Prof. Ing. František Vlk, DrSc.

CHLAZENÍ A MAZÁNÍ MOTOCYKLOVÝCH MOTORŮ

Chlazení motoru odvádí přebytečné teplo ze stěn válců motoru, hlavy a ostatních částí do chladicí kapaliny, vzduchu a snižuje tak tepelné namáhání těchto součástí na stanovenou mez. Chlazení udržuje teplotu motoru na takové výši, která je pro provoz nejvhodnější (písty, válce, blok motoru). Teplota motoru ovlivňuje také jakost a životnost motorového oleje. Chlazením se také snižuje sklon k detonačnímu spalování.

Hlavní funkcí mazací soustavy je vytvořit tenký olejový film na třecích plochách tak, aby se relativní pohyb součástí uskutečnil jako kapalinné tření. Výsledkem je snížení míry opotřebení součástí. Míra tření je tak převáděna z polosuchého tření na tření kapalinné. Zcela je nutné mazáním zamezit suchému tření součástí. Tím je dosaženo nejmenšího odporu proti pohybu součástí. Zároveň je úkolem mazání odvádět teplo, olej tak ochlazuje nejvíce tepelně namáhané součásti jako např. píst, a vymezovat provozní vůle smontovaných součástí. Například podle míry poklesu tlaku v mazací soustavě je možné posuzovat míru opotřebení hlavních a ojničních ložisek klikového hřídele motoru. Dalším úkolem mazání je chránit soustavu mazání a součásti mazané před korozí, odvádět nečistoty a zvyšovat těsnost pístní skupiny motoru. Tak je zabráněno průniku plynů do prostoru klikové skříně.

CHLAZENÍ MOTORU

Chlazení musí splňovat tyto podmínky:

- zabezpečit takovou teplotu motoru, kterou vydrží jeho jednotlivé části;
- zabezpečit, aby motorový olej vytvořil na stěnách válců a součástí mazaných tlakovým olejem souvislou vrstvu mazacího olejového filmu a snížil tak tření na stanovenou hranici;
- zabezpečit stálé udržování nejvýhodnější a nejhospodárnější pracovní teplotu motoru (provozní teplota).

Podle druhu chladicího média rozlišujeme chlazení:

- kapalinové,
- vzduchové,
- olejové.

KAPALINOVÉ CHLAZENÍ

Ve stavbě motocyklů se začalo používat kapalinové chlazení z nuceným oběhem (čerpadlové oběžné chlazení) až v sedmdesátých letech minulého století (Suzuki, Honda).

U tohoto druhu chlazení je v bloku válců motoru a hlavě motoru vytvořena soustava kanálů, kterými proudí chladicí kapalina (voda, nemrznoucí směs). z tepelně zatížených, namáhaných míst motoru přejímá teplo, které odvádí do chladiče. Zde je proudícím vzduchem převáděno teplo z kapaliny do ovzduší. Ochlazená kapalina se vrací zpět do motoru.

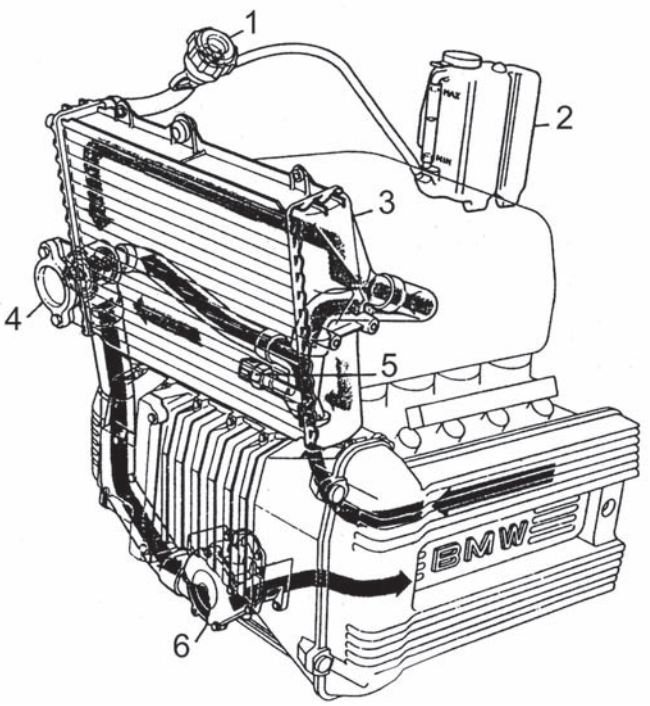
Kapalinové chlazení i přes větší hmotnost a výrobní náročnost proto se používá mj. proto, že zajišťuje rovnoměrné chlazení a dovoluje udržovat stálou teplotu celého bloku motoru. Relativně rovnoměrné rozložení teploty bloku motoru úspěšně potlačuje problémy s teplotní roztažností různých materiálů. Díky tomu se mohou písty a ostatní díly vyrábět s menšími rozměrovými tolerancemi. Kapalinové chlazení je velmi účinné i u vysokovýkonných motorů. Další výhodou je účinné tlumení provozního hluku, protože blok motoru je v podstatě obalen vrstvou kapaliny.

Chladicí kapalina je různými kanály a vedeními přiváděna k horkým místům v bloku a hlavě válců. Jedná se zejména o oblasti okolo a nad spalovacími komorami. Chladicí kapalina odebírá od horkých dílů teplo a odtéká pak potrubími a hadicemi do chladiče. Chladič je zpravidla umístěný před motorem přímo v proudu vzduchu vznikajícího při jízdě. v chladiči chladicí kapalina protéká soustavou úzkých plochých kanálků, které jsou kvůli lepšímu odvádění tepla propojeny tenkými lamelami. v chladiči se tedy chladicí kapalina ochladí a odtud opět proudí do bloku motoru. Chladicí kapalina takto cirkuluje po celou dobu chodu motoru.

U vysokovýkonných motorů musí chladicí kapalina cirkulovat značnou rychlostí, aby bylo zajištěno dostatečné chlazení. Protože při přirozené výměně tepla by chladicí kapalina cirkulovala jen velmi pomalu (termosifonový efekt), používá se v chladicím systému vždy nucený oběh s čerpadlem.

U **chlazení s uzavřeným nuceným oběhem** (obr. 1) je chladicí kapalina vháněna do chladicích kanálů motoru pomocí čerpadla chladicí kapaliny, poháněného např. klínovým řemenem od klikového hřídele motoru. u studeného motoru dopravuje čerpadlo chladicí kapalinu do kanálů v bloku motoru a prostorů kolem válců a dále průchody v těsnění do hlavy válců. Odtud kapalina proudí přes termostat, který uzavírá přívod do chladiče, zpátky na sací stranu čerpadla. Po dosažení potřební provozní teploty

Prof. Ing. F. Vlk, DrSc., Ústav dopravní techniky, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 616 00 Brno, e-mail: vlk.f@fme.vutbr.cz



Obr. 1 Chladicí systém motocyklového motoru s nuceným oběhem chladicí kapaliny (BMW K 100): 1 – přetlakový ventil, 2 – vyrovnávací nádržka, 3 – chladič s příčným průtokem, 4 – termostat, 5 – snímač teploty, 6 – čerpadlo chladicí kapaliny.

motoru otevře termostat vstup do chladiče a kapalina proudí zpět do čerpadla přes chladič.

Ke kontrole teploty chladicí kapaliny slouží ukazatel umístěný v přístrojové desce mezi řídítky. Snímač teploty propojený s teploměrem pak zasahuje přímo do chladicího systému a je omýván chladicí kapalinou. Pro dostatečné chlazení při dlouhém stání a chodu na volnoběh nebo při provozu ve městě se před nebo za chladič montuje přídavný ventilátor (obr. 2), který v případě potřeby zesiluje nebo přímo vytváří proud vzduchu potřebný pro chlazení.

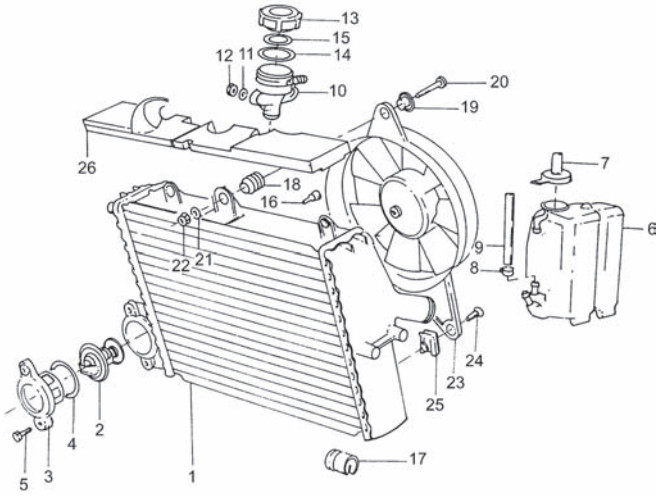
Ventilátor u chladiče může být poháněn nuceně od motoru nebo vlastním elektromotorem. Elektrický pohon má výhodu v tom, že ho lze zapínat a vypínat podle potřeby, tj. podle teploty chladicí kapaliny. Ventilátor s nuceným pohonem pak chladí i tehdy, když to není žádoucí, např. po studeném startu nebo v zimě.

Aby se studený motor mohl po nastartování rychleji zahřát, je chladicí systém rozdělen pomocí termostatu na dva okruhy. Dokud se motor nezahřeje na provozní teplotu (cca 85 °C), dovoluje termostat chladicí kapalině cirkulovat pouze v bloku motoru a v hlavě válců (bez průtoku chladičem). Po dosažení provozní teploty se termostat otevře a kapalina může cirkulovat přes chladič. Opačným postupem systém funguje při poklesu teploty motoru pod 85 °C. Ve víčku chladiče nebo vyrovnávací nádržky je přetlakový ventil, který slouží k upouštění přetlaku z chladicího systému, který může vzniknout při zahřátí motoru na příliš vysokou teplotu.

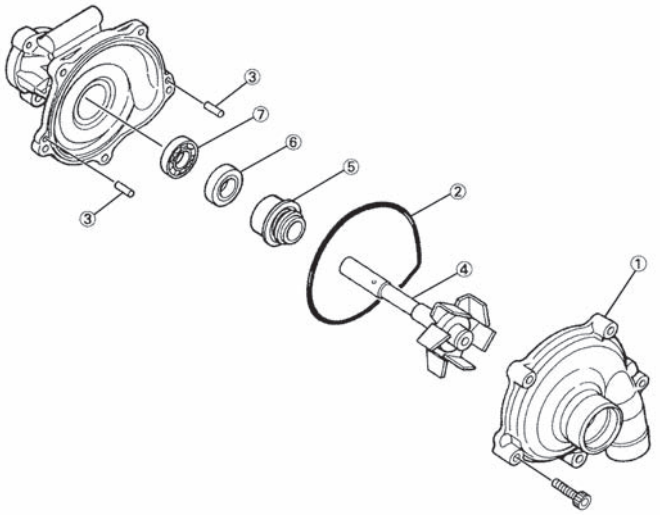
Přetlakový ventil umožňuje zvýšit teplotu chladicí kapaliny až na asi 110 °C, čímž se zlepší účinnost chladicího systému. Při dosažení přetlaku (30 až 120 kPa) se otevře přetlakový ventil a přebytečná kapalina přejde ve formě páry do přepadové trubky. Při chladnutí kondenzují v chladiči vodní páry a vzniká podtlak. Aby nedošlo vlivem atmosférického tlaku k deformaci chladiče, otevře se podtlakový ventil a tlak uvnitř chladiče se vyrovná s atmosférickým.

U uzavřených kapalinových chladicích systémů se většinou používá vyrovnávací nádržka, která slouží k zachycování chladicí kapaliny zvětšující zahřátím svůj objem. Hladina chladicí kapaliny pak musí sahat mezi rysky na vyrovnávací nádržce nebo na chladiči, aby mohla zvětšovat svůj objem.

Čerpadlo chladicí kapaliny zabezpečuje cirkulaci chladící kapaliny v okruhu chlazení. Zabraňuje tak vzniku parních pytlů na místech s vysokou teplotou, např. na stěnách válců v místě doběhu těsnících kroužků, v hlavě válců v okolí výfukových kanálů. Průtok



Obr. 2 Díly chladicího systému motoru BMW K 100: 1 – chladič, 2 – termostat, 3 – víko, 4 – O-kroužek, 5 – šroub s šestihrannou hranou, 6 – vyrovnávací nádržka, 7 – víko, 8 – hadicová svorka, 9 – hadice, 10 – plnicí hrdlo, 11 – podložka, 12 – šestihranná matice, 13 – uzávěr, 14– těsnění, 15 – těsnění, 16 – doraz, 17 – opěra, 18 – pryžová průchodka, 19 – distanční pouzdro, 20 – šroub s válcovou hlavou, 21 – podložka, 22 – šestihranná matice, 23 – ventilátor, 24 – šroub s šestihrannou hlavou, 25 – zásuvná matice, 26 – vedení vzduchu (pouze model RS).



Obr. 3 Čerpadlo chladicí kapaliny (Yamaha FZS1000): 1 – víko čerpadla, 2 – O-kroužek, 3 – kolík, 4 – hřídel čerpadla s lopatkovým kolem, 5 – těsnění čerpadla, 6 – těsnicí kroužek, 7 – ložisko.

musí být řešen tak, aby zabezpečoval co nejrovnoměrnější rozložení teplot v chlazených dílech motoru.

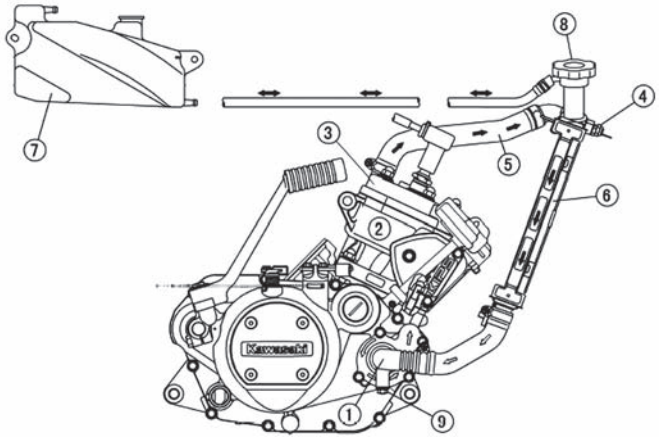
Obvykle se používá rotační odstředivé (radiální) čerpadlo. V tělese čerpadla zaplněném chladicí kapalinou se otáčí rotor, oběžné kolo s radiálními lopatkami. Lopatkové kolo zachycuje ve své ose kapalinu a tlačí ji podél lopatek k obvodu směrem ven. Chladicí kapalina se do čerpadla přivádí od chladiče, nebo přímo z komory termostatu. Otáčky oběžného kola čerpadla poháněného motorem bývají vyšší než otáčky klikového hřídele. Používá se také přímý pohon čerpadla klikovým hřídelem.

Efektivnost kapalinového chlazení se zvyšuje s růstem rychlosti cirkulace kapaliny v chladícím systému motoru, s velikostí maximální teploty chladící kapaliny a množstvím tepla předávaného jednotkou plochy výměníku tepla do okolního prostředí. Při celkovém hodnocení chladícího systému je nutno vzít do úvahy také ztráty výkonu motoru pro pohon vodního čerpadla a ventilátoru a parametry hmotnosti a zastavěného objemu.

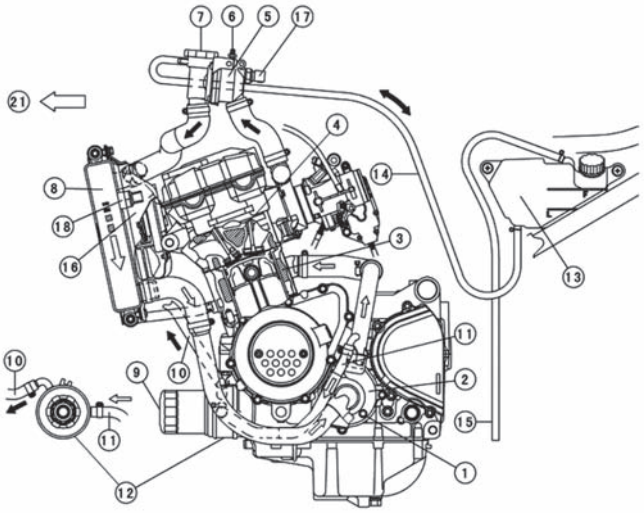
Vyšším tlakem v chladicím systému se zvyšuje bod varu chladicí kapaliny, aniž by došlo k jejímu odpaření. Tím je možné docílit vyššího tepelného spádu na chladiči a vyšší účinnosti chladicího systému., Vyšší provozní teplota motoru vede i ke snížení spotřeby paliva a množství škodlivin ve výfukových plynech. u zážehových motorů toto zvýšení teploty omezuje s ní spojený zvýšený sklon k detonačnímu spalování.

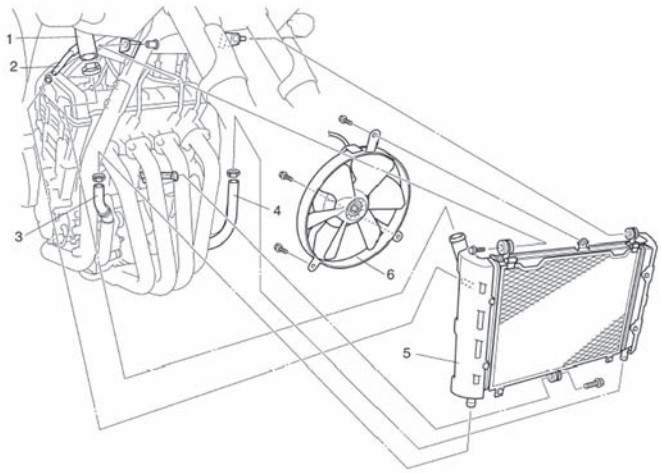
Zvýšení výkonnosti chladícího systému je možno poměrně jednoduše dosáhnout pomocí vytvoření přetlaku v chladící soustavě. Se zvýšením tlaku o 0,01 MPa se zvyšuje teplota varu o 2,1 °C. Při přetlaku 0,1 MPa tak vzroste kritická teplota na 120 °C a tedy i teplotní spád na chladiči se zvýší o 20 °C. Je tedy možno zmenšit rozměry chladiče, nebo pracovat s vysokou rezervou chladícího výkonu soustavy.

Jako náplň chladicího systému se používá nemrznoucí směs ředěná destilovanou vodou na příslušný bod tuhnutí, tedy glykolová kapalina. Používá se celoročně, protože obsahuje přísady působící protikorozivně v soustavě a zamezuje tvorbě usazenin z minerálních látek a současně tyto přísady zvyšují bod varu.

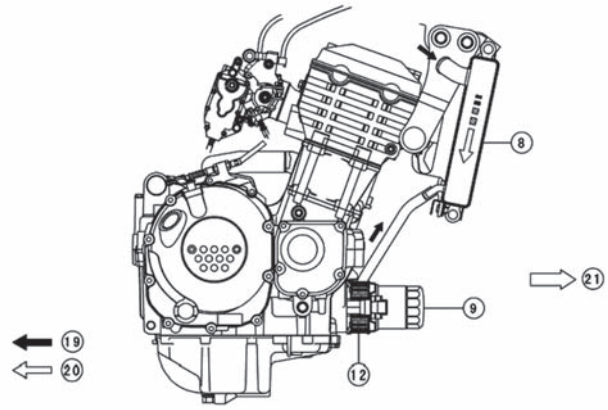


Obr. 5 Chladicí systém dvoudobého kapalinou chlazeného jednoválce o zdvihovém objemu 148 cm³ (Kawasaki KR150-K4 Ninja RR): 1 – čerpadlo chladicí kapaliny, 2 – válce, 3 – hlava válce, 4 – snímač teplot chladicí kapaliny, 5 – hadice chladicí kapaliny, 6 – chladič, 7 – zásobní nádržka, 8 – víko chladiče, 9 – výpustná zátka.

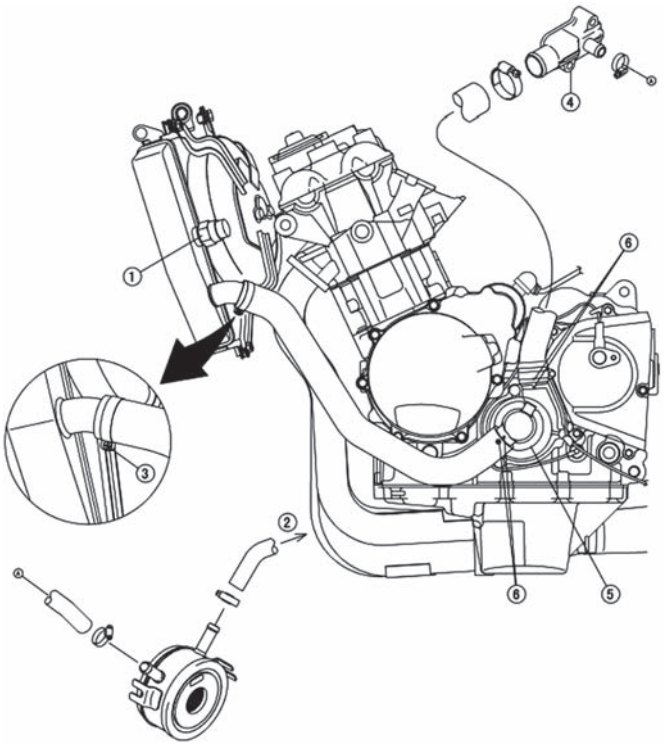




Obr. 4 Kapalinový chladicí systém řadového čtyřválce o objemu 998 cm³ příčně uloženého se sklonem dopředu (Yamaha FZS1000): 1 – přívodní hadice chladicí kapaliny, 2 – hadice ohřívání karburátoru, 3 – hadice olejového chladiče, 4 – výstupní hadice chladicí kapaliny, 5 – chladič, 6 – motor ventilátoru.



Obr. 6 Schéma chladicího systému Kawasaki ZR1000–A1: 1 – vypouštěcí šroub, 2 – čerpadlo chladicí kapaliny, 3 – chladicí plášť válce, 4. chladicí plášť hlavy válce, 5 – těleso termostatu, 6 – odvzdušňovací šroub termostatu, 7 – uzavírací víko chladiče, 8 – chladič, 9 – olejový filtr, 10 – výtoková hadice, 11 – přívodní hadice, 12 – chladič oleje, 13 – zásobní nádržka chladicí kapaliny, 14 – hadice zásobní nádržky, 15 – přepadová hadice zásobní nádržky, 16 – ventilátor chladiče, 17 – snímač teploty chladicí kapaliny, 18 – spínač ventilátoru chladiče, 19 – horká chladicí kapalina, 20 – ochlazená chladicí kapalina, 21 – předek motocyklu.



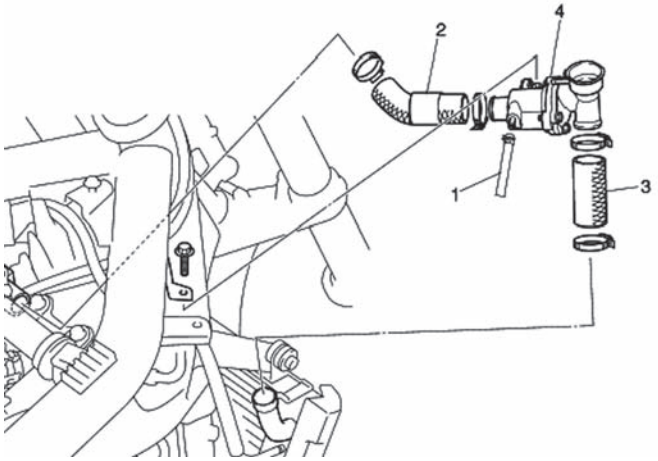
Obr. 7 Kapalinové chlazení motoru (Kawasaki ZX636-B1): 1 – spínač ventilátoru chladiče, 3 – k chladiči, 3 – hadicová spona (šroub má bát dole), 4 – fitink válce, 5 – čerpadlo chladicí kapaliny, 6 – seřizovací značka.

Úkolem ventilátoru chlazení je zajistit dostatečný přívod čerstvého vzduchu do chladiče, který pracuje jako tepelný výměník vzduch – voda. Ventilátor zabezpečuje průtok chladicího vzduchu průřezy výměníku tepla. Pokud je ventilátor upevněn přímo na hřídeli čerpadla a je společně s ním poháněn klínovým řemenem od klikového hřídele, není možno regulovat množství proudícího vzduchu. Převodový poměr mezi klikovým hřídelem a hřídelem ventilátoru bývá 0,9 až 1,4. Při volbě převodového poměru je však třeba si uvědomit, že příkon ventilátoru roste s třetí mocninou jeho otáček, takže převod dorychla je vhodný pouze pro pomaloběžné motory.

Příklady kapalinového chlazení některých soudobých motocyklů jsou uvedeny na obr. 4 až 7 a na obr. 11.

Plynulým přepínáním proudění chladicí kapaliny mezi zkráceným (malým) a velkým chladicím okruhem (okruh s chladičem) se dosahuje rychlého ohřevu motoru na provozní teplotu. Termostat může být umístěn v pouzdru termostatu na motoru, nebo zařazen do spojovacího potrubí s chladičem. v malém chladicím okruhu teče chladicí kapalina při studeném motoru od válců přes hlavu válců (příp. teplený výměník vytápění vozidla) k termostatu a krátkým spojením přímo k čerpadlu chladicí kapaliny. Ve velkém chladicím okruhu proudí chladicí kapalina k motoru přes chladič. Obr. 8 znázorňuje umístění termostatu v chladicím oběhu soudobého motocyklu.

U obvyklé konstrukce termostatu otevírá a uzavírá ventily tepelně roztažný člen. Tepelně roztažný člen (obr. 9) je tuhé kovové těleso pevní v tlaku, které je naplněno voskovitou, tepelně roztažnou, látkou. Do tepelně roztažné látky zasahuje píst uložený posuvně v pryžovém pouzdru, kterým je utěsněn proti tělesu termostatu. Na něj je upevněn talířek ventilu, který při studeném motoru uzavírá



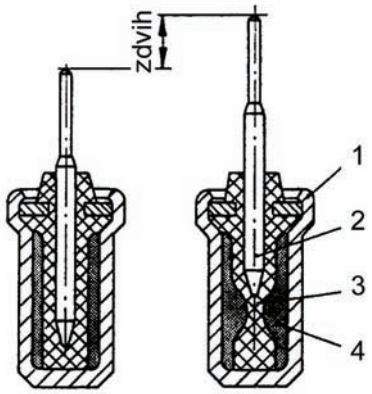
Obr. 8 Umístění termostatu u kapalinového chladicího systému (Yamaha FZS1000): 1 – hadice vyrovnávací nádržky, 2 – přívodní hadice chladicí kapaliny, 3 – výstupní hadice chladicí kapaliny, 4 – skříň termostatu.

průtok k chladiči a také talířek ventilu, který při tomto teplotním stavu uvolňuje zkrácené spojení k čerpadlu chladicí kapaliny.

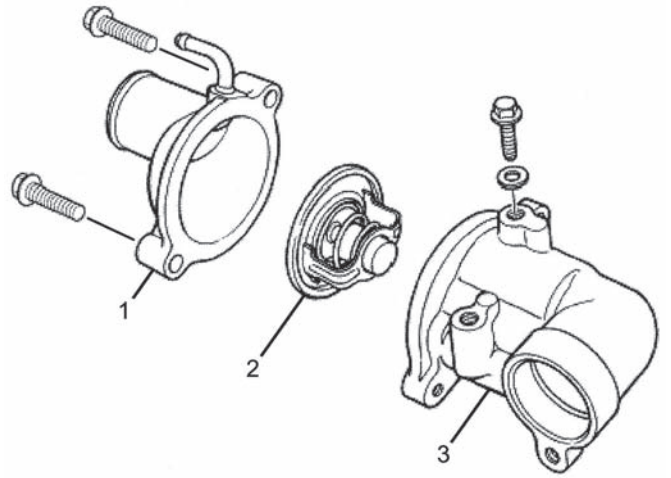
Vzrůstem teploty chladicí kapaliny na asi 80 °C se roztaví náplň z tepelně roztažné látky v tepelně roztažném členu, přičemž podstatně vzrůstá její objem a píst je z tělesa vytlačován. Pohybem kovového tělesa vůči pístu se otevře ventil ve zkráceném spojení. Při teplotě chladicí kapaliny asi 95 °C je velký okruh plně otevřen, chladič zapojen a malý okruh zcela uzavřen. Jestliže teplota chladicí kapaliny opět poklesne, tak pružina tlačí kovové těleso zpět proti pístu, ten se do něj zasune a zavírá tak ventil pro průtok k chladiči a otevírá ventil zkráceného spojení.

Hadice chladicí soustavy jsou pryžové s výztužnou vložkou tkanou z uhlíkových vláken (kevlar). Jsou vesměs tvarově jednoúčelové. Upevnění hadic navlečených na nátrubky je řešeno pružnými sponami z ploché pérové oceli, montovanými speciálními kleštěmi. Spony mají značný přítlak a obepínají hadici po celém vnějším průměru.

Přídavné chladicí systémy jsou zpravidla nutné pouze u vysokovýkonných motorů a u motorů, u kterých při ostré jízdě nestačí k dostatečnému chlazení nápor vzduchu. Kromě toho se tyto systémy uplatňují pro udržování teploty motorového oleje v zeměpisných oblastech se studeným podnebím.

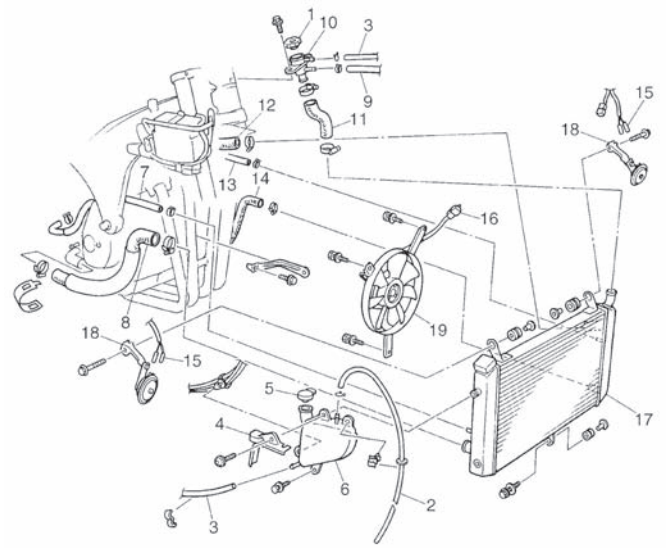


Obr. 9 Princip činnosti roztažného prvku termostatu: 1 – kovový obal, 2 – pracovní píst, 3 – pryžový plášť, 4 – roztažná látka.



Obr. 10 Termostat chladicího systému čtyřdobého čtyřválcového motoru (Yamaha FRJ130): 1 – pouzdro termostatu, 2 – termostat, 3 – pouzdro termostatu.

Olejový chladič je sice malý, ale funguje na podobném principu jako chladič v kapalinovém chladicím systému a zpravidla bývá umístěn v náporu vzduchu před motorem. Chladič oleje je propojen hadicemi s olejovým systémem motoru a horký motorový olej cirkuluje chladičem prostřednictvím olejového čerpadla. Po ochlazení se olej vrací zpět do motoru. v systému je, podobně jako v chladicím systému, termostat, který znemožňuje průtok oleje do chladiče za studena. Termostat tak umožňuje rychlejší zahřátí oleje po studeném startu nebo v zimě.



Obr. 11 Chladicí systém čtyřválcového motoru (Yamaha FRJ1300) – montážní rozklad: 1 – uzavírací víko chladiče, 2 – odvzdušňovací hadice vyrovnávací nádržky, 3 – hadice vyrovnávací nádržky, 4 – kryt víka vyrovnávací nádržky, 5 – víko vyrovnávací nádržky, 6 – vyrovnávací nádržka, 7 – odvzdušňovací hadice čerpadla chladicí kapaliny, 8 – výstupní hadice chladiče, 9 – odvzdušňovací hadice termostatu, 10 – plnicí hrdlo chladiče, 11 – plnicí hadice plnicího hrdla chladiče, 12 – přívodní hadice chladiče, 13 – hadice kontrolní jednotky, 14 – výstupní hadice chladiče oleje, 15 – konektor houkačky, 16 – konektor elektromotoru chladiče, 17 – chladič, 18 – držák houkačky (levý a pravý), 19 – ventilátor chladiče.

Mnozí výrobci považují olejový chladič za komplikaci a řeší chlazení jednoduše zvětšením zásoby oleje v motoru. Potom je blok motoru a blok válců vybaven chladicími žebry, která urychlují výměnu tepla. u motorů s olejovou vanou pod blokem motoru to lze jednoduše vyřešit zvětšením objemu olejové vany (BMW a Moto – Guzzi). Princip výše uvedeného opatření je jednoduchý. Čím více je v motoru oleje, tím kratší dobu musí olej omývat horká místa v motoru a tím delší dobu může odevzdávat své teplo v chladiči. Olejový chladicí systém může být ještě navíc podporován vlastním cirkulačním čerpadlem, které zajišťuje rychlejší cirkulaci oleje a zajišťuje, že se olej dostane v dostatečném množstvím ke všem místům vyžadujícím mazání a chlazení.

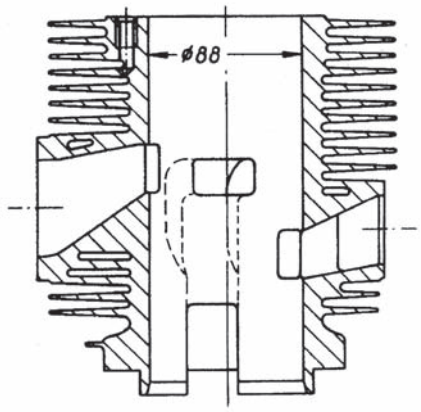
VZDUCHOVÉ CHLAZENÍ

V tomto případě je teplo vzniklé při spalování paliva ve válci motoru odváděno z ploch nejvíce tepelně zatížených přímo vzduchem. Ten je do soustavy chlazení vtlačován, nasáván nebo pouze náporem při jízdě přejímá teplo a odvádí je. u motocyklů je zatím rozšířenější vzduchové chlazení, i když se kapalinové chlazení používá stále více.

Výhodou vzduchového chlazení je jeho jednoduchost, nízké nároky na údržbu a opravy, rychlejší zahřívání motoru na provozní teplotu (odpadá předehřívání) a menší měrná hmotnost vozidla (odpadá chladič, potrubí, ventilátor, termostat) a není u něj potřeba dělat ochranná opatření proti mrazu.

Nevýhodou je vyšší hlučnost motoru (obtížné tlumení hluku, chladicí žebra fungují navíc jako zesilovače), nižší rovnoměrnost chlazení, větší nároky na utěsnění motoru vzduchem chlazené motory se rychle zahřívají a ochlazují; díly motoru se tak rychle roztahují a smršťují, a protože různé materiály mají různou teplotní roztažnost, musí se jednotlivé díly vyrábět s většími rozměrovými tolerancemi). Negativním důsledkem pak je větší spotřeba oleje a paliva během zahřívací fáze. Větší výrobní tolerance se negativně projevují také na výkonu motoru. Pístní kroužky, písty a stěny válců mají menší životnost.

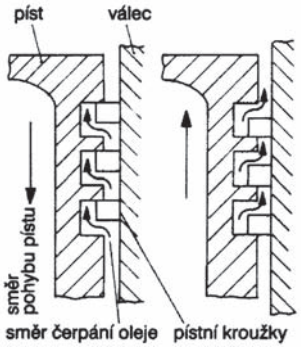
U motocyklů se používá **náporové chlazení**, kdy nezakrytý motor je ochlazován proudem vzduchu vznikajícím při jízdě. Chlazení není rovnoměrné a jeho intenzita značně závisí na teplotě okolí a rychlosti jízdy. Proto nesmíme vzduchem chlazený motor nechat



Obr. 12 Vzduchové chlazení – hlava válce dvoudobého motoru.

příliš dlouho běžet při stání, jinak by mohlo dojít k jeho poškození v důsledku přehřátí. u skútrů se používá ke zvýšení účinnosti vzduchového chlazení ventilátor.

Aby byl chladicí účinek co největší jsou součásti motoru opatřeny žebrováním, které zvětšuje styčnou plochu pro odvod tepla. Hlava válců a blok válců jsou tak samostatné pro každý válec motoru a opatřeny při výrobě žebrováním (obr. 12). Tato žebra jsou tenká a zabírají pokud možno co největší plochu a u moderních motorů se vyrábějí především z hliníkových slitin, stejně jako blok motoru. Žebra jsou na motoru umístěna tak, aby u nich co největší plocha byla obtékána náporem vzduchu vznikajícího při jízdě a aby usměrňovala proud vzduchu k nejteplejším místům motoru. Chladicí žebra na hlavě válců bývají zvláště veliká, protože k největšímu zahřívání dochází v okolí zapalovacích svíček a výfukových kanálů.



Obr. 13 Čerpání oleje vlivem vůle mezi pístními kroužky a drážkami – zvyšuje se spotřeba oleje.

MAZÁNÍ MOTORU

Za provozu motoru dochází mezi stykovými plochami buď ke tření kapalinnému nebo tření polosuchému. v prvním případě jsou třecí plochy odděleny vrstvičkou oleje, ve druhém dochází k částečnému kontaktu vrcholků nerovností třecích povrchů.

Kapalinné (hydraulické) **tření** se vyskytuje u ložisek klikového a vačkového hřídele a je umožněno přívodem tlakového oleje do ložiska. Vedle dostatečného přívodu oleje je podmínkou vzniku hydraulického tření i určitá minimální rychlost vzájemného pohybu třecích ploch a vznik mazacího klínu na vstupu do zatížené části ložiska.

Mezní, polosuché tření je umožněno polárními molekulami minerálního oleje, které jedním svým koncem přilnou ke kovovému povrchu třecích ploch, pokryjí celou stykovou plochu a spolu s volnými molekulami oleje vytvoří mezní vrstvu. v této vrstvě dochází k nárazům molekul na sebe a v nejzatíženějších místech dochází i ke styku kovových povrchů. Opotřebení povrchů i třecí ztráty jsou v tomto případě podstatně větší než u tření kapalinného. Mezní tření se vyskytuje na všech třecích plochách motoru, které nejsou tlakově mazány. Ale i v případě tlakového mazání ložisek klikového hřídele existují provozní režimy motoru, kdy dochází k polosuchému tření. Jedná se o start a doběh motoru. v těchto případech olejové čerpadlo nedodává dostatečné množství oleje a vzájemné rychlosti mazaných povrchů jsou příliš malé. k překonání těchto krátkodobých stavů slouží vlastnosti ložiskového kovu tenkostěnných ložiskových pánví, které jsou schopny zabezpečit pro potřebnou dobu odvod zvýšeného tepla vznikajícího při mezním tření.

Viskozita oleje v mazací vrstvě ovlivňuje u hydrodynamického mazání únosnost mazací vrstvy. Nesmí však být nepřiměřeně vysoká, protože s nárůstem viskozity vzrůstají hydraulické ztráty kapalinného tření což se projeví na mechanických ztrátách motoru i na ohřevu oleje v ložisku.

Účinnost chlazení motorového prostoru olejem je závislá na viskozitě použitého oleje. Čím vyšší je viskozita oleje tím vyšší je mezní vrstva ulpívající na stěnách součástí a tím menší je i přestup tepla do proudícího oleje. I když olej, vzhledem k malému měrnému teplu a špatné tepelné vodivosti, není nejvhodnějším chladicím médiem je z výše uvedeného zřejmé, že pro chlazení je vhodnější olej s nízkou viskozitou, tedy s větší tekutostí.

U současných motorů s moderní konstrukcí pístu je těsnicí účinek oleje poměrně malý. Výrazněji se projevuje u starších typů motorů s opotřebenou pístní skupinou. Pokud však u pístů jsou vytlučené drážky pro pístní kroužky a objevuje se čerpací účinek pohybu pístních kroužků, (při pohybu pístu mezi úvratěmi je pohybem pístních kroužků přečerpáván olej do spalovacího prostoru, obr. 13), vede použití viskóznějšího oleje pouze k nárůstu čerpacího účinku kroužků a tedy i ke zvýšení spotřeby motorového oleje.

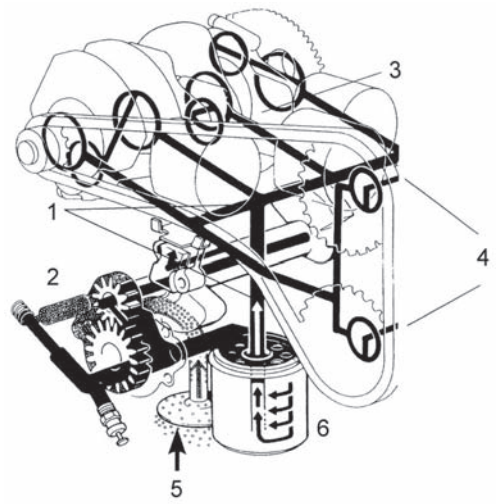
Protože proniknutí oleje do spalovacího prostoru není možno zabránit, je nutno zajistit, aby tento olej se spálil co nejdokonaleji tj., aby nevznikaly karbonové úsady ve spalovacím prostoru. Za jinak stejných podmínek roste množství úsad ve spalovacím prostoru s nárůstem viskozity použitého oleje.

Pro zabezpečení konzervace kovových ploch u stojícího motoru proti působení kyselin vznikajících s produktů hoření (oxidy síry a dusíku ve spojení s vodní parou, jako produktem spalování vodíku v palivu) jsou do olejů přidávány přísady zabezpečující potřebnou přilnavost ochranné olejové vrstvy po zastavení prohřátého motoru.

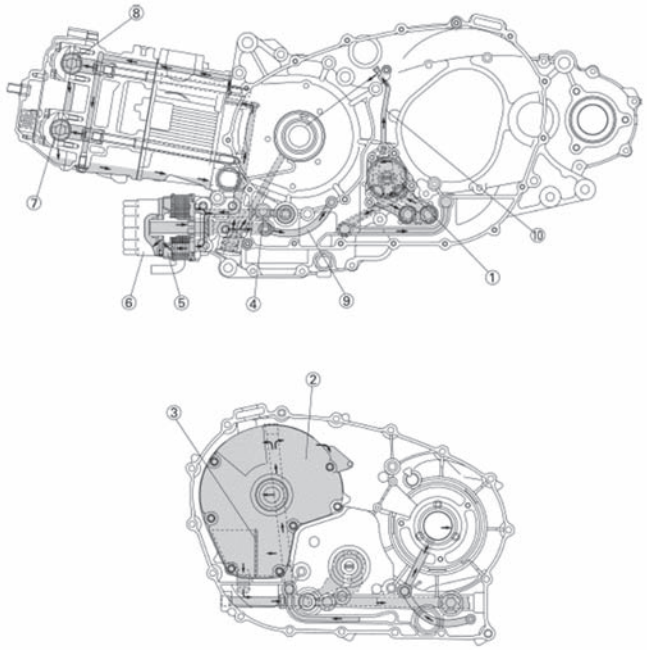
Hlavní funkcí mazací soustavy je vytvořit tenký olejový film na třecích plochách tak, aby se relativní pohyb součástí uskutečnil jako kapalinné tření. Výsledkem je snížení míry opotřebení součástí. Míra tření je tak převáděna z polosuchého tření na tření kapalinné. Zcela je nutné mazáním zamezit suchému tření součástí. Tím je dosaženo nejmenšího odporu proti pohybu součástí. Zároveň je úkolem mazání odvádět teplo, olej tak ochlazuje nejvíce tepelně namáhané součásti jako např. píst, a vymezovat provozní vůle smontovaných součástí. Například podle míry poklesu tlaku v mazací soustavě je možné posuzovat míru opotřebení hlavních a ojničních ložisek klikového hřídele motoru. Dalším úkolem mazání je chránit soustavu mazání a součásti mazané před korozí, odvádět nečistoty a zvyšovat těsnost pístní skupiny motoru. Tak je zabráněno průniku plynů do prostoru klikové skříně.

U motocyklů se používají čtyři provedení mazacích systémů:

1. s „mokrou“ klikovou skříní (čtyřdobé motory),
2. se „suchou“ klikovou skříní (čtyřdobé motory),
3. mazání čerstvým olejem prostřednictvím olejového čerpadla (dvoudobé motory),
4. mazání olejem namíchaným přímo v palivu (dvoudobé motory).



Obr. 14 Oběh oleje tlakového oběžného mazání s mokrou klikovou skříní: 1 – hlavní olejové vedení.



Obr. 15 Schéma oběhového olejového mazání se suchou klikovou skříní pro kapalinou chlazený čtyřdobý motor o objemu 499 cm^3 (skútr Yamaha XP 500): 1 – olejové čerpadlo, 2 – olejová nádrž, 3 – olejové síto, 4 – přetlakový ventil, 5 – olejový chladič, 6 – čistič oleje, 7 – výfukový vačkový hřídel, 8 – sací vačkový hřídel, 10 – přívodní vedení oleje.

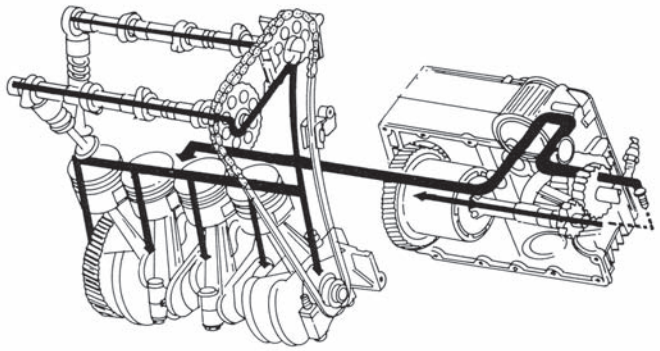
MAZÁNÍ ČTYŘDOBÝCH MOTORŮ

Používají se dva způsoby tlakového mazání (rozlišení podle umístění zásoby oleje):

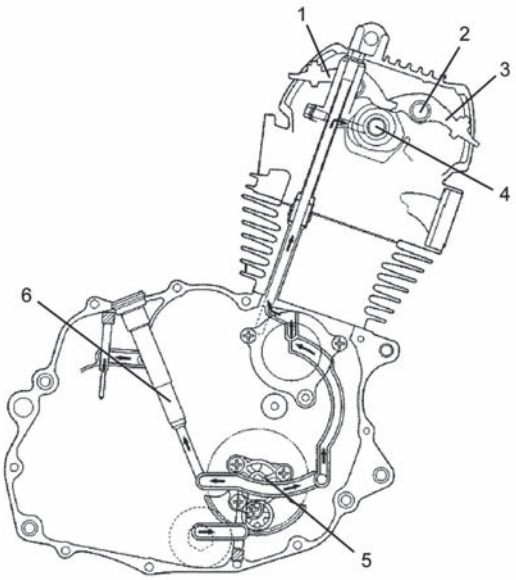
- mazání s mokrou skříní,
- mazání se suchou skříní.

Mazání s **mokrou klikovou skříní** (obr. 14) je tvořeno systémem, u kterého se obíhající olej shromažďuje ve spodním víku motoru, tj. nejníže položené části motoru neboli olejové vaně, která také slouží jako zásobárna oleje. u některých motorů může být olejová vana odnímatelná. z olejové vany je olej čerpán do mazacího okruhu olejovým čerpadlem. Hrubým čističem je sítko umístěné na sacím koši čerpadla. To zachycuje hrubé mechanické nečistoty a zamezuje jejich nasátí do systému, kde by mohly způsobit vážné poruchy mazání (ucpání soustavy). Aby bylo pro čerpadlo zaručeno spolehlivé nasávání oleje z jímky, jsou v ní často příčky, které zabraňují velkému přelévání oleje z místa sání čerpadla, např. při jízdě v zatáčce, při zrychlování a při brzdění. Povrch olejové jímky slouží také jako chladicí plocha zásoby oleje. Proto se olejové jímky často odlévají s chladicími žebry z lehkých slitin. Těsnění mezi olejovou jímkou a klikovou skříní tvoří u nových vozidel silikonové těsnicí tmely místo dřívějších plochých těsnění.

Mazání se **suchou klikovou skříní** (obr. 15) nemá olejovou vanu. Olej je dopravován olejovým čerpadlem přes oddělenou nádrž. Většinou se používají dvě čerpadla nebo zdvojené čerpadlo, po jednom na vstupní a výstupní straně olejové nádrže. Zvláštností přitom je, že sací čerpadlo na vstupní straně nádrže má větší



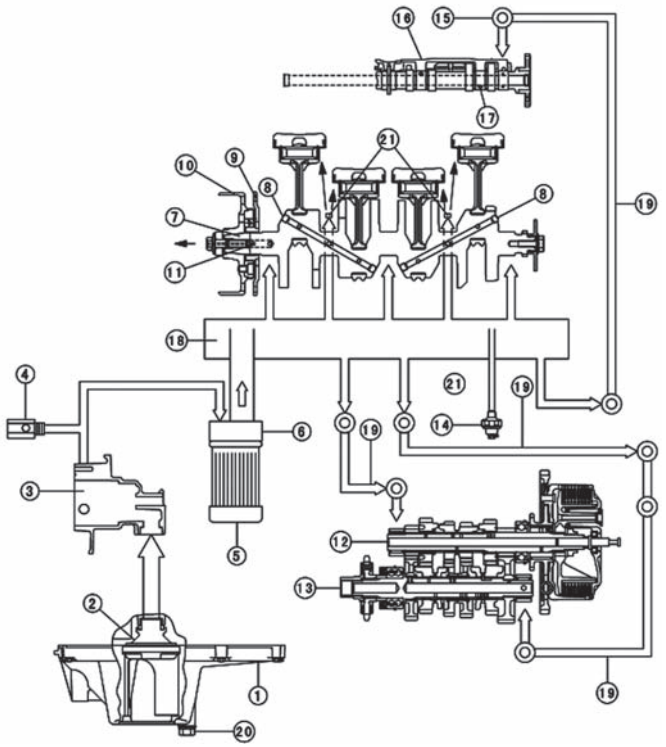
Obr. 16 Mazací systém motoru BMW K 100.



Obr. 17 Schéma mazání s mokrou skříní u vzduchem chlazeného dopředu skloněného čtyřdobého jednoválce SOHC Yamaha TW125, zdvihový objem 124 cm^3, vrtání × zdvih 57,0 × 48,8 mm, kompresní poměr 10,0: 1, karburátor Teikei Y24P/1: 1 – sací vahadlo, 2 – vahadlový hřídel, 3 – výfukové vahadlo, 4 – vačkový hřídel, 5 – olejové čerpadlo, 6 – tlačná tyčka.

výkon než druhé čerpadlo, které tlačí olej do mazaných míst (tím se zabraňuje akumulaci oleje). Výhodou tohoto systému je to, že zajišťuje spolehlivé mazání i při rychlé jízdě v ostrých zatáčkách. u motorů s mokrou klikovou skříní se totiž olejová náplň působením odstředivých sil a sil působících při brzdění a akceleraci pohybuje a hladina oleje se může ocitnout mimo sací hrdlo olejového čerpadla, které pak nasává vzduch.

Příklady tlakového oběžného mazání motocyklových motorů jsou na obr. 16 až 24.

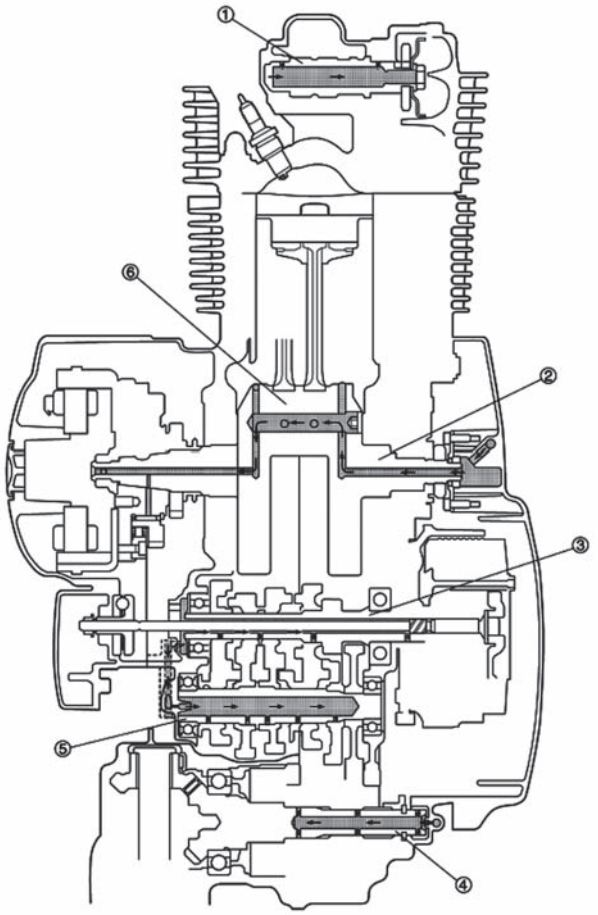


Obr. 18 Schéma systému nuceného mazání s mokrou olejovou vanou a chladičem oleje pro čtyřválcový kapalinou chlazený motor o objemu 636 cm³ (Kawasaki ZX636): 1 – olejová vana, 2 – síto olejového čerpadla, 3 – olejové čerpadlo, 4 – pojistný ventil, 5 – čistič oleje, 6 – chladič oleje, 7 – klikový hřídel, 8 – k ojničním čepům, 9 – výsuvná spojka spouštěče, 10 – rotor alternátoru, 11 – olejový kanál pro výsuvnou spojku spouštěče, 12 – hnací hřídel, 13 – výstupní hřídel (hnaný, hlavní hřídel), 14 – tlakový olejový spínač, 15 – hlava válců, 16 – horní víko motoru, 17 – vačkový hřídel, 18 – olejový kanál, 19 – olejové potrubí, 20 – vypouštěcí zátka oleje, 21 – olejové trysky.

V motoru nejvíce vyžadují mazání tato místa:

- ložiska klikového hřídele
- ojniční ložiska a pístní čepy
- u vysokovýkonných motorů se používají olejové trysky k chlazení spodních stran pístů
- ložiska vačkového hřídele, samotný vačkový hřídel a součásti ventilového rozvodu
- ozubená kola primárního převodu a pohon vačkového hřídele
- motorový olej se často používá i k mazání převodovky

Většina dnešních čtyřdobých motorů má společný olejový oběh pro motor a pro převodovku. Stále však existují některé značky



Obr. 19 Schéma mazání s mokrou klikovou skříní pro vzduchem chlazený čtyřdobý zážehový dvouválcový V-motor s jedním vačkovým hřídelem SOHC o objemu 1063 cm³ se dvěma karburátory (Yamaha XVS1100A): 1 – vačkový hřídel, 2 – klikový hřídel, 3 – hlavní (hnaný) hřídel, 4 – střední hnací hřídel, 5 – hnací hřídel, 6 – hlava ojnice.

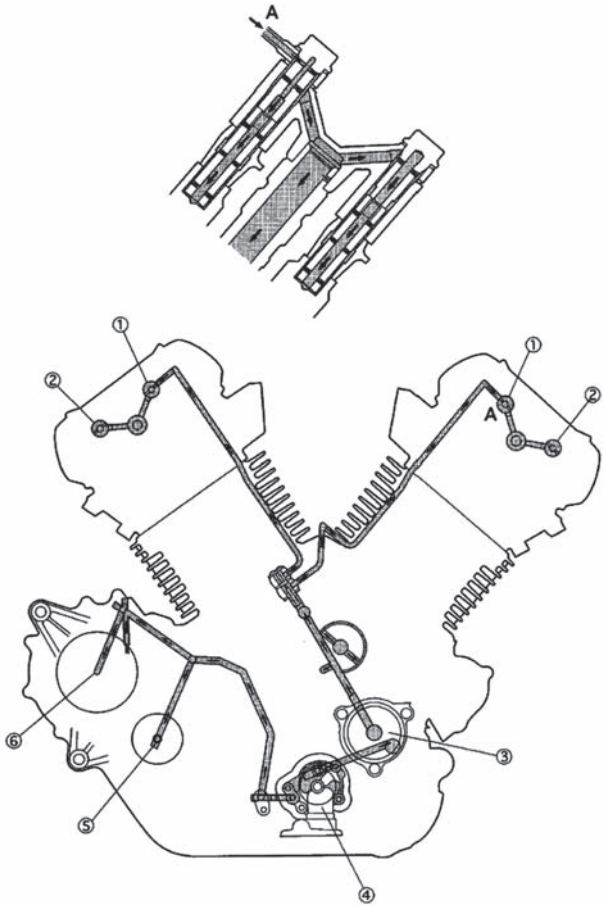
motorů, které mají motor oddělený od převodovky, např. boxery nebo řadové motory BMW, Moto Guzzi V2, Honda CX 500 a hlavně motory Harley-Davidson (kvůli tradici) a všechny starší anglické motory.

Některé součásti, jako např. stěny válců, písty a některá ozubená kola jsou mazána olejem rozstřikovaným od ostatních pohybujících se součástí. Ponorné mazání znamená mazání dílů pohybujících se v olejové lázni. To se používá např. u manuálních převodovek a u kardanového pohonu zadního kola.

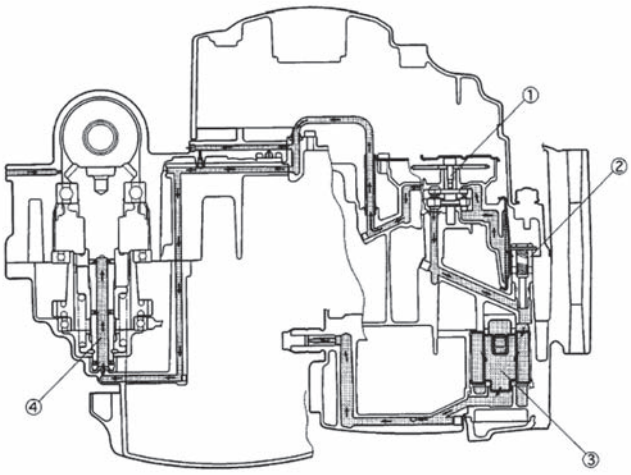
U klikových hřídelů uložených ve valivých ložiskách se většinou používají zubová olejová čerpadla. Valivá ložiska jsou méně náročná na mazání než ložiska kluzná. u valivých ložisek se tlak hřídele rovnoměrně rozkládá na množství válečků nebo kuliček, které dohromady zabírají menší plochu vyžadující mazání.

Kluzná ložiska potřebují k mazání vysoký tlak, protože olejový film se musí vtlačit mezi pánev ložiska a rotující čep. v takovém případě se používají trochoidní (Eatonova) čerpadla, která jsou schopna vyvinout dostatečný tlak.

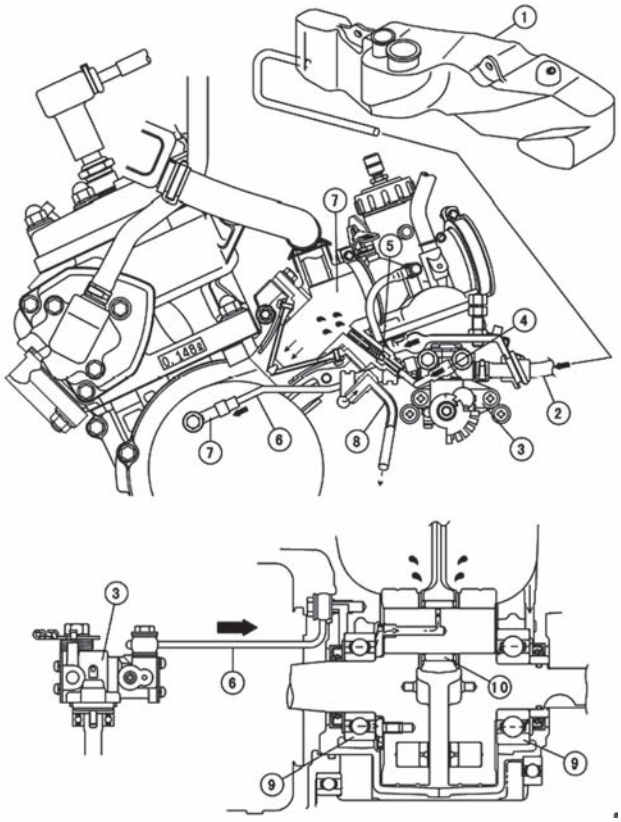
Zubové čerpadlo (obr. 25) se skládá ze skříně v jejíž dutině jsou uložena dvě stejná ozubená kola, která jsou spolu v záběru. Hnací kolo je spojeno s hnacím hřídelem, hnané kolo je uloženo otočně



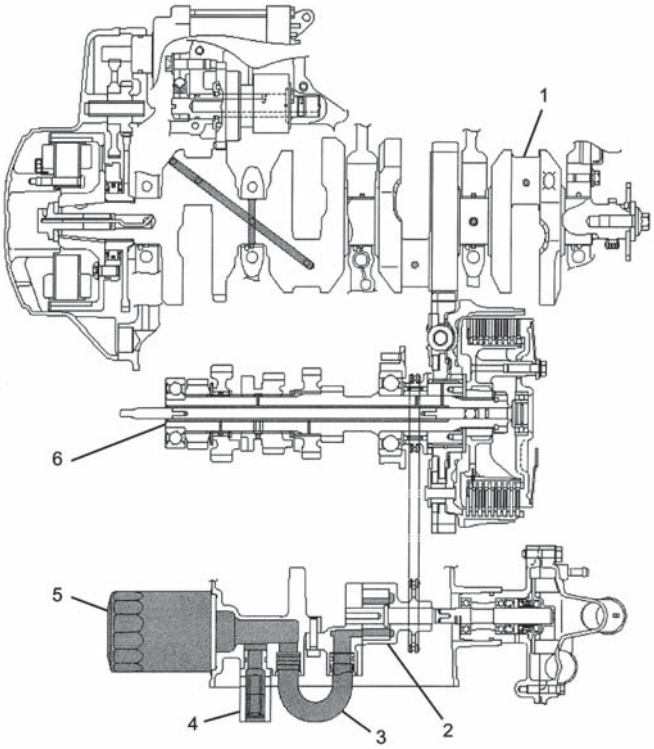
Obr. 20 Schéma mazání s mokrou klikovou skříní pro vzduchem chlazený čtyřdobý zážehový dvouválcový V-motor s jedním vačkovým hřídelem SOHC o objemu 1063 cm³ se dvěma karburátory (Yamaha XVS1100A): 1 – sací vahadlo, 2 – výfukové vahadlo, 3 – čistič oleje, 4 – olejové čerpadlo, 5 – hnací hřídel, 6 – střední hnací hřídel (pro pohon kloubového hřídele sekundárního převodu).



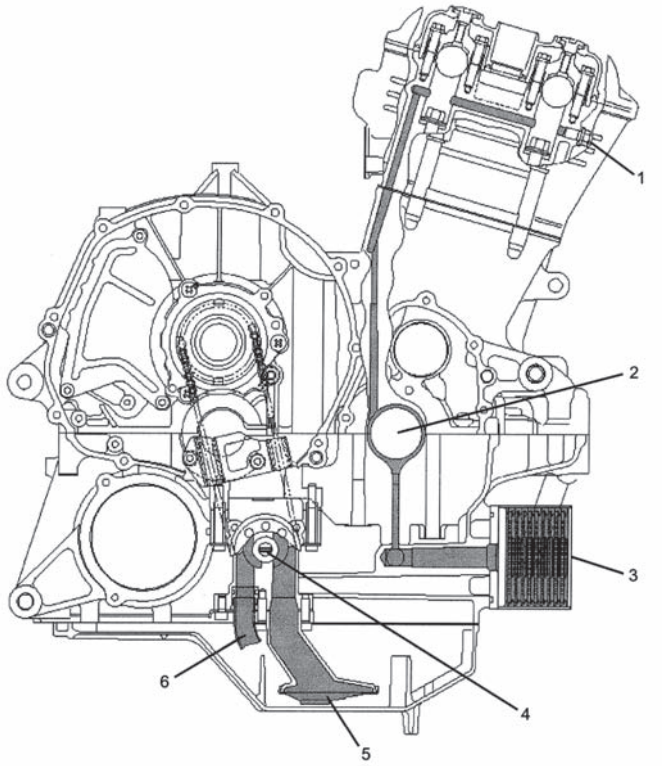
Obr. 21 Schéma mazání s mokrou klikovou skříní pro vzduchem chlazený čtyřdobý zážehový dvouválcový V-motor s jedním vačkovým hřídelem SOHC o objemu 1063 cm³ se dvěma karburátory (Yamaha XVS1100A): 1 – olejové čerpadlo, 2 – přetlakový ventil, 3 – čistič oleje, 4 – střední hnací hřídel (pro pohon kloubového hřídele sekundárního převodu).



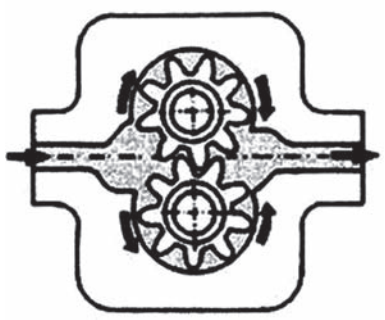
Obr. 22 Systém mazání dvoudobého jednoválce o objemu 148 cm³ – vstřikování oleje pro vzduchem chlazené dvoudobé motory (Kawasaki KR150-K4 Ninja RR): 1 – olejová nádrž 1,2 l, 2 – přívodní hadice, 3 – olejové čerpadlo, 4 – výstupní potrubí (k sacímu potrubí), 5 – pojistný ventil, 6 – výstupní potrubí (ke klikovému hřídeli), 7 – pojistný ventil, 8 – odvzdušňovací hadice, 9 – kuličkové ložisko, 10 – jehlové ložisko.



Obr. 23 Tlakové oběhové mazání s mokrou skříní (Yamaha FRJ1300): 1 – klikový hřídel, 2 – olejové čerpadlo, 3 – olejové vedení, 4 – přetlakový ventil, 5 – vložka čističe oleje, 6 – vstupní hřídel převodovky.



Obr. 24 Tlakové oběhové mazání s mokrou skříní (Yamaha FRJ1300): 1 – kontrolní šroub oleje, 2 – klikový hřídel, 3 – chladič oleje, 4 – olejové čerpadlo, 5 – olejové síto, 6 – olejové vedení.
Potřebné množství mazacího oleje a jeho dopravu k mazacímu místu zajišťuje zubové čerpadlo nebo trochoidní (Eatonovo) olejové čerpadlo.



Obr. 25 Zubové olejové čerpadlo.

na čepu. Při otáčení kol vzniká za místem záběru v mezerách mezi rozestupujícími se zuby podtlak (sací prostor). Olej se nasává do mezer mezi zuby a po obvodě kol je dopravován na výtlačnou stranu. Zde jdou zuby opět do záběru, objem mezer mezi zuby se zmenšuje, a tím je olej vytlačován do výtlačného potrubí.

Trochoidní čerpadlo (obr. 26) je objemové čerpadlo s vnějším rotorem s vnitřním ozubením a vnitřním rotorem s vnějším ozubením (tvar křivek boků zubů je trochoidní). Oba rotory mají **malý počet zubů**, přičemž vnitřní rotor má o jeden zub méně než vnější rotor a je spojen s hnacím hřídelem, obvykle klikovým hřídelem. Ozubení vnitřního rotoru je tvarováno tak, že se každý zub dotýká vnějšího rotoru a úplně utěsňuje vznikající prostory. Při otáčení rotorů se na sací straně pracovní prostory uzavřené zuby postupně zvětšují, čerpadlo nasává. Na výtlačné straně se odpovídajícím způsobem prostory zmenšují a olej je vytlačován do výtlačného vedení. Protože se olej současně přepravuje do výtlačného vedení z několika komor čerpadla, trochoidní rotační čerpadlo pracuje rovnoměrněji, než čerpadlo zubové. Při velkém přepravním proudu může vytvářet vysoké tlaky.

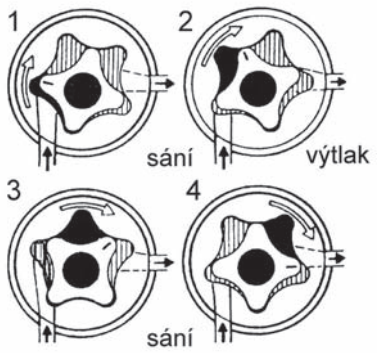
Montážní rozklad trochoidního olejového čerpadla znázorňuje obr. 27.

Stav a spotřeba motorového oleje jsou důležitými ukazateli stavu motoru. Vysoká spotřeba oleje je obvykle následkem opotřebení motoru. vizuálně je rozpoznatelná podle namodralého výfukového dýmu, především při pojíždění bez plynu.

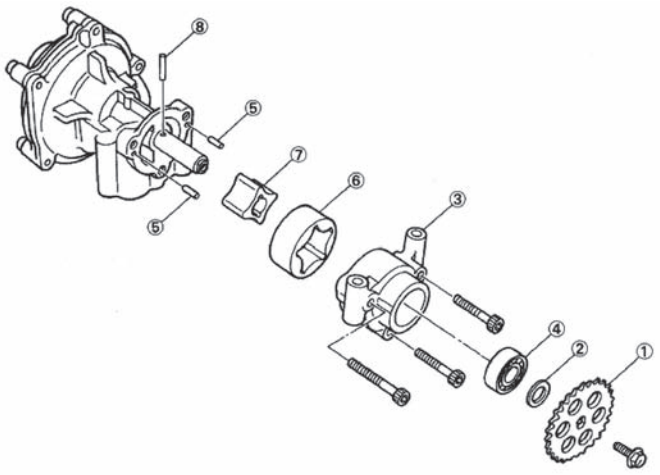
Nejčastějšími příčinami jsou:

- vysoké opotřebení třecích ploch válců, resp. vložek válců,
- opotřebované nebo popraskané pístní kroužky,
- vadné těsnění hlavy válce,
- opotřebovaný dřík ventilu.

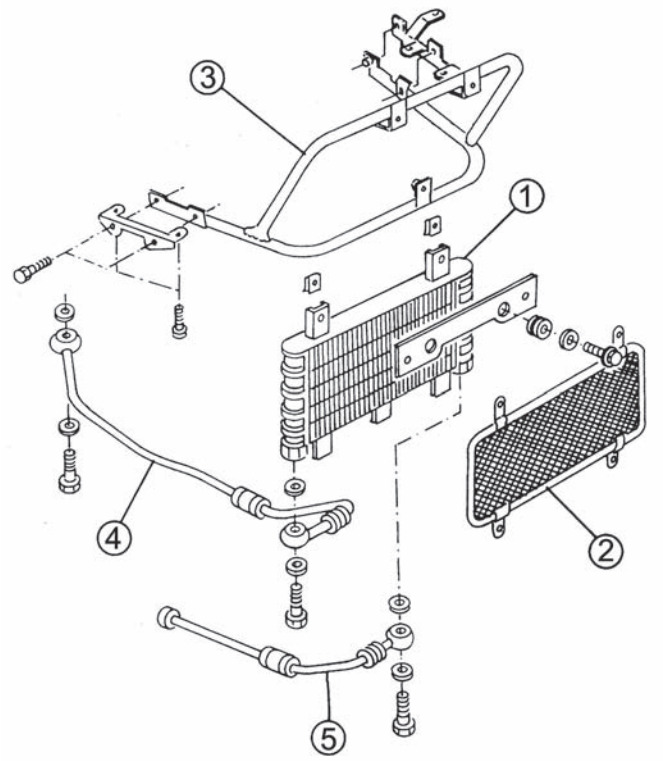
Aby si motorový olej za všech podmínek udržel dostatečnou mazací schopnost a chladicí účinek, nesmí být příliš zahřátý. Většinou postačí, je-li olejová vana chlazena vzduchem. Chladicí účinek může poněkud zvýšit olejová vana z lehké slitiny s chladicími žebry. Teplotně velmi zatěžované motory vyžadují



Obr. 26 Eatonovo trochoidní objemové čerpadlo: čtyři pracovní polohy – viz rysku na hvězdicovém rotoru.



Obr. 27 Trochoidní olejové čerpadlo pro mazání motoru Yamaha FZS1000: 1 – hnací pastorek, 2 – podložka, 3 – skříň, 4 – ložisko, 5 – kolík, 6 – vnější rotor čerpadla, 7 – vnitřní rotor čerpadla, 8 – kolík.



Obr. 28 Díly chladiče motorového oleje pro čtyřválcový motor (Triumph): 1 – chladič oleje, 2 – ochrana proti nárazům kamení, 3 – pomocný rám, 4 – přívodní potrubí oleje, 5 – zpětné potrubí oleje.

dodatečné chlazení motorového oleje (asi na 85 °C) prostřednictvím chladiče oleje. Rozlišujeme chladiče oleje chlazené kapalinou a vzduchem. Motorový olej se podílí také na chlazení motoru. Jestliže má olej příliš vysokou teplotu, snižuje se jeho viskozita a tím mazací schopnosti. k odvodu tepla z olejové jímky slouží chladicí žebra.

Chladiče oleje jsou používány u motorů, které jsou více provozně namáhány nebo jsou chlazeny vzduchem. Konstrukce chladičů oleje je obdobná jako chladičů, používaných pro chlazení motorů kapalinou (obr. 28). Rozdíl je v tom, že tyto chladiče odolávají většímu tlakovému zatížení než při chlazení vodním. Kapalinou chlazené chladiče oleje jsou připojeny na oběh chladiva v motoru. u vzduchem chlazených chladičů je olej chlazen proudem vzduchu.

K čištění oleje u čtyřdobých motorů od nečistot slouží olejový filtr. Bez olejového filtru by motor rychle podléhal opotřebení. Proto je zapotřebí olejový filtr pravidelně vyměňovat. Filtrační vložky se vyrábějí ze skládaného papíru a ukládají se do odděleného pouzdra na nebo v bloku motoru. Kromě toho se používají jednodílné filtrační patrony (filtrační vložka v plechovém pouzdru), které lze přímo přišroubovat zvenku na motor.

U olejových filtrů rozlišujeme průtokové a obtokové provedení. u provedení s průtokovým filtrem protéká olejovým filtrem před přivedením k mazaným místům veškerý olej tlačený olejovým čerpadlem. Olejový filtr je pak vybaven přepouštěcím ventilem, který zajišťuje obtok olejového filtru a mazání motoru (avšak nefiltrovaným olejem) v případě ucpání filtrační vložky. Dále je v systému přetlakový ventil, který při příliš vysokém tlaku oleje odvádí část oleje zpět do olejové vany nebo nádrže. Příliš vysoký tlak může vzniknout za studena při průtoku hustého oleje potrubím. Dále je ve stoupajícím olejovém vedení jednocestný ventil, který zabraňuje stečení oleje z výše položených mazaných míst zpět do olejové vany po zastavení motoru. Po nastartování motoru je tak zajištěna okamžitá dodávka oleje do těchto míst.

U systému s obtokovým filtrem protéká filtrem vždy jen malá část proudu čerpaného oleje. Olej se tak čistí pomaleji, ale máto i své výhody:

- olejový filtr může být jemnější a může olej čistit lépe než průtokový filtr a filtrační vložka neklade proudu oleje velký odpor.
- při ucpání filtru nedojde k přerušení zásobování motor olejem, a proto není zapotřebí přepouštěcí ventil.

Olejová náplň v motoru má mít přesně stanovený objem. Přebytek oleje v motoru zvyšuje tlak v klikové skříni, protože klikový hřídel a vyvažovací závaží se musí prodírat větší hmotou oleje. Vysoký tlak oleje může poškodit olejová těsnění. Kromě toho může olej při vyšších otáčkách vytékat z odvzdušňovacího potrubí motoru. Pokud je odvzdušnění vyvedeno do vzduchového filtru (často u moderních motorů), dojde pak k zanesení vzduchové filtrační vložky. Následkem je nedostatečné zásobování motoru vzduchem, pokles výkonu a zvýšení spotřeby paliva. Pokud do motoru nalijeme opravdu mnoho oleje bude motor velmi silně kouřit a bude se zahlcovat. Pokud je odvzdušnění motoru vyvedeno mimo, bude olej vytékat z motoru ven.

Při nedostatku oleje se urychluje opotřebení motoru a při zřetelném nedostatku oleje může dojít k vážným škodám. Klikový hřídel rozpění malou náplň v olejové vaně. Vzduchové bublinky pak snižují mazací účinek oleje. Následkem je nedostatečné mazání a přehřívání ložisek, pístů a stěn válců. Motorový olej se příliš zahřívá a ztrácí své mazací vlastnosti, které má při ideální provozní teplotě. Dochází k narušení molekulových řetězců aditiv obsažených v oleji, což má negativní vliv na mazací vlastnosti oleje.

MAZÁNÍ DVOUDOBÝCH MOTORŮ

U dvoudobých motorů se používá mazání olejem přimíchaným v palivu nebo vstřikováním čerstvého oleje prostřednictvím čerpadla.

První způsob vyžaduje používání paliva namíchaného v přesném poměru s určitým malým množstvím dvoutaktního oleje. Podle typu motoru se olej s palivem míchá nejčastěji v poměru 1:50, 1:40, 1:25 nebo 1:20.

Špatně namíchanou směs oleje a paliva poznáme podle následujících příznaků.

Příliš **bohatá směs** (např. 1:25 namísto 1:50) – motor silně kouří, špatně běží, jde velmi těžko nastartovat a zanášejí se olejem zapalovací svíčky. Motor ztrácí výkon. Pokud budeme na bohatou směs jezdit příliš dlouho, začnou se v motoru a ve výfuku v hojné míře tvořit saze a karbonové usazeniny.

Příliš **chudá směs** (např. 1:40 namísto 1:20) – motor se přehřívá, v důsledku nedostatečného mazání může dojít k zadírání pístů. Při dlouhém ježdění na chudou směs může dochází k poškození

ojničních ložisek a ložisek klikového hřídele. Kromě toho se rychle opotřebovávají pístní kroužky a stěny válců.

Výhodou mazání přimíchávaným olejem je jednoduchost. Nevýhodou je to, že při ubrání plynu se přestane dostávat do válců směs paliva, vzduchu a oleje, nebezpečně rychle se zhorší mazací účinek a olej se nedostane ke všem mazaným místům v motoru. Například při dlouhých sjezdech v horách bez přidávání plynu může dojít i k poškození motoru. s tím je spojeno nadbytečné mazání motoru při jízdě na plný plyn, kdy se do motoru dostává s palivem naopak nadbytek oleje. To podporuje vznik sazí a karbonových usazenin, což má negativní vliv na životnost a výkon motoru.

Kvůli zajištění ideálního mazání motoru při všech provozních podmínkách bylo vyvinuto mazání čerstvým olejem dávkovaným čerpadlem z oddělené nádrže. Olejové čerpadlo je většinou spřáhnuté s rukojetí plynu a vstřikuje olej do karburátoru nebo sacích kanálů, kde se míchá s palivem. u některých vysokovýkonných dvoudobých motorů taktů se olej vstřikuje i do klikové skříně. Toto provedení je velice účinné, ale výrobně náročné a drahé.

V klikové skříni dvoutaktního motoru olej z paliva kondenzuje. k tomu se přičítá i působení odstředivých sil od klikového hřídele a těžší olejové kapičky se oddělují od lehčích kapiček paliva. Valivá ložiska používaná u klikových hřídelů dvoudobých motorů vyžadují k mazání extrémně málo oleje, a proto jim stačí olej rozředěný v palivu. k ideálnímu stavu dochází po zahřátí motoru na provozní teplotu (což je u dvoutaktů rychlý proces). Palivo se v klikové skříni odpařuje a většina oleje stéká dolů do klikové skříně. Přesto se s palivem dostává nezanedbatelná část oleje do válců, kde dochází k jeho spalování.

Mazání ložisek klikového hřídele, ojničních ložisek a stěn válců tedy zajišťuje olej stékající do klikové skříně a olej dostávající se s palivem do válců. Kromě toho přispívají k mazání pístních kroužků zbytky oleje po shoření palivové směsi.

U dvoudobých motorů se nepoužívá společné mazání motoru a převodovky. u některých motorů se dokonce používá mazání vnějších ložisek klikového hřídele prostřednictvím mazacího systému převodovky. Klasické dvoudobé motory nemají vlastní olejovou náplň v bloku motoru, a proto u nich odpadají starosti s výměnou oleje. Olej se musí případně pouze doplňovat do zásobní nádržky.

MOTOROVÉ OLEJE

Mazací oleje jsou směsi uhlovodíků, s velkými molekulami, které jsou získávány z ropy destilací za sníženého tlaku. Snížení tlaku při destilaci minerálních olejů z ropy je nutné z toho důvodu, že tyto frakce se za normálního tlaku nedestilují při teplotě nižší než 400 ^{o}C, přičemž teplota karbonizace oleje za normálního tlaku je cca 220 ^{o}C. Proto také oleje nejsou na rozdíl od paliv charakterizovány destilačním rozmezím, ale viskozitou.

Rafinací ropy získáme produkty, které po odparafínování navzájem mísíme pro dosažení požadované viskozity. Dále jsou přidávány různá aditiva a látky potřebné pro dosažení požadovaných vlastností mazacího oleje.

Stárnutí oleje způsobují chemické změny probíhající v oleji za provozu a znečišťování oleje látkami, které do něj pronikají. Tyto látky mohou být v oleji rozpustné, nebo nerozpustné a jsou rozptýleny v oleji jako mechanické nečistoty.

Oxidací oleje za zvýšené teploty dochází ke vzniku látek kyselého charakteru napadajících materiál ložisek v klikové skříni motoru a dále pak olejového kalu. Olejový kal se usazuje na stěnách mazacích kanálů a klikové skříně a v důsledku působení zvýšených teplot tuhne a omezuje průtok oleje.

Životnost oleje v motoru je tedy dána dobou od počátku provozu do okamžiku, kdy nastává usazování kalů na stěnách motoru, případně nadměrného nahromadění látek kyselého charakteru v objemu oleje.

Viskozita mazacího oleje v motoru ovlivňuje kvalitu mazání. Při hodnocení viskozity použitého motorového oleje je však nutno respektovat významnou závislost viskozity oleje na jeho teplotě. v zásadě existují dva mezní teplotní stavy motoru, které určují požadavky na viskozitu oleje.

Za prvé je to zabezpečení minimální viskozity motorového oleje při maximální provozní teplotě oleje. Snížení viskozity oleje pod tuto hodnotu může vyvolat pokles únosnosti mazací vrstvy oleje v ložiscích klikového hřídele tak, že dojde ke kontaktu povrchů čepu a ložiskové pánve a k zadření klikového hřídele.

Za druhé je to případ spouštění studeného motoru, kdy maximální viskozita oleje za nízkých teplot určuje startovatelnost motoru. Současně i vysoká viskozita prodlužuje čas potřebný k zaplnění mazacího systému motoru a tedy i dobu zvýšeného opotřebovávání stykových ploch mazaných dílů motoru. motorů a automobilů.

Olej v motoru je vystaven tepelnému, chemickému a mechanickému namáhání. Tím dochází ke stárnutí a znečištění oleje, který postupně ztrácí své mazací schopnosti. Mezi pístem a válcem pronikají do klikové skříně plyny, které způsobují oxidaci oleje (stárnutí). Mechanické nečistoty lze odstranit vhodným čističem.

Motorový automobilový olej je produkt rafinovaný z ropy, přírodní suroviny, která je zdrojem ještě dalších polotovarů nebo konečných produktů. Aby získal vlastnosti, které jsou požadovány a aby plnil funkci mazacího média, musí být dále upraven podle požadavků. Vysoké nároky na viskozitu, odolnost proti tepelnému, chemickému a mechanickému namáhání kladou na současné motorové oleje vysoké nároky.

Mezi hlavní přísady, které zlepšují vlastnosti oleje jsou tyto látky a přísady:

- přísady zvyšující viskozitu, zvláště ve vztahu k teplotě, tzv. viskózní index; (tj. rozdíl mezi viskozitou teplého a zahřátého oleje).
- antioxydanty, látky snižující stárnutí oleje, prodlužují dobu použití a skladování;
- detergenty, látky zamezující usazení kalových částic oleje v mazací soustavě;
- inhibitory, jako látky schopné tyto nečistoty na sebe vázat a odlučovat je od sebe v čističích;
- disperzanty, látky zamezující tvorbě studených kalů;
- látky zabraňující korozivnímu působení oleje;
- přísady omezující pěnění oleje.

Tyto látky jsou přísadami oleje. Jako přísady se mohou objevit dodatečně přidávané látky, které snižují míru tření, opotřebení součástí, lépe odvádějící teplo apod. Pokud jsou tyto látky dodatečně přidávány do oleje a jsou na bázi kovů např. teflonu v malé míře mohou snížit tření a zlepšit tak vlastnosti oleje.

Při dlouhodobém působení a hlavně odstavení vozidla se tyto látky usazují na dně olejové nádrže a do mazací soustavy se nedostanou.

Dříve se rozlišovaly oleje i podle ročního období na oleje zimní a letní. Současné oleje jsou použitelné celoročně a jejich hlavním kriteriem pro výměnu je posouzení množství obsahu nečistot v oleji v okamžiku kontroly. Ta se provádí podle provozních podmínek při pravidelné údržbě důsledným rozborem oleje, kdy zjišťujeme obsah nečistot.

Nečistoty lze rozlišit na:

- nečistoty mechanické, vzniklé přepalováním oleje vlivem nedostatečného chlazení nebo přetížením motoru v provozu (karbon),
- nečistoty z prachu, které se do oleje dostanou jako mikročástice z ovzduší,
- zbytky paliva, zvláště u vznětových motorů (netěsnost vstřikovacích trysek, elementů čerpadla apod.),
- kovové částice, ty lze dále rozlišit na částice obsahující hliníkový kov (opotřebení ložiskového kovu uložení klikového hřídele, pístů), ocelové částice, zbytkové částice při opotřebení ozubených kol rozvodů, hřídelů apod.

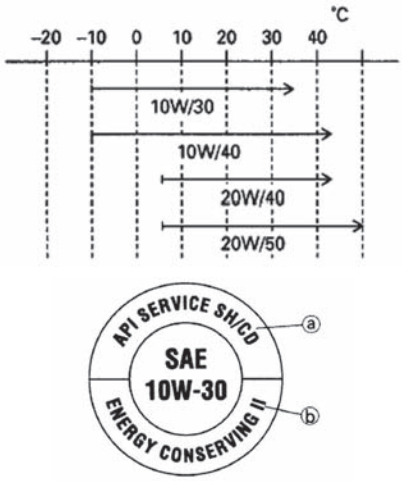
Původní rostlinné olej byly nahrazeny plně oleji minerálními a navíc jsou recyklovány použité oleje. u minerálních olejů je rozhodujícím parametrem jejich viskózní index. To znamená že olej si musí při vysokých teplotách zachovat stejné vlastnosti, které má jako olej studený, nebo tato změna musí být velmi malá. Nesmí být příliš řídký, aby si uchoval schopnost vytvářet olejový film na součástech, které od sebe odděluje. Je-li však tento druh minerálního oleje nadměrně zatížen tepelně nebo mechanicky, může dojít k jeho znehodnocení, které může vést až k havárii motoru.

Z těchto důvodů jsou vyráběné oleje klasifikovány a zařazeny podle klasifikace do jednotlivých tříd, které určují i rozsah použití v konkrétních motorech, vznětových, zážehových, osobních a nákladních automobilů.

Motory pracující v extrémních provozních podmínkách pak používají oleje polosyntetické nebo plně syntetické. Ty jsou vyráběny hydrokrakováním parafínu, který vzniká zpracováním ropy. Nejkvalitnější jsou oleje plně syntetické, kdy z výchozí suroviny (surový benzin) je zvláštní technologií získán olej vynikajících vlastností. u tohoto oleje je obsah síry, chloru a fosforu zredukován na minimum a je tak vhodný pro použití v motorech s katalyzátorem.

Pro současné zážehové a vznětové motory všech kategorií a použití jsou kladeny při použití oleje tyto základní nároky:

- olej musí dostatečně mazat součásti s rozlišným druhem tření, kluzné, valivé a polosuché;
- musí sdílet teplotní zatížení, odvádět teplo z namáhaných míst (pístu, válců, hlavy a pod);
- musí dotěsnit součásti, dovymezovat provozní vůle a utěsnit tak tyto součásti (píst, klikový mechanismus, dříky ventilů apod.);
- chránit proti korozi;
- snížit míru opotřebení součástí;
- mít co nejdelší životnost, udržet vlastní čistotu a čistotu částí motoru;
- mít schopnost nevytvářet pěnu, nepěnit.



Obr. 29 Vztah viskozity oleje a teploty. Pro motocykly se nesmějí používat oleje pro vznětové motory CD (a) ani oleje specifikace „ENERGY CONSERVING II“ (b).

Základním parametrem pro hodnocení oleje je jeho viskozita, jako míra vnitřního tření kapaliny, způsobená odporem molekul při vzájemném pohybu. Jednotkou je kinematická viskozita (m^2/s). Měří se průtokem kapaliny kapilárou. Čím je kapalina hustší, tím je větší její váha a průtok je větší.

Násobením kinematické viskozity hustotou oleje dostaneme dynamickou viskozitu (Nsm^{-2}). Viskózní index je závislost viskozity na teplotě a je vyjádřen jedním číslem. Čím je toto číslo vyšší, tím je menší teplotní gradient viskozity, je i současně plošnější průběh teplotně viskózní křivky a oleje je pro použití vhodnější. Jeho viskozita se s teplotou mění jen velmi málo.

Od roku 1911, kdy byla zavedena klasifikace olejů SAE, jsou používány tyto klasifikační označení současně vyráběných olejů:

- viskózní klasifikace SAE (Society of Automotive Engineers),
- klasifikace olejů API (American Petroleum Institute),
- klasifikace olejů ACEA (Association des Constructeurs Europeens d´ Automobile).
- klasifikace olejů CCMC (Committee des Contstructeurs d‘Automobiles du Marche Commun)

Podle SAE je definováno jedenáct viskózních tříd olejů, z nichž šest nese označení W (Winter – zima): 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W. Tyto stupně se týkají nejnižší teploty, při které je viskozita dostatečně vysoká, aby umožnila spuštění motoru. Pro olej 0W je takto předepsána teplota –30 °C, pro vyšší třídy pak vždy o 5 °C více, až pro olej 25W je to teplota –5 °C.

Dalších pět viskózních tříd 20, 30, 40, 50, 60 popisuje vlastnosti oleje při pracovních teplotách. Jsou definovány jako rozsah viskozit měřených při 100 °C. Zjednodušeně řečeno, má-li olej za daných podmínek vyšší viskozitu, má vyšší stupeň SAE a olejový film mezi mazanými plochami je silnější. Motorový olej SAE 50 tedy nejhustší.

Rozlišování olejů podle SAE určuje jejich vlastnosti pouze pro jednorozsahové oleje. Vzhledem k tomu, že provoz a konstrukce motorů si vyžádaly podstatně vyšší kvalitu olejů a hlavně jejich celoroční provoz, došlo k zavedení vícerozsahových olejů. Tyto oleje překrývají v označení několik tříd podle SAE.

Klasifikace motorových olejů podle API (Shell PAE Labor)

SA: neaditivovaně oleje (bez přísad) SB: oleje s přísadami zpomalujícími stárnutí a opotřebení.

SC: oleje vyhovující v létech 1964 až 1967 požadavkům amerických výrobců motorů.

SD: pro americké zážehové motory 1968–71, zvýšená ochrana proti korozi a tvorbě usazenin.

SE: vylepšené oleje SD z let 1972 až 1980 pro zážehové motory.

SF: větší odolnost proti oxidaci, tvorbě usazenin, vyhovuje nárokům amerických výrobců motorů od roku 1980.

SG: od března 1988 další zvýšení odolnosti proti stárnutí a tvorbě kalu a usazenin, použití pro zážehové motory, svého času druhé nejlepší oleje.

SH: pro zážehové motory, platí od roku 1993, svého času nejlepší oleje SI, SJ: vývoj jde neustále dopředu a v dnešní době mohou existovat již další kvalitativní třídy.

Klasifikace motorových olejů podle CCMC (ACEA)

G1: málo nárokové oleje pro osobní vozidla, odpovídá API SE, od dubna 1989 neplatí.

G2: kvalitou odpovídá API SF, neplatí pro oleje se zvýšeným mazacím účinkem, od dubna 1989 se používají místo G2 oleje s klasifikací G4 G3: platí pro oleje se zvýšeným mazacím účinkem, kvalitnější než API SF, od dubna 1989 se používají místo G3 oleje klasifikace GS.

G4: nelze přesně srovnat s API (kvalitnější než SF, splňují většinu nároků SG), stejně jako G2 platí pro obvyklé vícestupňové oleje, zvýšená odolnost proti odpařování, tvorbě vzduchových bublin, stárnutí, tvorbě pevných nečistot při vysokých teplotách.

G5: platí od roku 1989 pro oleje se zvýšeným mazacím účinkem, minimálně stejné nároky jako u G4; kromě toho musí oleje GS vydržet test ve vstřikovacím čerpadle Bosch (vstřikovací čerpadlo pro vznětové motory) při teplotě 100 °C bez změny viskozity.

To je důležité, protože oleje se zvýšeným mazacím účinkem (např. 5 W40) mohou při vysokých teplotách poskytovat dostatečnou ochranu jen tehdy, pokud se nemění jejich viskozita. Přísnější než u G4 jsou nároky na odolnost proti odpařování (u olejů GS se smí při teplotě 250 °C odpařit za 1 hodinu maximálně 13 % objemu), což je mimo jiné důležité i z hlediska spotřeby oleje (čím intenzivnější odpařování, tím větší spotřeba).

Syntetické a polosyntetické motorové oleje jsou vždy třídy HD a vždy vícestupňové. Dále mají velký rozsah viskozit. Příkladem může být olej Castrol Formula RS (SAE 10W60) nebo BEL RAY MC17 (SAE 1OW50).

Syntetické oleje tuhnou při nižších a vypařují se při vyšších teplotách než minerální oleje. Dále jsou odolnější proti stárnutí, mají vyšší zápalnou teplotu (to je teplota, při které se olej vznítí) a obsahují méně látek, ze kterých se tvoří saze a popel (to je důležité hlavně u dvoudobých motorů). Syntetické oleje obsahují přísady proti stárnutí a korozi. Syntetické oleje se nesmí míchat s minerálními oleji.

Vícestupňové HD oleje určené pro čtyřtaktní motory smíme používat u dvoudobých motorů jen v nouzi, protože při spalovacím procesu způsobují zvýšenou tvorbu sazí a pevných zplodin (popela), což má za následek silné znečištění motoru a výfuku.

Mazací **přísady** (aditiva) na bázi pevných látek (například disulfidu molybdenu neboli MoS_2) nejsou pro motory škodlivé. Tyto přísady zmenšují vnitřní tření v motorovém oleji, což má pozitivní vliv na startování za studena, chod motoru a těsnicí účinek pístních kroužků. Používání chemických přísad do olejů je velmi sporné a výrobci motorů tyto přísady odmítají nebo přímo zakazují.

Příklad označení motorového oleje:

Motorový olej SAE 15W 50, prvně rafinovaný (odpovídá API SG/CD a CCMC GS):

- SAE udává viskozitu.
- 15W 50 udává, že se jedná o vícestupňový olej s bodem tuhnutí –28 °C.
- číslice 50 udává, že mazací účinek oleje se ztrácí při teplotě nad 170 °C.
- „prvně rafinovaný“ znamená, že olej nebyl vyroben z vyjetého oleje.
- API SG/CD – CCMC – G5: API SG určuje kvalitu oleje podle amerického standardu.
- CD znamená, že olej je vhodný i pro vznětové motory.
- písmena CCMC značí kvalitativní standard evropských výrobců a značka GS udává kvalitu oleje.

Oleje pro dvoudobé motory jsou jednostupňové oleje SAE 40 až 50. Aditiva v olejích jsou uzpůsobena tak, aby při spalování oleje nevznikaly agresivní látky. Oleje pro dvoudobé motory mohou být na minerální i syntetické bázi.

Posuzováno podle hledisek viskozity, druhu a výkonnosti, jsou oleje pro motocykly podobné automobilovým motorovým olejům, ale stejné nejsou. z odlišné konstrukce vycházejí i rozdílné požadavky na kvalitu motorových olejů.

Moderní motocyklové čtyřdobé motory mají malé olejové náplně, jsou vysokootáčkové s velkým litrovým výkonem, a navíc mají ve většině případů společnou náplň pro mazání motoru i převodovky. Kromě toho se u motocyklů často vyskytují konstrukční prvky, které jsou u automobilů naprosto neznámé: mokrá spojka, omezovač brzdného točivého momentu motoru, mokrá volnoběžka spouštěče. Všechny běží v lázni motorového oleje. Takové skupiny ale kladou poněkud protichůdné požadavky na motorový olej – jeho základním úkolem je snižovat tření, ovšem na určitých plochách musí být jistá hodnota tření zachována. Pro motocyklové motory jsou vyžadována maziva s velkou zatížitelností, vysokou tepelnou stabilitou a dobrou odolností vůči střihovému namáhání. Tato odolnost, která vyjadřuje i „stay-in-grade“ stabilitu vícerozsahových olejů, je definována tzv. indexem střihové stability (SSI – Shear Stability Index). Jeho nízká hodnota, okolo SSI = 20, označuje výbornou stabilitu nezbytnou pro spolehlivou funkci převodovky. Typický automobilový motorový olej má tuto hodnotu mezi 30 a 50. Naproti tomu špičkový závodní motocyklový olej Pro 4 Plus má SSI = 5, což je naprosto výjimečná hodnota.

Třída oleje je dána jeho viskozitou při určité teplotě a je vykazována jako číslo třídy SAE. v minulosti výrobci motorů vyžadovali použití olejů s nižší viskozitou v zimě a s vyšší viskozitou v létě, kdy viskozita olejů se stoupající teplotou klesá. Zavedení vícerozsahových (multigrádních) olejů umožnilo používání stejného oleje po celou sezónu. Například olej SAE 15W-50 se při studeném startu v zimě chová jako SAE 15W a při provozu v letním vedru jako SAE 50.

Schopnost oleje chovat se tímto způsobem je v recepturách na základě minerálních olejů zajišťována aditivací modifikovanými polymery – tato skupina aditiv se nazývá zvyšovače viskozitního indexu (VII – Viscosity Index Improvers). Negativní vlastností všech VII je však jejich postupná degradace a ztráta účinnosti způsobená zejména střihovým namáháním, které je v motocyklových pohonných jednotkách velmi výrazné. Na druhé straně, některé syntetické základové oleje (zejména syntetické estery) vykazují přirozené vícerozsahové vlastnosti a aditivaci pomocí VII nevyžadují.

Vedle odolnosti proti opotřebení, snižování tření a antikorozních vlastností je kvalita vícerozsahového motorového oleje dána také tím, jak si olej své třídy viskozity zachovává během výměnného intervalu. Výrobci motocyklových olejů věnovali značný čas a vývojové úsilí, aby jejich vícerozsahové oleje pro čtyřdobé motory motocyklů vykazovaly vynikající vlastnosti „stay-in-grade“.

Minerální oleje jsou celkem dostačující pro mazání většiny starších motorů i pro nové stroje s nižším výkonem, ale po zavedení kategorie závodních motocyklů Superbike (1988) se stal nezbytný naprosto nový přístup k problematice mazání motocyklových motorů. Bylo sice dosaženo značných zlepšení ve vývoji konvenčních olejů na minerální bázi, ale navzdory velkému úsilí autorů receptur, omezení daná základním chemickým složením těchto produktů způsobila, že nedosahují úrovně ochrany potřebné pro nejnovější vysoce zatěžované motory.

Moderní motory motocyklů potřebují moderní mazání, a to znamená technologii **syntetických maziv** – u motocyklů zejména na bázi esterů. Někteří výrobci, jako např. britský Silkolene, zde profitují ze svého vývoje syntetických olejů pro letectví, kde bylo používání těchto high-tech kapalin běžné daleko dříve než v mazání vozidel.

K největšímu opotřebení motoru dochází během studeného startu. Při každém odstavení motoru olej stéká do olejové vany a po několika hodinách jsou některé součásti již bez potřebné ochrany. v prvních vteřinách po opětovném uvedení do chodu, než je dosaženo plného průtoku oleje všemi mazanými místy, určité součásti motoru, jako např. pístní kroužky, ložiska, vačky a zdvihátka trpí přímým kontaktem kovových ploch, na nichž dochází k nevratnému poškození povrchu. Navíc přísady proti opotřebení používané v běžných motorových olejích nedosahují své plné účinnosti, dokud teplota olejového filmu mezi součástmi není 50–60 °C. Pokud je vozidlo provozováno na krátké vzdálenosti s delšími přestávkami, olej se nezahřeje na teplotu, při níž se aktivují tyto přísady, a výsledkem je nadměrné opotřebení např. rozvodového mechanismu.

Výhodou motorových olejů na bázi syntetických esterů je skutečnost, že vytvářejí dlouhodobě trvanlivý ochranný film na všech součástech motoru, který je chrání od okamžiku startu, a zajišťují vynikající mazání tam, kde je ho nejvíce potřeba. Syntetické estery se vlivem opačné elektrické polarity svých molekul doslova přilepí ke kovovým povrchům součástí motoru a zajistí tím odolný, dokonale chránící film, který na nich zůstává i poté, co je motor mimo provoz a olej není dopravován na mazaná místa. Velmi významně snižují opotřebení motoru při startu a poskytují vynikající ochranu motoru v celém rozsahu provozních teplot.

Nejvyšší výkonový standard podle API pro motocyklové motory je SG. Všechny oleje s klasifikací vyšší než SG jsou orientovány na parametry úspory paliva a lehkoběžnosti v automobilových motorech a pro použití v motocyklových agregátech nejsou vhodné. Posuzování výkonnosti motocyklového oleje laickým uživatelem podle klasifikace API není reálné, protože v podstatě všechny produkty zmíněnou třídu SG splňují. To ovšem rozhodně neznamená, že každý olej splňující API SG je vhodný pro mazání motocyklů. Evropská klasifikace ACEA je pro hodnocení olejů pro motocykly nepoužitelná, klade také příliš důraz na úspory paliva.

V roce 1999 vešla zásluhou tzv. Velké čtyřky (Honda, Kawasaki, Suzuki, Yamaha) v platnost nová specifikace JASO pro hodnocení olejů pro čtyřdobé motory motocyklů. Důležitou součástí testovacích procedur podle této normy je právě test tření na mokré spojce. Zatím jsou platné dvě třídy dle JASO – MA a MB.

Označení třídy API SH, SJ nebo dokonce SL prozradí, že jde o automobilový olej s „motocyklovou“ nálepkou. Je možno jej používat pro některé klasické motocykly BMW, Moto Guzzi, Harley-Davidson, či dokonce skútr, tedy stroje, kterým automobilový olej vyhoví.

Na adrese www.silkolene.com, pod odkazem Product Recommendations, jsou tabulky, kde si můžete vybrat značku svého motocyklu, jeho typ a ročník, a systém pro daný stroj stanoví všechny vhodné náplně – pochopitelně na prvním místě motorový olej.

Čtyřdobé motory motocyklů mohou mít měrný výkon až 200 koní na litr zdvihového objemu, což je podstatně více než 60–80 koní na litr u typického moderního automobilového motoru. Objem olejové náplně motocyklového motoru je zpravidla menší než u automobilového a ve většině případů zde motorový olej maže také vysokootáčkovou převodovku.

Oleje vyvíjené pro moderní automobilové motory mají zpravidla nižší viskozitní třídy, které nejsou pro mazání motocyklových motorů vhodné. Vysokootáčkové motory motocyklů s vysokým měrným výkonem způsobují vyšší tepelné zatížení motorových olejů, což vyžaduje jejich lepší oxidační stabilitu.

Motocyklové motory mají mnohem větší výkon na litr olejové náplně. To vyžaduje větší zatížitelnost a tepelnou stabilitu motorového oleje. u motocyklů není běžné jejich denní používání, naopak jsou časté dlouhodobé odstávky (zima), proto oleje musí mít lepší odolnost proti korozi, zejména z kondenzované vlhkostí.

Vysokootáčkové motocyklové motory mají více zatížený rozvodový mechanismus, proto vyžadují oleje se zlepšenou ochranou proti opotřebení. Malé olejové náplně, vysoké otáčky motoru a zejména nutnost současného mazání převodovky znamená, že motocyklové motorové oleje musí mít výrazně zlepšenou střihovou stabilitu. Spojky pracující v olejové lázni nefungují správně s oleji obsahujícími modifikátory tření. Většina motorových olejů pro moderní automobily je obsahuje kvůli úspoře paliva.

LITERATURA

[1] VLK F.: Teorie a konstrukce motocyklů 1, 2. *Vlastním nákladem. Brno, 2004.*

[2] VLK F.: Vozidlové spalovací motory. *Vlastním nákladem. Brno, 2003.*

[3] VLK F.: Automobilová technická příručka. *Vlastním nákladem. Brno, 2003.*