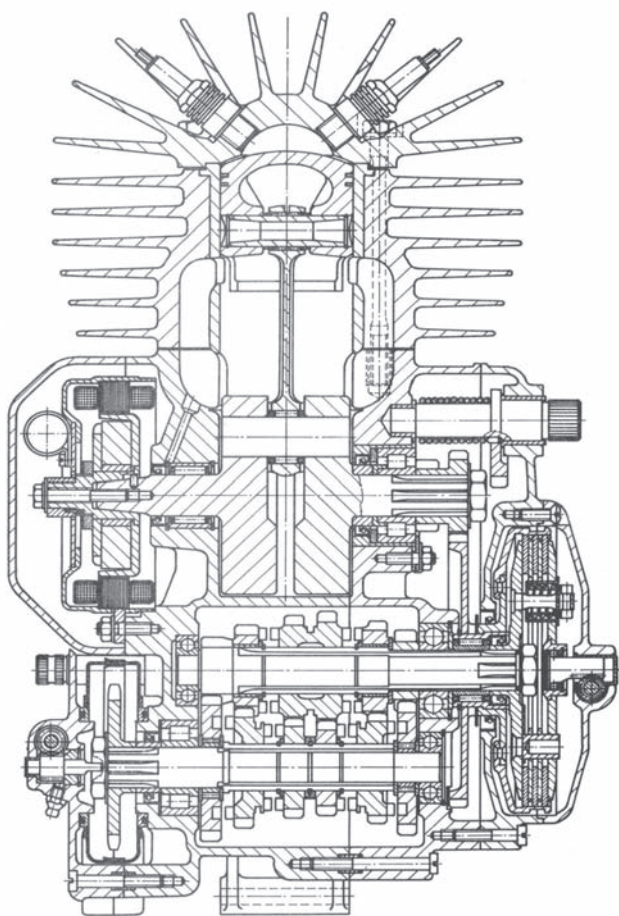


KONSTRUKCE MOTOCYKLOVÝCH MOTORŮ

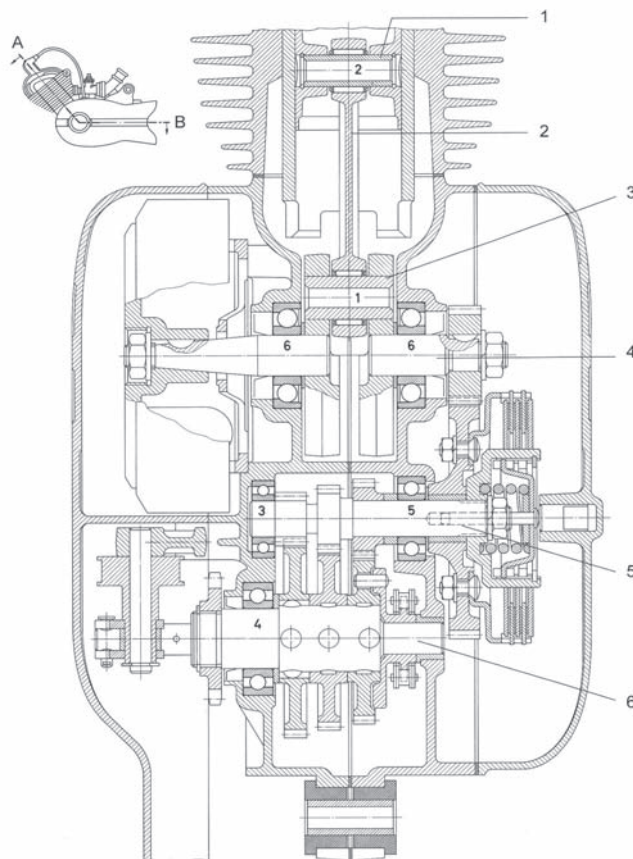
Pro motocykly se používají zážehové, neboli benzinové motory s karburátorem nebo se systémem vstřikování paliva. U karburátorových motorů dochází ke smíchání rozprášeného paliva (benzin nebo směs benzínu a oleje u dvoutaktních motorů) se vzduchem dochází v zařízení zvaném karburátor. Tato směs je pak nasávána do motoru. U motocyklových motorů se elektronickým vstřikováním benzínu se používá tzv. **vícebodové vstřikování** benzínu (MPI = Multi Point Injection), kdy je každému válci přiřazen jeden vstřikovací ventil, který vstřikuje palivo přímo před sací ventil příslušného válce. Příkladem tohoto vstřikování mohou být systémy Bosch L-Jetronic a Motronic.

Dvoudobý motor byl v padesátých letech minulého století oblíbený u malých a středních motocyklů (od 80 do 350 cm³ zdvihového objemu). Díky principu vratného vyplachování a tím pádem jednoduché konstrukci a nízké ceně byly dvoutakty rozšířené natolik, že pokrývaly 60 % nabídky na trhu. Kromě toho jako motory pro každodenní použití vykazovaly podle měřítek té doby

i nízkou spotřebu paliva. Tato situace se změnila až v šedesátých letech, kdy v nabídce začaly převažovat lehké a střední motocykly s dokonalejšími čtyřtákními motory, které se cenově srovnaly s dvoutakty a dvoutaktní motory byly vytlačeny pouze do oblasti sportovních motocyklů (obr. 1). Ještě nedávno měly dvoutakty hlavní slovo v různých soutěžích a Grand Prix, kde se od motorů



Obr. 1 Řez soutěžním motorem Jawa 175 [2].



Obr. 2 Motor pro moped (řez A - B): 1 – pístní čep, 2 – ojnice uložená na jehlových ložiskách, 3 – klikový čep na skládaném klikovém hřídeli, 4 – klikový hřídel, 5 – vstupní hřídel převodovky, 6 – výstupní hřídel převodovky.

požaduje velký výkon v poměru k váze bez ohledu na jiné aspekty. Při závodech GP v roce 2003 přešli nejznámější výrobci motocyklů na čtyřdobé motory a v této oblasti éra dvoutaktů skončila. V oblasti pro komerční použití převažují již delší dobu čtyřtaky.

V současné době se motocykly používají většinou k rekreačnímu ježdění, protože automobily jsou již relativně levné a mnoho lidí dá při každodenním ježdění přednost karoserii se střešou nad hlavou. Přesto však motocykly zůstaly stále v oblíbě a v polovině sedmdesátých let a nyní prožívají svou renesanci. V současné době se o motocykly zajímají většinou lidé středního věku a ve stále větší míře mladé ženy a motocyklové ježdění již není bráno jako každodenní potřeba, ale jako koníček a životní styl [4].

Tím lze také objasnit to, proč mají dnešní motocykly mnohem sportovnější ráz, výkonnější motory a komplikovanější konstrukce oproti dřívějším motocyklům. se kterými lidé jezdili každý do práce a za nákupy. Nadšení pro sportovní motocykly vyprovokovalo i vznik moderních vysokovýkonných a komplikovaných dvoutaktních motorů. Klasické jednoduché a nenáročné dvoutaktky i v současné době však panují v oblasti skútrů, mopedů (obr. 2) a malých motocyklů.

Dvoutaktní motory mají tři hlavní nevýhody:

- při výplachu válce uniká do výfuku část nespálené čerstvé palivové směsi a důsledkem je snížení výkonu motoru a zvýšení spotřeby paliva,
- při výplachu zůstává ve válci část spalin a spaliny se smíchávají s čerstvou palivovou směsí. Tím se zhoršuje hořlavost palivové směsi a klesá výkon motoru,
- sací kanál, otevíraný a zavíraný pístem jako šoupátkem, je otevřený pouze po zhruba 1/5 zdvihu, zatímco u čtyřtaktního motoru to je po celý sací zdvih.

Dvoutaktní motory mají však i své výhody: dvoutaktky nemají žádné ventily a tím pádem nepotřebují ani vačkový hřídel a jiné ovládací díly pro ventilový rozvod. Díky tomu jsou dvoutaktky nenáročné na údržbu a opravy. Kromě toho se díky absenci těchto dílů výrazně uspoří na hmotnosti. Sací a výfukové kanály se u dvoutaktních motorů ovládají pístem, který funguje jako šoupátko. Toto jednoduché uspořádání pak lze konstrukčně upravit pro sportovní nebo normální jízdu.

Sportovní dvoutaktní motory jsou vybaveny membránovým nebo otočným šoupátkovým ventilem v sacím kanálu. Ke zvýšení výkonu, rozšíření oblasti využitelných otáček a ke snížení spotřeby paliva se používají i různé úpravy výfukových systémů. Další podstatný rozdíl oproti čtyřtaktním motorům představuje u dvoutaktů systém mazání. Dvoutaktní motory spalují směs paliva a vzduchu, ve které je obsaženo i určité množství oleje. Olej se do paliva přidává přímo při tankování nebo se dává olejovým čerpadlem z oddělené olejové nádrže do karburátoru.

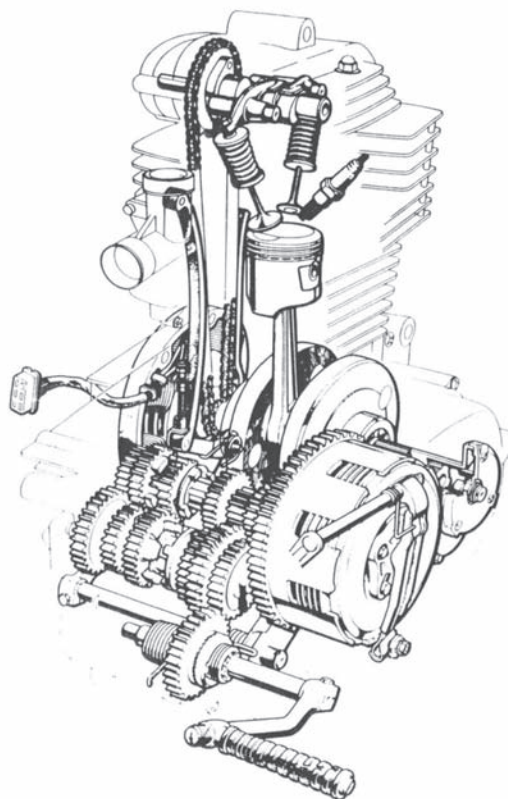
U čtyřtaktního motoru zajišťuje mazání jednotlivých dílů (klikový hřídel, stěny válců, ventilový rozvod atd.) samotný olej, který se k těmto místům dopravuje různými kanálky a otvory prostřednictvím olejového čerpadla. Olej se pak vrací zpět do olejové vany na spodní straně motoru, která slouží jako jeho zásobárna. U dvoutaktních motorů je tomu jinak; tam se olej spaluje dohromady s palivovou směsí, a proto je potřeba olej přimíchávat do paliva nebo neustále doplňovat do olejové nádrže. Dvoutaktní motory spalují olej přimíchávaný do paliva a to je hlavní příčina

jejich škodlivosti pro životní prostředí, zápachu a velké kouřivosti. Speciální olej se do paliva přimíchává podle konstrukce motoru většinou v poměru 1:30 až 1:100. Škodlivost dvoutaktních motorů výrazně převyšuje čtyřtaktní motory hlavně při startování za studena nebo při špatném seřízení olejového čerpadla.

Dvoutaktní motory mají špatné chování při volnoběhu. Největší vliv na volnoběh u dvoutaktního motoru má dimenzování přepouštěcího kanálu. Dvoutaktní motory jsou konstrukčně uzpůsobeny pro provoz ve vyšších otáčkách a při volnoběhu proto není zajištěno optimální plnění válce čerstvou palivovou směsí.

U čtyřtaktních motorů se musí kvůli jednomu pracovnímu taktu vykonat další tři takty (sání, komprese a výfuk). Tlak produkovaný při pracovním zdvihu pak působí na klikový hřídel, který dále vyvozuje točivý moment potřebný pro pohon motocyklu. Protože při volnoběhu se síla z pístu nespotřebuje na pohon motocyklu, vzniká nepravidelné zatížení, které se pak projevuje jako třesení a vibrace. Při každé druhé otáčce klikového hřídele působí hnací síla na čepy ložisek klikového hřídele. Relativně dlouhé přestávky mezi jednotlivými pracovními takty (střídavé zatížení klikového hřídele) se pak projevují jako harmonické kmitání. Toto kmitání se musí kompenzovat; k tomu slouží závaží na klikovém hřídeli.

Jednoválcové motory (obr. 3) jsou vzhledem k jednodušší konstrukci levnější a méně náročné na opravy a seřizování. Dále mají jednoválcové motory malou hmotnost. Malá hmotnost je také důvodem, proč se jednoválcové motory používají především v terénních a motokrosovéch strojích. Jednoválcové motory však převažují i u lehkých silničních motocyklů, skútrů a mopedů. K tomu všemu se přidružuje ještě jedna příznivá skutečnost;



Obr. 3 Jednoválcový motocyklový motor s rozvodem OHC (vačkový hřídel a ventily v hlavě válců) (Honda).

jednoválce mají vykazují relativně nízkou spotřebu paliva a oleje. Nyní ještě ke dvoutaktním jednoválcovým motorům: přestože u dvoutaktů působí silový takt na klikový hřídel při každé otáčce, což by mělo být samo o sobě příznivé pro potlačení vibrací, mají dvoutakty podobné problémy jako čtyřtakty.

Víceválcové motory byly vyvinuty kvůli větším výkonům, klidnějšímu chodu a větší životnosti. Aby velkoobjemové a vysokovýkonné motory netrpěly vibracemi, musí se konstruovat výhradně jako víceválcové. Přestože se vyrábějí a spolehlivě slouží i moderní jednoválcové motory o obsahu až 660 cm³ (Suzuki LS 650 Savage, BMW F 650, MZ Skorpion 660), schopné podávat výkony řádově 100 k (76 kW) na 1 000 cm³ zdvihového objemu, avšak u nich zůstává hlavním problémem malá životnost a nedostatečné vyvážení setrvačných hmot.

Víceválcové motory přinášejí tyto výhody:

- větší výkon
- klidnější chod
- možnost použití velkých zdvihových objemů
- větší životnost

První bod je úzce spojen ještě s dobrým vyvážením a malými vibracemi při vysokých otáčkách. Klidného chodu při vysokých otáčkách bylo dosaženo především rozdělením zdvihového objemu do několika válců. Tím bylo dosaženo relativně rovnoměrného rozložení pracovních taktů a tedy i zatížení na klikový hřídel. U čtyřtákních motorů dochází k zápalu palivové směsi pouze jednou na dvě otáčky klikového hřídele, což je z hlediska vyvážení interval velmi dlouhý. U dvouválcových řadových motorů nebo dvouválcových boxerů je již v tomto ohledu učiněn určitý pokrok, protože dva válce umožňují rozložení pracovních taktů na každou otáčku klikového hřídele. U motocyklů se počet válců nepřekračuje šest. Motor s ještě větším počtem válců by byl pro motocykl již příliš těžký a neskladný. V současné době však lze dosáhnout dostatečného výkonu a dostatečně klidného chodu již u čtyřválcových motorů.

Vysoké otáčky motoru jsou podmíněny malou hmotností jednotlivých dílů klikového mechanismu; malá hmotnost je důležitá hlavně u všech rychle rotujících dílů. Zmenšení hmotnosti jednotlivých dílů lze dosáhnout rozdělením zdvihového objemu motoru do více válců. To však není všechno: díky lehčím pohyblivým součástem mají víceválcové motory větší životnost a nekladou tak velké nároky na údržbu. Dále se k tomu všemu váže rozdělení pracovního tlaku spalín do více válců. Hovoříme pak o menším specifickém zatížení motoru. Při menším specifickém zatížení se šetří ložiska v motoru, písty, stěny válců a součásti ventilového rozvodu.

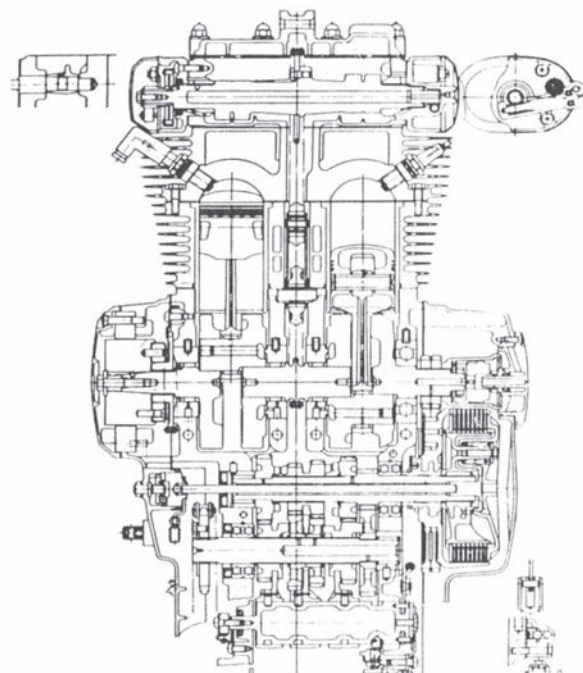
Jako příklad může sloužit čtyřdobý motor Yamaha YZF 600 R Thunder Cat o zdvihovém objemu 600 cm³. Při použití čtyř válců se zdvihový objem rozdělí po 150 cm³ na každý válec. Tomu odpovídají menší písty a ventily, lehčí ojnice a vyvažovací závaží na klikovém hřídeli. Takový motor je dnes bez problémů schopen dosahovat otáček 12 000 min⁻¹ a produkovat přitom obdivuhodný výkon 98 k/72 kW. Pokud chceme z motoru s výše uvedeným předpokládaným zdvihovým objemem dostat ještě větší výkon, lze si lehce představit, o kolik rychleji se bude muset otáčet klikový hřídel. Některé motocyklové motory mají velké objemy, jako např. 1 584 cm³ u brazilského čtyřválcového boxeru Amazon.

V dnešní době již dosahují obyčejné silniční motocykly výkonů, jakých byly v padesátých letech schopny pouze závodní stroje. Příkladem takového oldtimeru může být špičkový motor Rennmax od firmy NSU z roku 1954. Tento značně komplikovaný čtyřtákní dvouválec o zdvihovém objemu 250 cm³ dodával při otáčkách 11 000 min⁻¹ výkon 39 k/ 29 kW. Motocykl Kawasaki EL 250/E z roku 1995 s motorem se stejným zdvihovým objemem dosahuje při otáčkách 12500 min⁻¹ výkonu 33/24 kW, tedy jen o 6 k méně.

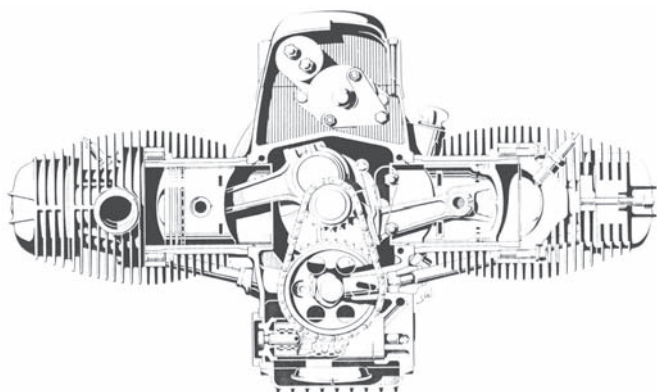
Motor bude dávat tím větší výkon, čím větších otáček bude dosahovat klikový hřídel. Dalšího zvýšení výkonu lze dosáhnout zvětšením zdvihového objemu motoru. Pokud srovnáme starší a současné motory, uvidíme, že na vzrůst výkonnosti nemají vliv pouze větší zdvihové objemy, počet válců, otáčky klikového hřídele a použité materiály. Velký význam má také lepší průběh fyzikálních procesů probíhajících při přípravě a spalování palivové směsi v motoru. Nejpopulárnějšími víceválcovými motocyklovými motory se stala různá provedení dvouválcových motorů. Na konci šedesátých let se k nim přidaly motory čtyřválcové. Kromě toho se na trhu začaly objevovat i tříválcové motory, jako například anglické motory značky Triumph o obsahu 750 a 900 cm³.

Řadové dvouválcové motory mají klikový hřídel a klikovou skříň uspořádaný kolmo ke směru jízdy a stěny obou válců tvoří jeden blok. Pokud oba písty běží zároveň ve stejné výšce, nazývá se takový **motor paralelní** (paralel-twin). Tyto motory mají velmi vyvážený chod, avšak v oblasti vysokých otáček se u nich, pokud nejsou vybaveny vyvažovacími hřídeli, projevují silné vibrace. Silnou stránkou těchto motorů je právě vysoká účinnost při nízkých otáčkách. Motory tohoto typu se používaly především ve starších anglických motocyklech Norton, Triumph a BSA.

Pokud běží písty ve dvouválci střídavě, tzn., že fázově jsou proti sobě posunuty o 180°, jedná se o další variantu řadového dvouválcového motoru (tzv. „protiběžný“ motor, obr. 4).



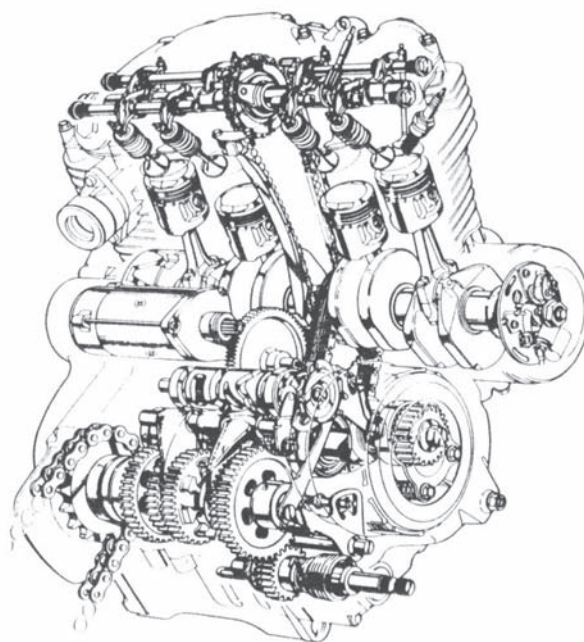
Obr. 4 Dvouválcový motor s paralelním uspořádáním válců a protiběžným chodem pístů – klikové čepy přesazené o 180° (Honda).



Obr. 5 Dvouválcový motor boxer (BMW).

U moderních motocyklů se používají tyto motory se středními zdvihovými objemy. S použitím jednoho nebo dvou vyvažovacích hřídelů mají tyto motory pravidelný chod i v oblasti vysokých a maximálních otáček. Motory tohoto typu se vyrábějí ve dvoutaktním i čtyřtaktním provedení. Ve dvoutaktním provedení mají protiběžné dvouválce dokonce klidnější chod než čtyřtaktní čtyřválce. Točivý moment protiběžných dvouválců je však vždy menší než u srovnatelných motorů paralelních.

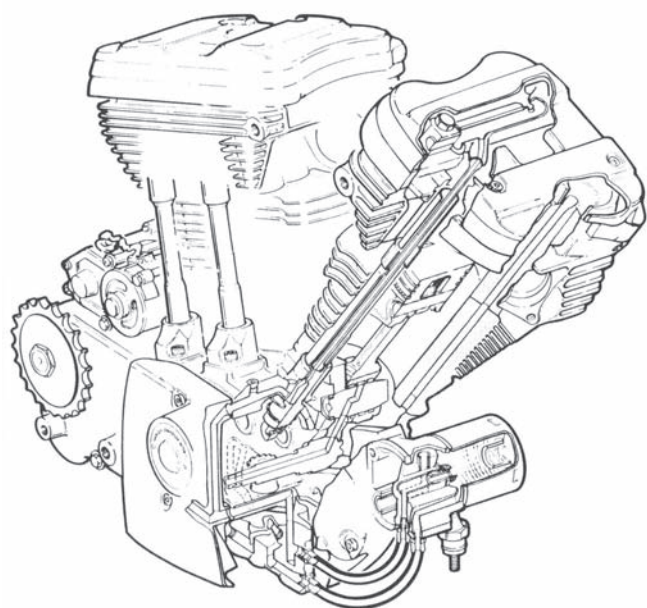
Dvouválcové boxery jsou spjaty se značkou BMW (obr. 5). Písty jsou v jednom bloku postaveny přímo proti sobě. Motor potom vychází plochý a díky tomu může mít motocykl nízko umístěné těžiště, takže s ním lze lehce manipulovat. Klikový hřídel pak probíhá motorem ve směru jízdy. Písty u boxerů se pohybují současně směrem ven a dovnitř, odtud také název „boxer“. Boxery mají velmi vyvážený a klidný chod, protože jejich konstrukční uspořádání dovoluje provést velmi dobré vyvážení pohybujících se hmot. Z tohoto důvodu používá boxery automobilová firma Porsche. U boxerů lze vyloučit primární i sekundární setrvačné síly. Při nízkých otáčkách se však u nich projevuje silný klopivý



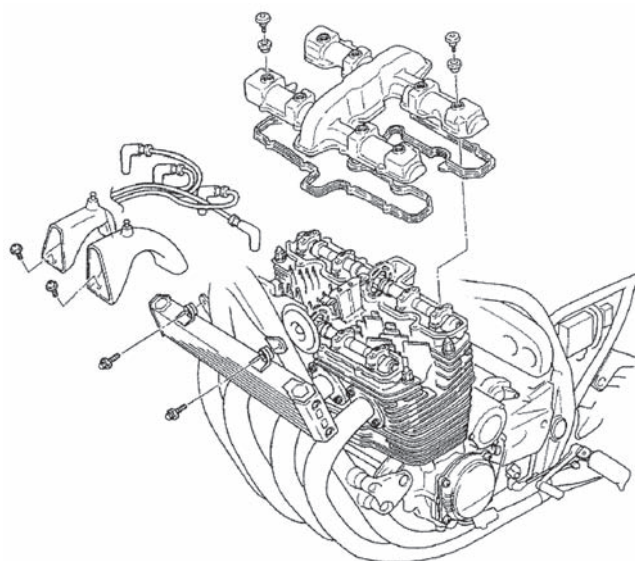
Obr. 7 Čtyřválcový řadový vzduchem chlazený motor s příčnou montáží (Honda).

moment, který způsobuje vibrace. Při normálních otáčkách je však chod motoru dokonale klidný. Konstrukční uspořádání boxerů dovoluje propojit klikový hřídel přímo se spojkou a převodovkou (bez primárního převodu). Tím lze snížit celkové tření v motoru a zmenšit mechanické ztráty.

Motory s válci do „V“ vypadají jako boxery s válci vyklopenými pod určitým úhlem nahoru. Motory do „V“ se montují do rámu **podélně** s klikovým hřídelem ve směru jízdy (Moto Guzzi) nebo **napříč** (jeden válec vpředu, druhý vzadu; Harley-Davidson – obr. 6, Ducati, Yamaha XV1700). Motory s válci do „V“ se rozlišují podle úhlu, který spolu válce svírají. Proto se můžeme



Obr. 6 Klasický 45° V-motor Harley-Davidson s příčně uloženým klikovým hřídelem (jeden válec vpředu, druhý vzadu) o zdvihovém objemu 883 cm³.



Obr. 8 Vzduchem chlazený čtyřdobý čtyřválcový řadový motor DOHC s příčnou montáží, nakloněný dopředu, zdvihový objem 1250 cm³, vrtání × zdvih 79,0 × 63,8 mm, kompresní poměr 9,7:1, mazání s mokrou olejovou skříní (Yamaha XJR 1300).

setkat s označením „90° V“ (Ducati 900 Super Sport) nebo „70° V“ (Yamaha XV 535 Virago).

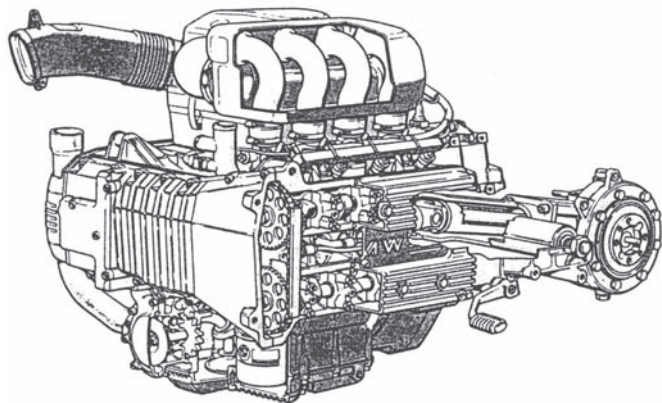
Motory 90° V se vyznačují velmi klidným chodem a používají se ve sportovních i silničních motocyklech. Příkladem pro čtyřválcové motory s válci do „V“ je Honda VFR 750 F. U V- motorů s menším úhlem rozevření se musí odstranit některé technické obtíže, aby se dosáhlo stejně klidného chodu jako u provedení „90° V“.

Tříválcové motory se vyrábějí v řadovém provedení a montují se příčně (BMW K75 C/S), zřídka v provedení, kdy dva válce jsou naležato a jeden nastojato (dvoutakt Honda NS 400 R). Tříválcové motory, které mají čepy klikového hřídele fázově pootočené o 120° (Laverda RGS 1000 Jota), mají velmi klidný chod. Ještě lepší však je, když je motor vybaven vyvažovacím hřídelem. Postupně se začaly vyvíjet čtyřválcové motory s malou šířkou (všechny pomocné agregáty jsou umístěny vzadu za motorem), které znehodnotily výhodu malé montážní šířky řadových motorů s příčnou montáží. V posledních letech se znovu začaly prosazovat tříválcové řadové motory (např. značka Triumph).

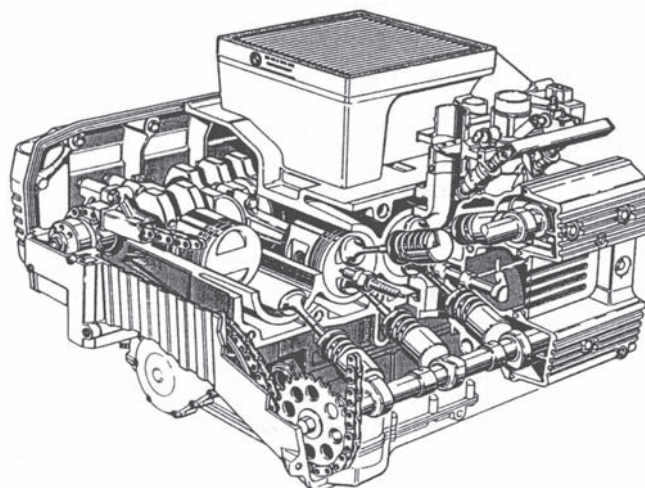
Čtyřválcové motory se používají u motocyklů velmi často, a to tyto varianty: **řadové motory s příčnou montáží** (obr. 7 a 8), **řadové motory s podélnou montáží** (BMW K100), **boxer s podélnou montáží** (Honda Gold Wing GL 1200 DX), 90° V uspořádání **s příčnou montáží** (Honda VFR 750 F) nebo tzv. **čtvercové motory** se dvěma klikovými hřídeli a válci uspořádanými na vrcholech čtverce (Ariel 1000 Square Four nebo Suzuki RG 500 Gamma).

Čtyřválcové motory jsou vhodné pro všechny zdvihové objemy (od 250 do 1 600 cm³). Tyto motory spojují výhodu klidného chodu s možností zvýšení výkonu zvětšením zdvihového objemu. Kromě toho musí jednotlivé válce a díly snášet pouze malá specifická zatížení. Čtyřválcové motory mají velkou životnost. Jejich nevýhodou je pak, stejně jako u šestiválcových motorů, větší suchá hmotnost.

Motor BMW K 100 (obr. 9 a 10) má čtyři válce, je podélně uložený do podvozku a je ležatý (boxer). Má rozvod DOHC, elektronické vstřikování paliva, objem 980 cm³, maximální výkon 66 kW (90 k) při otáčkách 8000 min⁻¹, maximální točivý moment 86 Nm při otáčkách 8000 min⁻¹. Chlazení motoru je kapalinové.



Obr. 9 Ležatý řadový vodou chlazený motor BMW K 100 s podélnou montáží.



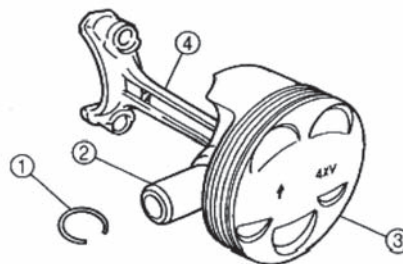
Obr. 10 Pohled do vnitřku motoru BMW K 100.

Šestiválcové motory zavedla v roce 1975 u motocyklů italská firma Benelli (řadový motor s příčnou montáží). U závodních motocyklů však šestiválcový motor (o obsahu 250 cm³) použil již v šedesátých letech konstruktér Mike Hailwood. Opravdovým sériovým šestiválcem použitým i v silničních motocyklech však byl až řadový motor o obsahu 1 000 cm³ a o výkonu 105 k (77 kW) s příčnou montáží zabudovaný v roce 1977 do motocyklu Honda CBX. Šestiválcové motory mají téměř dokonale klidný chod a téměř se u nich neprojevují vibrace. Kromě toho mají nadprůměrný výkonový potenciál. Největší jejich nevýhodou je pak velká šířka při příčné montáži a velká suchá hmotnost.

Píst zachycuje tlak plynů ve spalovacím prostoru a silu jím vyvozenou přenáší pístním čepem dále na ojnici. Aby mohl píst tuto funkci plnit, musí při volném pohybu utěšňovat spalovací prostor vůči možnému úniku spalin do klikové skříně. Píst odvádí teplo odevzdávané ze spalovaných plynů z větší část dále na stěnu válce. Protože je píst tepelně více namáhán než chlazený válec, musí mít ve válci dostatečnou vůli, která je tak velká, že nestačí požadavkům těsnosti. Z těchto důvodů je píst opatřen pružnými těsnicími kroužky (obr. 11). Kromě toho musí píst utěšňovat spalovací prostor i vůči pronikání oleje z klikové skříně. Tento úkol plní stírací pístní kroužky. Přenos sil z pístu na ojnici zajišťuje pístní čep. Ze spojení pístu s ojnici vyplývá i další funkce pístu, a to přenášet boční sílu vyvolanou klikovým mechanismem na stěnu válce. U dvoudobých motorů navíc píst řídí výměnu obsahu válce.

Píst musí splňovat tyto požadavky:

- zachycovat tlaky spalin ve válci a převést je přes další součásti na klikový hřídel,



Obr. 11 Píst a ojnice čtyřválcového motoru (Yamaha FZS1000): 1 – pojistný kroužek pístního čepu, 2 – pístní čep, 3 – píst, 4 – ojnice.

- vytlačovat spaliny z válce, snižovat tlak v průběhu sacího zdvihu, přenášet sílu z ostatních součástí a tím dosáhnout komprese ve válci,
- udržovat ve správné poloze pístní čep a pístní kroužky,
- oddělovat ve všech pracovních cyklech motoru spalovací prostor od prostoru klikové skříně,
- odvádět teplo sdílené spalováním palivové směsi do stěn válce motoru a do oleje v klikové skříně.

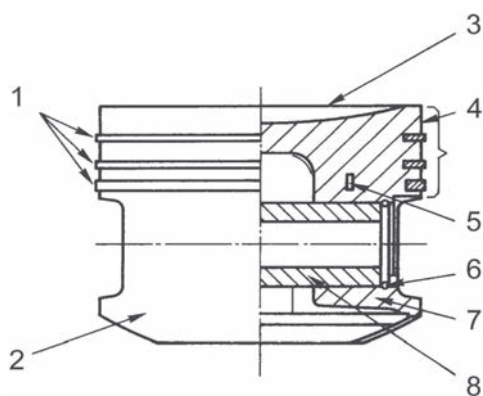
Při práci motoru je píst zatěžován **mechanicky**, silami od tlaku plynů a setrvačnými silami vyvolanými vratným pohybem pístu a **tepelně**, vysokými teplotami spalin ve spalovacím prostoru motoru. Charakter zatěžujících účinků je rázový, vyvolaný prudkým nárůstem tlaku a teploty ve spalovacím prostoru. Současně, v důsledku cyklických změn těchto zatěžujících účinků, dochází k únavovému namáhání materiálu pístu.

Píst je duté válcové těleso a má tyto hlavní části (obr. 12): dno pístu, žárový můstek, drážky pro pístní kroužky, nálitky (oka) pro pístní čep a plášť pístu.

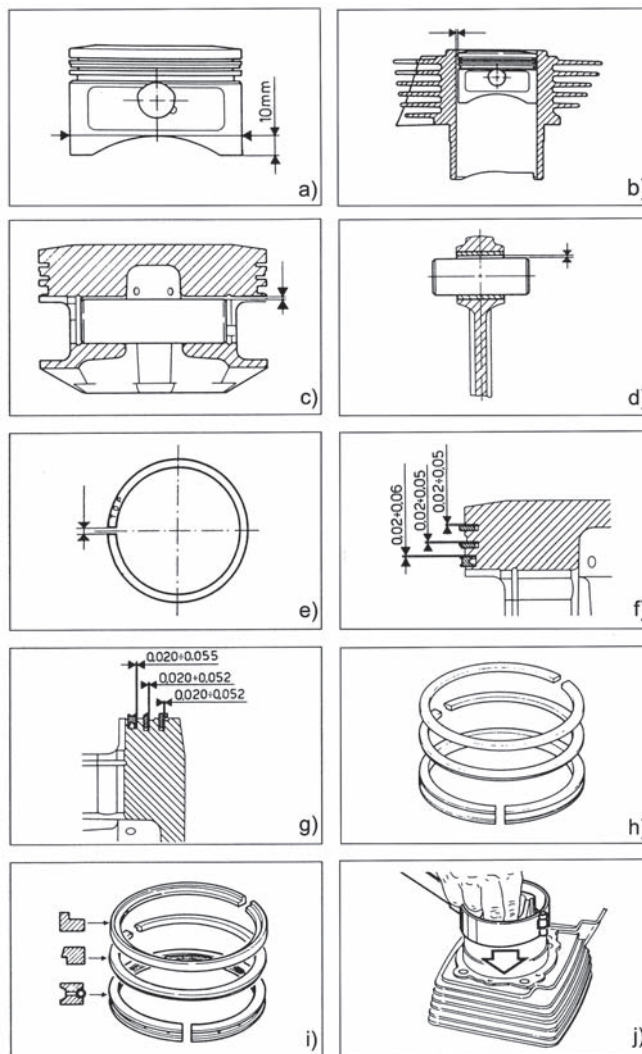
Dno pístu, na které působí tlak vzniklý spalováním směsi, je vystaveno velmi vysokému zatížení. Tvar dna je určen tvarem spalovacího prostoru a ovlivňuje průběh a kvalitu spalování. Tloušťka dna pístu je určena především jeho mechanickým a tepelným zatížením. Čím tlustší je dno, tím lépe se odvádí teplo a vyrovnávají se teploty v oblasti pístních kroužků a zlepšuje se tak jejich práce. Vnitřní povrch dna se často vyztužuje žebry, které zvyšují jeho tuhost. Pro odvod tepla mají jen nepatrný význam, pokud není dno pístu chlazeno ostřikováním olejem.

Jako **žárový můstek** se označuje oblast mezi dnem pístu a prvním pístním kroužkem. Jeho úkolem je chránit první pístní kroužek před přehřátím a zajistit jeho těsnicí funkci.

Hlava pístu je opatřena drážkami pro těsnicí pístní kroužky utěsňující spalovací prostor a stírací pístní kroužky regulující mazání válce a pístu. Počet těsnicích kroužků závisí na typu a rychloběžnosti motoru. Utěsnění spalovacího prostoru rychloběžného motoru při dobrém mazání se dosáhne již dvěma těsnicími kroužky. Písty mají jeden stírací kroužek umístěný nad pístním čepem. Pro zajištění dobré statické a únavové pevnosti můstků mezi drážkami pro pístní kroužky je nutné se vyhnout ostrým přechodům v drážkách.



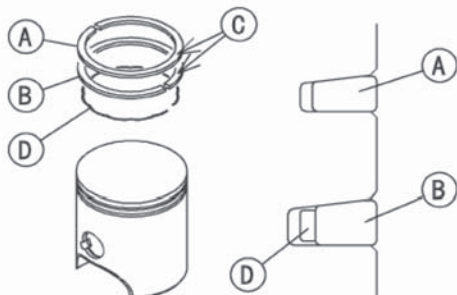
Obr. 12 Základní části pístu: 1 – drážky s pístními kroužky, 2 – plášť pístu, 3 – dno pístu, 4 – horní můstek, 5 – ocelový pásek, 6 – pojistný kroužek pístního čepu, 7 – náliček pro pístní čep, 8 – pístní čep.



Obr. 13 Důležité rozměry a postup montáže pístní skupiny (Ducati 750 SS/900 SS).

Důležité rozměry a postup montáže pístní skupiny čtyřdobých dvouválcových motorů Ducati 750 SS a Ducati 900 SS je znázorněn na obr. 13:

- a) měří se vnější průměr pístu na plášti pístu 10 mm nad spodní hranou pístu v pravém úhlu k otvoru pro pístní čep,
- b) vypočtená vůle pístu ve válci smí činit maximálně 0,11 mm,
- c) vůle mezi otvorem pro pístní čep a pístním čepem má být 0,004 až 0,012 mm,
- d) zjistí se vůle mezi otvorem oka ojnice a pístním čepem,
- e) listkovým spároměrem se změří vůle zámku pístního kroužku,
- f) 750 SS: listkovým spároměrem se zjistí vůle mezi pístním kroužkem a drážkou pro kroužek,
- g) 900 SS: listkovým spároměrem se zjistí vůle mezi pístním kroužkem a drážkou pro kroužek,
- h) 750 SS: montážní poloha pístních kroužků,
- i) 900 SS: montážní poloha pístních kroužků,
- j) píst se nasune do válce (na obrázku pomocí napínače pístních kroužků).



Obr. 14 Pístní kroužky kapalinou chlazeného jednoválce o zdvihovém objemu 148 cm³ s karburátorem MIKUNI VM28 (Kawasaki KR150-K4 Ninja RR): A – horní těsnicí pístní kroužek, B – druhý těsnicí pístní kroužek, C – označení, D – skládaný stírací kroužek.

Pístní kroužky utěsňují spalovacího prostoru, odvádějí teplo z pístu do stěny válce a řídí výšku mazací vrstvy oleje mezi pláštěm pístu a stěnou válce.

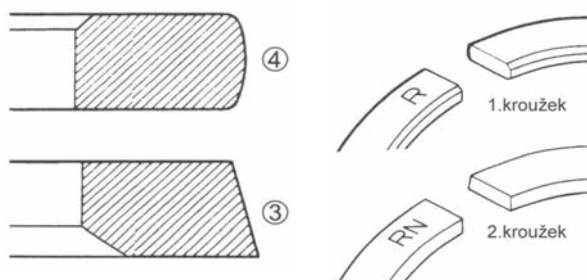
Těsnicí pístní kroužky (jeden až tři) jsou umístěny v horní části pístu a jejich účelem je utěsnit spalovací prostor proti unikání spalin do klikové skříně. První kroužek se silně ohřívá přímým působením horkých plynů, stykem s ohřátým pístem i třením o stěnu válce. **Stírací kroužek** (většinou třetí, nejspodnější kroužek, používá se u čtyřdobých motorů) ovládá přívod oleje na povrch pístu a k těsnicím kroužkům. Otírá přebytečný olej ze stěn, odvádí jej do klikové skříně a omezuje tak pronikání oleje do spalovacího prostoru a jeho spalování.

U dvoudobých motorů se nepoužívají stírací pístní kroužky, protože spalování oleje ve válcích je zde potřebné. U dvoudobých motorů jsou těsnicí pístní kroužky zajištěny malými kolíčky, aby se kroužky nemohly při provozu pootáčet a aby se jejich konce nemohly dostat před sací a výfukové kanály ve stěnách válců.

U čtyřdobých motorů takové problémy nejsou, protože stěny válců jsou hladké, bez otvorů. U čtyřdobých vozidlových motorů se obvykle používá kolmý zámek.

U všech pístních kroužků se musí přesně dodržovat montážní poloha. Většinou je na kroužcích nápis „TOP“, který určuje jejich horní stranu. Horní stranu vždy rozumíme vždy směrem od klikové skříně nahoru. Pístní kroužky se vyrábějí z velmi tvrdé speciální oceli. Jsou sice pružné, avšak lze je lehce zlomit.

Pístní kroužek s válcovou těsnicí plochou se často používá v první drážce pístu. Pro snížení opotřebení bývá tato plocha pokryta galvanicky nanesenou vrstvou tvrdochromu.



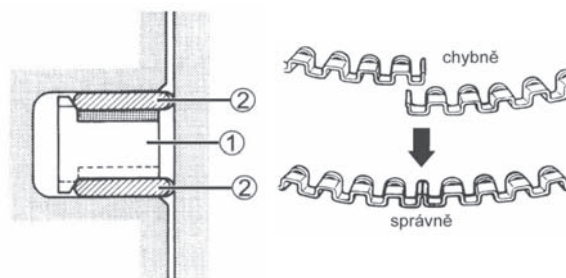
Obr. 15 Horní válcový (4) a dolní minutový (3) pístní kroužek mají různé tvary a nesmějí se zaměnit. Značka „R“ na nejhořejším (1.) a „RN“ na druhém (2.) kroužku musejí po vložení do pístu směřovat nahoru.

Pístní kroužek s kuželovou těsnicí plochou (minutový) se vyznačuje tím, že v počáteční fázi záběhu kroužku ve válci motoru se kroužek stýká se stěnou válce jen malou plochou, prakticky břitem. Vysoký měrný tlak zabezpečuje rychlé přizpůsobení tvaru kroužku případné ovalitě válce a současně i dobré setření olejové vrstvy ze stěny válce při pohybu pístu do dolní úvrati. Při pohybu pístu do horní úvrati usnadňuje kuželová plocha průnik oleje pod kroužek. I když úhel sklonu stěny kroužku je malý, 30° až 50°, vede obrácené zamontování kroužku ke značnému nárůstu spotřeby oleje. Z těchto důvodů je kroužek v oblasti zámku popsán z horní strany kroužku značkou TOP příp. písmeny R, RN (obr. 15) Z horní strany znamená, že tento nápis je po zamontování kroužku na píst umístěn na straně bližší dnu pístu. Není jej možno použít jako první těsnicí kroužek. To proto, že působením tlaku plynů na hlavní těsnicí plochu kroužku dochází k třepetání kroužku při velmi nízkých otáčkách. Bývá tedy na pístu umístěn do druhé drážky.

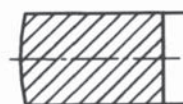
Stírací pístní kroužek skládaný (obr. 16) je tvořen dvěma ocelovými lamelami a rozpínací pružinou. Stykové povrchy lamel s válcem jsou pokryty tvrdochromem. Pro snížení opotřebení povrchu rozpínací pružiny v kontaktní ploše s lamelami bývá pružina i lamely nitridovány. Takto řešené stírací kroužky jsou velmi nízké a tedy i lehké.

Na obr. 17 je příklad osazení pístu čtyřdobého zážehového motoru.

Pístní čep přenáší silové účinky mezi pístem a ojnicí. Pístní čep z funkčního hlediska i provozních podmínek má mít malou hmotnost, velkou odolnost vůči rázovému namáhání, dostatečnou



Obr. 16 Uložení skládaného stíracího pístního kroužku: 1 – rozpínací pružina, 2 – dvoudílný stírací kroužek.



1. drážka: ocelový kroužek se soudečkovou třecí plochou, nitridovaný na celém povrchu,



2. drážka: minutový kroužek s nosem, šedá litina,



3. drážka: skládaný kroužek s pružinou a lamelami s třecím povrchem chromovaným natvrdo, nebo s nitridovanou pružinou a ocelovými lamelami nitridovanými po celém povrchu.

Obr. 17 Kroužky pro osazení pístu zážehového motoru:

pevnost při střídavém zatížení, minimální provozní deformace (velkou tuhost), velkou odolnost vnějšího povrchu proti opotřebení a musí být snadno vyměnitelný. Pístní čep je namáhán převážně silami od tlaku plynů a setrvačnými silami hmotnosti pístu s pístními kroužky. Zatížení pístního čepu je proměnné co do velikostí i směru a u rychloběžných motorů se svým charakterem blíží rázu.

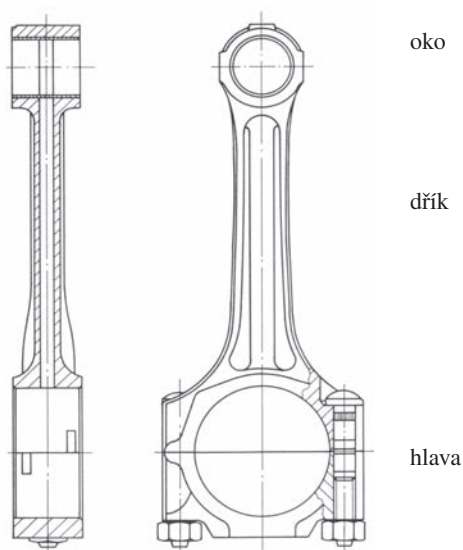
Tvar pístního čepu může být různý. Nejjednodušší a nejčastěji používané pístní čepy mají tvar trubky. Pístní čepy s kuželovými dutinami se složitěji opracovávají, avšak čep má tvar nosníku o stejné pevnosti v ohybu a má tedy menší hmotnost.

Pístní čep bývá většinou volně uložen v oku ojnice i nálitcích v pístu, tzn. má **plovoucí uložení**. Plovoucí pístní čep musí být v pístu zajištěn pojistnými kroužky, aby nedošlo k posunutí pístního čepu, který by mohl poškodit stěnu válce. Pro snížení hlučnosti studeného motoru, kdy vůle v uložení pístního čepu v pístu by mohla způsobovat klepání, dosáhne pístní čep volného uložení až po ohřevu pístu v oblasti pístního čepu na cca 110 °C.

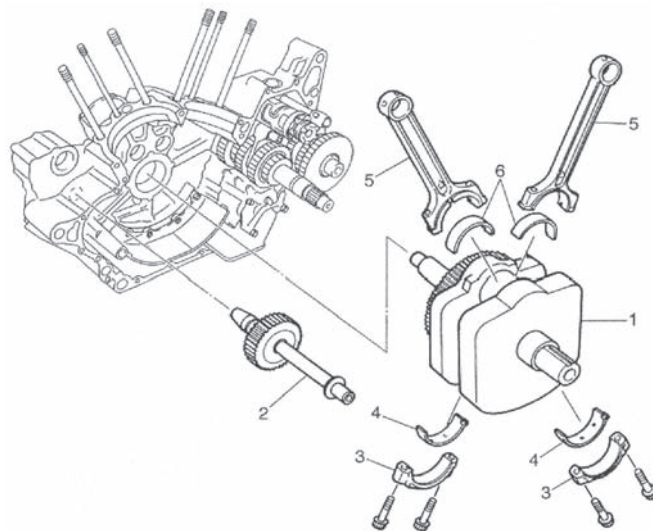
Axiální pojištění pístního čepu zabráňuje kontaktu pístního čepu se stěnou válce. Pokud by tento stav nastal dojde v důsledku tření pístního čepu o stěnu válce k takovému ohřevu pístního čepu, že materiál pístu z hliníkové slitiny se v oblasti oka pro pístní čep roztaví. K pojištění pístních čepů velkých průměrů, např. pístní čepy naftových motorů pro nákladní automobily, se často používají **pojistné kroužky** (Seegerovy pojistky). Nevýhodou je zápich s ostrými hranami, který zvláště u menších průměrů pístních čepů může vyvolávat únavové trhlinky.

Proto u plovoucích pístních čepů pístů menších průměrů jsou používány **pojistné drátěné kroužky** zahnuté. Při výraznějším axiálním pohybu pístního čepu může dojít v důsledku únavového ohybového namáhání k odlomení montážního zobáčku. Ulomená část se zaklíní mezi stěnu pístu a válce a v důsledku tření vzroste teplota stěny pístu v okolí natolik, že se materiál pístu roztaví a píst ve válci se zadře. V nálitku pro pístní čep musí být u těchto pojistných kroužků vytvořena vybírací drážka.

Ojnice spojuje píst s klikovým hřídelem motoru a svým výkyvem mění přímočarý vratný pohyb pístu ve válci na otáčivý pohyb klikového hřídele kolem klikového čepu. Ojnice přenáší sílu od



Obr. 18 Ocelová dělená ojnice.



Obr. 19 Klikový hřídel a ojnice vzduchem chlazeného dvouválcového V-motoru Yamaha XV1700 o zdvihovém objemu 1670 cm³: 1 – klikový hřídel, 2 – hřídel alternátoru, 3 – víko ojnice, 4 – dolní kluzná pánve, 5 – ojnice, 6 – horní kluzná pánve.

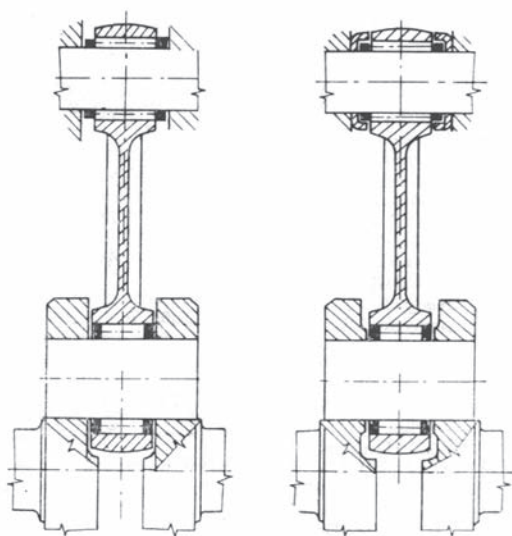
tlaku plynů na dno pístu na klikový hřídel a zde vytváří točivý moment. Skládá se z **oka ojnice** pro spojení s pístním čepem, z **hlavy ojnice** pro spojení s klikovým čepem a z **dříku** spojujícího oko a hlavu ojnice, obr. 18. V oku ojnice zalisováno pouzdro pro uložení pístního čepu.

Hlava ojnice má různý tvar dle způsobu montáže. Je-li klikový hřídel nedělený, musí být hlava ojnice dělená, aby se dala uchytit na klikový čep. Vlastní hlava i její víko jsou pak vzájemně spojeny ojnicními šrouby. Je-li však ojnice uložena na klikovém čepu na valivých ložiskách (dvoudobé motory), nebo je-li klikový hřídel i z jiných důvodů dělený, provádí se hlava ojnice nedělená. Ojnice musí mít vysokou pevnost, přičemž její hmotnost má být malá, aby byly malé setrvačné síly. Obvykle se vyrábí z vysokopevnostní speciální oceli nebo z kované hliníkové slitiny. Ojnice **V-motorů** jsou pro obě řady válců stejné, obr. 19.

Víko ojnice je připevněno k hlavě ojnice ojnicními šrouby. Poloha víka ojnice vůči hlavě ojnice je zabezpečena středící válcovou plochou ojnicního šroubu. Přesné polohování víka ojnice vůči hlavě ojnice zabezpečuje, že po obrobení otvoru pro uložení ložiskových pánví, který je vyráběn ve smontovaném stavu, bude i při montáži na klikový hřídel zachována potřebná kruhovitost a válcovitost ložiskové pánve. Aby nedošlo k záměně a přetočení víka ojnice, jsou stejné strany víka a hlavy ojnice označeny stejným číslem.

Oko pro pístní čep slouží pro uložení pístního čepu. Šířka oka musí být uvažována i ve vztahu ke vzdálenosti nálitků pro pístní čep v pístu. **Dřík ojnice** má z pevnostních důvodů příčný profil ve tvaru I, který je nejodolnějším tvarem proti namáhání tlakem, ohybem a vzpěrem. Vzhledem k únavovému namáhání musí být přechody mezi dříkem a ojnicním okem pro pístní čep a hlavou ojnice hladké a všechny hrany zaoblené.

Ojnicní šrouby jsou namáhány proměnným dynamickým zatížením. Hlavní zatížení vyvolávají setrvačné síly posuvných hmot pístní skupiny a ojnice a rotačních hmot ojnice bez jejího víka. Při malé tuhosti hlavy ojnice dochází k deformaci, která vyvolává



Obr. 20 Valivé uložení ojnice dvoudobého motoru v jehlových ložiskách na pístním čepu a na klikovém čepu.

přídavné ohybové namáhání ojnicích šroubů. Osa ojnicního šroubu má být umístěna co nejbližší k ose čepu kliky.

Pro uložení ojníc čtyřdobého motoru se používají tenkostěnné kluzné pánve z ocelového plechu. Na vnitřní straně styčné plochy s ojnicním čepem je nanášena tenká vrstva speciálního ložiskového kovu s vynikajícími třecími vlastnostmi. Proti pootočení a posunutí jsou ložiskové pánve zajištěny výstupky nebo kolíky, které zapadají do vybrání v hlavě ojnice. Ojnice čtyřdobých motorů bývá axiálně vedena bočními plochami ojnicí hlavy. Proto vůle mezi okem ojnice a nálitky pro pístní čep musí zabezpečit volné tepelné roztahování klikového hřídele. Horní pánev v hlavě ojnice je zatěžována krátkodobě silami od tlaku plynů (na konci komprese a na začátku expanze). Spodní pánev ve víku ojnice je dlouhodobě zatěžována silami setrvačnými od posuvných i rotačních hmotností.

Mazání ložisek v hlavách ojníc čtyřdobých motorů obstarávají kanálky vyvrtané v ložiskových čepích klikového hřídele. Oka ojníc jsou pak mazány olejem, který je při běhu motoru rozstříkován z olejové vany. Moderní vysokovýkonné motory pak mají olejové trysky, které vstříkují olej zespodu na písty.

Pro uložení ojníc dvoudobého motoru se používají většinou valivá jehlová ložiska. Na obr. 20 je uveden příklad provedení ojnicního ložiska dvoudobého motoru. Axiální vedení ojnice dvoudobého motoru je zajištěno buď spodním, nebo horním vedením ojnice. V případě spodního vedení je ojnice axiálně vedena broušenými čely hlavy ojnice dosedajícími na broušené vnitřní plochy ramen klikového hřídele. Kluzný styk zabezpečuje buď intenzivní mazání bočními výřezy na obou stranách oka ojnice, nebo jsou použity bronzové podložky vkládané mezi oko ojnice a ramena klikového hřídele. Horní vedení je zabezpečováno axiální vůlí mezi malým okem ojnice a nálitky v pístu pro pístní čep.

Klikový hřídel pístového spalovacího motoru zabezpečuje spolu s ojnicí kinematický převod přímočarého vratného pohybu pístu na pohyb rotační. Klikový hřídel přejímá na čepu kliky sílu převedenou z pístů přes pístní čepy a přes ojnici a předává ji dále na setrvačnick, spojku apod. Současně zabezpečuje konstrukce klikového hřídele i částečné vyvážení setrvačných sil a momentů

posuvných a rotujících částí pomocí protizávaží, pohon rozvodu, příslušenství a pomocných agregátů motoru. U čtyřdobých motorů je klikový hřídel využíván i k rozvodu mazacího oleje do ojnicích ložisek.

Klikový hřídel se skládá z:

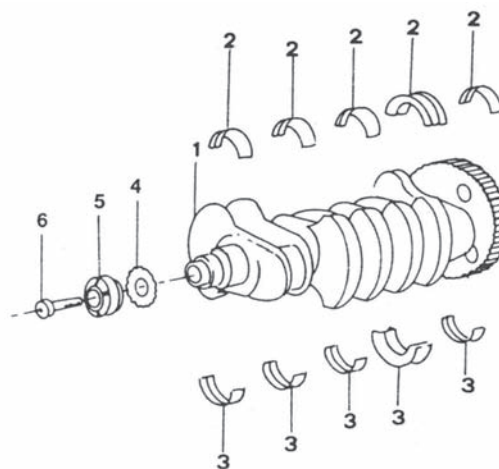
- hlavních čepů, které rotují v ložiskových pánvích v klikové skříni (leží na ose otáčení klikového hřídele),
- klikových čepů, na nichž je uložena hlava ojnice,
- ramen kliky, které leží mezi dvěma čepy .

Na výstupní straně klikového hřídele je upevněn setrvačnick, na protilehlé straně je jedno nebo více hnacích kol vačkového hřídele, olejového čerpadla a jiných agregátů (obr. 21). Obecně jsou všechny klikové hřídele zalomené hřídele, na jejichž čepích jsou otočně uchycené spodní konce ojníc (hlavy ojníc). Počet čepů klikového hřídele pak odpovídá počtu válců motoru:

- jeden válec = jedno zalomení = jeden čep,
- čtyři válce = čtyři zalomení = čtyři čepy.

Klikový hřídel je zatěžován současným působením prostorové soustavy sil od tlaku plynů na písty a sil setrvačných. Silové účinky časově proměnné, jak z hlediska velikosti, tak i směru, vyvolávají v hřídeli pružné kmity, které jej namáhají na ohyb, krut, tah a tlak. Konstrukce klikového hřídele musí zajišťovat tuhost ve vztahu k ohybovému a krouticímu zatěžování, pevnost vůči působícím silovým účinkům, odolnost proti opotřebení čepů ložisek a dlouhou životnost při cyklickém zatěžování (vysokou únavovou pevnost). Uspořádání ramen a vývažků klikových hřídelů je dáno počtem válců, koncepcí motoru (řadové, vidlicové, ležaté) a požadavky na vyvážení setrvačných sil a momentů.

Pístové spalovací motory s klikovým ústrojím se vyznačují vratným pohybem některých jeho mechanických částí. Tyto pohyblivé části vyvolávají setrvačné síly, které spolu se silami od tlaku plynů se přenášejí na konstrukci motorového vozidla. Dlouhodobým působením vibrací by mohlo dojít k mechanickému poškození součástí a zhoršení jízdního komfortu. Proto se při konstrukci motorů věnuje velká pozornost vyvážení setrvačných sil a momentů. Měřítkem kvality je klidný chod spalovacího motoru.



Obr. 21 Díly klikového hřídele motoru BMW K 100: 1 – klikový hřídel, 2 – horní ložiskové pánve (5), 3 – dolní ložiskové pánve (5), 4 – řetězové kolo, 5 – příruba rotoru, 6 – šroub s válcovou hlavou.

Vyvážení setrvačných sil a momentů, které jsou podmíněny způsobem funkce pístového spalovacího motoru, se provádí třemi základními způsoby:

- uspořádáním víceválcového motoru tak, aby se setrvačné síly pohyblivých částí navzájem vyrušily,
- umístěním protizávaží vývažků na klikový hřídel,
- pomocí vyvažovacích hřídelů.

Síly vyvolané tlakem plynů na píst jsou ojnicí přenášeny na klikový hřídel. V klikovém ústrojí působí ovšem ještě setrvačné síly, které toto ústrojí přenáší na pevné části motoru. V motoru působí dále síly třecí a síly vznikající torzním, ohybovým a prostorovým kmitáním. Pro pevnostní výpočty konstrukčních částí motoru i pro jízdní komfort mají význam síly tlaku plynů a síly setrvačné. Vzhledem k tomu, že tlak plynů ve válci a zrychlení jednotlivých pohyblivých částí motoru se mění periodicky v závislosti na otáčení klikového hřídele, jsou síly tlaku plynů a setrvačné síly periodickými funkcemi času resp. úhlu natočení klikového hřídele.

Na klikové ústrojí dva druhy setrvačných sil: od rotujících částí a od posuvných částí. **Rotující části** motoru tvoří klikový hřídel a rotující část ojnice. **Posuvné části** motoru tvoří pístní skupina a posuvná část ojnice.

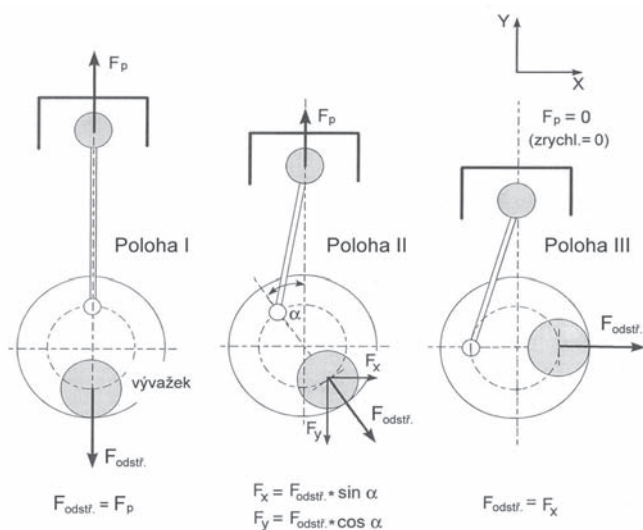
Pro setrvačnou sílu rotujících částí platí

$$F_r = m_r \omega^2,$$

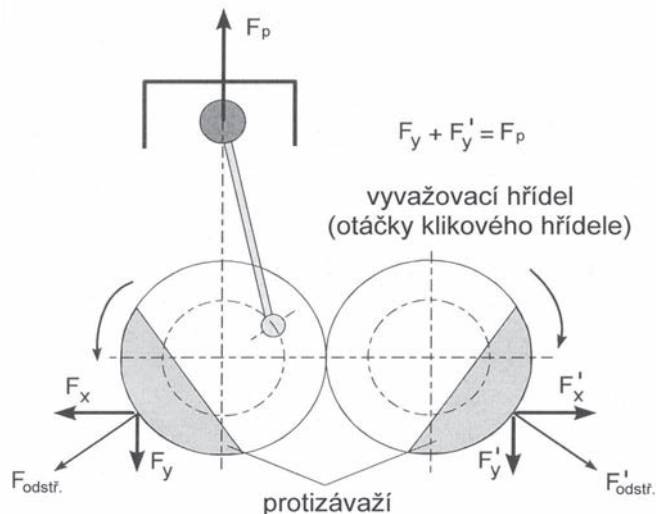
kde m_r je celková redukovaná hmotnost rotujících částí, r je poloměr kliky a ω je úhlová rychlost otáčení kliky. **Setrvačná síla rotujících součástí** má konstantní velikost nezávislou na poloze kliky a působí stále ve směru kliky.

Tato síla se dá vyvážit vývažkem na opačné straně kliky. Jeho hmotnost a vzdálenost jeho těžiště od osy klikového hřídele se volí tak, aby vývažek vyvolal stejně velikou odstředivou sílu jako je setrvačná síla rotujících součástí.

Všechny **víceválcové motory**, jejichž klikové hřídele jsou symetrické, jsou z hlediska rotačních setrvačných sil vždy vyvážené.



Obr. 22 Vyvážení posuvné setrvačné síly u jednoválcového motoru pomocí protizávaží.



Obr. 23 Setrvačné síly a vyvážení setrvačných sil 1. řádu u jednoválcového motoru pomocí vyvažovacího hřídele.

Pro setrvačnou sílu posuvných částí přibližně platí

$$F_p = m_p r \omega^2 (\cos \alpha + \lambda_0 \cos 2\alpha),$$

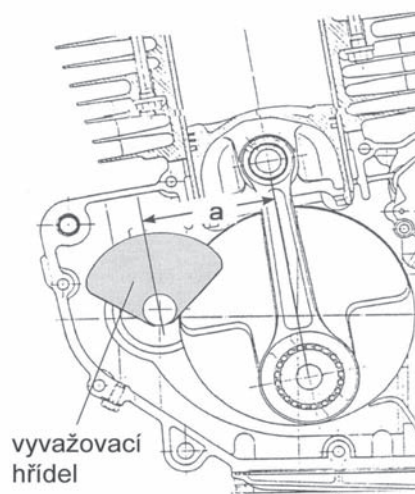
kde m_p je redukovaná hmotnost částí konajících posuvný pohyb a kde byl zaveden tzv. **ojnicní poměr** $\lambda_0 = r/l$ (r je poloměr kliky a l je délka ojnice) a α je úhel natočení klikového hřídele.

Složka $m_p \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \cos \alpha$ je tzv. **posuvná setrvačná síla 1. řádu** a složka $m_p \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \lambda_0 \cdot \cos 2\alpha$ je **posuvná setrvačná síla 2. řádu**.

Na obr. 22 je vysvětlen princip vyvážení **posuvné** setrvačné síly 1. řádu u jednoválcového motoru pomocí protizávaží. Složka odstředivé síly vývažku ve směru osy válce má velikost

$$F_y = F_{odstr.} \cdot \sin \alpha$$

a je v rovnováze se setrvačnou silou $m_p \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \cos \alpha$ a vyvažuje ji. Nevyvážená však zůstává složka kolmá k ose válce o do směru kolmé k ose válce



Obr. 24 Konstrukční řešení pro vyvážení setrvačných sil 1. řádu u jednoválcového motoru.

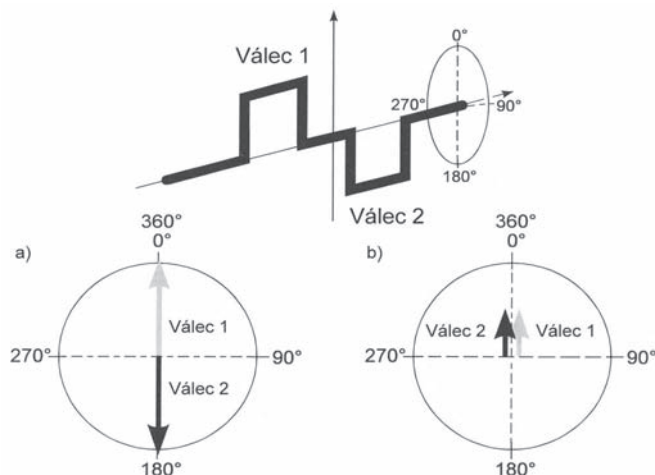
$$F_x = F_{odstr} \cdot \cos \alpha$$

Obr. 23 ukazuje setrvačné síly a vyvážení setrvačných sil 1. řádu u jednoválcového motoru pomocí vyvažovacího hřídele. Konstrukční řešení pro vyvážení setrvačných sil 1. řádu u jednoválcového motoru je znázorněno na obr. 24.

U jednoválcového motoru je možno dosáhnout úplného vyvážení posuvných setrvačných sil 1. a 2. řádu dvěma proti sobě se otáčejícími hmotnými systémy. Přitom tyto systémy musejí mít jednonásobné příp. dvojnásobné otáčky klikového hřídele. Síly, které tak vzniknou musejí mít velikost setrvačných sil 1. a 2. řádu, avšak v opačném smyslu, tj. působit proti nim. Poloha protizávaží musí být volena tak, aby nevznikaly žádné přidavné volné podélné ani příčné momenty.

Silové poměry u dvouválcového motoru jsou znázorněny na obr. 25. Protizávaží slouží k vyvážení **momentu**, který vyvolávají také **rotující části** z důvodu ramena síly. **Rotační setrvačné síly** jsou z důvodu symetrie a protilehlých hmot vyváženy. Na obr. 6 jsou klikové hvězdice pro dvouválcový motor se zalomením klikového hřídele 180°.

U víceválcových motorů je vzájemné vyvážení setrvačných sil klikového ústrojí hlavním hlediskem pro volbu uspořádání klikového hřídele (pořadí zalomení) a tím pro tvar konstrukci motoru. Rovnováha setrvačných sil je zajištěna, jestliže celkové těžiště pohyblivých dílů leží ve středu klikového hřídele, klikový hřídel je tedy - v pohledu zepředu - postaven symetricky. Toto se kontroluje pomocí "klikových hvězdnic" 1. a 2. řádu" (obr. 26). Pokud kliky tvoří ve směru osy otáčení hřídele **pravidelnou**



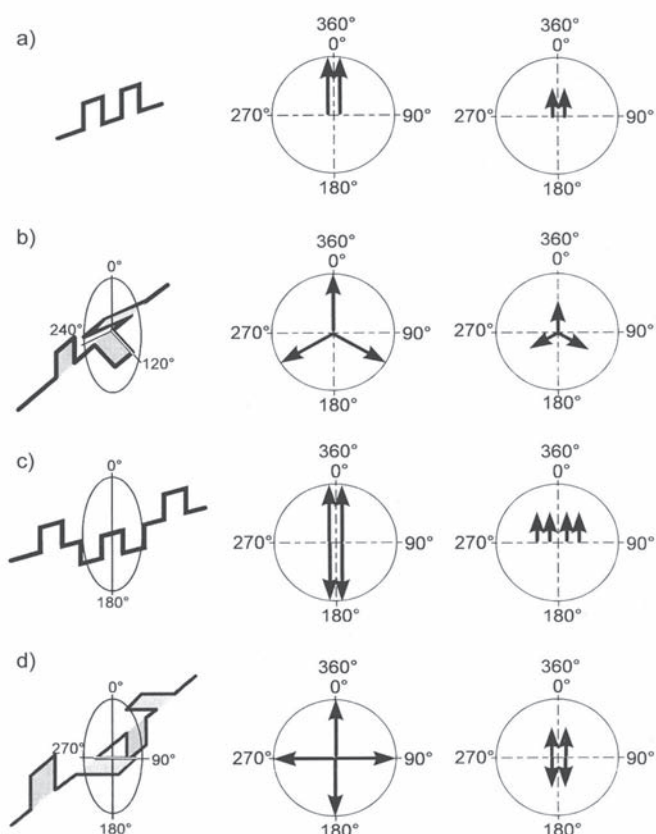
Obr. 25 Klikové hvězdice dvouválcového motoru se zalomením klikového hřídele 180°.

hvězdicí, pak se některé základní složky setrvačných sil a momentů navzájem ruší vhodným natočením klik.

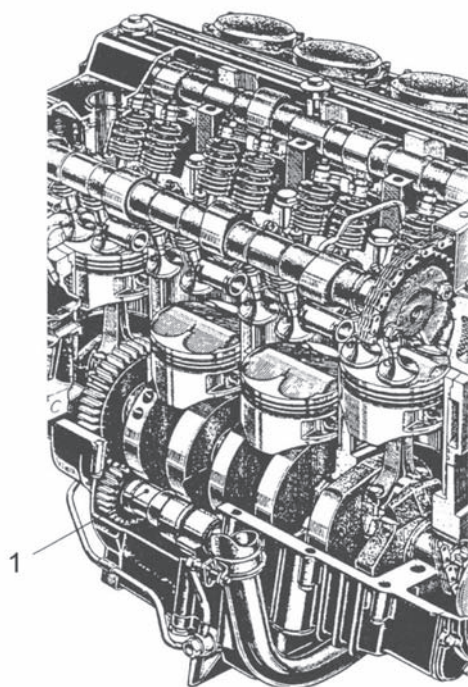
U **homogenních motorů**, charakterizovaných stejnými hmotnostmi částí hnacího ústrojí a stejnými vzdálenostmi válců existuje **metoda pro názorné znázornění setrvačných sil** posuvných částí. Pro síly 1. řádu se nakreslí boční projekce klikového hřídele (kliková hvězdice) a vynesou se síly ve směru zalomení hřídele. Pro znázornění sil 2. řádu se nakreslí kliková hvězdice s dvojnásobným úhlem mezi navzájem následujících

Tab. 1 Setrvačné síly a momenty 1. a 2. řádu u motocyklových motorů
0 – zcela vyváženo, 1 – lze zcela vyvážit, 2 – lze částečně vyvážit, 3 – nelze vyvážit

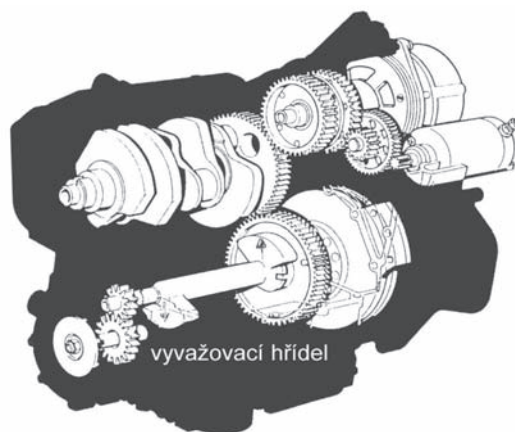
uspořádání válců	směr montáže	setrvačné síly 1. řádu	setrvačné síly 2. řádu	setrvačné momenty 1. řádu	setrvačné momenty 2. řádu
jednoválec	podélně nebo příčně	2	3	–	–
dvouválec řadový úhel zalomení 180°	příčně	0	3	2	3
dvouválec řadový úhel zalomení 360°	příčně	2	3	0	0
dvouválec boxer úhel zalomení 180°	podélně	0	0	2	3
dvouválec V 90°	podélně nebo příčně	1	3	–	–
dvouválec V 60°	podélně nebo příčně	2	3	–	–
tříválec řadový úhel zalomení 120°	příčně	0	0	2	3
čtyřválec řadový úhel zalomení 180°	příčně (zřídka) podélně	0	3	0	0
čtyřválec boxer úhel zalomení 180°	podélně	0	0	2	0
šestiválec řadový úhel zalomení 120°	příčně	0	0	0	0
šestiválec boxer úhel zalomení 120°	podélně	0	0	1	2



Obr. 26 Klikové hvězdice a setrvačné síly 1. a 2. řádu: a – dvouválcový řadový motor se zalomením 180°, b – tříválcový řadový motor, c – čtyřválcový řadový motor se zalomením 180°, d – čtyřválcový řadový motor se zalomením 90°.



Obr. 27 Částečné vyvážení setrvačných sil 2. řádu vyvažovacím hřídelem u čtyřválcového řadového motoru s rovinným klikovým hřídelem (zalomení 0°/180°) (Kawasaki GPZ 900 R): 1 – vyvažovací hřídel.

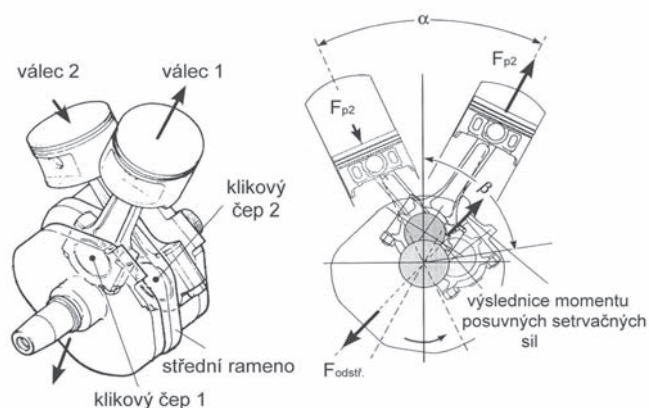


Obr. 28 Vyvážení setrvačného momentu 1. řádu u tříválcového řadového motoru – pohon vyvažovacího hřídele ozubeným soukolím.

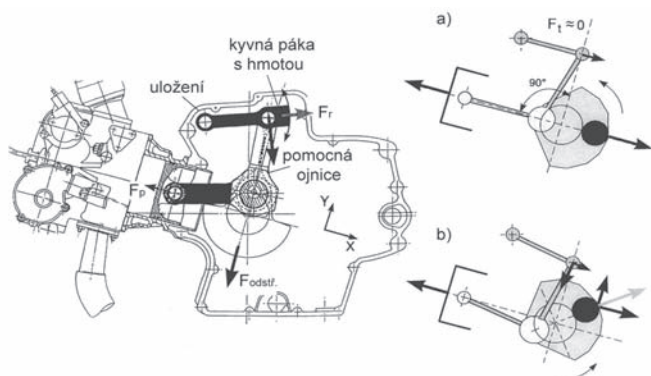
zalomeních. Podle tohoto znázornění je možno snadno poznat, zda setrvačné síly se navzájem ruší nebo sčítají. Tak například pro řadový čtyřválec (obr. 26c) se setrvačné síly 1. řádu navzájem ruší, ale neexistuje symetrie u klikové hvězdice 2. řádu a síly 2. řádu se sčítají. Proto zde vznikají velké nevyvážené setrvačné síly. **Vyvážení setrvačných sil 2. řádu** je možné dvěma vyvažovacími hřídeli, které mají dvojnásobné otáčky jako klikový hřídel.

U víceválcových motorů existují nevyvážené **setrvačné momenty** tehdy, jestliže všechny setrvačné síly celého klikového ústrojí vytvářejí silovou dvojici na klikovém hřídeli. Pro určení nevyvážených setrvačných momentů je proto nutné prostorové pozorování klikového hřídele, zatímco setrvačné síly je možno zjišťovat v rovinném systému. Stanovení nevyvážených setrvačných sil a momentů se může provést grafickým řešením (skládání vektorů). Za předpokladu stejných setrvačných sil rotačních částí všech zalomení je u klikového hřídele zrcadlově symetrického vzhledem k jeho těžištní rovině výsledný moment těchto sil nulový.

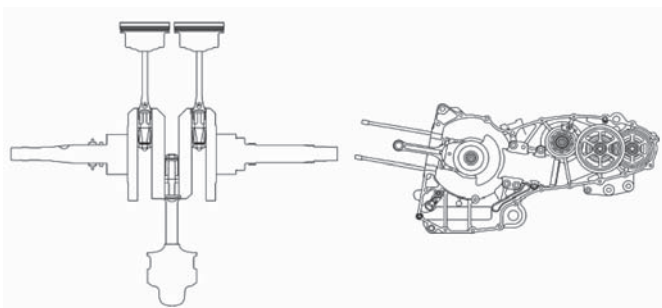
Setrvačné síly a momenty způsobené otáčejícími se částmi klikového hřídele lze kompenzovat symetrickým upřádaním klikového hřídele a posuvných hmot, protizávažími a pečlivým vyvážením. Snadnější je vyvažování víceválcových motorů, kdy píst jednoho válce působí jako vývažek pístu válce druhého. Záleží



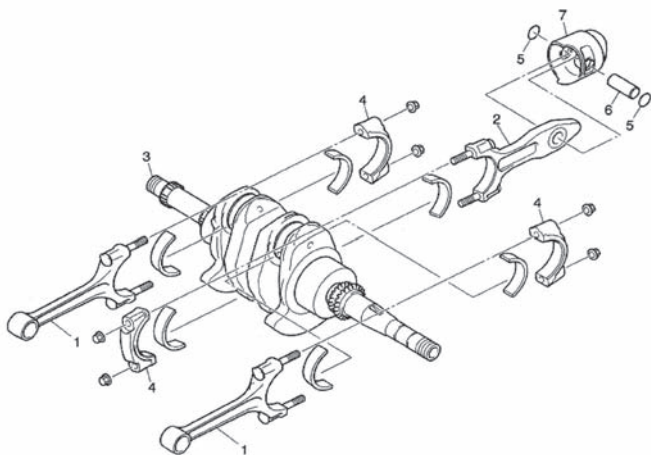
Obr. 29 Vyvážení setrvačných sil 1. řádu u dvouválcového V-motoru (Honda VT500J).



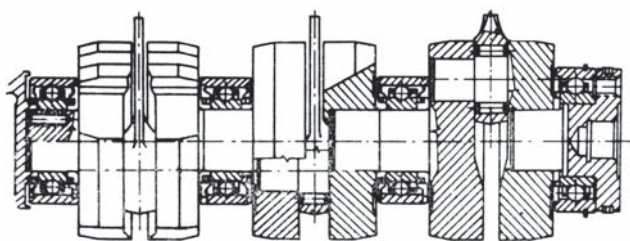
Obr. 30 Nekonvenční vyvážení jednoválcového motoru pomocí kyvné páky a přídavné hmoty (Ducati).



Obr. 31 Klikový hřídel a vyvažovací ojnice čtyřdobého kapalinou chlazeného dvouválcového DOHC o zdvihovém objemu 499 cm³ (skútr Yamaha XP500).



Obr. 32 Pístová skupina, klikový hřídel a vyvažovací ojnice čtyřdobého kapalinou chlazeného dvouválcového DOHC o zdvihovém objemu 499 cm³ (skútr Yamaha XP500): 1 – dvě klasické ojnice, 2 – vyvažovací ojnice, 3 – klikový hřídel, 4 – víko hlavy ojnice, 5 – pojistné kroužky, 6 – pístní čep, 7 – vyvažovací závaží.



Obr. 33 Dělený klikový hřídel jehož díly jsou spojeny nalisováním.

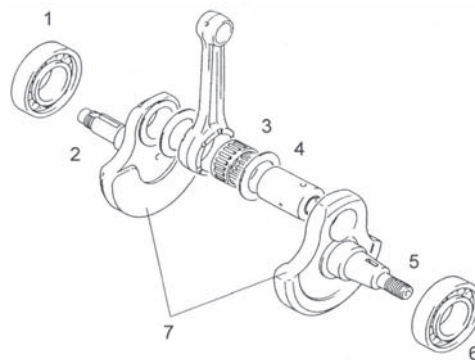
ovšem na vhodném uspořádání válců a klikového hřídele, aby k takovému vyvážení došlo. Úplného vyvážení všech setrvačných sil vyvolaných pohyblivými částmi klikového ústrojí by se dosáhlo pouze tehdy, jestliže při každé poloze klikového hřídele by společné těžiště všech pohyblivých částí bylo shodné s těžištěm otáčejícího se klikového hřídele.

Přehled užívaných konstrukcí motocyklových motorů z hlediska jejich vyvážení, tj. setrvačné síly a momenty 1. a 2. řádu, udává tab. 1.

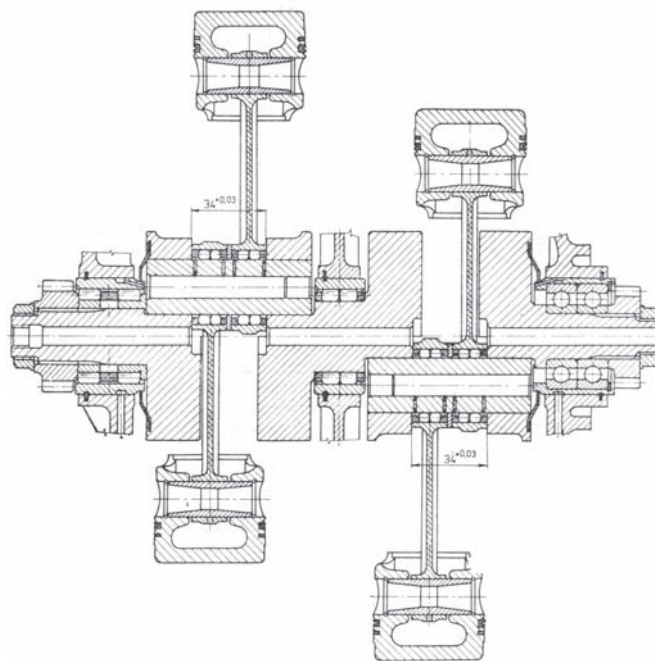
Příklady uspořádání vyvažovacích hřídelů jsou na obr. 27 a 28.

Vyvážení setrvačných sil 1. řádu u V-motoru Honda VT500 ukazuje obr. 29. Nekonvenční vyvážení znázorňuje obr. 30.

Skútr Yamaha XP500 (obr. 31 a 32) je vybaven nově vyvinutým klikovým hřídelem s integrovanou vyrovnávací ojnicí, jejíž vyvažovací závaží leží proti pístům. Vyvažovací ojnice působí proti nevyváženým setrvačným momentům, čímž se snižují vibrace a ztráty výkonu.



Obr. 34 Skládaný klikový hřídel jednoválcového motoru: 1 – hlavní ložisko, 2 – čep hlavního ložiska, 3 – ojnicí ložisko, 4 – čep klikového hřídele, 5 – čep hlavního ložiska, 6 – hlavní ložisko, 7 – kliková ramena.



Obr. 35 Klikové ústrojí čtyřválcového motocyklového motoru o obsahu 350 cm³ (Jawa).

Klikový hřídel může být vykovaný z jednoho kusu nebo z několika částí, které jsou do sebe zalisované nebo sešroubované. Kluzné a ložiskové plochy klikového hřídele jsou pečlivě opracovány, aby byly dokonale kulaté a jejich povrch je zakalený, aby byl tvrdý. Vnitřek hřídele je oproti tomu relativně měkký, aby byl hřídel pružný.

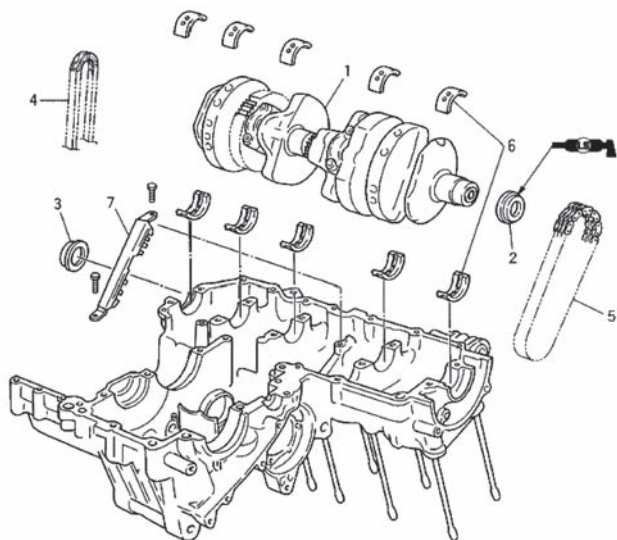
Na obr. 33 a 34 je znázorněna konstrukce skládaného (děleného) klikového hřídele čtyřválcového motocyklového motoru a na obr. 35 dělený klikový hřídel, který je složen nalisováním jednotlivých dílů. Dělené klikové hřídele se ukládají na valivá ložiska a vkládají do tunelové klikové skříně. Hřídel se nemusí dělit pokud se dají kroužky valivých ložisek přetáhnou přes hřídel. Valivá ložiska se pak ukládají přímo na kruhová ramena klik.

Příklady klikových hřídelů a klikových skříní jsou na obr. 36 a 37.

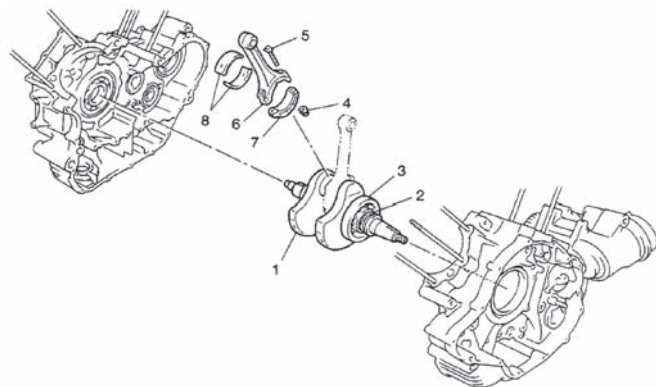
Ložiska pro uchycení klikových hřídelů mohou být kluzná nebo valivá. Motory s klikovým hřídelem uchyceným v **kluzných** ložiskách mají klidný chod. Kluzná ložiska jsou výrobně jednoduchá a jejich kluzné pánve lze snadno vyměnit. Kluzná ložiska však kladou větší třecí odpor a musí být mazána pod relativně velkým tlakem. **Valivá** ložiska sice téměř eliminují třecí odpory, avšak lze obtížně zajistit jejich optimální mazání. Kromě toho se u valivých ložisek po ujetí většího počtu kilometrů častěji objevují vibrace. Valivá ložiska jsou citlivá na znečištění, na druhou stranu mají větší životnost a při provozu se méně zahřívají. Při výměně valivých ložisek se musí klikový hřídel rozebrat.

Vysokovýkonné motory mají vždy klikový hřídel s více ložisky než motory s menším výkonem. Důvodem potřeby většího počtu ložisek je u vysokovýkonných motorů nutnost přenášení většího zatížení. Počet ložisek závisí na počtu válců:

- u jednoválcových motorů má klikový hřídel dvě ložiska
- u dvouválcových motorů dvě až čtyři ložiska
- u čtyřválcových motorů pět až šest ložisek.



Obr. 36 Kliková skříň a klikový hřídel vzduchem chlazeného dopředu skloněného řadového čtyřválcového motoru o zdvihovém objemu 1250 cm³ (Yamaha XJR1300): 1 – klikový hřídel, 2 – hřídelové těsnění, 3 – víko, 4 – rozvodový řetěz, 5 – poháněný řetěz, 6 – misky hlavního ložiska, 7 – vodící lišta poháněného řetězu.



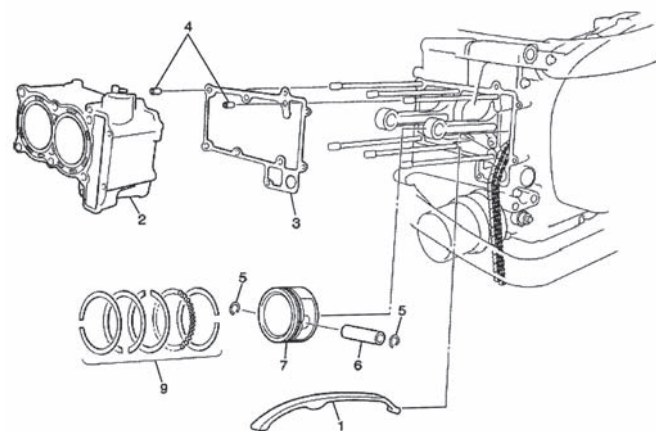
Obr. 37 Klikový hřídel a ojnice vzduchem chlazeného čtyřdobého dvouválcového V-motoru SOHC o zdvihovém objemu obsahu 1063 cm³ (Yamaha XVS1100): 1 – klikový hřídel, 2 – hnací kolo olejového čerpadla, 3 – ložisko, 4 – matice víka ojnice, 5 – ojnicí šrouby, 6 – ojnice, 7 – víko ojnice, 8 – ložiskové misky.

Proti posunutí a otočení jsou pánve ložiska zajištěny výstupky. Pro síly působící v podélném směru potřebuje hřídel axiální ložisko. Jedno hlavní ložisko klikového hřídele je pro axiální vedení klikového hřídele provedeno jako vodící ložisko s oboustranným nákrůžkem nebo s vkládanými kotoučovými segmenty. Pro uchycení takto dělených segmentů axiálních ložisek má otvor v tělese i víku ložiska z obou stran odpovídající vybrání.

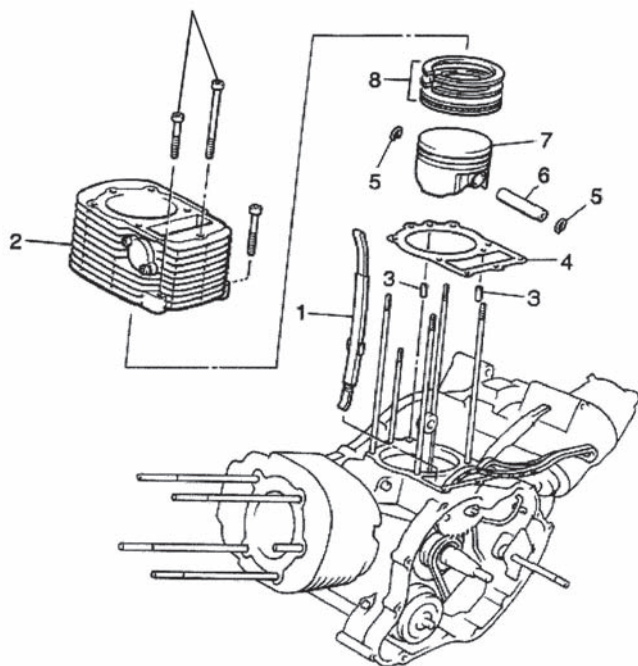
Kliková skříně, blok motoru

Blok válců je nosnou částí motoru, do které se montují válce (obr. 38). **Kliková skříň** pístového spalovacího motoru slouží k uložení klikového hřídele. Horní část klikové skříně a blok válců tvoří **blok motoru**. Kliková skříň je většinou stejně jako blok motoru odlitá z hliníkové slitiny.

Samostatnou klikovou skříň a k ní přišroubované válce mají spalovací motory chlazené vzduchem. U vzduchem chlazených motorů je její horní část je uzpůsobena pro uložení válců motoru (obr. 39).



Obr. 38 Blok válců a kliková skříň řadového dvouválcového motoru skútru s kapalinovým chlazením, mazáním se suchou skříní a montáží naležato (Yamaha XP500): 1 – vedení rozvodového řetězu (výfuková strana), 2 – blok válců, 3 – těsnění bloku válců, 4 – litované pouzdro, 5 – pojistný kroužek, 6 – pístní čep, 7 – píst, 9 – pístní kroužky.



Obr. 39 Válec a kliková skříň (blok motoru) vzduchem chlazeného čtyřdobého dvouválcového V-motoru (jeden válec vpředu, druhý vzadu) s rozvodem SOHC o obsahu 1063 cm³ (Yamaha XVS1100): 1 – vodící lišta rozvodového řetězu, 2 – válec, 3 – lícované kolíky, 4 – těsnění příruby válce, 5 – pojistné kroužky pístního čepu, 6 – pístní čep, 7 – píst, 8 – sada pístních kroužků.

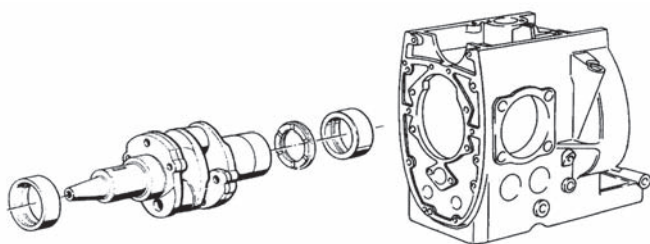
U většiny motocyklových motorů je součástí bloku motoru skříň převodovky, někdy však může být převodovka připevněná k přírubě na motoru a lze ji demontovat samostatně.

Nedělitelný blok motoru (obr. 40). Tato konstrukce se používala v minulosti a má dnes pouze historický význam. U motorů se skládaným klikovým hřídelem, u nějž jsou hlavní ložiska tvořena velkými válečkovými ložisky nasazenými na ramenech klikového hřídele, je blok motoru z jednoho kusu (“tunelový blok”).

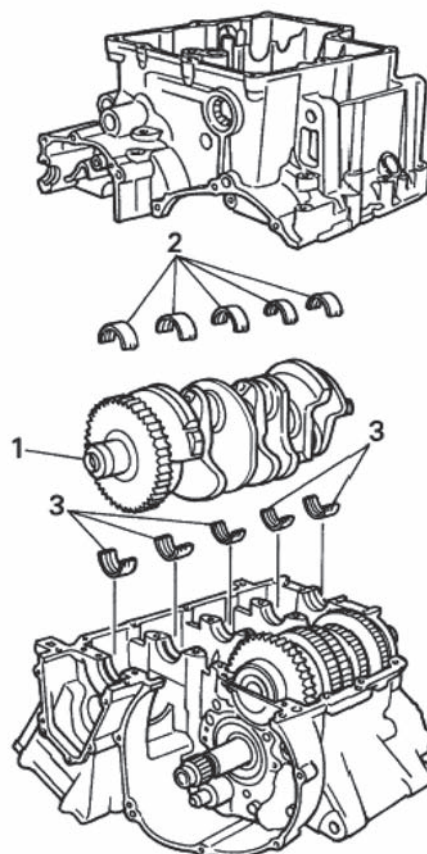
Aby bylo možné provádět opravy klikového hřídele a vnitřních součástí, je blok motoru dělený:

- **horizontálně** (obr. 41),
- **vertikálně**; poloviny bloku motoru obklopují klikový hřídel a případně převodovku ze dvou stran. (obr. 42).

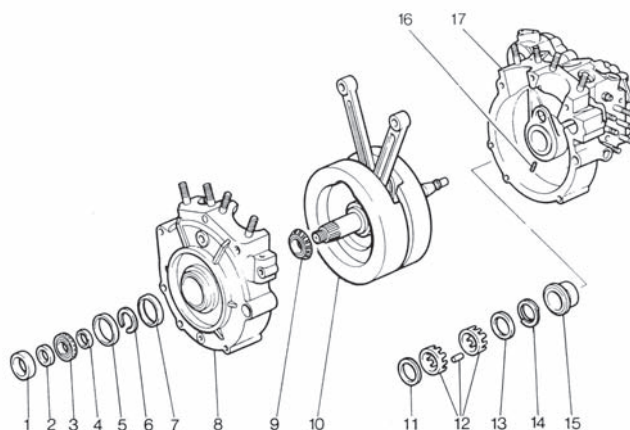
Kliková skříň spolu s válci motoru, případně blok motoru s hlavou válců vytváří základní nosný systém sloužící k vyrovnání vnitřních sil a momentů vycházejících z procesu spalování a určených konstrukcí klikového mechanismu. Zachycuje také vnější silové



Obr. 40 Nedělená (tunelová) skříň ležatého dvouválcového motoru (dvouventilový boxer BMW 1000 cm³).



Obr. 41 Blok motoru s horizontální dělicí rovinou čtyřválcového motoru (Yamaha FZS1000): 1 – klikový hřídel, 2 – dolní kluzné pánve, 3 – horní kluzné pánve. Rozebraný blok motoru je zakreslen v převrácené poloze, tzn. nahoře na obrázku je dolní díl bloku motoru a dole je horní díl bloku motoru.



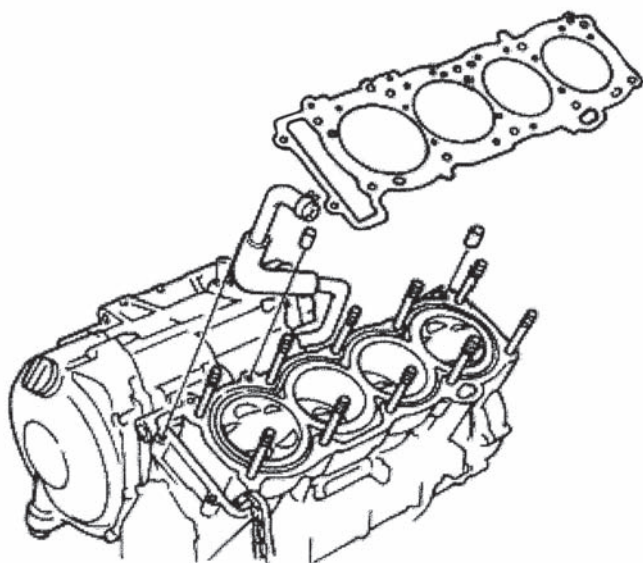
Obr. 42 Klikový hřídel, setrvačnick s kliková skříň (motor Harley-Davidson – vzduchem chlazený dvouválec s válci do V, podélně uložený): 1 – těsnění, 2 – objímka těsnění, 3 – vnitřní ložiskový kroužek na straně řetězového kola, 4 – distanční kroužek vnitřního ložiskového kroužku, 5 – vnější ložiskový kroužek hlavního ložiska na straně řetězového kola, 6 – pojistný kroužek, 7 – vnější kroužek hlavního ložiska na straně setrvačnicku, 8 – levá strana klikové skříně, 9 – vnitřní ložiskový kroužek na straně setrvačnicku, 10 – klikový hřídel se setrvačnickem a dvěma ojnicemi, 11 – podložka, 12 – válečky a klec hlavního ložiska na straně časování, 13 – podložka, 14 – spirálový pojistný kroužek, 15 – vnější ložiskový kroužek hlavního ložiska na straně časování, 16 – seřizovací šroub vnějšího ložiskového kroužek hlavního ložiska na straně časování, 17 – pravá strana klikové skříně.

účinky působící za provozu na motor. Dalším úkolem bloku motoru je vytvoření potřebných vazeb a propojení systému mazání a chlazení motoru, uložení a náhonu rozvodových mechanismů a pomocných agregátů motoru. Základní požadavek na konstrukci klikové skříně a bloku motoru vychází z tuhosti uložení klikového mechanismu a co největšího utlumení vnitřního hluku a vibrací motoru.

Blok motoru spalovacích motorů chlazených kapalinou je hlavním nosným prvkem, k němuž jsou připevněny ostatní části motoru (**obr. 43**). K bloku motoru je nahoře připojena hlava válců a na ni horní víko motoru (kryt vačkového hřídele a ventilů). Z přední strany má motor přední víko (kryt pohonu rozvodu). Na spodní straně motorového bloku je přišroubován spodní díl klikové skříně s víky hlavních ložisek klikového hřídele přes těsnění je připojeno spodní víko motoru. Žebra zvyšují výrazně tuhost stěn bloku a snižují emise hluku do okolního prostředí.

Horní polovina uložení klikového hřídele v bloku motoru vytváří ložiskový stojan, do kterého je pomocí ložiskových vík upevněn klikový hřídel. Nezávisle na konstrukčním provedení bloku motoru v oblasti uložení klikového hřídele (víka hlavních ložisek) jsou stojany hlavních ložisek integrovány do odlitku bloku motoru nebo do odlitku horní části bloku motoru. Počet kozlíků hlavního ložiska bloku motoru závisí na druhu motoru a zejména na počtu válců a uspořádání válců. Z hlediska životnosti motoru i jeho provozních vlastností, tj. hluku a vibrací motoru je velmi důležité dostatečně tuhé uložení klikového hřídele. I když posuvné síly v dělicí rovině ložiska jsou zachycovány svislými plochami jimiž se víko opírá o těleso ložiska, působí u **vidlicových motorů** v dělicí rovině ložiska značně větší síly než u motorů řadových. Pro zvýšení tuhosti v tomto směru i bočním směru se používají přidavná šroubová spojení.

Klikové skříně u dvoudobých motorů musí být plynotěsné, protože v nich dochází ke stlačování vzduchu a palivové směsi. V víceválcových dvoutaktů musí mít z výše uvedených důvodů každý válec vlastní klikovou skříně utěsněnou vůči okolí a vůči ostatním válcům.



Obr. 43 Blok motoru a těsnění hlavy válců řadového čtyřválcového motoru s kapalinovým chlazením (Yamaha FZS1000).

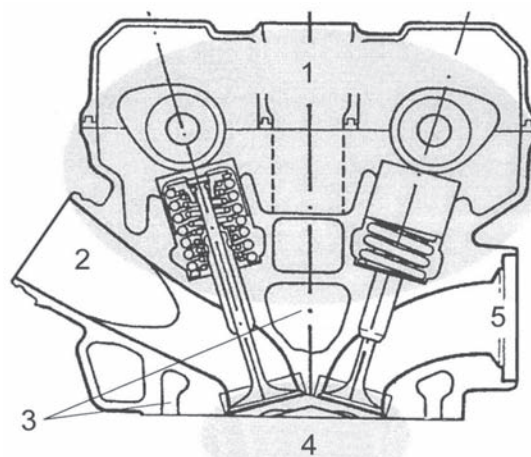
U čtyřdobých motorů se tyto problémy s klikovou skříní nevyskytují. Kliková skříně u čtyřdobého motoru však také musí těsnit, aby z ní neunikal olej. Kliková skříně u čtyřdobého motoru musí být ještě vybavena odvětráním, které reguluje přetlak a podtlak vznikající při pohybu pístů. Přetlak i podtlak v klikové skříně snižuje výkon motoru. Kromě toho může mít přetlak a podtlak negativní vliv na olejová těsnění klikového hřídele.

Kliková skříně a hlava válce se za chodu motoru plní olejovými výparry a plyny, které musejí být odsávány. Způsob odvětrání klikové skříně u čtyřdobého motoru se liší podle jednotlivých značek a modelů. Většinou se k vyrovnávání tlaků používá několik komor. V odvětrávacím systému dochází ke kondenzaci olejových par a olej pak teče zpět do motoru. Část olejových par se pak nevyhnutelně dostává do vzduchového filtru a do spalovacích prostorů motoru. U starších motorů jsou olejové páry odváděny do okolí nebo k rozvodovému řetězu.

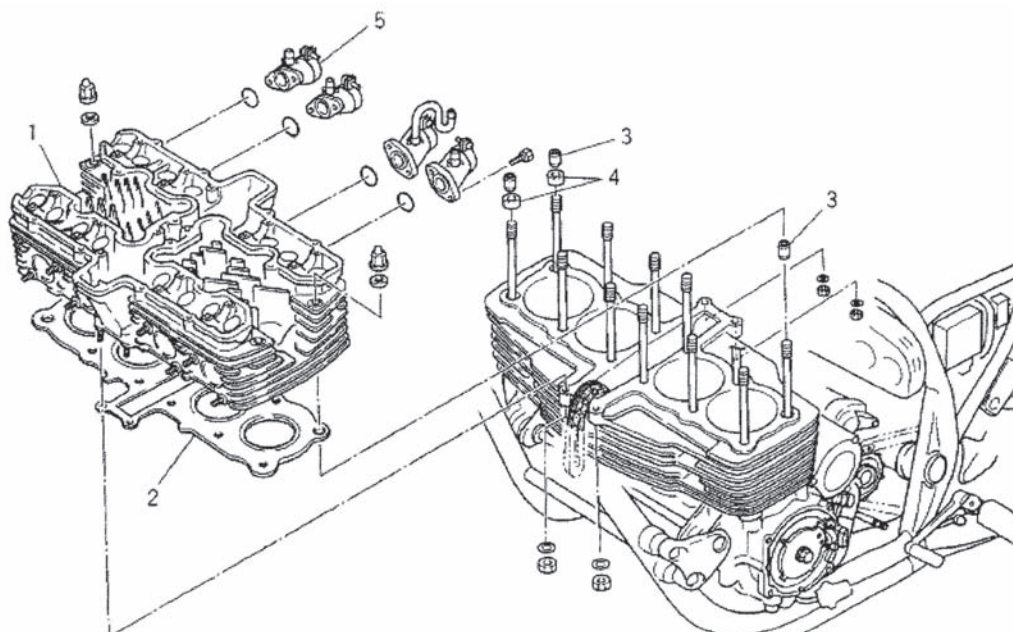
Pomocné agregáty upevněné k motoru (dynamo, alternátor, startér, součásti pro přenos hnací síly jako spojka a převodovka, kontakty zapalování, snímač impulsů elektronického zapalování, apod.) jsou chráněny a utěsněny vnějšími kryty.

Spodní víko motoru (olejová vana) zaujímá spodní část klikové skříně a je zásobníkem oleje pro oběhové mazání z klikové skříně, který je nasáván olejovým čerpadlem. Povrch olejové jímky slouží také jako chladicí plocha zásoby oleje. Proto se olejové jímky často odlévají s chladicími žebry z lehkých slitin. V nehlubším místě je umístěn vypouštěcí šroub. Těsnění mezi olejovou jímkou a klikovou skříní tvoří u nových vozidel silikonové těsnící tmely místo dřívějších plochých těsnění. Spodní víko je k bloku motoru přišroubováno a utěsňuje se zpravidla silikonovým těsnícím prostředkem.

Hlava válců uzavírá plynotěsně a kapalinotěsně válce. Hlava válců se většinou upevňuje pomocí matic na šrouby, které vedou do válců až z klikové skříně. Mezi válce a hlavu válců se zpravidla vkládá těsnění. Hlava válců musí zachycovat spalovací tlak a je přitom silně mechanicky a tepelně namáhána plyny, které vznikají při spalování. Musí mít vysokou tvarovou pevnost a malou tepelnou roztažnost.



Obr. 44 Funkční oblasti v hlavě válce/válců: 1 – ventilový rozvod, 2 – sací kanál, 3 – prostor chladicí kapaliny, 4 – spalovací prostor, 5 – výfukový kanál.



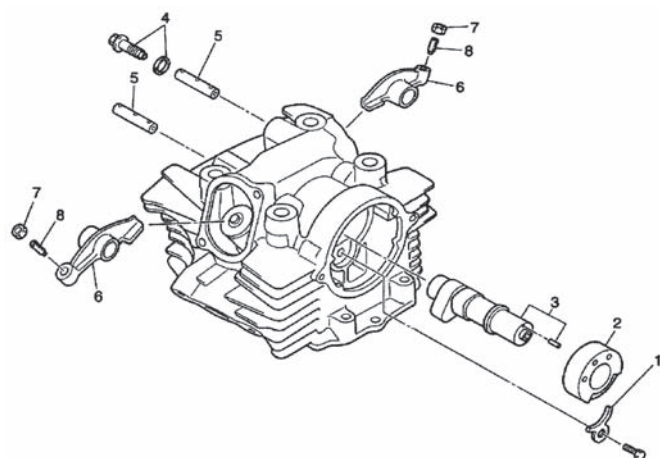
Obr. 45 Hlava válců vzduchem chlazeného dopředu skloněného řadového čtyřválcového motoru o zdvihovém objemu 1250 cm³ s rozvodem DOHC a 4ventilovou technikou (Yamaha XJR1300): 1 – hlava válců, 2 – těsnění hlav válců, 3 – lícovaná pouzdra, 4 – O-kroužky, 5 – sací hrdla.

U čtyřdobých motorů musí konstrukce hlavy zabezpečovat i výměnu náplně válců motoru. Jsou v ní umístěny sací a výfukové kanály, ventily a orgány rozvodového mechanismu ovládající otvírání ventilů. U zážehových motorů jsou v hlavě umístěny zapalovací svíčky. V hlavě válců je vytvořen kompresní prostor, celý nebo jen jeho část (obr. 44).

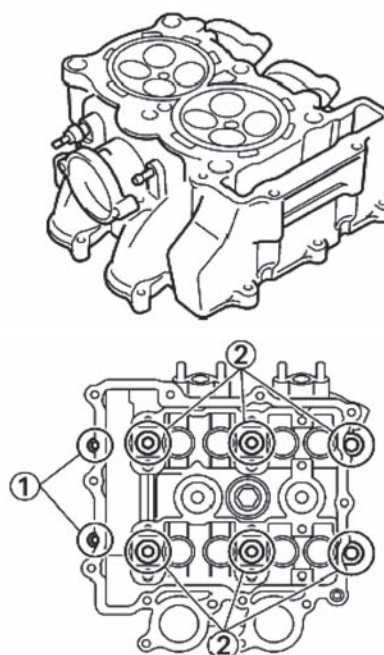
U dvoudobých motorů neplní hlava válců tolik funkcí jako u motorů čtyřdobých a je možno dosáhnout téměř ideálního tvaru spalovacích komor. Spalovací prostory mohou být relativně malé, ve středu nebo na okrajích polokulovité a se širokými kompresními štěrbinami na okrajích. Kromě zapalovacích svíček pak nejsou ve spalovacích komorách žádné jiné rušivé elementy, které by negativně ovlivňovaly rozvření palivové směsi.

Výrazný rozdíl v konstrukci hlavy určuje způsob **chlazení motoru**. Na obr. 45 je hlava válců vzduchem chlazeného řadového čtyřválcového motoru. Samostatné hlavy pro každý válec motoru se používají u motorů chlazených vzduchem v **případě oddělených válců** (např. vyčnívajících z boku bloku motoru a u V-motorů, obr. 46).

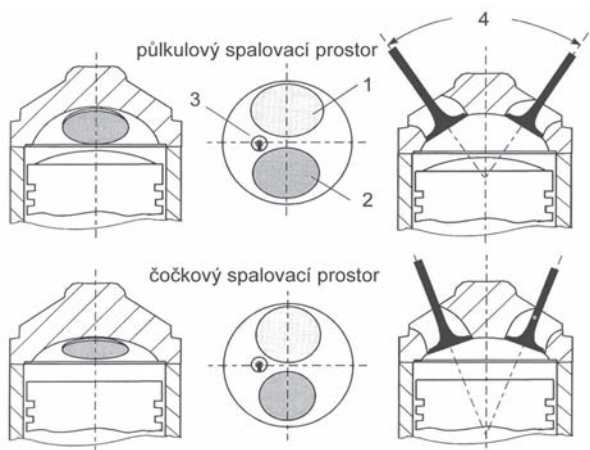
U motorů s kapalinovým chlazením (u víceválcových řadových motorů) tvoří hlava všech válců jeden celek (obr. 47).



Obr. 46 Hlava válce a ventilový rozvod vzduchem chlazeného čtyřdobého dvouválcového V-motoru SOHC o zdvihovém objemu 1063 cm³ (Yamaha): 1 – podložka, 2 – pouzdro ložiska vačkového hřídele, 3 – lícovaný kolík, 4 – dutý šroub/těsnění, 5 – hřídele vačkových vahadel, 6 – vahadla, 7 – pojistné matice, 8 – seřizovací šroub ventilové vůle.



Obr. 47 Hlava válců kapalinou chlazeného čtyřdobého dvouválcového motoru s rozvodem DOHC (skútr Yamaha XP500, zdvihový objem 499 cm³): 1 – šrouby hlavy válců, 2 – matice hlavy válců.

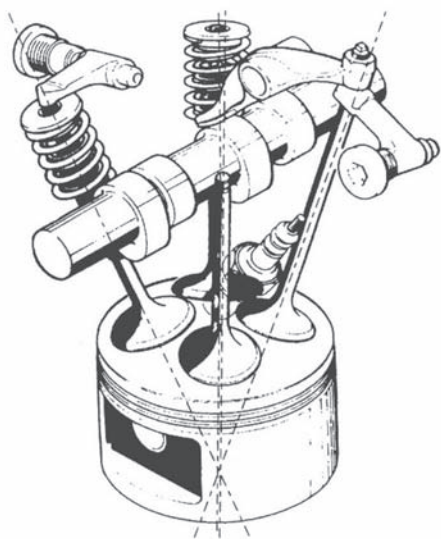


Obr. 48 Půlkulový a čočkový (sedlovitý, střešovitý) spalovací prostor:
1 – sací ventil, 2 – výfukový ventil, 3 – zapalovací svíčka, 4 – úhel ventilů.

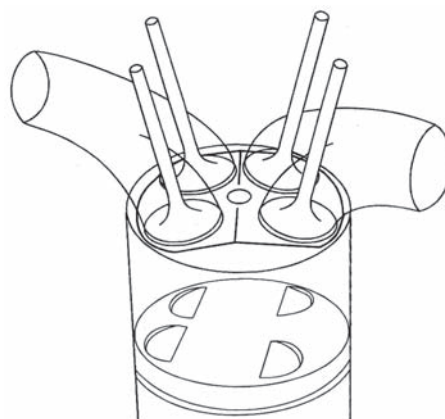
U čtyřdobých motorů s rozvodem OHC a DOHC je součástí hlavy válců vačkový hřídel resp. dva hřídele. Kvůli ventilům se musí spalovací prostory u čtyřdobých motorů tvarově odlišovat od ideální polokoule, protože ventily uzavírající spalovací prostory nemohou mít dokonale půlkulatá dna. V důsledku toho se používají různá provedení spalovacích prostorů.

Spalovací prostory jsou úplně nahoře ve válcích a mají nejmenší objem, když je příslušný píst v horní úvratí. Horní část spalovacích komor tvoří právě hlava válců, která pak v důsledku toho musí snášet velký díl tlakového a tepelného namáhání vznikajícího za chodu motoru. Proto musí být hlava válců dobře chlazená. Provedení spalovacích komor má vliv na výkon motoru. Tvar spalovacích komor má vliv na míšení palivové směsi, průběh spalování a odolnost motoru proti vzniku detonačního spalování neboli klepání.

Spalovací prostory (obr. 48) musí být pokud možno kompaktní a s malým povrchem. Ve spalovacích prostorech proto nesmí být ostré hrany, které snižují výkon motoru. Nejlepším se jeví **polokulový tvar**, kdy hoření směsi probíhá rovnoměrně a efektivně. **Čočkovité** (sedlovité, střešovité) spalovací prostory se podobají



Obr. 49 Radiální uspořádání ventilů.



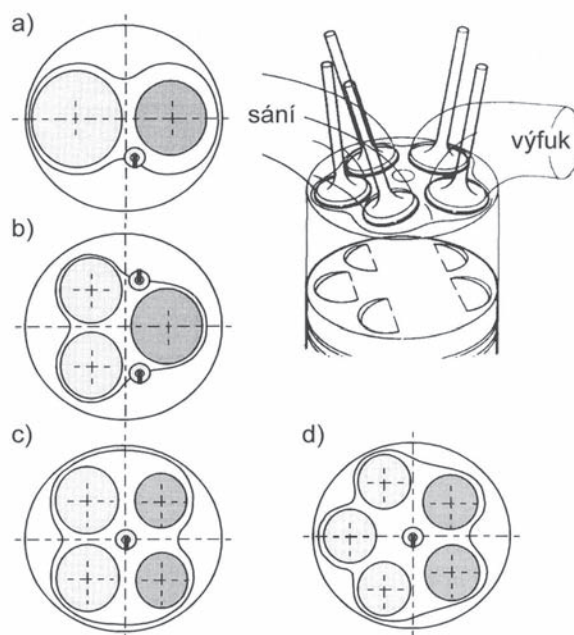
Obr. 50 Střešovitý obrys spalovacího prostoru u konvenční čtyřventilové hlavy válce.

ideálnímu polokulovitému provedení. Jsou vhodné pro použití dvou nebo čtyř ventilů na válec a zajišťují dobré plnění válců. Rozvíření směsi výrazně zlepšuje použití kompresních šterbin.

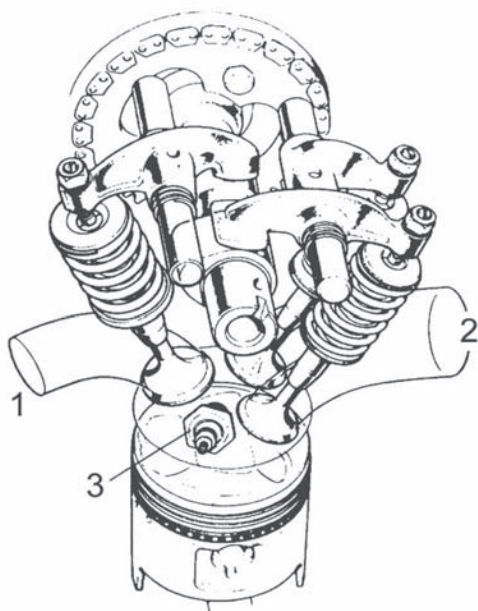
Radiálně umístěné ventily ve spalovacím prostoru (obr. 49) umožňují, aby spalovací prostor komora byl téměř ideálně polokulovitá. Toto uspořádání je však výrobně náročné, a proto se používá pouze u víceventilových motorů.

Aby se výměna obsahu válců ještě zlepšila, jsou často čtyřdobé motory vybaveny dvěma nebo třemi sacími ventily a jedním nebo dvěma výfukovými ventily (obr. 50 a 51).

Motor se třemi ventily na válec, obvykle se dvěma sacími ventily, má velký výfukový ventil (obr. 51b). Proto musí být zapalovací svíčka většinou umístěna bočně, obr. 52. Aby se snížila nevýhoda dlouhé dráhy plamene, používají se zde často dvě zapalovací svíčky.



Obr. 51 Porovnání spalovacích prostorů (sací ventily s výjimkou pětiventilového motoru mají větší průřez než výfukové ventily): a – dvouventilový motor; b – tříventilový motor (dva sací ventily a jeden výfukový ventil); c – čtyřventilový motor; d – pětiventilový motor (tři sací a dva výfukové ventily).

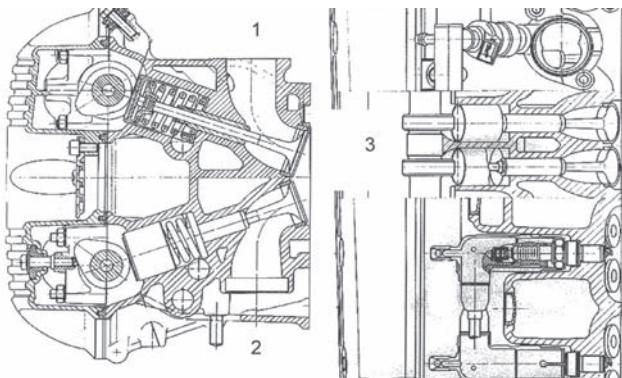


Obr. 52 Spalovací prostor u tříventilové hlavy válců: 1 – sání, 2 – výfuk, 3 – zapalovací svíčka.

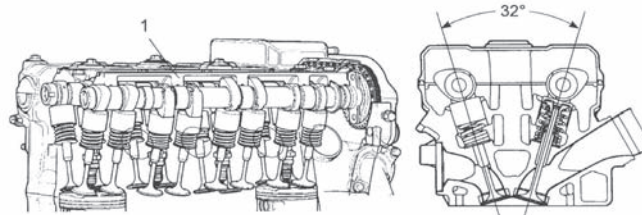
Motor se čtyřmi ventily na válec – na každý válec připadají dva větší sací ventily a dva menší výfukové ventily. Sací a výfukové ventily jsou ovládány obvykle dvěma samostatnými vačkovými hřídeli. Kromě většího výkonu, (lepší výměna obsahu válce) má čtyřventilový motor další výhody:

- centrální pozice zapalovací svíčky
- lepší převod tepla než u dvou ventilů,
- menší citlivost na detonační spalování,
- nižší spotřeba paliva,
- oproti dvouventilovému motoru jsou ventily motoru čtyřventilového menší, a proto lehčí.

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



Obr. 53 Hlava válců ležatého čtyřválcového motoru BMW K1100 s podélnou montáží: 1 – sací kanál, 2 – výfukový kanál, 3 – vačkový hřídel.



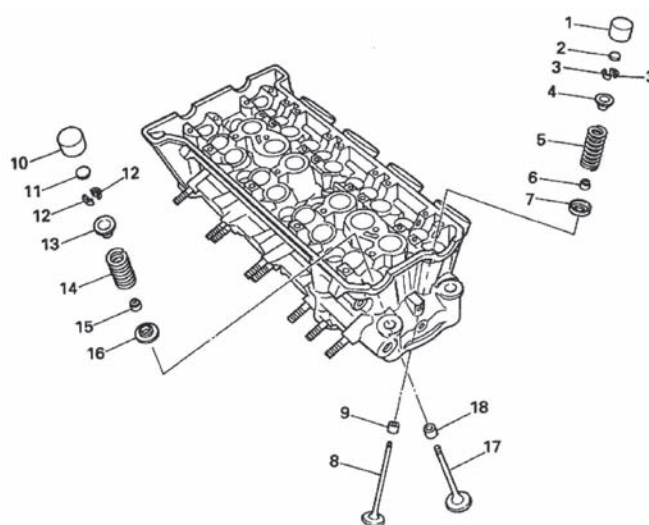
Obr. 54 Hlava válců motoru Honda CBR900RR: 1 – ložiskové můstky vačkového hřídele.

Obr. 53 ukazuje kapalinou chlazenou čtyřventilovou hlavu válců pro čtyřválcový řadový motor. Pro vysoké otáčky a výkon slouží dva vačkové hřídele a hrníčková zdvihátka ventilů.

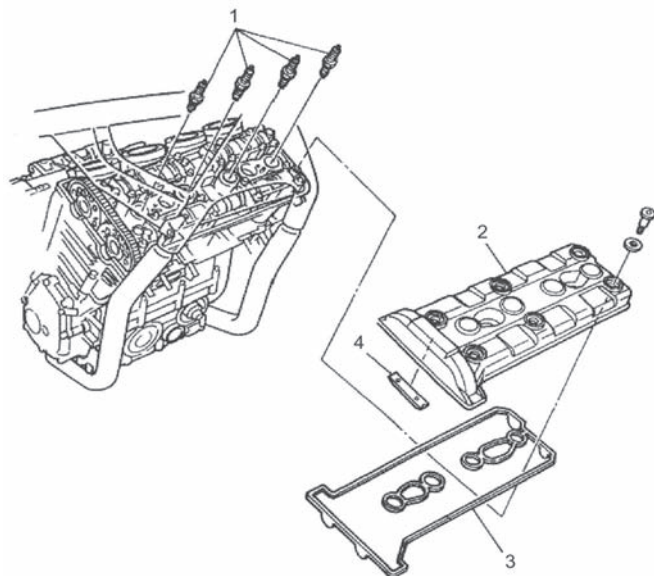
Příklad hlavy válců pro vysokootáčkový motor znázorňuje obr. 54. Úhel ventilů 32° poskytuje strmé, velmi dlouhé sací kanály, které zajišťuje nízkoztrátové proudění plynu. Tuhost ventilového rozvodu zajišťují hrníčková zdvihátka a velký průměr vačkových hřídelů a jejich pětinasobné uložení. Další konstrukční příklad hlavy válců je na obr. 55.

Hlava válců se zpravidla vyrábí z hliníkové slitiny. Jednoznačně je použití hliníkových slitin u hlav válců vzduchem chlazených motorů. Nutností jsou vkládána sedla ventilů, vodítka ventilů a v některých případech i vložky pro závit zapalovací svíčky. Také pro zážehové motory chlazené kapalinou se hlava většinou odlévá z hliníkových slitin.

Těsnění hlavy válců musí neprodyšně uzavírat spalovací prostor v místě mezery mezi hlavou válců a blokem motoru a současně zabránit unikání chladicího prostředku z kanálů chladicích prostorů, rovněž tak unikání oleje z průtokových kanálů mazací soustavy motoru. Dosedací plochy bloku válců a hlavy válců musí být pro dobré utěsnění rovinné. Těsnění hlavy válců musí odolávat vysokým tlakům a teplotám, navíc musí být odolné proti působení oleje a chladicích kapalin. **Kombinované těsnění hlavy** se skládá



Obr. 55 Hlava válců a ventily čtyřválcového motoru (Yamaha FZS1000): sací strana/výfuková strana: 1/10 – hrníčkové zdvihátko, 2/11 – ventilová destička, 3/12 – ventilový klínek, 4/13 – miska ventilové pružiny, 5/14 – ventilová pružina, 6/15 – těsnění dříku ventilu, 7/16 – sedlo ventilové pružiny, 8/17 – sací/výfukový ventil, 9/18 – vedení ventilu.



Obr. 56 Víko hlavy válců čtyřválcového motoru (Yamaha FZS1000):
1 – zapalovací svíčky, 2 – víko hlavy válců (horní víko motoru), 3 – těsnění
víka hlavy motoru, 4 – vedení rozvodového řetězu (horní).

LITERATURA

- [1] VLK F.: Teorie a konstrukce motocyklů 1, 2. *Vlastním nákladem. Brno 2004.*
- [3] VLK F.: Vozidlové spalovací motory. *Vlastním nákladem. Brno 2003.*
- [3] NEPOMUCK B. L., JANNECK U.: Technisches Handbuch für Kraftradfahrer. *Moby Dick Verlag, Kiel 1998.*
- [4] STOFFREGEN J.: Motorradtechnik. 4. Auflage. *Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden 2001.*
- [5] VLK F.: Automobilová technická příručka. *Vlastním nákladem. Brno 2003.*

z kovu a měkkého materiálu. Kovový nosný plech o tloušťce asi 0,3 mm je pro zvýšení přilnavosti opatřen zajišťovacími otvory nebo záseky s otřepy a z obou jeho stran je nanесena vrstva měkkého materiálu. Na měkký materiál se pro zlepšení odolnosti vůči působícím látkám nanáší plastová vrstva, která uzavírá jeho póry. Otvory pro spalovací prostory a pro tlakový olej mazací soustavy a někdy i chladicí prostory se po obvodu lemuují, např. ocelovým plechem potaženým hliníkem. Utěsnění kapalinových průchodů se může ještě zlepšit nanесením elastického tmelu (elastomeru).

K bloku motoru je nahoře připojena hlava válců a na ni horní víko motoru (též tzv. víko hlavy válců), které slouží jako kryt vačkového hřídele a ventilů (obr. 56).