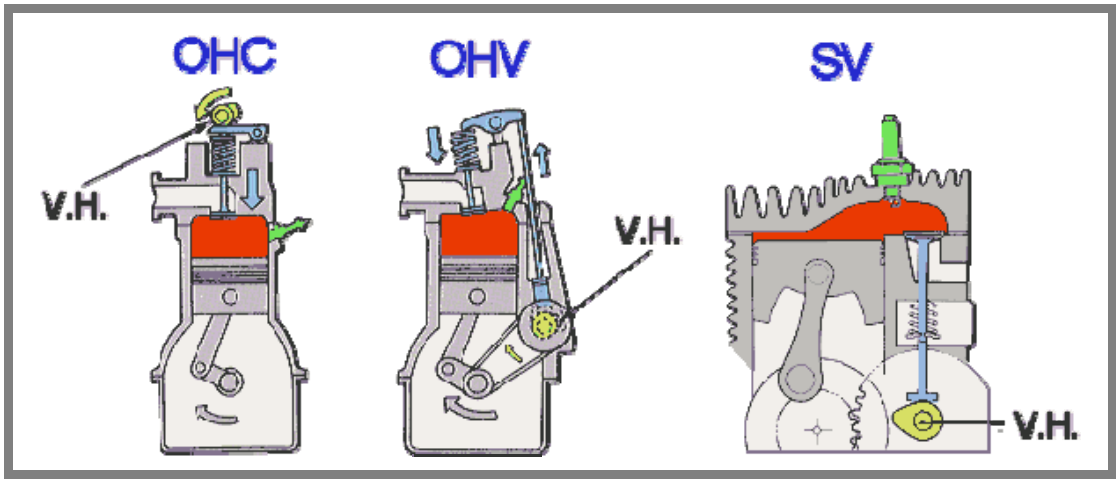
Klikový hřídel má různý počet zalomení, podle počtu a uspořádání válců. Hřídel je v bloku motoru uložen v hlavních čepech (zpravidla za každým nebo každým druhým zalomením). Součástí klikového ústrojí je také setrvačník, který svou akumulovanou energií pomáhá překonat nepracovní cykly motoru (eliminuje změny úhlové rychlosti klikového hřídele). Spolu s řemenicí také působí jako tlumič torzních kmitů a také se spolu dynamicky vyvažují.



Obr. 5 Klikový hřídel motoru Škoda 718K (vůz Š 110R)

Zapalovací svíčka se používá u zážehových motorů, produkuje jiskru, která zapaluje směs paliva se vzduchem v přechodu mezi kompresí a expanzí. Jiskra musí přijít v pravý okamžik, o což se stará zapalovací systém, který je buďto elektronický (tzn. o správné načasování má na starost řídící jednotka), nebo je doba přeskočení jiskry (předstih zapalování) řízena pomocí odstředivé a podtlakové regulace rozdělovačem v závislosti na provozních podmínkách motoru. U motorů vznětových se používá svíček žhavících, které usnadňují start studeného motoru – předehřívají vzduch v sacím potrubí, aby bylo snáze dosaženo teploty samovznícení.

O řízení otevírání a uzavírání ventilů se stará rozvod motoru. Tři základní rozvody jsou OHC (OverHead Camshaft), OHV (OverHead Valves) a SV (Side Valve). Aby byl přístup směsi do válce ideální, je třeba zajistit otevření nebo uzavření ventilu v pravý okamžik. Toto je zajištěno prostřednictvím systému zdvihátek, vahadel, nebo i přímo vačkovým hřídelem, který je poháněn přímo od klikového hřídele prostřednictvím ozubeného řetězu nebo řemene (výjimečně pomocí ozubených kol) v poměru 2:1.



Obr. 6 Rozvody zážehových motorů
[*http://www.auta5p.eu/informace/motory/ctyrtakt3.gif*]

Ventily samotné jsou silně namáhaná součást motoru, jsou umístěny ve vodítkách v hlavě válců, která uzavírá spalovací prostor. Hlava válců se vyrábí jako složitý odlitek. Jsou v ní předlity sací a výfukové kanály, stejně jako chladící kanálky, jsou v ní umístěny zapalovací nebo žhavící svíčky. K bloku motoru je hlava připevněn pomocí šroubů nebo svorníků.

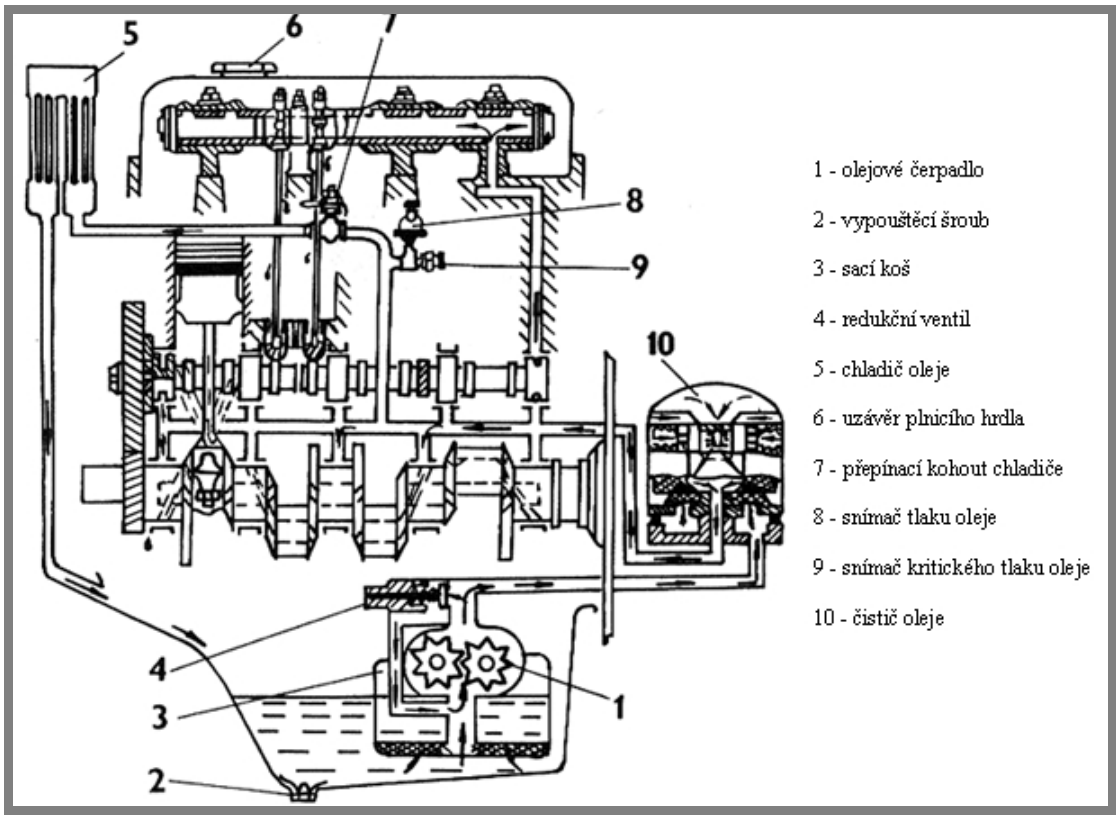
Zatímco kompresní poměr u vznětových motorů se pohybuje mezi 8:1 až 12:1, zážehové motory pracují s kompresními poměry 14:1 až do 25:1.

3 OLEJOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ A MAZACÍ SYSTÉM [3, 4, 7, 10]

Mazací systém motoru zajišťuje, aby všechny pohybující se části byly zásobeny olejem. Tím pádem se na nic vytvoří olejový film a pohybují se s co nejmenším odporem, což omezuje ztráty energie a snižuje opotřebení dílů. Dalšími, neméně důležitými úkoly jsou:

- odvod tepla z některých tepelně exponovaných míst, která nejsou ve styku s chladící kapalinou
- velmi jemné dotěsnění spalovacího prostoru (mezi stěnou válce a pístem s pístními kroužky)
- odplavování otěrem vzniklých částic a zbytků spalovacího procesu
- antikorozní ochrana a tlumení hluku

Olejové hospodářství se u většiny motorů skládá z olejové vany, sacího koše s hrubým čističem oleje (sítem), olejového čerpadla s redukčním ventilem, filtrem oleje a kontrolními a signálními přístroji (tlakoměr, čidlo tlaku oleje), popřípadě olejového chladiče.



Obr. 7 Schéma mazací soustavy motoru UAZ 414.10
[*http://www.autouaz.cz/foto/konstrukce/motor-mazaci.gif*]

U motorů se v praxi vyskytuje několik systémů mazání. Jsou to mazání mastnou směsí, což je mazání směsí oleje a paliva v poměru asi 1:25 až 1:100. Toho se používá u dvoudobých motorů. U čtyřdobých motorů je používáno téměř výhradně mazání tlakové oběžné. To je charakterizováno dopravou oleje čerpadlem pod

přetlakem na nejdůležitější mazaná a chlazená místa pomocí mazacích kanálků, další části motoru jsou mazána ostřikem. Podle místa uložení zásobníku oleje rozeznáváme mazání s mokrou skříní a mazání se suchou skříní.

3.1

3.1 Tlakové oběžné mazání s mokrou skříní

Jedná se o nejrozšířenější systém mazání motorů. Olejovým zásobníkem je spodní víko motoru – olejová vana. Do vany stéká olej z mazaných částí a chladí se. Vana může být plechová, nebo z lehkých slitin a s žebrováním, které napomáhá odvádění tepla z oleje do okolního vzduchu. Výška hladiny ve vaně je také informací o množství oleje v motoru, je kontrolována buď měrkou, nebo pomocí elektronického čidla.

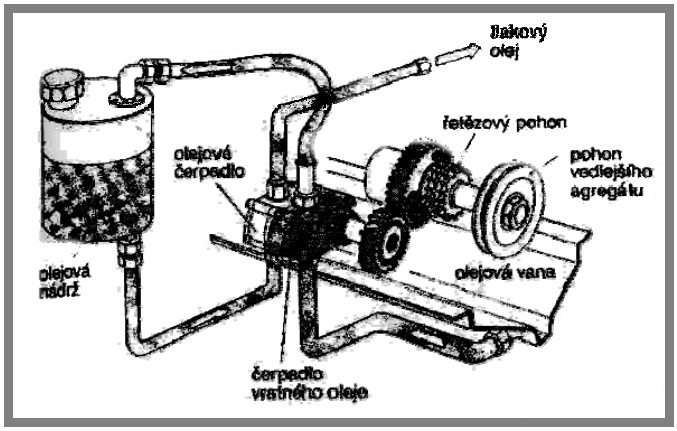
Z vany je olej přes hrubý sítový čistič nasáván olejovým čerpadlem do hlavního mazacího kanálu bloku, který je obvykle umístěn rovnoběžně s klikovým hřídelem v bloku motoru. Hrubý čistič zabraňuje vniknutí mechanických nečistot, které by mohly vniknout do soustavy a ucpat ji, popřípadě poškodit olejové čerpadlo. Za olejové čerpadlo je zařazen omezovač tlaku oleje, který je činný ve vysokých otáčkách, nebo při startu studeného motoru, kdy je olej vinou nízké teploty viskóznější. Omezovač tlaku je těleso s kuličkou a tlačnou pružinou. Při vysokém tlaku je olej přepouštěn zpět do olejového zásobníku.

Od hlavního mazacího kanálu vedou vedlejší kanály k hlavním ložiskům klikového hřídele. Klikový hřídel má v místě hlavních ložisek navrtané kanálky k mazání ojničních čepů. Z hlavní větve odbočuje také větev mazající ložiska vačkového hřídele, vahadla, zdvihátka.

3.2

3.2 Tlakové oběžné mazání se suchou skříní

Tento systém mazání má zásobník oleje umístěn mimo spodní víko motoru, a to buď na jiném místě v motoru, nebo zcela mimo něj. Používá se dvojstupňové olejové čerpadlo, nebo i více olejových čerpadel (kupříkladu motor vozu Porsche 911 Turbo má 1 hlavní a 7 pomocných olejových čerpadel). První, nízkotlaký stupeň přečerpává olej odkapávající z mazaných částí do zásobníku, druhý, vysokotlaký stupeň jej dopravuje pod tlakem ze zásobníku do mazaných míst.



Obr. 8 Princip mazání se suchou klikovou skříní
[*Vozidlové spalovací motory*, *František Vlk*]

Dále je systém shodný s mazáním s mokrou skříní. Systém mazání se suchou skříní se využívá u sportovních vozů (kde se jím odstraňuje problém s nedostatkem oleje při změně otáček motoru, pěnění oleje vlivem rotujícího klikového hřídele, odlévání oleje z místa sacího koše při rychlém průjezdu zatáčkou, v neposlední řadě minimalizuje hloubku spodního víka motoru a tím i možnost jeho poškození), u vozidel terénních a traktorů (kde řeší problém s odléváním oleje při extrémních náklonech vozidla), je nutná například u leteckých pístových motorů.

3.3 Mazání čerstvým olejem

3.3

Mazání čerstvým olejem je systém využívaný především u dvoudobých motorů. Jedná se o mazání ztrátové, kdy v závislosti na provozním režimu motoru je z nádržky s čerstvým olejem odsáváno dávkovacím čerpadlem dané množství oleje k mazaným místům.

3.4 Mazání mastnou směsí

3.4

Mazání mastnou směsí je nejednodušší systém mazání, požívá se výhradně u dvoudobých motorů a spočívá v přidání oleje přímo do paliva v poměru 1:20 až 1:100. Takto mazané motory nalezneme u dvoudobých motorů pracovních strojů, malých motocyklů.

3.5 Čističe oleje

3.5

Olejové čističe zajišťují filtraci oleje od nečistot vzniklých za provozu motoru. Jsou to hlavně mechanické nečistoty, které vznikly otěrem mazaných součástí (otěr kompozice ložisek klikového hřídele, otěr stěn válce atp.), prachové částice, zbytky ze spáleného oleje (karbonové usazeniny). Podle způsobu čištění odlišujeme dva typy čističů: obtokové a plnoprůtokové.

3.5.1 Obtokový čistič

3.5.1

Při čištění oleje obtokovým čističem 5-10% čerpaného množství oleje protéká čističem a teče zpět do olejové vany, zbytek oleje pokračuje k mazaným místům. V jeden okamžik je tedy vyčištěn jen část oleje, celý objem je přečištěn postupně. Výhodou je jeho vyšší účinnost filtrace, olej je čištěn pomaleji a intenzivněji. Ucpaný filtr je vyřazen z činnosti a k mazaným místům proudí nevyčištěný olej.Obtokové čističe jsou konstruovány nejčastěji s výměnnou vložkou (papírovou, případně textilní) a tak, aby byl zajištěn co nejmenší průtočný odpor (u nových vložek je tlakový spád na filtru v rozmezí 0,02 – 0,03 MPa) při co nejlepší filtraci (uvádí se filtrace částic až do 10 μm.

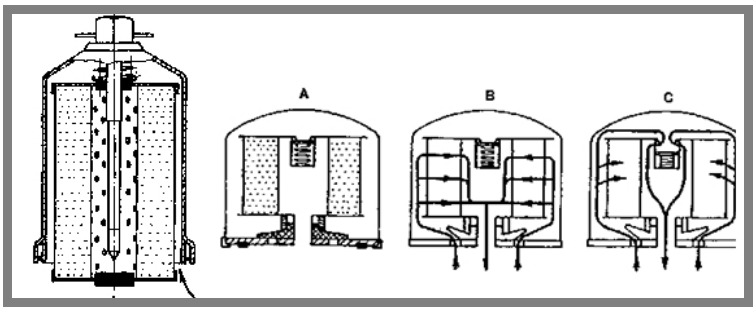
3.5.2 Plnoprůtokový čistič

3.5.2

Plnoprůtokový čistič je vysoce účinný, pročištěn je veškerý v daném okamžiku proudící olej. K mazaným místům tedy proudí pouze olej vyčištěný. Plnoprůtokové filtry jsou konstruovány převážně jako nerozebíratelné, těleso čističe a vložky je navzájem spojené. Pro případ ucpání filtru je čistič vybaven obtokovým ventilem. Méně časté jsou plnoprůtokové filtry skříňové, které mají vyměnitelnou vložku.

Používají se také kombinované čističe, u kterých je veškerý olej profiltrován přes plnoprůtokový filtr a následně je malá část dofiltrovává filtrem obtokovým. V současné době se obtokových filtrů samostatně nepoužívá, doporučují se pouze

jako dodatek k odstranění nejjemnějších nečistot, které nejsou plnoprůtokové filtry schopny zachytit.



Obr. 9 Obtokový a plnoprůtokový čistič oleje
[*http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=4*]

3.5.3

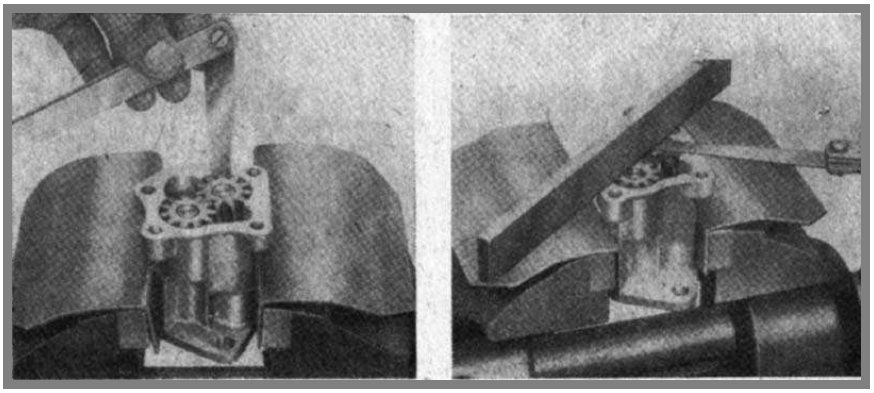
3.5.3 Ostatní čističe

Dále se používají obtokové čističe odstředivé s velmi dobrými čisticími schopnostmi. Čistič pracuje na principu odstředivky, vlivem odstředivé síly se nečistoty usazují na stěnu rotoru čističe, kde tak vzniká zahuštěná vrstva, která se během údržby motoru odstraňuje. Používá se v obtokové větvi systému. Jako přídavný plnoprůtokový čistič se u motorů, které pracují ve vysoce prašném prostředí, používá čistič lamelový (štěrbinový). Čistící vložka se skládá z plechové hvězdice s lamelami, na kterých se usazují nečistoty. V prostoru mezi lamelami jsou stírátka, která usazeniny stírají. Jsou propojena pomocí rohatkového mechanismu například s pedálem spojky. Při sešlápnutí pedálu se stírátka pootočí a nečistoty propadnou do kalového prostoru pod lamelami.

3.6

3.6 Olejová čerpadla

Olejová čerpadla jsou poháněna od klikového hřídele, typ pohonu do jisté míry závisí na rozvodu daného motoru. Motory s rozvody OHV bývají poháněna od hřídele rozdělovače, který je poháněn od vačkového hřídele v poměru 1:1. Olejová čerpadla přečerpají 250 až 350 l oleje za hodinu. Tlak oleje v mazací soustavě se pohybuje od 0,5 do 1,5 MPa při teplotě oleje 100°C. Olejová čerpadla mají různou konstrukci.



Obr. 10 Zubové olejové čerpadlo a měření provozní vůle
[*http://kotamuda.humlak.cz/navody_manualy/127/images/Obr153-4.JPG*]

3.6.1 Zubové čerpadlo

3.6.1

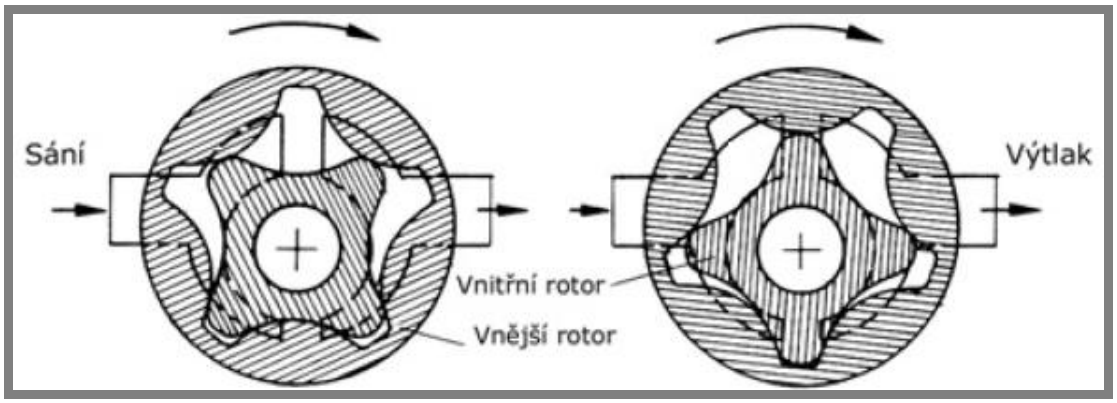
Zubové čerpadlo se skládá ze dvou spoluzabírajících čelních ozubených kol (s šikmým i přímým ozubením). Na straně sání se vlivem pohybu kol vytváří podtlak, olej je nasáván a čerpán v prostoru zubových mezer ohraničeném stěnou uložení čerpadla. Komůrka na tlakové straně má menší objem, proto dochází k nárůstu tlaku. Protože jsou zuby v záběru, nedochází k zpětnému průtoku oleje.

3.6.2 Rotační čerpadlo

3.6.2

Rotační (Katonovo, trochoidní) čerpadlo se skládá ze dvou rotorů, z nichž jeden (vnitřní) má vnější ozubení a druhý (vnější) má vnitřní ozubení. Oba mají malý počet zubů, ale vnější má o jeden zub více než vnitřní. Díky tvaru boku zubů má každý zub vnitřního rotoru v každém okamžiku styk s vnějším rotorem. Pracovní prostory mezi zuby se periodicky zvětšují a zmenšují (čerpadlo nasává a vytlačuje).

Zdokonaleným trochoidním čerpadlem je rotační G-čerpadlo (G-Rotor). Oproti předchozímu má větší počet zubů excentricky umístěný vnitřní rotor. Výhodou je schopnost přepravit podstatně věrší množství oleje již při nízkých otáčkách.

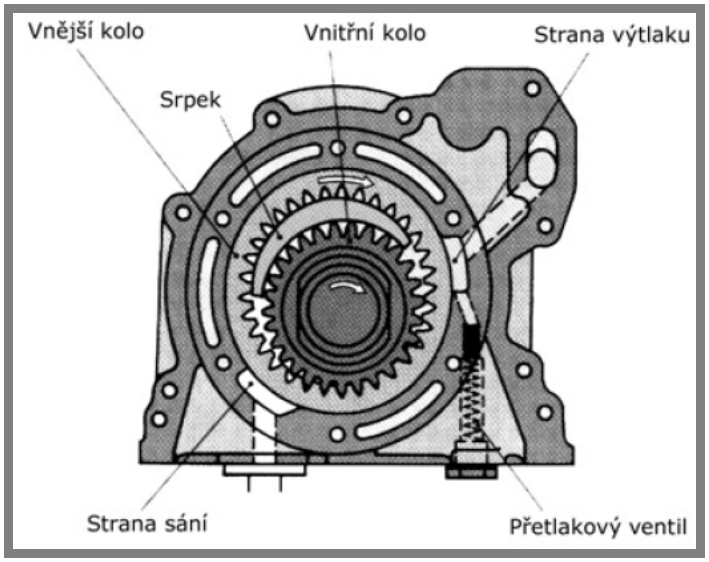


Obr. 11 Konstrukce a princip činnosti rotačního olejového čerpadla
[*http://www.autopress.cz/download/rocnik-2005/prakticka-dilna-11-2005.pdf*]

3.6.3 Srpkové čerpadlo

3.6.3

Při použití pohonu čerpadla od klikového hřídele se zpravidla použije čerpadlo s excentricky umístěnými ozubenými koly (srpkové, čerpadlo s vnitřním ozubením). Menší kolo s vnějším ozubením je často připojeno přímo na klikový hřídel, vnější kolo j vnitřním ozubením je ve skříni excentricky vůči vnitřnímu. Vznikne tak sací prostor, který má tvar srpku. Do něj je vloženo srpkové těleso. K čerpání oleje slouží zubové mezery mezi vnějším, resp. Vnitřním ozubením a srpkovým tělesem. Záběr zubů ozubených kol zabraňuje zpětnému toku oleje.



Obr. 12 Srpkové olejové čerpadlo (čerpadlo s vnitřním ozubením) [*http://www.autopress.cz/download/rocnik-2005/prakticka-dilna-11-2005.pdf*]

3.7

3.7 Chladiče oleje

Mazací schopnost motorového oleje je závislá na jeho teplotě. Aby si olej své schopnosti udržel, nesmí být příliš ohřátý. U většiny motorů se olej dostatečně ochladí vzduchem proudícím kolem olejové vany, u vany s odlité z lehkých slitin pomáhá chladícímu účinku také žebrování. Tepelně více zatížené motory se vybavují dodatečným chladičem oleje. Chladič oleje je nutný u vzduchem chlazených motorů, kde má chladící funkce oleje mnohem větší význam. Chladícím médiem může být vzduch, nebo kapalina (obvykle je chladič napojen na chladící soustavu motoru). Při konstrukci chladičů oleje je nutné zohlednit vyšší tlak, který olej v systému má.

3.8

3.8 Ztráta tlaku oleje v motoru a její možné příčiny

Závady mazacího systému motoru můžou být dvojího druhu: náhlý pokles nebo zvýšení tlaku v mazacím okruhu. Zvýšení tlaku indikuje ucpání některé části mazacího systému, nebo nefunkčnost redukčního ventilu.

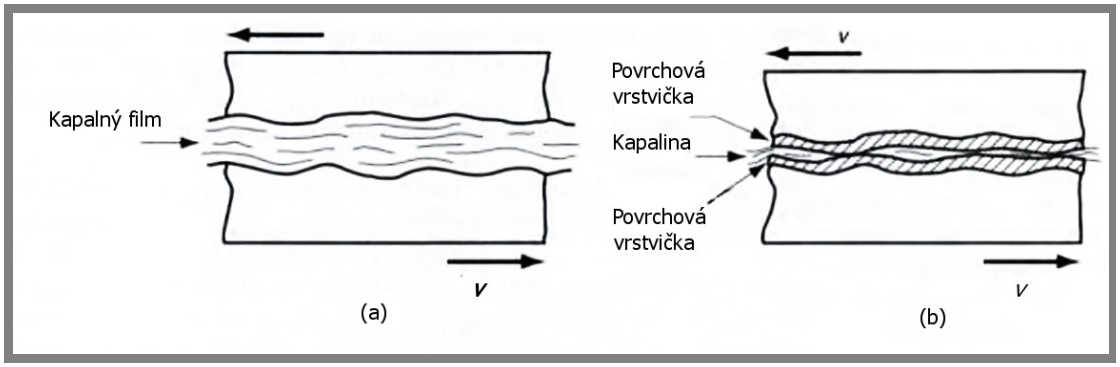
Příčin poklesu tlaku může být více. Pokud je pokles pozvolný, je třeba hledat příčinu v zvýšených vůlích čepů klikového mechanismu vlivem opotřebení pánví ložisek, opotřebení olejového čerpadla, nebo nedostatečnou hustotu oleje vlivem jeho vysoké teploty. Pokud se jedná o pokles náhlý, příčinou bývá nefunkční olejové čerpadlo, defekt přívodní trubky olejového čerpadla nebo jiné trubky v mazacím systému, prasklá pružina redukčního ventilu nebo nedostatek oleje v mazacím systému.

Olejové hospodářství je životně důležitou součástí motoru, proto je jeho údržbě potřeba věnovat patřičnou pozornost. Stěžejní je pravidelná výměna oleje, při které vždy měníme také olejový filtr, u odstředivých či štěrbinových čističů vypereme vložky i tělesa čističů. Za provozu kontrolujeme hladinu oleje a vizuálně také jeho stav. Olej měníme v pravidelných intervalech daných výrobcem motoru i oleje.

4 REŽIMY MAZÁNÍ [1, 2, 5, 9]

4

Za chodu motoru dochází mezi jednotlivými stykovými plochami ke tření. Mazáním nazveme oddělení stykových ploch, u většiny motorů se provádí tlakovým olejem. V kontaktu dochází k mazání buď hydrodynamickému nebo meznímu. V prvním typu jsou stykové plochy odděleny vrstvičkou oleje, v druhém dochází ke kontaktu na mikronerovnostech povrchů.



Obr. 13 a) Hydrodynamické b) mezné mazání
[*http://www.ped.muni.cz/wphy/FyzVla/FMkomplet2.htm*]

4.1 Hydrodynamické tření

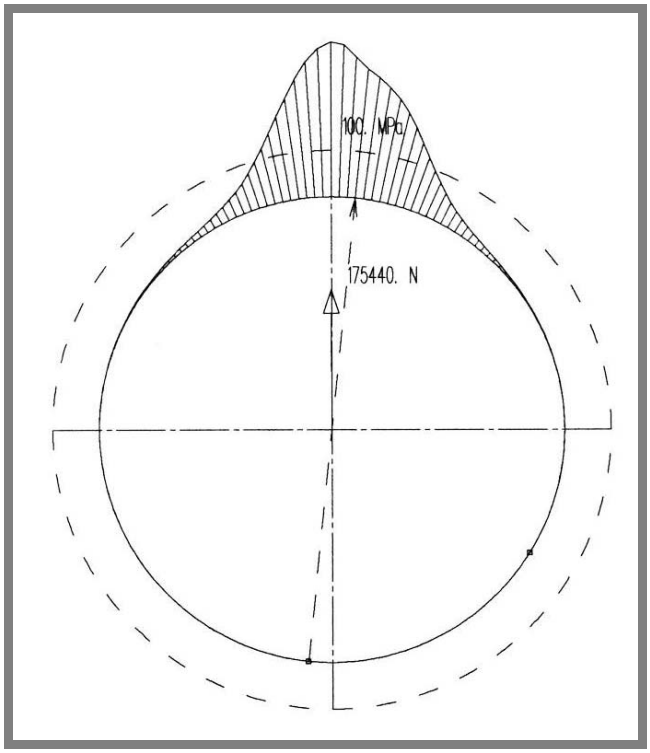
4.1

Hydrodynamicky mazaná ložiska jsou ložiska, jejichž únosnost pro přenos zatížení je vyvíjena na základě relativního pohybu dvou povrchů, které jsou oddělené kapalinovým filmem. Procesy, které probíhají v ložisku s kapalinovým mazáním lépe pochopíme, popíšeme-li si vývoj tlaku oleje v takovém ložisku.

4.1.1 Mechanismus vývinu tlaku v HD režimu

4.1.1

Mechanismus vzniku tlaku podporujícího přenos zátěže v kluzném ložisku s hydrodynamickým mazáním pochopíme, vezmeme-li v úvahu geometrické podmínky v ložisku a nutný relativní pohyb povrchů k vzniku tlaku. Obrázek 1 (8.1) ukazuje rychlostní profil pro dva rovinné povrchy oddělené mazacím filmem o konstantní tloušťce. Plochy jsou dostatečně rozlehlé, proto můžeme zanedbat postranní výtok maziva. Horní plocha se pohybuje s rychlostí u_a a spodní je v klidu. Na površích nedochází ke smýkání. Rychlost se mění rovnoměrně od nulové na spodní desce (plocha AB) až k u_a na desce horní (plocha A´B´). Množství kapaliny, které proteklo spojnicí AA´ je shodné s množstvím kapaliny, které proteklo spojnicí BB´. Tok přes tyto dvě hranice závisí pouze na gradientu rychlosti povrchů. Protože toky jsou shodné, kontinuita toku je zajištěna bez nárůstu tlaku. Protože schopnost přenášet zatížení závisí na nárůstu tlaku v mazacím filmu, můžeme říct, že kluzná ložiska s rovnoběžnými nejsou schopna přenášet zatížení. Pokud je zatížíme, mazivo se vytlačí skrze okraje plochy.



Obr. 14 Příklad rozložení tlaku v kluzném ložisku
[*http://www.autouaz.cz/foto/konstrukce/motor-mazaci.gif*]

Obr. 15 Část kluzného ložiska klikového hřídele motoru Škoda 718K

Nyní budeme uvažovat dva nerovnoběžné povrchy. Šířku ploch ve směru kolmém na směr pohybu považujeme za dostatečně velkou, tedy výtok maziva v tomto směru je zanedbatelně malý. Z obrázku je zřejmé, že plochy mezi body AA´ a BB´ jsou různé. Aby byla zachována podmínka kontinuity toku, dochází k nárůstu tlaku.
V motorech se vyskytují hlavně ložiska, u kterých jsou povrchy ložisek rovnoběžné s osou rotace, které přenášejí radiální zatížení v místě podpor. Ložisko je tvořeno válcovou vložkou ze speciální slitiny, ve které je vložena hřídel a ve vhodném místě je do ní přivádí mazivo. Tato ložiska využívají ke generování tlaku relativní pohyb hřídele v pouzdře. Hřídel není s pouzdrem soustředná, jejich středy jsou navzájem posunuty o určitou vzdálenost, které říkáme excentricita. Velikost excentricity je závislá na aktuálním zatížení ložiska. Změnou excentricity se samočinně zvýší generovaný tlak, a dojde k vyvážení stavu. Pro správnou funkci ložiska je důležitá určitá minimální úhlová rychlost otáčení hřídele, která zajišťuje generování tlaku.
U ložisek dochází k samovolnému hydrodynamickému mazání, které využívá vzniku fyzikálního klínu k nárůstu tlaku uvnitř ložiska. Tyto ložiska, mimo to, že mají nízké tření a malou ztrátu výkonu, jsou jednoduché na konstrukci, spolehlivé, levné a vyžadují malou péči. Mají ale také několik nevýhod:

1) Pokud je rychlost pohybu příliš nízká, nemusí se generovat dostatečný hydrodynamický tlak
2) Mazací film se může během rozběhu, změny rychlosti a doběhu přerušit.
3) Hřídel v pouzdře běhá excentricky, její poloha se ze zatížením mění spolu s excentricitou.

Proto se v motorech většinou používá ložisek, u kterých se k vytvoření tlaku používá také externího zdroje. Povrchy ložiska jsou odděleny mazacím filmem i při nulové relativní rychlosti (pokud je olej přiváděn pod tlakem). Tyto ložiska zcela eliminují nevýhody 1 a 2 a redukují zmíněný problém se změnou pozice při zatížení.

Charakteristiky hydrostaticky mazaných ložisek jsou:
1) Extrémně nízké tření.
2) Extrémně vysoká únosnost už od nízkých rychlostí hřídele.
3) Vysoká přesnost ve vysoce rychlých aplikacích s malou zátěží.
4) Komplikovanější mazací systém než u samočinně mazaných ložisek.

4.1.2 Tloušťka mazacího filmu v režimech kapalinovém mazání

Existují čtyři hlavní fyzikální režimy v kapalinovém mazání, které se liší v těchto fyzikálních procesech v ložisku:

- elastická deformace pevné části ložiska vlivem zatížení
- růst viskozity maziva s tlakem

Jsou to tyto režimy:

I. Isoviskózní-tuhý
   V tomto režimu je podíl elastické deformace povrchů nevýznamný vzhledem k tloušťce mazacího filmu a maximální kontaktní tlak je příliš nízký k signifikantní změně viskozity.
II. Viskózně proměnlivý-tuhý
   Kontaktní tlak je dostatečně vysoký k signifikantní změně viskozity,

elastická deformace povrchů je nevýznamná vzhledem k tloušťce mazacího filmu.

III. Isoviskózní-elastický
Elastická deformace povrchů je významná vzhledem k tloušťce mazacího filmu a maximální kontaktní tlak je příliš nízký k signifikantní změně viskozity.

IV. Viskózně proměnlivý-elastický
Elastická deformace povrchů je významná vzhledem k tloušťce mazacího filmu a maximální kontaktní tlak je dostatečně vysoký k signifikantní změně viskozity.

4.2

4.2 Suché a mezní tření

Při suchém tření se stykové plochy dvou dílů dotýkají naprosto suchými drsnými povrchy. Při jejich vzájemném pohybu tedy dojde k poměrně velkému otěru. V praxi totálně suché tření nenastává, místa styku nejsou nikdy úplně suchá – považujeme to za mazání mezní. Mezní mazání je umožněno polárními částicemi maziva, které přilnou k povrchu tělesa a vytvoří tenkou mezní vrstvičku. Při zatížení v tomto režimu mazání dochází k nárazu molekul, v nejvíce zatížených místech i ke kontaktu povrchů. Třecí ztráty i opotřebení součástí v tomto režimu mazání je vyšší než u mazání hydrodynamického.
Tento druh mazání se vyskytuje na částech motoru, které nejsou mazány tlakově, ovšem vyskytuje se i na částech tlakově mazaných v závislosti na provozním režimu motoru – start a doběh, kdy není mezi povrchy dostatečná vzájemná rychlost ani není dodáván dostatečný tlak. Nárůst tření v těchto okamžicích pomáhá překonat ložiskový kov pánví, který krátkodobě snese vyšší tepelné i silové zatížení.

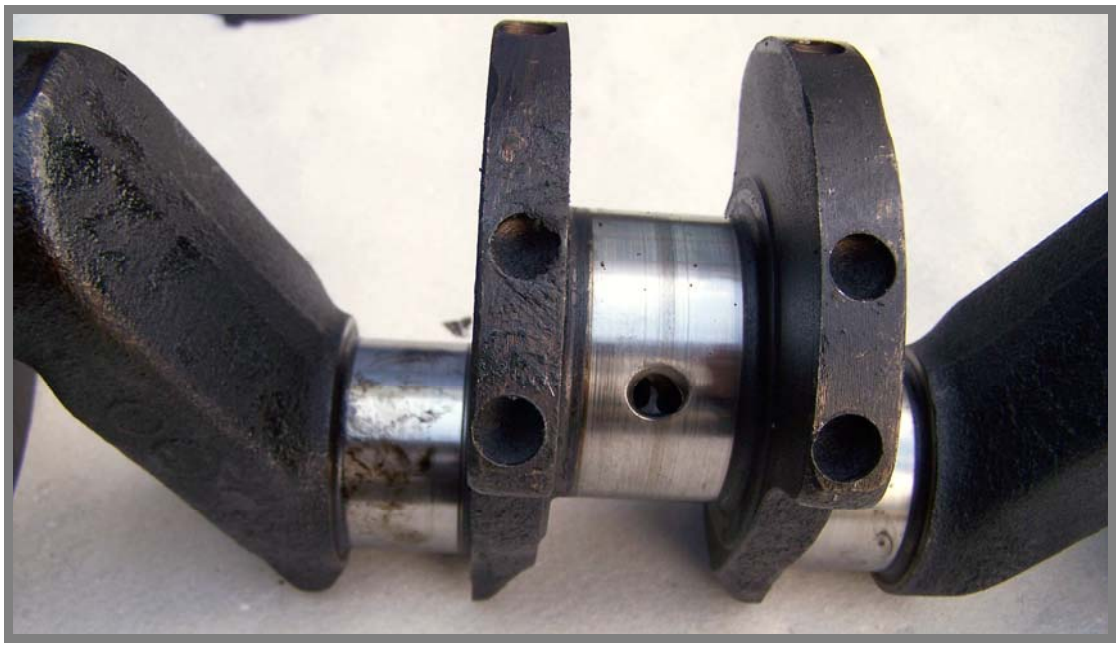
4.3

4.3 Vliv viskozity maziva

Únosnost mazací vrstvy je ovlivněna viskozitou oleje, která ovšem nemůže být příliš vysoká, neboť hustý olej způsobuje hydraulické ztráty třením molekul maziva o sebe, což jednak zvyšuje mechanické ztráty v motoru, jednak zvyšuje teplotu v ložiskových pánvích, protože viskóznější olej zhoršuje přestup tepla z ložiska do oleje a jeho odvod. Olej všeobecně není vhodné chladící médium, vhodnější je však olej méně viskózní. Olej má také za úkol vymezovat provozní vůle motoru a zajišťovat například těsnost pístu ve válci. U moderních motorů je těsnící funkce méně podstatná, výrazněji se projevuje u motorů starších, nebo u motorů opotřebených.

5 MAZÁNÍ NA ČÁSTECH MOTORU [5, 7, 10]

Mazací systém motoru je navržen tak, aby doručoval čistý olej o dané teplotě do všech částí motoru. Olej je nasáván z olejové vany olejovým čerpadlem, které je srdcem celého systému, poté prochází přes olejový čistič a dále do hlavních ložisek klikového hřídele. Olej se skrze vyvrtané kanálky dostává z hlavních ložisek do klikového hřídele a dále maže ojniční ložiska. Kluzná ložiska na klikovém hřídeli jsou mazána na hydrodynamickém principu.



Obr. 16 Mazací kanálky v klikovém hřídeli motoru Škoda 718K

Obr. 17 Ojnice a ložisko s viditelným mazacím otvorem u motoru Škoda 718K

Opotřebení čepů klikového hřídele se projevuje úbytkem tlaku v mazacím systému. Mezi klikovým hřídelem a ložiskem musí být určitá vůle, aby byl zajištěn vznik mazacího klínu. Pokud se ovšem opotřebením příliš zvětší, začne docházet k úbytku tlaku. U motoru v dobrém stavu dochází k jistému opotřebení klikového hřídele v režimu mezního mazání při startu a doběhu motoru. V době, kdy už v je v systému dostatečný tlak, nastane hydrodynamické mazání, které zabrání dalšímu opotřebení. Mezi kluznou rychlostí (tzn. otáčkami klikového hřídele) a tlakem v ložisku je přímá úměra – čím vyšší rychlost, tím vyšší tlak.

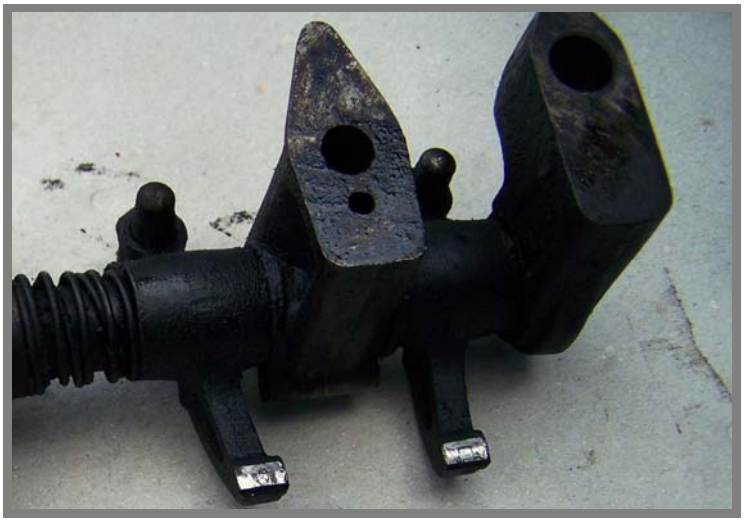
Stěny válců, pístní čepy a dna pístů jsou ostřikovány tryskami, nebo olejem rozvířeným rotujícím klikovým hřídelem. Také může být v ojnici navrtán kanálek od ojničního ložiska pro rozstřikování oleje v okolí pístního čepu a stěny válce. Nadbytek oleje je ze stěny válce stírán spodním pístním kroužkem.

Pístní kroužky zajišťují těsnost pístu ve válci a tím zabraňují proniknutí směsi vzduchu a paliva mimo spalovací prostor během komprese, stejně jako proniknutí výfukových plynů do prostoru klikové skříně během expanze. Také zabraňují průniku oleje do spalovacího prostoru a jeho následnému spálení. Mezi pístními kroužky a stěnou válce u dobře udržovaných motorů dochází k hydrodynamickému mazání, které zajišťuje nejmenší možné tření. V horní a dolní úvrati pístu se tloušťka filmu ztenčuje natolik, že může nastat mazání v mezním režimu. K uskutečnění dobrého tepelného přenosu mezi pístem (který je více tepelně zatížený) a válcem je žádoucí co nejmenší tloušťka mazacího filmu. Tloušťka filmu je kontrolována stíracím kroužkem, který je posledním z pístních kroužků. Setřený olej odkapává zpět do vany. Olejový film zanechaný na válci maže následující těsnící kroužky.

Obr. 18 Poničené kluzné ložisko vačkového hřídele
[*http://www.motorkari.cz/detail-clanku/?cid=3241*]

Mazacími kanálky je olej přiveden ke všem ložiskům vačkového hřídele a k rozvodovému řetězu, popřípadě ke kolům ozubeného soukolí pohonu vačkové hřídele. Zbytek oleje stéká zpět do olejové vany, kde se chladí a je nasáván zpět do oběhu. Vahadlový mechanismus a vedení ventilů v hlavě válců jsou mazány

ostřikem pomocí mazacích kanálku. Nadbytečný olej poté stéká po ventilovém víku zpět do vany.



Obr. 19 Mazací kanálky ve vedení vahadel motoru Škoda 718K

6

6 MOTOROVÉ OLEJE [2, 6, 8]

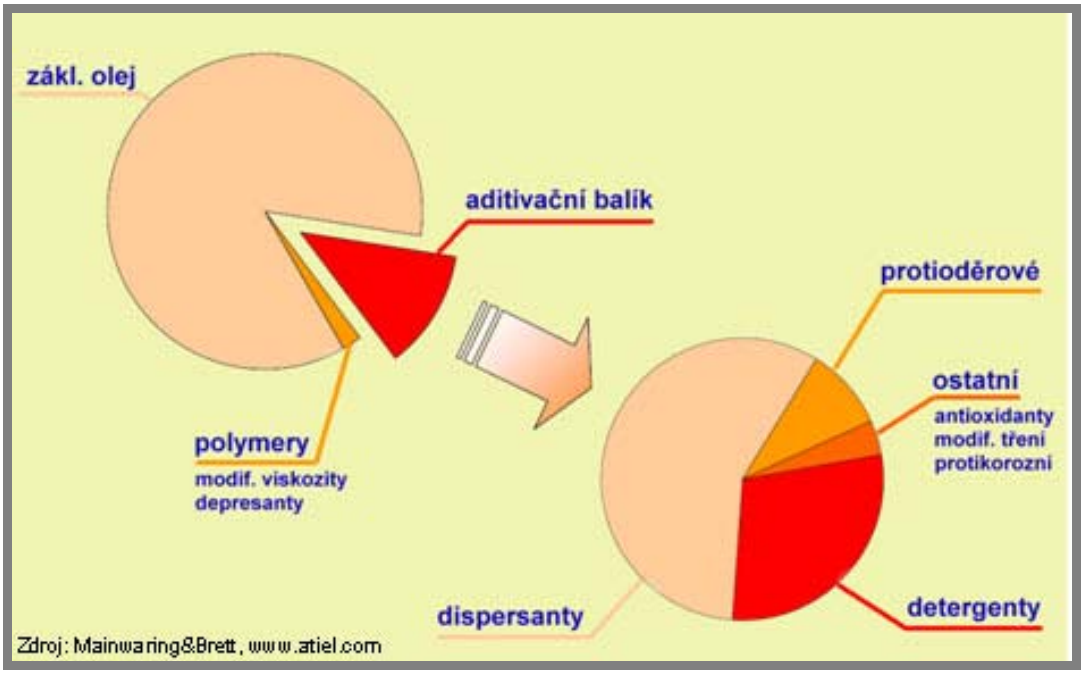
Motorové mazací oleje jsou směsi uhlovodíků, které dostáváme rafinací ropy. Vznikají tak polotovary, takzvané základové oleje, které jsou dále aditivovány pro získání požadovaných vlastností. Základní vlastností motorového oleje je jeho viskozita, která ovlivňuje kvalitu mazání. Viskozita je však silně závislá na teplotě oleje. Existují dva hlavní požadavky na viskozitu oleje: minimální viskozita oleje při jeho nejvyšší provozní teplotě tak, aby byla zajištěna požadovaná únosnost mazací vrstvy, dále pak maximální viskozita při spouštění studeného motoru, kdy příliš viskózní olej prodlužuje dobu, po kterou není v systému dostatečný tlak a dochází tedy ke zvýšenému opotřebení motoru.

6.1

6.1 Dělení olejů

Dnes pro mazání motorů téměř nepoužívané jsou rostlinné, respektive živočišné oleje. Tyto oleje mají vynikající maznost (důležitá u dílů s vratným pohybem), avšak velmi brzy stárnou, tvoří se v nich lepivé pryskyřice. Ovšem například ricinový olej se dlouhou dobu používal jako mazací u dvoudobých motorů, dokonce vysoce výkonných závodních motorů.

Z hnědouhelných dehtů lze destilací získat polární oleje, označované jako destiláty. Pokud se následně oleje zbaví nečistot a příměsných látek, lze je velmi dobře použít pro mazání kluzných ložisek v lodní nebo železniční dopravě nebo pro mazání zemědělských strojů.



Obr. 20 Diagram složení motorových olejů
[*http://oleje.cz/zajimavosti/clanky/slozeni_oleju.jpg*]

Rafinací ropy se vyrábějí minerální oleje, dále se zpracovávají pomocí louhů, rozpouštědel či kyselin. Rozpouštědly zpracované oleje (takzvané selektivní rafináty)

jsou v současné době vysoce kvalitními základovými oleji s velmi nízkým obsahem nečistot, vysokým bodem vzplanutí a dobrým uhlovodíkovým složením.

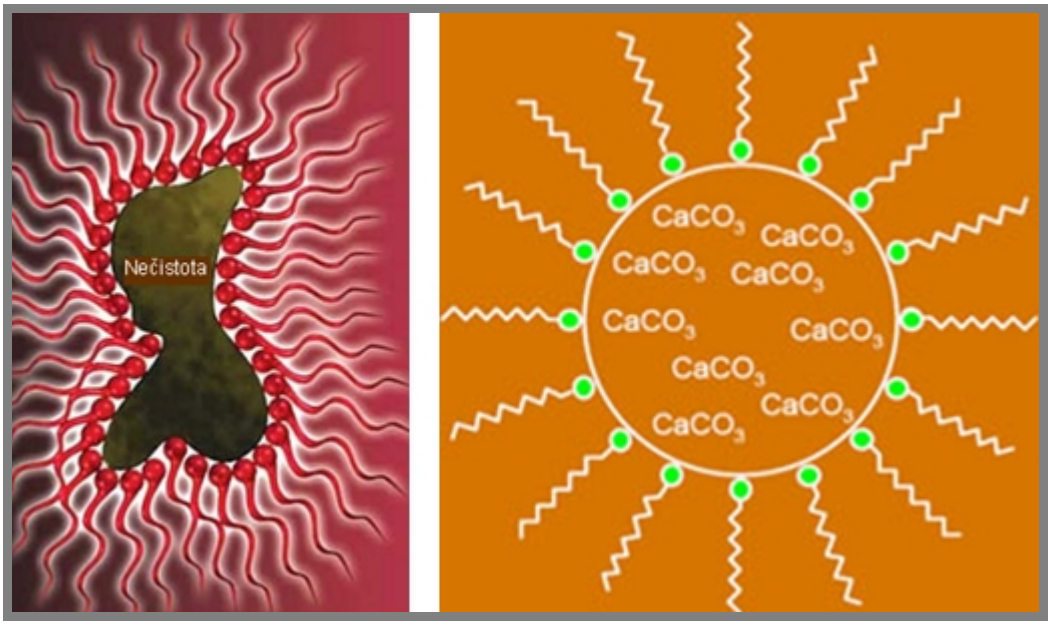
Poskládáním jednotlivých komponentů se vyrábějí takzvané syntetické oleje, které jsou vysoce kvalitní a obsahují pouze ty směsné prvky, které jsou pro dané použití oleje vhodné. Tyto oleje se používají při extremních pracovních podmínkách, jejich výrobě a kvalitě odpovídá také jejich cena. Čistě syntetické oleje se vyrábějí syntézami z čistých surovin (bez obsahu síry), například syntézou plynného ethylenu.

Mezi skupinu syntetických a minerálních olejů řadíme oleje polysyntetické. Ty vzniknou přimísením syntetické složky do minerálního základu.

Dělení olejů podle výrobní technologie vzniklo v polovině 19. století, kdy byla výroba olejů teprve v plenkách, nebylo možné mísit různé typy olejů, protože by došlo k reakcím a destabilizaci oleje. Dnes je možné mísení různých olejů. Také vžité třídění olejů na syntetické, polysyntetické a minerální podle viskozitních indexů již dnes ztratilo význam. Čistě syntetické oleje dnes v běžné praxi potkáme zřídka. Většina dnešních motorových olejů je postavena na minerálním základu, který je dále zušlechťován syntetickými komponenty.

6.2 Aditivace olejů

Pro zvýšení odolnosti a oblasti použití olejů se vylepšují jejich vlastnosti přidáním určitých látek - aditivací. Ta může zlepšit jednu nebo i více vlastností oleje. Obsahy aditiv v olejích se pohybují od 1 do 25% objemu.



Obr. 21 Působení disperzantů a struktura detergentů
[*http://oleje.cz/zajimavosti/clanky/sludge.jpg*]
[*http://oleje.cz/zajimavosti/clanky/micely.jpg*]

Podle struktury dělíme aditiva na polární a nepolární. Polární aditiva mají nesymetrické molekuly, na jejichž koncích vznikají elektrické náboje, které molekuly

přitáhnou k povrchům těles a vytvoří na nich tenký film. Tento film pomáhá při mezních režimech mazání, ochraňuje povrch součásti před korozí a usazení nečistot. Nepolární aditiva nejsou přitahovány žádnými tělesy, ovlivňují tedy pouze vlastnosti oleje. Používají se pro úpravu viskozity maziv, ochranu pryžových částí, snížení tuhnutí maziv při nízkých teplotách atd.

Jako detergenty označujeme látky, které se do oleje přidávají za účelem zvýšení stálosti oleje. Odstraňují produkty stárnutí oleje, které se v něm za provozu vylučují a způsobují zhoršení jeho mazacích a jiných vlastností. Zamezují ulpívání nečistot na plochách, mohou již vzniklé usazeniny rovněž rozpouštět.

Zvláštní skupinou aditiv jsou disperzanty, které mají za úkol najít i nejjemnější částečky nečistot, udělit jim elektrický náboj a zabránit jim tak ve shlukování. Mohou rovněž pomáhat v neutralizaci kyselin, které vznikají při spalovacím procesu. Zajišťují rozptýlení nečistot v celém množství maziva, čímž je zamezeno usazování nečistot na některém konkrétním místě mazací soustavy a tím blokování toho místa.

Dále se do olejů přidávají látky zlepšující ochranu povrchů při vysokých tlacích a teplotách, chránící před korozí, snižující pěnivost oleje, upravující viskozitu oleje, snižující bod tuhnutí, zpomalovače stárnutí atd.

V předcházejícím textu jsme četli o aditivech, které do olejů dodávají přímo výrobci. Na trhu je také velké množství přídavných aditiv motorových olejů. „Pokud do motorového oleje přilijeme dodatečnou mazivostní přísadu, dodáme oleji vlastnost, kterou už má. Dodatečná aditiva obsahují většinou jiné mazivostní přísady, než v oleji jsou. Každé zlepšení mazivosti je ale obvykle vyváženo zhoršením ostatních vlastností oleje, především korozní ochrany součástí. Proto je jediná spolehlivá rada pro všechny motoristy: nedávejte do motoru nic, kromě motorového oleje.“ (Jaroslav Černý, VŠCHT v Praze)

6.3

6.3 Viskozita motorových olejů

Viskozita je jednou ze základních vlastností oleje, udává velikost vnitřního tření mezi částečkami kapaliny. Je to odpor, kterým kapalina působí proti silám, které se ji snaží přemístit. Viskozita určuje režim mazání, únosnost mazacího filmu, schopnost těsnění a čerpatelnost. Při měření se používá přístroj zvaný viskozimetr, za přesně určené teploty sledujeme dobu, po kterou bude dané množství kapaliny (oleje) protékat kapilárou. Pro všechny newtonovské kapaliny (smykové napětí kapaliny paralelní s laminárním tokem je přímo úměrné rychlostnímu gradientu toku) platí závislost viskozity na teplotě. Viskozita klesá s rostoucí teplotou. Teplotní charakteristika olejů se prudce mění zejména v oblasti nízkých teplot.

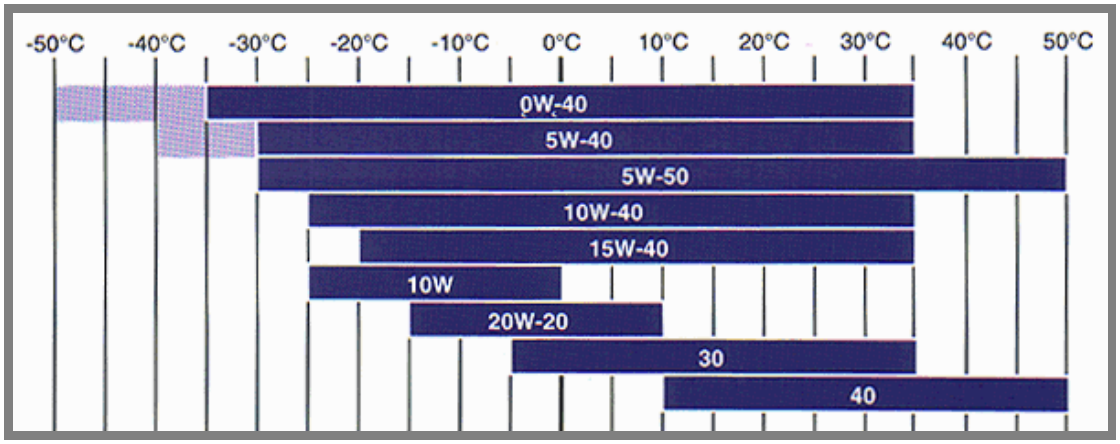
Jako dynamickou viskozitu kapaliny η uvažujeme poměr tečného napětí v kapalině τ a rychlostního gradientu *dv/dz*. Při použití základní soustavy jednotek SI vyplyne její definice lépe: je to síla, která je nutná k posunutí vrstvy o ploše $1m^2$ proti jiné vrstvě o téže ploše umístěné v kolmé vzdálenosti 1m o jeden metr ve vodorovném směru. Její jednotkou je $\frac{N \cdot s}{m^2}$ nebo také $Pa \cdot s$.

Kinematická viskozita kapaliny υ je určena jako poměr její dynamické viskozity a hustoty. Určuje míru odporu kapaliny proti tečení způsobenému gravitační silou. V soustavě SI má kinematická viskozita rozměr $\frac{m^2}{s}$

Viskozitní index/viskozitní třída oleje je bezrozměrná veličina, která uvádí teplotní vliv na viskozitu oleje tak, že daný olej porovnává se dvěmi standardními oleji (olej z pensylvánské a mexické ropy) , které mají při teplotě 98,89°C stejnou viskozitu. Porovnáním pak určíme viskozitní index zkoušeného oleje. Čím je index vyšší, tím méně je viskozita oleje závislá na teplotě.

6.4 Klasifikace motorových olejů

U klasicky dostupných motorových olejů je téměř výhradně používána klasifikace podle SAE (Society of Automotive Engineers). Oleje jsou podle tohoto normativu rozděleny do šesti tříd zimních, označených písmenkem W a do 5 tříd letních. Číslo označující třídu je bezrozměrné, ovšem platí, že čím vyšší je, tím je olej za dané teploty viskóznější. Zimní označení popisuje vlastnosti oleje za nízkých teplot, například jeho čerpatelnost. Čím nižší toto číslo bude, tím bude olej za nízkých teplot tekutější a v obdobích zimních mrazů se dostane na všechna potřebná místa rychleji. (Například u oleje 15W-40 jsou plně mazána všechna místa po cca 20 sekundách, zato u oleje 0W-30 už zhruba po 2 sekundách). V současnosti se stále více prosazují oleje s nižším zimním číslem. Číslo za pomlčkou označujeme jako číslo letní, to nás zhruba informuje o provozní teplotě oleje. Oleje s vyšším číslem jsou při provozu motoru hustější a tím pádem kladou vyšší odpor proti pohybu třecích ploch.



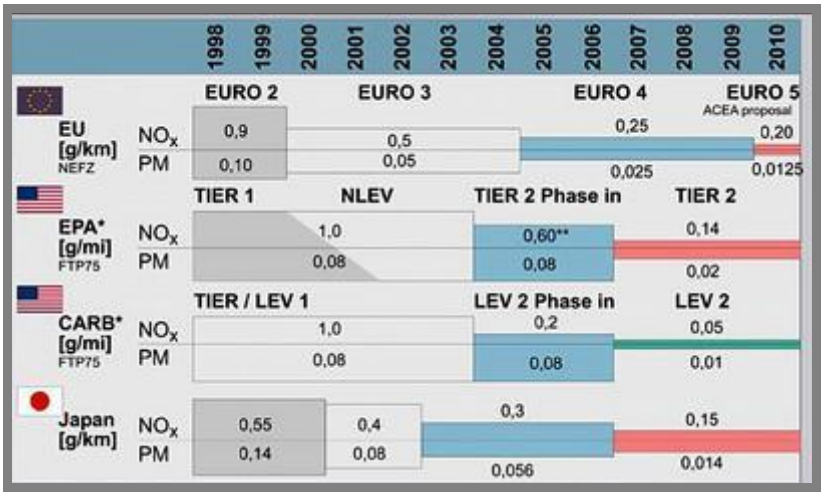
Obr. 22 Doporučené viskozitní třídy SAE motorových olejů podle vnějších teplot (°C) [*http://oleje.cz/images/dop_visk_trid_sae_mot_ol.gif*]

Na balení oleje se můžeme například setkat s označením:
SAE 10W-40
Ropný motorový olej (minerální) o viskozitě SAE 10W-40, vhodný pro zážehové motory. Nabízí velmi dobrou ochranu i v náročných provozních podmínkách a je doporučován pro použití i ve většině moderních automobilů. Splňuje API SL/SJ/CF a ACEA A2/B2 (výkonnostní třídy).

6.5

6.5 Současný vývoj v oblasti motorových olejů

V roce 2005 vstoupily v platnost nové emisní limity s označením EURO 4. Ty jsou oproti předchozím limitům EURO 3 asi o polovinu přísnější, sledují v emisích koncentrace oxidu uhelnatého, oxidů dusíku, množství nespálených uhlovodíků a množství sazí ve výfukových plynech. Zatímco u automobilů se vznětovým motorem řeší téměř všechny požadavky trojcestný katalyzátor, pro motory vznětové je technicky problematické řešení snížení koncentrace oxidů dusíku a pevných částic. Při zpřísnění emisních limitů došlo také k úpravě složení motorových olejů. Ty jsou nově upravovány tak, aby vyhověly při práci v motorech splňujících limity EURO 4 (vybavených citlivými systémy na filtraci pevných částic a dalšími přídavnými katalyzátory). Tato generace olejů má nižší obsah fosforu (P) a síry (S), stejně jako hladinu sulfátového popela (SA). V angličtině se tyto oleje označují jako low SAPS oils. Výzkumy sice ukazují, že vyšší vliv na obsah škodlivin v emisních plynech má obsah těchto látek v palivu, ovšem vliv obsahu popelotvorných látek v oleji na filtry pevných částic je značný.



Obr. 23 Vývoj emisních omezení ve světě
[*http://media.novinky.cz/288/82885-original-bwvri.jpg*]

Podle nové normativy dochází k omezení obsahu síry v oleji, který dříve nebyl omezován a pohyboval se v rozmezí 0,5-1% hmotnosti v závislosti na typu použitého základového oleje. Také fosfor a popelotvorné látky se běžně objevují v aditivech olejů. Díky omezení obsahu síry již nelze jako základové oleje použít tradiční rozpouštědlové rafináty. Je nutno použít hydrokrakové oleje II. skupiny nebo syntetické polyalfaolefiny, u nichž je obsah síry v mantinelech normy nebo i nulový. V základovém oleji je balík aditivačních výkonnostních přísad, přibližně 60% tvoří dispersanty a 25% detergenty. Zbylých 15% tvoří ostatní výkonnostní přísady (protioděrové přísady, modifikátory tření, antioxidanty, depresanty, antikorodanty a protipěnivostní přísady). Tyto aditiva je nutné modifikovat, protože obsahují určité koncentrace omezovaných prvků. Kvůli snížení obsahu sledovaných prvků je nutné snížit koncentrace antioxidantů, protioděrových přísad a detergentů, což jsou aditiva důležitá pro výkon, výměnný interval a životnost motorového oleje. Pokud dojde ke snížení obsahu zmíněných aditiv, nutně musí dojít ke snížení užitných vlastností oleje. Protože je ale nutné udržet alespoň stávající vlastnosti olejů, dochází k hledání nových typů aditiv, které neobsahují sledované prvky. Problém je, že stejně účinné

přísady nejsou zatím k dispozici. Probíhá intenzivní výzkum, naděje se vkládají do různé kombinace nových aditiv a doufá se v jejich synergické působení.

Současný trend je prodlužovat servisní intervaly (a tím i intervaly výměny olejů), snižování emisí. Průměrná vzdálenost ujetá na jedno nastartování se snižuje, mění se charakter provozu a je trend zvyšování jednotkového výkonu motoru. To vše klade vyšší nároky na kvalitu motorových olejů a je zřejmé, že tyto požadavky jsou protichůdné. Z hlediska životnosti motorů se doporučuje neužívat low SAPS olejů tam, kde to není výrobcem výslovně nařízeno. Pokud máme na výběr, je lepší použít běžné motorové oleje.

7 ZÁVĚR [7]

Mazací systém je pro motor životně důležitý. U moderních motorů jsou uživateli, i konkurenci kladeny vysoké nároky na kvalitu olejů, vyžadují se co nejlepší mazací schopnosti a co přiměřené intervaly údržby (což se dá označit za požadavky uživatelského komfortu). Oproti tomu jdou požadavky na splňování ekologických norem. Mazací systémy motorů v posledních desetiletích udělaly velký pokrok, i když základ, ten zůstává stále stejný.

Olej má optimální vlastnosti jen v omezeném časovém intervalu, které jsou závislé na mnoha činitelích. Závisí na stavu motoru, negativně jej ovlivňuje například netěsnost spalovacího prostoru a s tím související únik produktů spalování mino něj, dále pracovní podmínky motoru, vysoké teploty, vysoké pracovní otáčky způsobují rychlejší stárnutí olejů.

Dříve se interval výměny oleje stanovoval pouze podle stanovené doby použití nebo stanoveného počtu ujetých kilometrů (podle toho, co přišlo dříve). V dnešní době ovšem výrobci zavádějí sofistikovanější metody řízení výměny, kde se interval vypočítává podle zatížení motoru. Zatížení oleje je mnohem vyšší při jízdách ve městě nebo na krátkých trasách, než třeba na při dlouhé jízdě konstantní rychlostí na dálnici.

Ukazatelé servisního intervalu, jak se tomuto systému říká, jsou založeny na snímání zatížení motoru pomocí snímačů. Ty snímají například zatížení motoru a spotřebu paliva. Tyto údaje se následně přepočtou na zatížení a určí dobu výměny oleje. U vozidel koncernu VW se nazývá FSIA (flexibilní ukazatel servisního intervalu), u BMW pak SIA (ukazatel servisního intervalu) nebo u Mercedes-Benz pak ASSYST (aktivní servisní systém).

Z hlediska uživatele jsou dnešní automobily (kde se s motory setkáváme nejčastěji) ve věci mazacího systému nenáročné. Do budoucna se dá očekávat pokrok ve vývoji olejů směrem k ekologičnosti, osobně si nemyslím, že je vhodné dále prodlužovat servisní intervaly. Pro dlouhodobou životnost motoru je vhodné používat kvalitní oleje, ovšem pouze takový, která je pro daný motor výrobcem předepsán a nebo doporučen. Pro moderní motory již dávno neplatí pořekadlo: „Je jedno, jaký olej do motoru dáváme, hlavně když ho měníme často a je ho v motoru dost.“

[7]

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] HAMROCK, BERNARD J., *Fundamentals of Fluid Film Lubrication*. Marcel Dekker, New York2004, ISBN 0-8247-5371-2 str.: 166-195, 218-257, 293-312, 499-515

[2] FRANTIŠEK VLK, *Paliva a maziva motorových vozidel.* Prof.Ing.František Vlk, DrSc 2006, ISBN 80-239-6461-5 str.: 223-299

[3] FRANTIŠEK VLK, *Vozidlové spalovací motory.* Prof.Ing.František Vlk, DrSc 2003, ISBN 80-238-8756-4 str.: 510-536

[4] *Combustion engine lubrication system* http://www.tribology-abc.com/abc/engine.htm

[5] *Howstuffworks "How Car Engines Work* http://auto.howstuffworks.com/engine.htm

[6] *Současný vývoj v oblasti motorových olejů - Technický týdeník* http://www.techtydenik.cz/detail.php?action=show&id=351&mark=%20Sou %E8asn%FD%20v%FDvoj%20v%20oblasti%20motorov%FDch %20olej%F9

[7] *Praktická dílna* http://www.autopress.cz/download/rocnik-2005/prakticka-dilna-11-2005/download

[8] *Oleje.cz - Informace ze světa maziv* http://www.oleje.cz

[9] *Tribotechnika* http://www.tribotechnika.cz

[10] *Princip činnosti automobilových motorů* http://www.auta5p.eu/informace/motory/motory.htm

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1 Nicolaus August Otto (1832-1891) a Rudolf Diesel (1858-1923).
[*http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/Nicolaus-August-Otto.jpg*]
[*http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/Diesel_1883.jpg*] 12

Obr. 2 Pracovní cyklus čtyřdobého zážehového motoru
[*http://dragon.web2001.cz/fyzika/tepelnestroje/ctyrdoby_zazehovy_01.htm*] 13

Obr. 3 Diagram časování ventilů motoru FIAT 127
[*http://lazo.czechian.net/slehofer/5%20motor/38.jpg*] 14

Obr. 4 Pracovní cyklus čtyřdobého vznětového motoru
[*http://www.myrctoys.com/engines/diesel.jpg*] 14

Obr. 5 Klikový hřídel motoru Škoda 718K (vůz Š 110R) 15

Obr. 6 Rozvody zážehových motorů
[*http://www.auta5p.eu/informace/motory/ctyrtakt3.gif*] 16

Obr. 7 Schéma mazací soustavy motoru UAZ 414.10
[*http://www.autouaz.cz/foto/konstrukce/motor-mazaci.gif*] 17

Obr. 8 Princip mazání se suchou klikovou skříní
[*Vozidlové spalovací motory, František Vlk*] 18

Obr. 9 Obtokový a plnoprůtokový čistič oleje
[*http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=4*] 20

Obr. 10 Zubové olejové čerpadlo a měření provozní vůle
[*http://kotamuda.humlak.cz/navody_manualy/127/images/Obr153-4.JPG*] 20

Obr. 11 Konstrukce a princip činnosti rotačního olejového čerpadla
[*http://www.autopress.cz/download/rocnik-2005/prakticka-dilna-11-2005.pdf*] 21

Obr. 12 Srpkové olejové čerpadlo (čerpadlo s vnitřním ozubením)
[*http://www.autopress.cz/download/rocnik-2005/prakticka-dilna-11-2005.pdf*] 22

Obr. 13 a) Hydrodynamické b) mezné mazání
[*http://www.ped.muni.cz/wphy/FyzVla/FMkomplet2.htm*] 23

Obr. 14 Příklad rozložení tlaku v kluzném ložisku
[*http://www.autouaz.cz/foto/konstrukce/motor-mazaci.gif*] 24

Obr. 15 Část kluzného ložiska klikového hřídele motoru Škoda 718K 24

Obr. 16 Mazací kanálky v klikovém hřídeli motoru Škoda 718K 27

Obr. 17 Ojnice a ložisko s viditelným mazacím otvorem u motoru Škoda 718K 27

Obr. 18 Poničené kluzné ložisko vačkového hřídele
[*http://www.motorkari.cz/detail-clanku/?cid=3241*] 28

Obr. 19 Mazací kanálky ve vedení vahadel motoru Škoda 718K 29

Obr. 20 Diagram složení motorových olejů
[*http://oleje.cz/zajimavosti/clanky/slozeni_oleju.jpg*] 30

Obr. 21 Působení disperzantů a struktura detergentů
[*http://oleje.cz/zajimavosti/clanky/sludge.jpg*]
[*http://oleje.cz/zajimavosti/clanky/micely.jpg*] 31

Obr. 22 Doporučené viskozitní třídy SAE motorových olejů dle vnějších teplot (°C)
[*http://oleje.cz/images/dop_visk_trid_sae_mot_ol.gif*] 33

Obr. 23 Vývoj emisních omezení ve světě
[*http://media.novinky.cz/288/82885-original-bwvri.jpg*] 34