

Motorový nebo ventilový rozvod řídí výměnu plynů ve válci. Rozvodový mechanismus motoru má velký vliv na dosažení parametrů výkonu. K rozvodovému mechanismu se počítají všechna zařízení ovládající vstup a výstup pracovních látek do válce motoru a z něj. Každý rozvodový mechanismus musí zaručovat maximální a co nejhospodárnější využití spalovacího prostoru motoru a zároveň musí mít tichý chod. Úkolem je přivést do spalovacího prostoru válce motoru co největší množství vzduchu nebo směsi vzduchu s palivem, dovést co nejdokonalější přípravu směsi a spálené zbytky paliva a zplodin co nejrychleji a dokonale odvést. Proto musí rozvody otevírat a zavírat ventily nebo překrývat kanály, ve správný okamžik, a to tak, aby byl střední časový průřez, daný otevřením ventilu (kanálu), co největší.

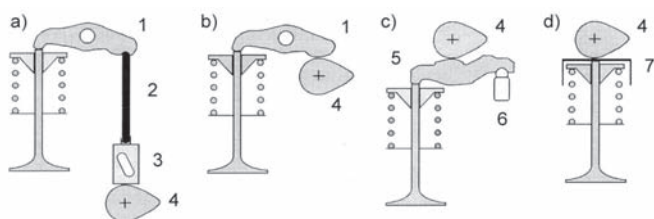
U **dvoudobých motorů** se je rozvodovým ústrojím píst motoru, který odkrývá a překrývá svými hranami jednotlivé kanály ve stěně válce. U některých dvoudobých motorů se používají ventily.

Ventilový rozvod **čtyřdobých motorů** zahrnuje ventily (konstrukční díly, které zahajují a ukončují výměnu plynů) a vačkový hřídel (nebo dva vačkové hřídele) jako vlastní řídicí prvek výměny plynu.

VENTILOVÝ ROZVOD ČTYŘDOBÉHO MOTORU

Každé používané konstrukční řešení rozvodového mechanismu se skládá z určitých součástí, které jsou různě uspořádány a uloženy buď v bloku válců nebo hlavě motoru. Podle tohoto hlediska pak rozlišujeme různé ventilové rozvody, obr. 1:

- **OHV (over head valve)** – ventily jsou umístěny v hlavě válce motoru, vačkový hřídel je umístěn v bloku motoru,
- **OHC (over head camshaft)** – vačkový hřídel je umístěn nad hlavou válců, ventily jsou umístěné v hlavě válce motoru,



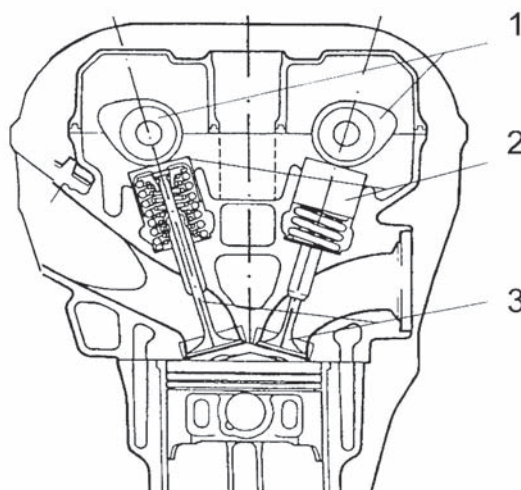
Obr. 1 Druhy ventilových rozvodů a uspořádání ovládání ventilů: a – rozvod OHV s ventilovou tyčkou, b – rozvod OHV s dvouramenným vahadlem, c – rozvod OHC s jednoramennou pákou, d – rozvod OHC s hrníčkovým zdvihátkem: 1 – dvouramenná ventilová páka, 2 – ventilová tyčka, 3 – zdvihátko, 4 – vačkový hřídel, 5 – jednoramenná ventilová páka, 6 – opěrný čep, 7 – hrníčkové zdvihátko.

- **DOHC (double overhead camshaft)** – dva vačkové hřídele uložené nahoře nad hlavou válce a ventily v hlavě válce,
- **CIH (camshaft in head)** – vačkový hřídel uložený v hlavě válce a ventily v hlavě válce.

U motocyklových čtyřdobých motorů se často používají rozvody DOHC, obr. 2 a 3.

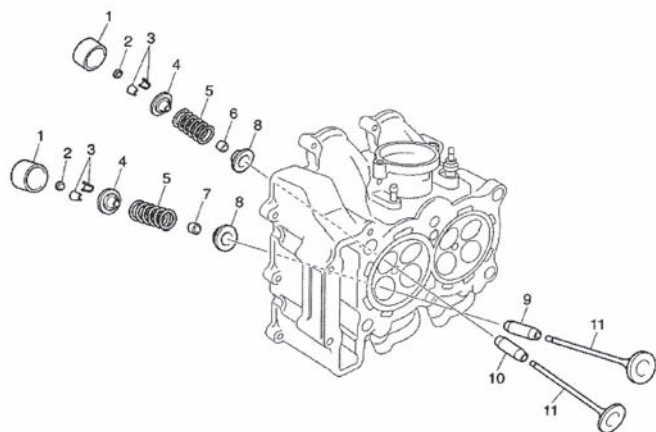
Hlavní části ventilového rozvodu (obrázku 2) jsou:

- ventily,
- ventilové pružiny,
- zdvihátka ventilů a ventilové tyčky,
- vahadla ventilů a vačkové hřídele.

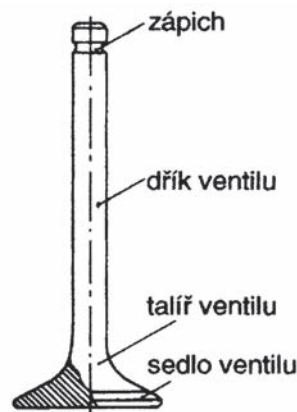


Obr. 2 Ventilový rozvod DOHC čtyřdobého motoru: 1 – vačkové hřídele, 2 – přenosové elementy (hrníčková zdvihátka), 3 – ventily.

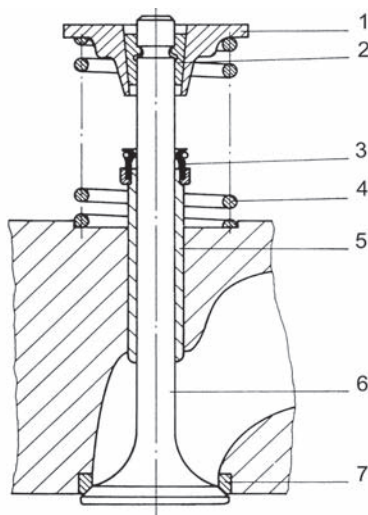
U čtyřdobých motorů má každý válec nejméně jeden **sací ventil** a jeden **výfukový ventil**. Průměry talířů ventilů (hlav ventilů) a velikost zdvihu ventilu musí být tak velké, aby výměna obsahu válců mohla probíhat s malými průtokovými otvory, pokud možno



Obr. 3 Ventily kapalinou chlazeného dvouválcového čtyřdobého motoru DOHC o zdvihovém objemu 499 cm³ (skútr Yamaha XP500): 1 – hrníčkové zdvihátko, 2 – ventilová destička, 3 – ventilový klínek, 4 – miska ventilové pružiny, 5 – ventilová pružina, 6 – těsnění dřívku sacího ventilu, 7 – těsnění dřívku výfukového ventilu, 8 – sedlo ventilové pružiny, 9 – vedení sacího ventilu, 10 – vedení výfukového ventilu, 11 – ventil.



Obr. 5 Hlavní části ventilu.



Obr. 4 Ventil a součásti ventilu: 1 – opěrná miska ventilové pružiny („talíř pružiny“), 2 – ventilové klínky, 3 – utěsnění dřívku ventilu, 4 – ventilová pružina, 5 – vedení ventilu, 6 – ventil, 7 – vložené ventilové sedlo.

bez překážek. Výfukový ventil má často menší průměr než sací ventil, protože rychlé vyprázdnění spalovacího prostoru zaručuje vysoký tlak plynů při otevření výfukového ventilu. Ventil a jeho součásti znázorňuje obr. 4.

VENTILY

Ventily tvoří část spalovacího prostoru, spolu se sedlem zaručují jeho těsnost a v otevřeném stavu by měly klást minimální odpor proudícím plynům. Jsou namáhány tlakem plynů ve spalovacím prostoru, vysokými teplotami, silami pružin a silami setrvačnými. Materiál pro výrobu ventilů, zvláště výfukových, nesmí ztrácet

pevnost ani tvrdost při vysokých teplotách, musí mít velkou vrubovou houževnatost a vzdorovat dobře korozním účinkům zplodin hoření. Současně se žádá dobrá tepelná vodivost, odolnost proti opotřebení a malá náchylnost k opalování. Pro hospodárnou výrobu je nutná dostatečná tvárnost za tepla při kování a lisování, a uspokojivá obrobiteľnosť.

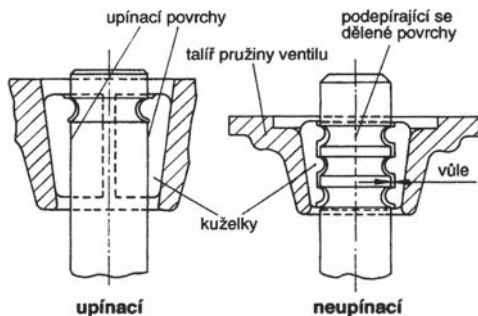
Sací ventily jsou většinou vyráběny z chromokřemičité oceli. Ventilové sedlo a často také dřívku jsou tvrzené. **Výfukové ventily** jsou kvůli vysoké teplotní zátěži většinou konstruovány jako ventily bimetalové. Talíř ventilu a často také spodní konec dřívku jsou vyrobeny z oceli chromomanganové. zbývající část dřívku z oceli chromokřemičité. Protože se chromomanganová ocel – na rozdíl od oceli chromokřemičité – nedá vytvrdit, je osazení ventilu často zpevněno slitinami chromu, niklu nebo kobaltu.

Ventil se skládá z hlavy (talíře), dřívku a stopky (obr. 5). Hlava ventilu musí být dostatečně tuhá, aby odolávala mechanickému namáhání i při vysokých teplotách a nedeformovala se. Přitom však má být i poddajná, aby se přizpůsobila mírně deformovanému sedlu. Na stopce je drážka pro upevnění misky pomocí klínků (obr. 6). Do této misky je zasazena jedna až dvě vratné pružiny, které táhnou ventil do sedla v hlavě válce. Dřívku ventilu je jeho vodící částí. Vodítko ventilu je v hlavě válce a může být i výměnné. Přechod hlavy ventilu do dřívku musí být pozvolný, aby nevznikala koncentrace napětí a aby průřez, kterým proudí plyny měnil svůj tvar i velikost plynule. Dřívku ventilu je válcový. U vozidlových motorů se používají výhradně ventily s kuželovou dosedací plochou. Kuželovité sedlo musí ve spojení s dosedací plochou v hlavě válce uzavírat spalovací prostor utěšňovat ji před plynem.

Opěrná miska pružiny přenáší sílu pružiny ventilu přes kuželky na ventily. Rozlišují se klínky (kuželky) upínací a neupínací (obr. 6).

Dřívku a hlava (talíř) **celokovového ventilu** se skládají z jednoho materiálu. Hlava a konec dřívku ventilu jsou několikanásobně tvrzeny. **Bimetalový ventil** má hlavu z materiálu s velkou odolností vůči teplotě a korozi, dřívku je vyroben z materiálu s dobrou kluzností. Spojení obou dílů je dosaženo svařením natupo.

U více tepelně zatížených motorů se uplatňují výfukové ventily chlazené sodíkem. Ten činí asi 60 % objemu dutiny v hlavě a dřívku ventilu, teplem se roztaví (teplota tání 97 °C, teplota varu 883 °C) a při pohybu ventilu se vzhledem k dutině svým setrvačným účinkem pohybuje. Tím teplo, odebrané z hlavy ventilu přenáší



Obr. 6 Opěrná miska pružiny (pružinový talíř) a zajištění ventilu upínacími nebo neupínacími klínky.



Obr. 7 Hlava (talíř) ventilu s indukčně tvrzeným (vlevo) a kaleným (vpravo) sedlem ventilu. Pro zmenšení opotřebení může být na sedlo navařen stelit (tvrdokov).

do dířku a tam se předává prostřednictvím vodítka do hlavy válce a chladicího média. Zbytek dutiny ventilu je vyplněn netečným plynem.

Hlava ventilu může mít s indukčně tvrzené nebo kaleným sedlo ventilu, příp. pro zmenšení opotřebení může být na sedlo navařen stelit (tvrdokov), obr. 7.

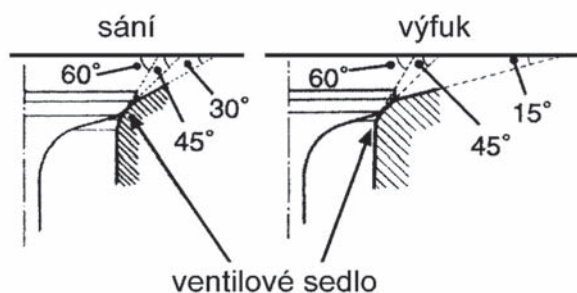
Sedla ventilů v hlavě válců. V hlavách válců z hliníkových slitin, někdy i v litinových hlavách, jsou pro zvýšení pevnosti dosedacích ploch pro hlavy ventilů vložena prstencová sedla ventilů. Jejich materiál musí být tepelně velmi odolný, odolný proti opotřebení a odolný proti tvorbě okujů. Ventilová sedla vyrobená z vysoce legovaných ocelí nebo z litiny jsou vkládána do hlavy válců s přesahem, lisováním za studena nebo za tepla (ohřátá hlava a podchlazené sedlo).

Sedla ventilů v hlavě válců mají většinou stejný vrcholový úhel kuželovité dosedací plochy jako talíře ventilů, obvykle 45° . Pro zlepšení proudění a omezení šířek sedel ventilů se často provádí přechody kuželovými plochami. Plochy sedel ventilů také slouží k odvodu tepla z horkých talířů ventilů na chlazenou hlavu válců. Čím větší je styčná plocha mezi talířem a sedlem, tj. čím širší je plocha sedla, tím účinnější je odvod tepla. Na druhé straně se ventily uzavírají před plynem o to těsněji, čím větší je přitlačná síla, tedy čím užší je povrch sedla. Sedlo ventilu je proto kompromisem mezi sedlem úzkým (lepší těsnění) a sedlem širokým (lepší odvod tepla).

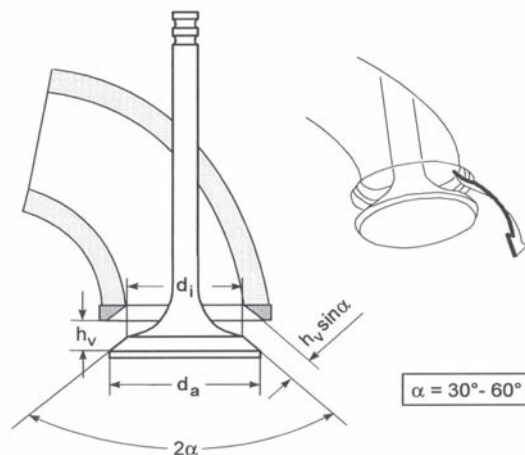
S ohledem na požadovanou těsnost nesmí být šířka dosedací plochy sedla příliš velká. U sacího ventilu bývá 1,5 mm, u výfukového ventilu 2 mm, zlepšuje se tím i odvod tepla. Někdy se volí úhly kuželových dosedacích ploch rozdílné, např. u talíře ventilu 44° a sedla ventilu v hlavě válců 45° . Vůči spalovacímu prostoru se vytvoří úzká těsnicí hrana, která se během provozu zvětšuje až na normální šířku sedla. Pak není nutné zabrušování ventilů.

Aby mohly být vyrobeny uvedené šířky sedel, je nad plochou sedla a pod ním umístěn tzv. korekční úhel (obr. 8 a 9).

Ventilové pružiny zajišťují trvalý styk ventilů se sedlem v hlavě válce. Síla pružiny musí být vyměřena tak, aby vznikl dostatečný kontakt s vačkami a aby došlo k tak rychlému uzavření ventilů, jak to umožňují pohybující se vačky. Ventilová pružina má za úkol přitlačovat ventil v uzavřeném stavu do sedla, tím zabezpečovat jeho těsnicí funkce a zabránit vtáhnutí výfukového ventilu do válce v průběhu sání. Současně má udržovat všechny pohyblivé části rozvodu ve stálém dotyku v těch fázích pohybu, kdy tento dotyk nezabezpečuje působení vačky. Neplnění prvního požadavku znamená zhoršení funkce rozvodu, mající za následek snížení výkonových parametrů motoru nebo znemožnění jeho chodu. Nedostatečné plnění druhého požadavku způsobí vysoké rázové namáhání součástí rozvodu, případně setkání ventilu a pístem, což může mít za následek zkrácení životnosti motoru nebo jeho okamžitou havárii. Pro každý ventil bývají často použity dvě pružiny uspořádané souose. Toto řešení dovoluje navrhnout pružiny menších rozměrů a zvyšuje bezpečnost provozu tím, že zabraňuje vpadnutí ventilu do válce v případě prasknutí jedné z pružin. Pružiny mívají rozdílnou vlastní frekvenci, čímž snižují účinky rezonancí na práci rozvodného ústrojí. Vnější a vnitřní pružina mají obrácený smysl stoupání závitů, aby se tyto do sebe nezaklesly, zlomí-li se jedna z nich. Stoupání závitů pružiny bývá obvykle stejné. Proměnné stoupání se provádí jako preventivní opatření



Obr. 8 Ventilová sedla (Suzuki GSX-R 1000). Kuželovitá dosedací plocha ventilu (45°) a přechody pro zlepšení proudění a omezení šířky sedla – tzv. korekční úhly (zde 15° , 30° a 60°).



Obr. 9 Geometrie ventilového sedla a výsledný příčný průřez ventilu.

mechanismu díly, které umožňují **samočinné vymezování vůle** (hydraulická zdvihátka).

Vůle ventilů je u studeného motoru zpravidla větší než u teplého motoru. Vůle výfukových ventilů je obvykle větší než u sacích ventilů. Nastavení správné vůle ventilů se liší podle druhu motoru a konkrétního motoru. Může být předepsána pro studený nebo teplý motor, pro stojící nebo pomalu běžící motor.

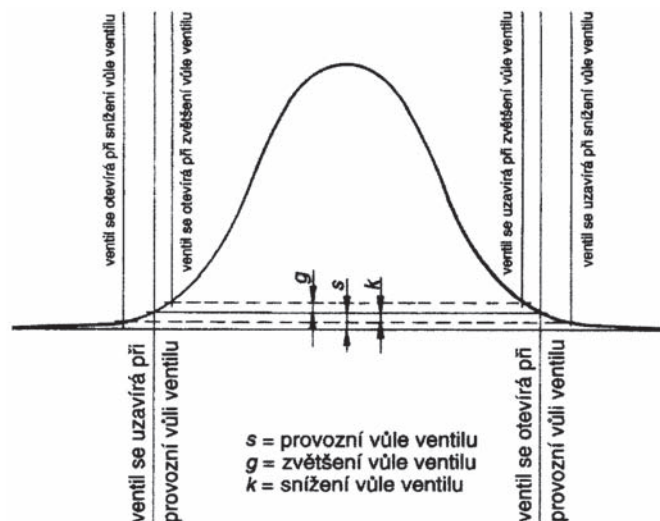
Vůle ventilů je – kromě hydraulických elementů vyrovnávajících vůli ventilu – závislá na mnoha vlivech. Výrobci vozidel předepisují kontrolu vůle ventilu v pravidelných intervalech. Velká vůle ventilů se projevuje klapavým hlukem. Příliš malá vůle není slyšet, ale vždy se projevuje špatným naskočením a přehříváním motoru. Ventilová vůle bývá v rozmezí 0,1 až 0,3 mm. Pokud není správně nastavena, posunují se okamžiky otevření a zavření ventilů, obr. 11.

Malá vůle ventilů. Ventil se otevírá dříve a zavírá se později. Zkrácená doba uzavření má za následek nedostatečný odvod tepla. Mimo jiné vyvstává nebezpečí, že se u horkého běžícího motoru ventil neuzavře dobře, což dále vede ke ztrátám plynu, k nesprávnému stupni naplnění, tj. ke ztrátám výkonu. Ventily se přehřívají působením neustále kolem proudících výfukových plynů, čímž dochází k opalování talířů ventilů a sedel ventilů.

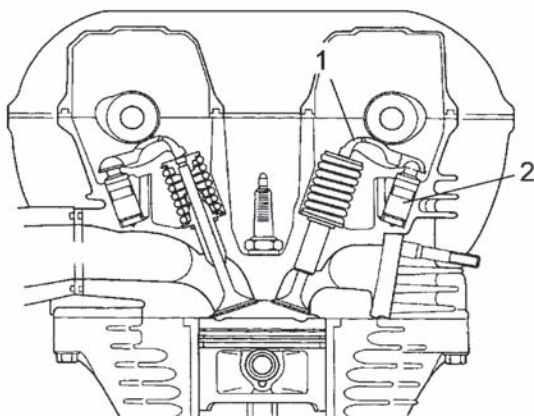
Utěsnění dříku ventilu na horním konci vedení ventilu musí zajišťovat dostatečný olejový film ve vedení ventilu; musí však zabránit, aby se motorový olej nedostal do sacího nebo výfukového kanálu. Mělo by to za následek vyšší spotřebu oleje a pevné úsady (karbon na dříku ventilu, mohla by se negativně ovlivnit i činnost katalyzátoru.. Aby podél dříku ventilu neunikal mazací olej do spalovacího komory, je horní konec ventilového rozvodu opatřen těsněním, obr. 10.

Hydraulické vyrovnávání vůle ventilů. U většiny motorů se dnes nemusí provádět nastavování vůle ventilů, protože jsou vybaveny hydraulickým vyrovnáváním vůle ventilů. Vůle ventilů se trvale vymezuje změnou délky některé vhodné části rozvodového mechanismu, obvykle zdvihátka, hydraulicky ovládaným teleskopickým prvkem. Tyto prvky jsou ovládány tlakovým olej mazací soustavy motoru. Vůle ventilů se u běžícího motoru udržuje na nule.

Rozvod ventilů s jednoramennou pákou a hydraulickým seřizováním ventilové vůle (Honda CB750) znázorňuje obr. 12.



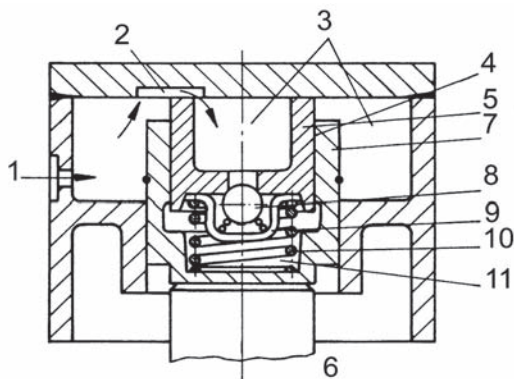
Obr. 11 Vliv vůle pístu na dobu otevření ventilu – křivka zdvihu ventilu v závislosti na čase.



Obr. 12 Rozvod ventilů s jednoramennou pákou s hydraulickým seřizováním ventilové vůle (Honda CB750): 1 – páka, 2 – hydraulické seřizování ventilové vůle.

Hrníkové zdvihátko s hydraulickým vymezováním vůle ventilů, ovládané vačkovým hřídelem v hlavě válců (rozvod OHC), působí přímo na ventil (obr. 13). Toto zdvihátko je připojeno k mazací soustavě motoru. Přívod oleje je veden bočním otvorem ve zdvihátku vedoucím do prostoru válce zdvihátka ventilu a dále je olej veden drážkou ve dně zdvihátka do zásobníku nad pístkem. Při svém pohybu vzhůru působí zdvihátko prostřednictvím tlaku oleje přivedeného do prostorů, mezi nimiž je kuličkový ventil, a ventil se otevírá. Při jeho zpětném pohybu a dosednutí, které je zaručeno tím, že pístek je záměrně poněkud netěsný, tlačí pružina pístek zpět a kuličkovým ventilem doplní prostor olejem přiváděným z mazací soustavy motoru. Tímto způsobem je samočinně vymezována ventilová vůle. Labyrint, který je v zásobní komůrce, zabraňuje odtoku oleje po vypnutí motoru.

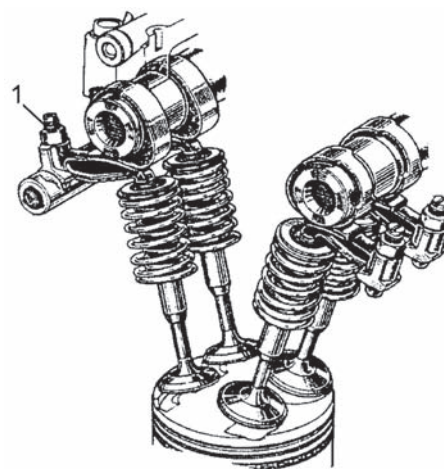
Hrníkové zdvihátko se hydraulickým (samočinným) vymezováním ventilové vůle má určitou nevýhodu – zvýšený nárok na mazací soustavu motoru vzhledem k nutnosti vysoké čistoty oleje, a dále poněkud zvýšené pasivní opory v motoru tím, že zdvihátko je ve stálém dotyku se základní kružnicí (válcovou plochou) vačky hřídele.



Obr. 13 Hydraulické hrníkové zdvihátko: 1 – přívod oleje, 2 – přestup oleje, 3 – zásobní prostor oleje, 4 – netěsná mezera, 5 – píst, 6 – ventil, 7 – válec, 8 – kuličkový ventil, 9 – klec kuličky, 10 – vratná pružina, 11 – vysokotlaký prostor.



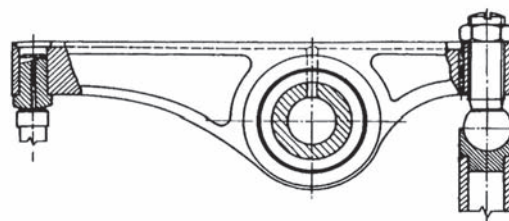
Obr. 14 Rozvodová páka (jednoramenné vahadlo) u rozvodu OHC nebo DOHC.



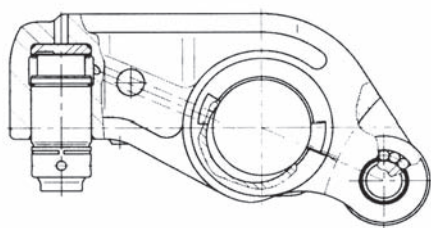
Obr. 15 Rozvod ventilů s jednoramennou pákou (Kawasaki GPX 750): 1 – seřizovací šroub rozvodu DOHC.

Ventilové vahadlo může být dvouramenné nebo jednoramenné. **Dvouramenná vahadla** fungují stejně jako u dříve používaných motorů OHV, pouze konec vahadla, který původně dosedal na zdvihací tyčku, se u motoru OHC opírá o vačku vačkového hřídele a pohyb vačky se tak přenáší bezprostředně na dřík ventilu. **Jednoramenné vahadlo** (obr. 14) je na jednom konci podepřeno v uložení, prostřednictvím kterého lze seřizovat vůli ventilu. Druhý konec vahadla se opírá o konec dříku ventilu. Vačka vačkového hřídele pak tlačí na zploštělé místo s tvrzeným povrchem, které je nahoře na vahadle a pohyby vačky se tak přenášejí na dřík ventilu.

Pro snížení hmotnosti součástí rozvodu je možno použít vahadlo lisované z plechu. Vahadla se zhotovují z oceli uhlíkových nebo legovaných nejčastěji kováním v zápustce), v případě plechových



Obr. 16 Kované dvouramenné vahadlo ventilu.



Obr. 17 Hliníkové jednoramenné vahadlo kladkou v místě ventilu a hydraulickým opěrným členem na opačném konci.

lisováním. Používají se také vahadla odlévaná z hliníkových slitin. Lisovaná vahadla jsou nejlevnější. Dva příklady vahadel znázorňují obr. 16 a 17.

Plocha styku vahadla s ventilovým dříkem nebo pro uchycení rozvodové tyčky je dokonale opracována a povrchově kalena a jemně broušena. Pro zajištění mazání třecích ploch jsou v tělese vahadla nebo páky vrtány otvory rozvádějící olej od vstupního kanálu v čepu vahadla nebo v rozvodové tyčce.

Zdvihátka ventilů mají za úkol přenášet zdvih od vačky na ventilovou tyčku u rozvodu OHV, nebo přímo ovládat ventil u rozvodu OHC.

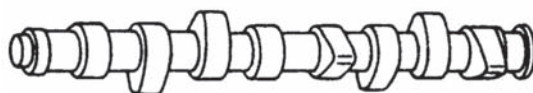
Nejčastějšími konstrukčními formami jsou hrníčkové zdvihátko, zdvihátko stopkové a zdvihátko s kladkou. U vačkového hřídele, který leží přímo nad ventily se používají zdvihátka hrníčková, která přenášejí pohyb pístu bezprostředně na dřík ventilu. To je výhodné, protože se pohybuje jen nepatrné množství hmoty. Tím je umožněno dosáhnout vysokého počtu otáček.

Podle konstrukce je dělíme na:

- zdvihátka s kladkou – která snižuje třecí odpory mezi vačkou a zdvihátkem. Tato zdvihátka se nejvíce používají u vstřikovacích čerpadel nebo velkých motorů. Jsou rozměrově objemná.
- zdvihátka oblá – mají menší rozměry, což je velmi výhodné. Jejich nevýhodou je přímkový styk s vačkou a jeho neměnná poloha. Z těchto důvodů se také velmi rychle opotřebovává styčná plocha.
- zdvihátka rovná – jsou nejpoužívanější, mají malé rozměry a malá opotřebení styčných ploch.

Podle tvaru se rozeznávají zdvihátka talířová a hrníčková. U všech těchto typů je nejčastější poruchou opotřebení stykové, broušené a kalené plochy. Tato závada je odstranitelná do síly povrchové úpravy plochy, přebroušením. V případě většího stupně opotřebení se provádí výměna za nové. Všechny části mají přesně stanovenou provozní a montážní vůli. Nadměrná vůle zvyšuje hlučnost rozvodu a tedy i motoru.

Hydraulické zdvihátko odstraňuje nevýhodu, hlučnost, předchozích druhů zdvihátek. Jeho předností je, že automaticky vymezuje veškeré vůle rozvodového mechanismu i vůli ventilů. Maximálně tak snižuje hlučnost rozvodu a tím i chod motoru. Vymezení je provedeno pomocí tlakového oleje od mazání motoru. Dutina zdvihátka i válečku s kuličkou je naplněna tlakovým mazacím olejem. Olej se přivádí do zdvihátka postraním kanálem, píst je tlačěn slabou pružinou proti rozvodové tyčce, dříku ventilu, a tak vymezuje vůli mezi jednotlivými částmi rozvodu. Tak je

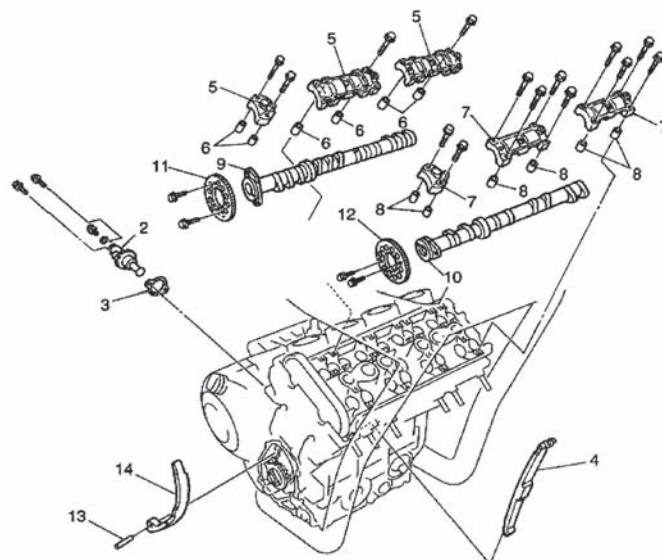


Obr. 18 Vačkový hřídel čtyřválcového motoru.

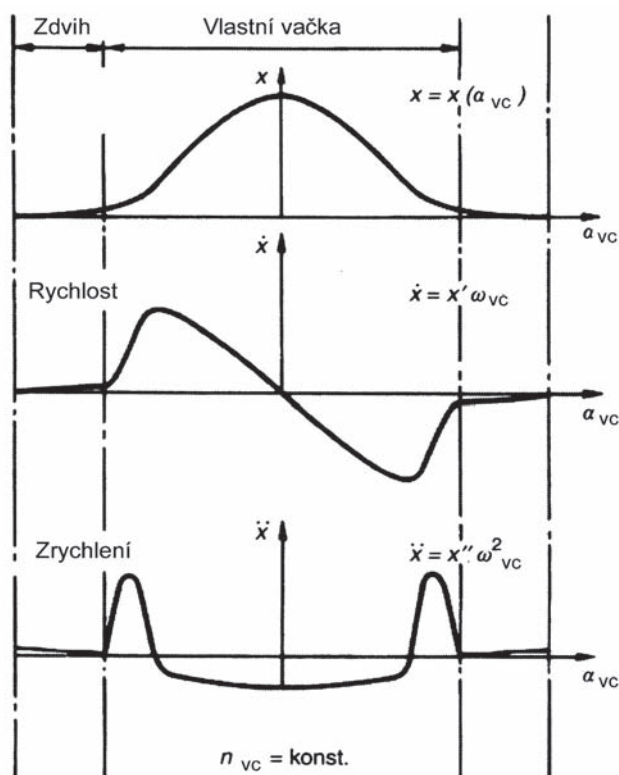
vymezena i vůle ventilů samočinně a má nulovou hodnotu. Při stlačení ventilu olej stlačí kuličku do sedla, ta uzavře odtokový kanál a umožní otevření ventilu motoru.

Vačkový hřídel (obr. 18 a 19) slouží ke změně otáčivého pohybu získaného od klikového hřídele na posuvný pohyb ventilů. Hlavním elementem plnícím tuto funkci jsou vačky. Zpravidla přísluší jedna vačka jednomu nebo dvěma stejnojmenným ventilům. Pro uložení v pevných částech motoru slouží čepy ložisek vačkového hřídele. Jeden konec vačkového hřídele je upraven pro upevnění hnaného kola rozvodového ústrojí. Mezi vačkami, čepy a koncem vačkového hřídele jsou spojovací úseky. Vačkový hřídel bývá dutý z důvodů odlehčení, dutina může sloužit k rozvodu mazacího oleje k ložiskům a vačkám.

Průměry jednotlivých čepů jsou odstupňovány tak, aby toto odstupňování umožnilo montáž hřídele do nedělených kluzných ložisek. Bývá většinou třikrát uložený a současně upraven pro pohon čerpadla mazání a rozdělovače. Některé typy motoru mají navíc pro pohon palivového čerpadla na tělese vačky zvláštní vačku. Jeden konec je upraven pro uložení, uchycení, vačkového kola pohonu rozvodů. Natočení jednotlivých vaček je závislé na počtu válců motoru a pořadí zapalování. Vačkové hřídele se zpravidla vyrábějí jako jednoduché odlévané nebo kované hřídele, které po tváření a tepelném zpracování se opracovávají tržiskovým obráběním.



Obr. 19 Vačkové hřídele čtyřválcového motoru s rozvodem DOHC (Yamaha FZS 1000): 2 – napínák rozvodového řetězu, 3 – těsnění napínáku rozvodového řetězu, 4 – vedení rozvodového řetězu (strana výfuku), 5 – ložiskové víko sacího vačkového hřídele, 6 – litované pouzdro, 7 – ložiskové víko výfukového vačkového hřídele, 8 – litovaná objímka, 9 – sací vačkový hřídel, 10 – výfukový vačkový hřídel, 11 – řetězové kolo sacího vačkového hřídele, 12 – řetězové kolo výfukového vačkového hřídele, 13 – kolík, 14 – vedení rozvodového řetězu (strana sání).



Obr. 20 Kinematika vačky: α_{VC} – úhel natočení vačkového hřídele, n_{VC} – otáčky vačkového hřídele.

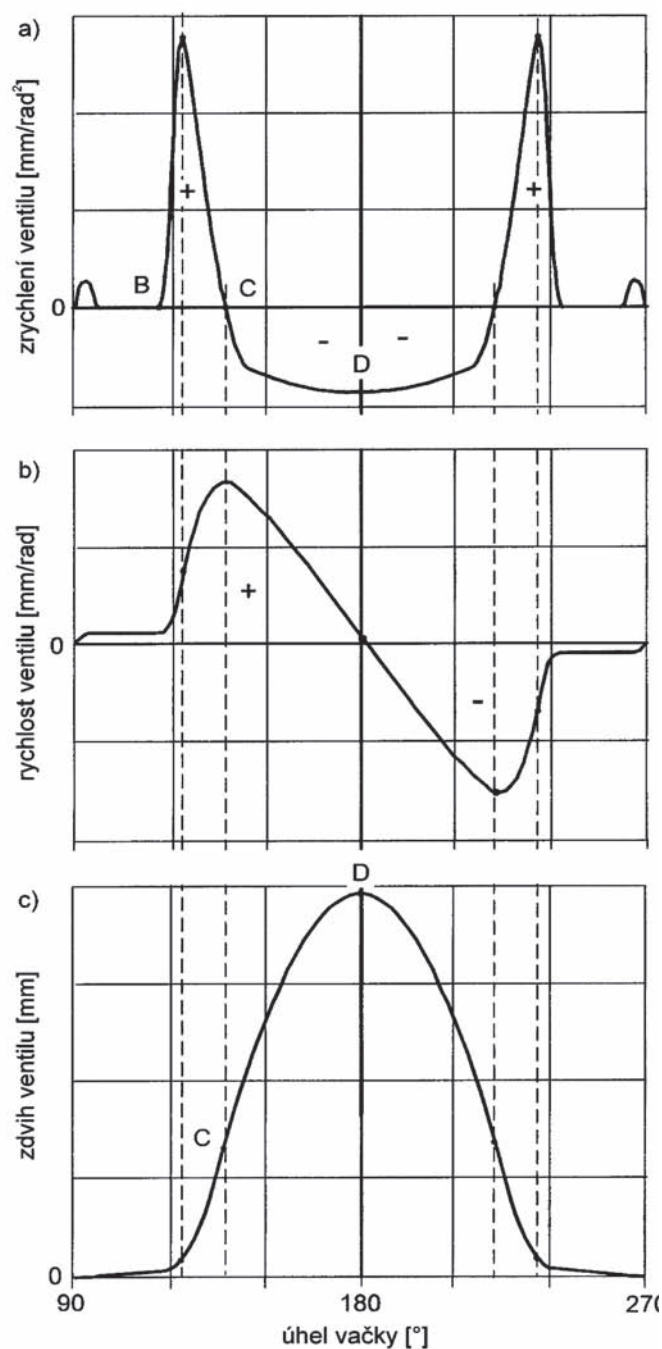
Tvar vačky se odvíjí od požadavku průběhu zdvihu tj. velikosti otevření, rychlosti otevírání a doby maximálního otevření ventilu. Stejně tak je závislý na druhu zdvihátka ventilů. Špičatá (vejčitá) vačka otevírá a zavírá ventil pomalu a ventil zůstává otevřený pouze po krátkou dobu. U strmé (ostré) vačky se ventil otvírá a zavírá rychle a zůstává po delší dobu plně otevřený. Vačky mají často nesymetrický tvar. Plošší náběžná strana na vačce způsobuje pomalejší otevírání, strmější úběžná strana umožňuje delší trvání otevření ventilu a rychlejší zavírání.

Dobrá výměna náplně válce vyžaduje rychlé otevírání a zavírání ventilů. Přitom při návrhu ventilového rozvodu je nutno uvažovat setrvačné síly. Obr. 20 znázorňuje typický průběh zdvihu vačky, rychlosti vačky a zrychlení vačky v závislosti na úhlu natočení vačky.

Zdvih vačky, nebo také obrys vačky, se skládá z počátečního zdvihu (náběhu vačky) a hlavního zdvihu (vlastní vačka). V oblasti náběhu vačky je rychlost zdvihu malá, takže obvyklé změny ventilové vůle nemohou způsobovat žádné velké nárazové impulsy. Vlastní vačka určuje průtokový průřez ventilu pro výměnu náplně. Zakončení vytváří doběh vačky odpovídající náběhu vačky.

V těchto výrazech jsou funkce nezávislé na otáčkách a závisí pouze na geometrii vačky. Tvar vačky je tedy určující pro průběh pohybu ventilu.

Na obr. 21 jsou uvedeny výsledky výpočtů zdvihu, rychlosti zdvihu, zrychlení zdvihu ventilu, kinematické a dynamické síly ve styku kladky ventilu s vačkou v závislosti na úhlu natočení vačkového hřídele.

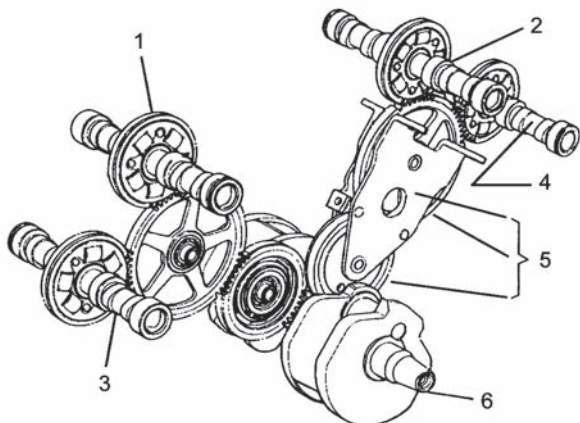


Obr. 21 Kinematika ventilu v závislosti na úhlu natočení vačkového hřídele: a – zrychlení ventilu, b – rychlost ventilu, c – zdvih ventilu.

Pohon vačkového hřídele může být:

- ozubeným řemenem,
- válečkovým nebo ozubeným řetězem,
- ozubenými koly,
- rozvodovým („královským“) hřídelem a kuželovými ozubenými koly.

Každá konstrukce pohonu má své výhody a nevýhody, které spočívají v hlučnosti, poruchovosti, přesnosti přenosu ovládací



Obr. 22 Ventilový rozvod s ozubenými koly u čtyřdobého motoru DOHC 90° V (Honda VFR 750 F): 1 – přední sací vačkový hřídel, 2 – zadní sací vačkový hřídel, 3 – přední výfukový vačkový hřídel, 4 – zadní výfukový vačkový hřídel, 5 – ozubené soukolí, 6 – klikový hřídel.

síly apod. U čtyřdobého motoru je poměr počtu otáček klikového hřídele k počtu otáček vačkového hřídele v poměru 2:1. Směr otáčení klikového hřídele musí souhlasit se směrem otáčení vačkového hřídele.

Vačkové hřídele **poháněné ozubenými koly** u motorů DOHC používá např. Honda (obr. 22).

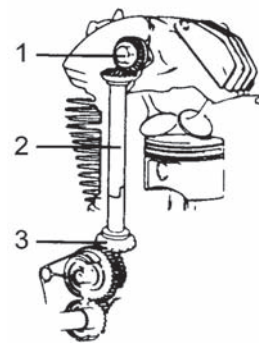
Obvyklejší je u motorů OHC, resp. DOHC, **pohon vačkového hřídele válečkovým řetězem** přímo od klikového hřídele. Točivý moment od motoru na vačkový hřídel přenášejí řetězová kola a válečkový řetěz. Řetězová kola pak mají takový počet zubů, aby bylo dosaženo polovičních otáček vačkového hřídele oproti klikovému. Články řetězu se časem uvolňují a řetěz se prodlužuje. Ke kompenzaci tohoto jevu slouží napínák řetězu s kluznou lištou, která udržuje řetěz napnutý.

Ozubený řetěz je zesílenou variantou řetězu válečkového. Články zubových řetězů jsou znatelně širší a pevněji spojené a mohou přenášet větší zatížení než zdvojené nebo dokonce i ztrojené válečkové řetězy.

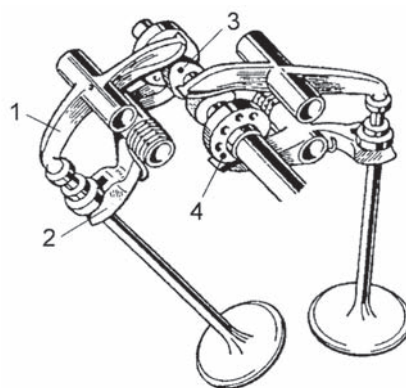
Stejně kvalitním, ale drahým řešením je použití rozvodového („královského“) hnacího hřídele, který pohání vačkový hřídel. Tento systém se však již nepoužívá (dříve motory Jawa 500 OHC, Ducati 900 a 1000 cm³ a repliky Mike Hailwood 900 SS a 1000 SS). U provedení s královským hřídelem pohání klikový hřídel přes ozubené soukolí rozvodový hřídel, který vede nahoru do hlavy válců. Zde je další ozubené soukolí, které přenáší hnací sílu na vačkový hřídel (obr. 23). Úzce spojené s královským hřídelem je nucené ovládání ventilů otevíracími a zavíracími vahadly, tzv. desmodromický rozvod, jehož zvláštností je, že nemá žádné ventilové pružiny (kromě malých pomocných pružin).

Desmodromický znamená nucený ventilový rozvod. Otevírání a zavírání ventilů je v tomto případě ovládáno mechanickým zařízením, u kterého má každý ventil pouze jednu malou pomocnou pružinu (obr. 24). Nuceným otevíráním i zavíráním ventilů se obešla „výkonnostní hranice“ klasických ventilových pružin.

Pohon ozubeným řemenem má malou hmotnost a tichý chod, nepotřebuje mazání. Ozubené řemeny potřebují velmi malé předpětí, mají jednoduchou a nenáročnou údržbu, nesmějí se však lámat.

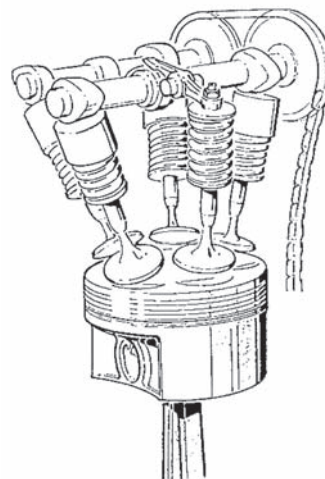


Obr. 23 Desmodromický ventilový rozvod s královským hřídelem (motor Ducati V2): 1 – pohon vačkového hřídele, 2 – královský hřídel, 3 – pohon od klikového hřídele.

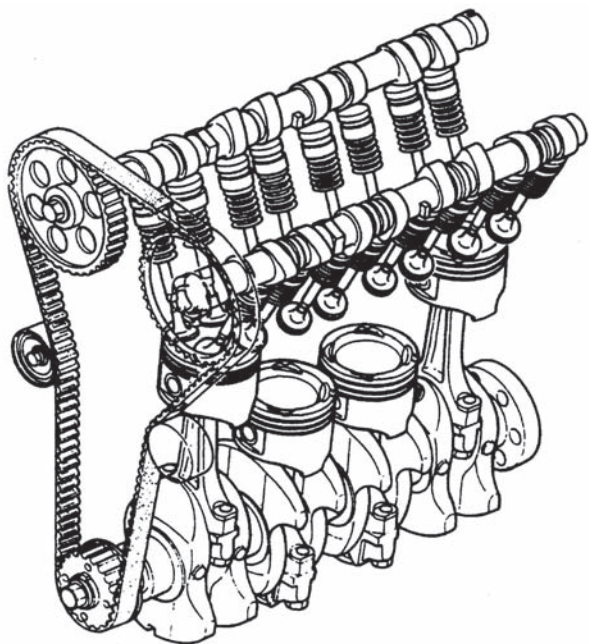


Obr. 24 Desmodromický ventilový rozvod Ducati: 1 – otevírací vahadlo, 2 – zavírací vahadlo, 3 – otevírací vačka, 4 – zavírací vačka.

Rozvodové řemeny musí mít vysokou pevnost v tahu, odolnost proti otěru, dílkovou stabilitu, odolávat chemickým vlivům (slaná voda, vodní mlha, tuky a olej) a musí být odolné proti vysokým teplotám a jejich kolísání. Rozvodový řemen je vyroben ze zpevněného plastu a je vyztužen skelnými nebo ocelovými vlákny. Skelná vlákna přenášejí tahovou sílu a omezují roztažnost.



Obr. 25 Rozvod ventilů a spalovací prostor u pětiventilového jednoválce ROTAX.



Obr. 26 Pohon dvou vačkových hřídelů prostřednictvím ozubeného řemene.



Obr. 27 Druhy řetězů.

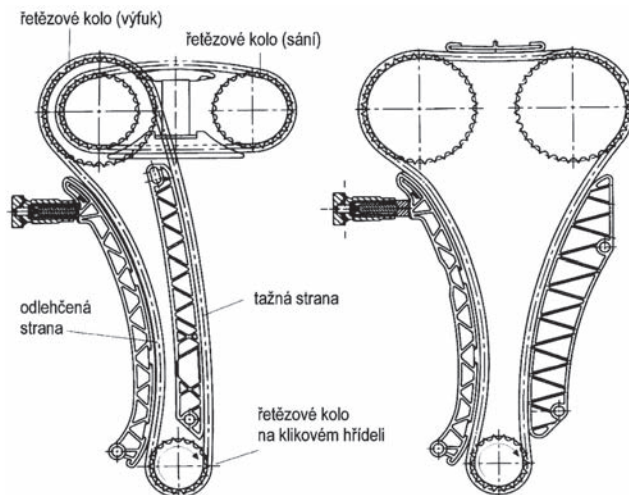
Ozubený řemen se během provozu vytahuje pouze nepatrně, přesto je obvykle napínán z vnější hladké strany napínací kladkou. Brání se tím případnému přeskočení řemene o rožtec jednoho nebo více zubů na některé ozubené řemenici, čímž by se vážně narušilo seřízení motoru. Přílišné vytažení řemene lze opravit jen jeho výměnou za nový.

K pohonu vačkového hřídele používají **ozubený řemen** například 500 cm³ jednoválce od rakouské firmy Rotax (obr. 25).

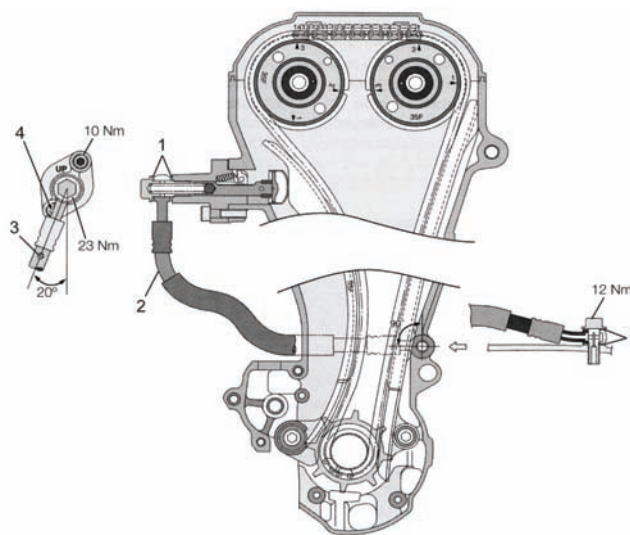
Pohon dvou vačkových hřídelů ozubenými řemeny může být pro oba hřídele společný (obr. 27).

U **řetězového pohonu** dochází k převodu síly řetězovými koly a kloubovými (válečkovými nebo pouzdrovými) řetězy z oceli. Tím mohou být překlenuty větší vzdálenosti mezi klikovým a vačkovým hřídelem a jedním řetězem mohou být současně poháněny dva vačkové hřídele a rovněž pomocné agregáty jako rozdělovač, olejové čerpadlo apod. Napínák řetězu zajišťuje, aby byl řetěz správně napnutý ve všech režimech.

U standardních řetězů se rozlišují řetězy válečkové a pouzdrové. Řetěz je obvykle dvouřadý (duplex) nebo třířadý, výjimečně i jednořadý (jednoduchý, simplex). Zvláštní konstrukci má ozubený řetěz, obr. 27. Řetězová kola se vyrábějí z uhlíkové oceli, legovaných ocelí a ze slinutých materiálů. Uspořádání řetězového pohonu znázorňují obr. 28 až 30.



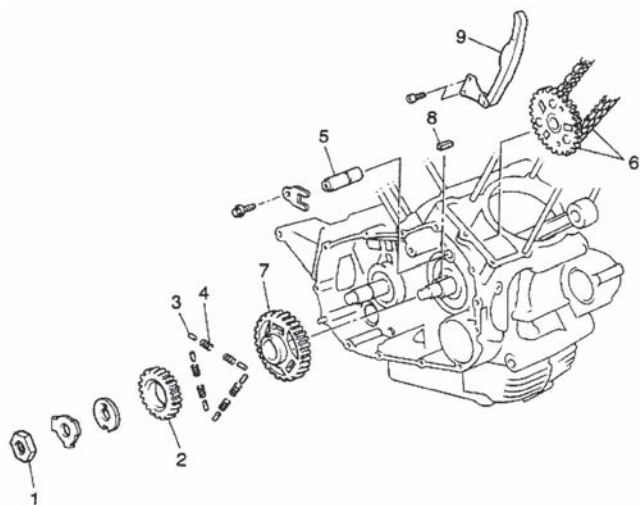
Obr. 28 Uspořádání řetězového pohonu s přenosem pohonu z výfukového vačkového hřídele na sací vačkový hřídel – umístění vodítek na odlehčené a tažné straně.



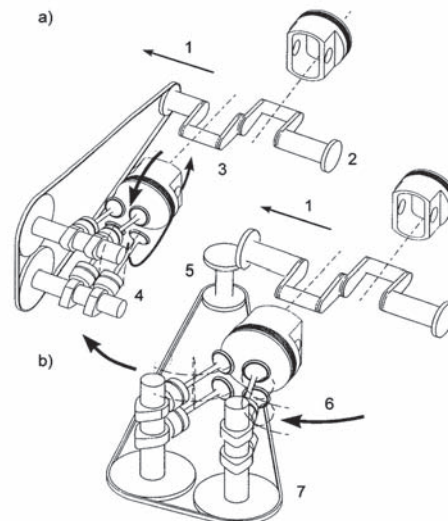
Obr. 29 Napínák řetězu vačkového hřídele s přípojem vedení tlakového oleje, napínacích a vodících lišt Suzuki GSX-R 1000: 1 – těsnění, 2 – olejová hadice, 3 – označení, 4 – levá strana osy připoje olejové hadice má být seřídlena na střed tohoto šroubu.

Pro vedení řetězu částečně slouží vedení z plastu nebo z kovu s plastovým povlakem. Napínací vedení je většinou z dvousložkového plastu (polyamid a sklolaminát, třecí obložení z polyamidu), kluzné vedení z jednosložkového plastu.

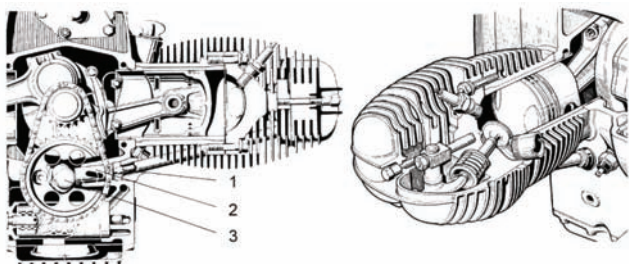
Rozvod OHV u ležatého motoru s dvěma ventily na válec je ukázán na obr. 31. Rozvod ventilů s ventilovými tyčkami V-motoru s centrálním vačkovým hřídelem mezi válci znázorňuje obr. 32. Obr. 33 znázorňuje koncepce ventilových rozvodů HC (head camshaft = vačkový hřídel uložený v hlavě válce) u ležatých motorů boxer. Ventilový rozvod DOHC je ukázán na obr. 34. Obr. 35 a 36 znázorňují rozvod motoru BMW K 100. Na obr. 37 je uveden ventilový rozvod čtyřventilového motoru boxer (BMW). Rozvod OHV dvouválcového V-motoru ukazuje obr. 38.



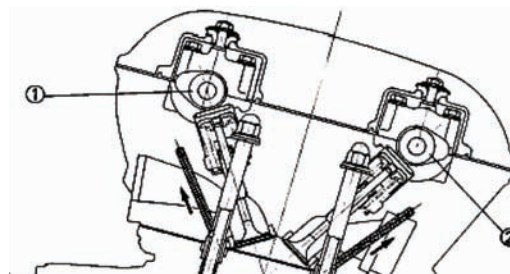
Obr. 30 Řetězový pohon vačkového hřídele vzduchem chlazeného čtyřdobého dvouválcového V-motoru SOHC o zdvihovém objemu 1063 cm³ (Yamaha XVS1100): 1 – pojistná matice primárního hnacího kola, 2 – pastorek rozvodového řetězu, 3 – lícované kolíky, 4 – pružiny, 5 – hřídel řetězového kola, 6 – řetězové kolo/rozvodový řetěz, 7 – primární hnací kolo, 8 – klín, 9 – vodící lišta rozvodového řetězu.



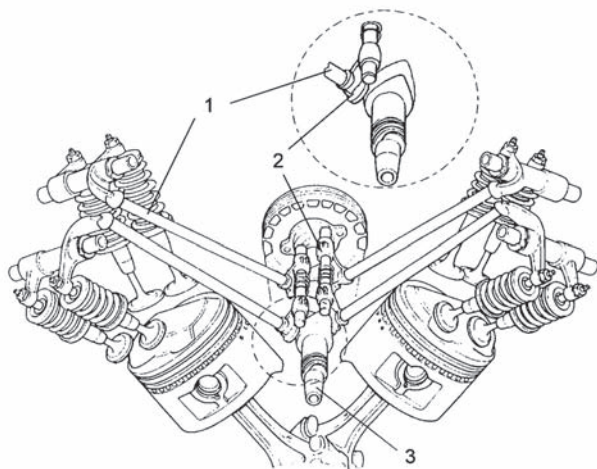
Obr. 33 Koncepte ventilových rozvodů HC (head camshaft = vačkový hřídel uložený v hlavě válce) u ležatých motorů boxer: a – kolmé vedení sacích a výfukových kanálů, b – vodorovné vedení sacích a výfukových ventilů, 1 – směr jízdy, 2 – klikový hřídel, 3 – vedení proudu nasávaného vzduchu a výfukových plynů, 4 – vačkové hřídele rovnoběžné s kliko-vým hřídelem, 5 – úhlový převod pro pohon vačko-vého hřídele, 6 – vedení plynů, 7 – vačkové hřídele kolmé ke klikovému hřídeli.



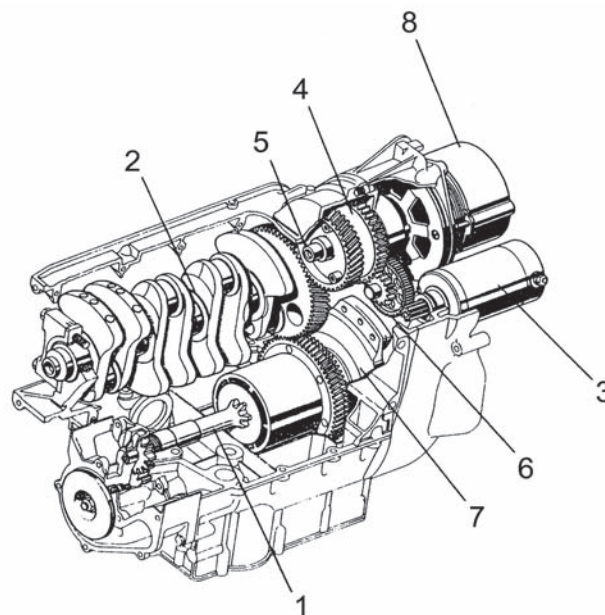
Obr. 31 Rozvod OHV u ležatého motoru s dvěma ventily na válec (boxer BMW): 1 – ventilová tyčka, 2 – zdvihátko, 3 – vačkový hřídel.



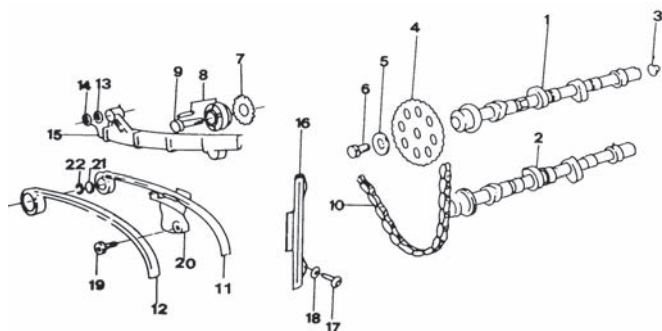
Obr. 34 Ventilový rozvod DOHC vzduchem chlazeného řadového dopředu skloněného řadového čtyřválce o zdvihovém objemu 1250 cm³ (Yamaha XJR1300): 1 – sací vačkový hřídel, 2 – výfukový vačkový hřídel.



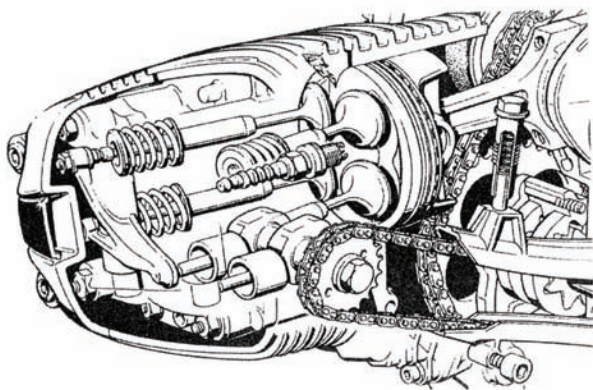
Obr. 32 Rozvod ventilů s ventilovými tyčkami motoru Honda CX 500: 1 – ventilové tyčky, 2 – ventilové páky, 3 – centrální vačkový hřídel mezi válci.



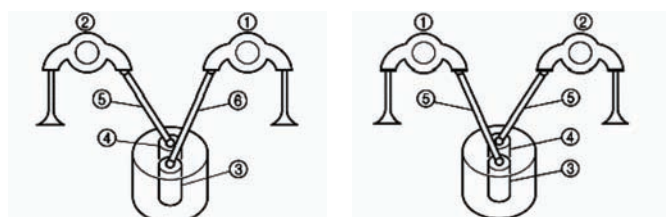
Obr. 35 Průřezový pohled do vnitřku motoru BMW K 100: 1 – hnací hřídel, 2 – klikový hřídel, 3 – spouštěč, 4 – volnoběžka, 5 – vedlejší hřídel, 6 – předloňový hřídel, 7 – spojka, 8 – alternátor.



Obr. 36 Díly ventilového rozvodu motoru BMW K 100: 1 – sací hřídel, 2 – vačkový hřídel, 3 – víko (2), 4 – řetězové kolo (2), 5 – příložka (2), 6 – šroub s šestihlannou hlavou M 10 x 22 (2), 7 – řetězové kolo, 8 – příruba rotoru, 9 – šroub s válcovou hlavou M 10x50, 10 – rozvodový řetěz, 11 – napínací lišta, 13 – napínací pás, 14 – distanční podložka (2), 15 – pojistná podložka (2), 16 – kluzná lišta, 16 – vodící lišta, 17 – šroub s válcovou hlavou M 6x30 (2), 18 – pružná podložka B6, 18 – šroub s válcovou hlavou M 6x12 (2), 19 – napínák řetězu, 20 – distanční podložka, 22 – pojistný plech.

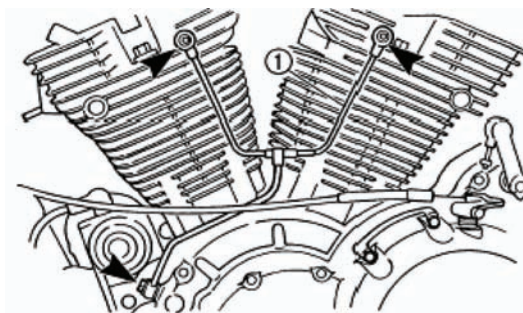


Obr. 37 Hlava válce a ventilový rozvod čtyřventilového motoru boxer (BMW).



zadní válec

přední válec



uspořádání válců do „V“ v bočním pohledu

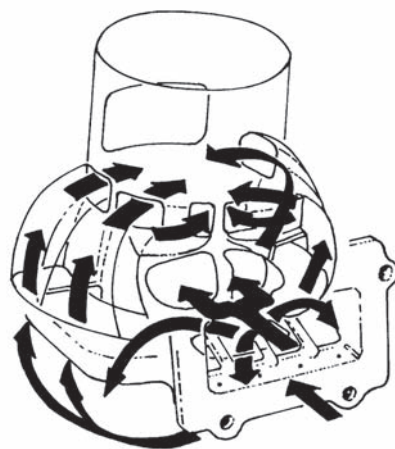
Obr. 38 Rozvod OHV u dvouválcového V-motoru Yamaha XV1700: 1 – vahadlo sacího ventilu, 2 – vahadlo výfukového ventilu, 3 – zdvihátko sacího ventilu, 4 – zdvihátko výfukového ventilu, 5 – zvedací tyčka 2, 6 – zvedací tyčka 1, (zvedací tyčky 1 a 2 mají rozdílnou délku).

ROZVOD DVOUDOBÉHO MOTORU

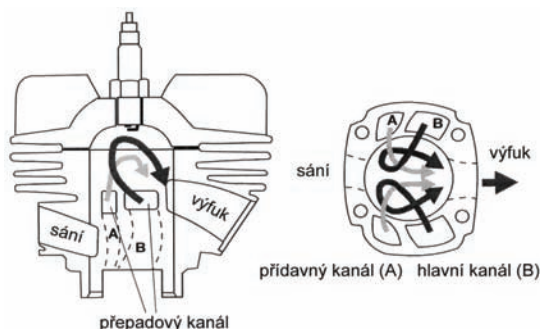
U **dvoudobých motorů** se je rozvodovým ústrojím systém kanálů ve válci a skřini motoru, které odkrývá a překrývá píst svou horní a spodní hranou. Ve spalovacím prostoru dvoudobého motoru probíhají vždy najednou dvě fáze procesu výměny plynů: jednak nasávání palivové směsi smíchané ještě navíc s motorovým olejem a jednak vytlačování spalin.

U standardního dvoudobého motoru se výměna plynů řídí téměř výlučně překrýváním kanálů ústících do stěny válce horní a dolní hranou pístu. Na rozdíl od čtyřdobých motorů, u nichž pracují ventily nezávisle na sobě, je u dvoudobých motorů časování rozvodu pevně dáno konstrukčním uspořádáním válce a pístu. Pro změnu tohoto časování se musí u dvoutaktu úplně přepracovat nebo vyměnit celý válec. Z výše uvedeného důvodu se u dvoudobých motorů vyskytuje symetrické rozdělení otevíracích a zavíracích časů při všech otáčkách a zatíženích. Symetrickým rozdělením rozumíme to, že otevření sacího (a podobně i přepouštěcího a výfukového) kanálu nastává stejnou dobu **před** dosažením horní úvratí pístu jako jeho zavření **po** horní úvratí.

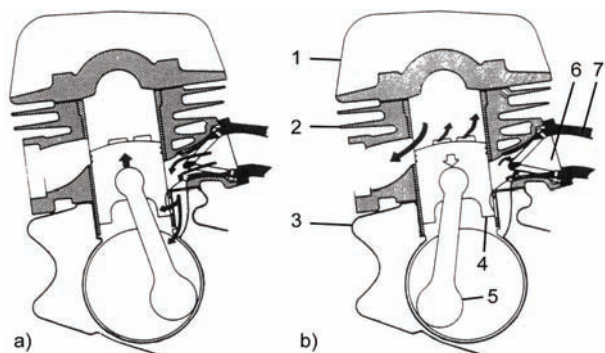
Prochází-li proud čerstvé náplně napříč spalovacím prostorem, jedná se o **vyplachování příčné**, vrací-li se zpět do výfukového kanálu jedná se o **vyplachování vratné**. **Příčné** vyplachování dvoudobých motorů se dnes **nepoužívá**. Proud čerstvé náplně byl usměrňován deflektorem vytvořeným na dně pístu. **Vratné**



Obr. 39 Složitý, ale účinný systém plnění Suzuki RM 250.



Obr. 40 Vratné (protiproudé) vyplachování dvoudobého motoru s několika kanály (pětikanálové vyplachování Yamaha).



Obr. 41 Dvoudobý motor se pryžovou membránou v sacím kanálu (Kawasaki): 1 – hlava válce, 2 – válec, 3 – kliková skříň, 4 – píst, 5 – ojnice, 6 – membránový ventil (plastiková membrána s kovovým zesílením), 7 – sací potrubí mezi karburátorem a válcem.

vyplachování má vhodně tvarované a rozmístěné přepouštěcí kanály, které usměrňují proud čerstvé náplně (obr. 39 a 40). Únik čerstvé náplně do výfukového kanálu je podstatně nižší než u příčného vyplachování.

Vratné neboli protiproudé vyplachování a výkon motorů odpovídaly příslušným zdvihovým objemům. Postupně začaly mít dvoudobé motory oproti čtyřdobým malý využitelný rozsah otáček, měly velkou spotřebu paliva a k tomu ještě spotřebovávaly odpovídající množství oleje. Hlavní příčinou těchto negativních jevů byly ztráty v rozvodu motoru při přepouštění. Čerstvá palivová směs stlačená pod pístem ze začíná tlačit přepouštěcím kanálem do válce a vytlačuje odtud spaliny do výfuku. Přitom se však do výfuku dostane i část čerstvé palivové směsi. Kromě toho ve stlačované palivové směsi vždy zůstane určitá část spalin, která snižuje efektivnost hoření ve válci.

Základem vratného vyplachování bylo symetrické časování. Pokud má dojít k nějaké změně v časování rozvodu, musí se vždy nutně v první řadě změnit počátek okamžiku otevírání sacího kanálu. To však není možné u pevně umístěných rozvodových kanálů. Proto se musely začít hledat nové mechanismy.

Sání řízené membránou (rozvod s jazyčkovými ventily v sání), obr. 41. Tento systém v podstatě sestává z pryžové membrány se dvěma až osmi jazyčky, které uzavírají sací kanál a otevírají se při sacím zdvihu pístu. Při stlačování palivové směsi ve válci se tato membrána, jinak je vložená mezi karburátor a sací kanál, působením tlaku na stěny válce uzavře a zabraňuje tak zpětnému proudění nasáté palivové směsi a zlepšuje plnění válce.

Oproti **otočným kotoučovým šoupátkům** zajišťuje toto řešení dostatečný točivý moment a výkon i při nízkých a středních otáčkách. Dalšího vylepšení systému pak lze dosáhnout provedením tří změn:

- použitím hlavní membrány s přídavným přepouštěcím kanálem,
- použitím tzv. „energetického indukčního systému“ (YEIS) od firmy Yamaha s vloženou membránou a tlakovým rezervoárem umístěným za karburátorem,
- tzv. „power read“ od firem Suzuki a KTM s vedlejším kanálem s membránou, který je rovnoběžný s hlavním kanálem v klikové skříni.

Hlavní nevýhodou membránového systému jsou v první řadě ztráty v proudění směsi při vysokých otáčkách. Sloupec čerstvého plynu se přitom narušuje turbulencí a třením způsobenými tělesem membrány. Dalším problémem jsou vibrace kovových jazyčků membrány při vysokých otáčkách, kdy membrána řádně netěsní, což má za následek zhoršení plnění válce pokles výkonu motoru.

U dvoudobých motorů může výměna plynů probíhat mnohem rychleji než u motorů čtyřdobých a výkonově využitelný je u nich každý 2. zdvih pístu oproti každému 4. u čtyřtaktů. Oba typy motorů však mají stejné ostatní agregáty, počínaje vzduchovým filtrem a zařízením pro přípravu palivové směsi a konče tlumičem výfuku. Systém výměny plynů je u dvoutaktů složitý a má na něj vliv každý zásah do konstrukce motoru. Na rozdíl od čtyřdobých motorů, kde pro výfuk je k dispozici celý pohyb pístu zdola nahoru, a kde tedy průřezy mohou být omezené, musí mít výfukové kanály dvoudobého motoru větší rozměry.

Výfukové systémy dvoudobých motorů lze v zásadě rozdělit do dvou kategorií:

- přepouštěcí systém s kanály otevíranými a zavíranými horní a spodní hranou pístu,
- rezonanční rozladění výfukového systému s cíleným ovlivňováním pulzování výfukového proudu.

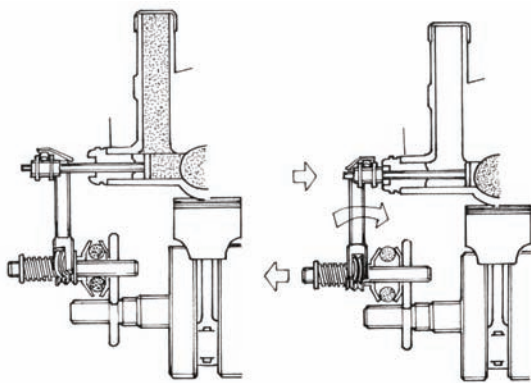
Rezananční rozladění funguje takto: podle otáček motoru se přivírá a otevírá ve válci vložená oddělená komůrka spojená spojovacím kanálkem se sacím kanálem. Při nízkých otáčkách rezonanční komora disponuje celým svým objemem a zvětšuje tak celkový objem výfukové soustavy. Tím se dosáhne zvýšení rozpínacího účinku výfukových plynů a zabrání se vniknutí čerstvé palivové směsi do výfukového traktu. S rostoucími otáčkami se komůrka přivírá, takže rytmus pulzování sloupce výfukového plynu je teď ovlivňován zmenšeným objemem komůrky a v důsledku toho se rozpínání výfukového plynu přizpůsobuje otáčkám. Pokud je rezonanční komůrka zcela uzavřená a motor běží ve jmenovitých otáčkách, je komůrka mimo funkci a motor pracuje jako klasický přepouštěcí dvoutakt vyladěný na vysoké otáčky.

Výhody rezonančního řízení:

- širší rozsah využitelných otáček,
- lepší průběh křivky točivého momentu při nízkých a středních otáčkách,
- nepatrný nárůst výstupního výkonu motoru.

Výrobci motocyklů vyvinuli různé rezonanční systémy:

- **ATAC**, tj. Automatic Torque Amplification Chamber (Honda), obr. 42. Jeho základním principem je změna objemu přední části výfukového potrubí (rezonanční komory) pomocí klapky otevírané odstředivým regulátorem.
- systém **KIPS** (Kawasaki Integrated Power Valve System) funguje podobně. V hlavním kanálu jsou dva vedlejší výstupy, z nichž jeden je spojený kanálkem s rezonanční komorou umístěnou na boku válce. Otevírání a zavírání komory obstarávají dvě svisle uložená válcovitá šoupátka, která jsou v závislosti na otáčkách motoru odstředivě ovládána soutyčím. Při nízkých otáčkách je jeden z obou vedlejších výstupů zavřený a druhý ústí do rezonanční komory. Podobnost se systémem ATAC od firmy Honda je v tom, že od určitých otáček motoru se pootáčí

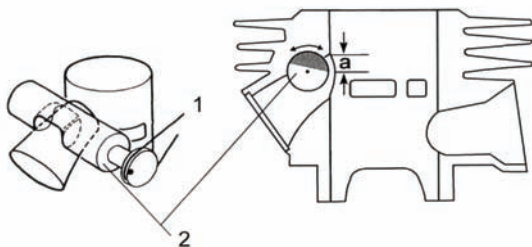


Obr. 42 Princip činnosti systému Honda ATAC (Automatic Torque Amplification Chamber).

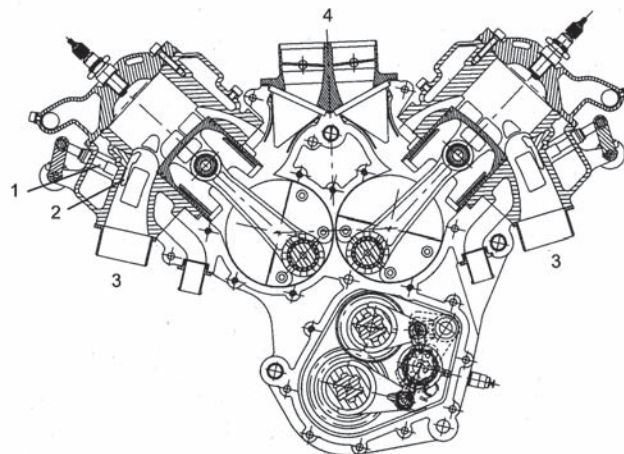
příslušné šoupátko a přivírá rezonanční komoru. Současně šoupátko otevírá svůj vedlejší výstup a dovoluje výfukovým plynům nerušeně unikat paralelně s hlavním sacím kanálem. Nyní se současně otevírá i druhé válcové šoupátko, které bylo mezitím celou dobu zavřené, a uvolňuje druhý vedlejší výstup.

Systém **SAEC** (Suzuki Automatic Exhaust Chamber), který je kombinací rezonanční komory a systému KIPS. Výfukový kanál je přehrazen válcovitým šoupátkem, které ovládá vstup do okolní rezonanční komory, která částečně zasahuje i do hlavy válců. Zvláštností tohoto systému je to, že šoupátko je ovládáno v závislosti na otáčkách motoru elektronicky prostřednictvím servomotoru.

Systém **YPVS** (Yamaha Power Valve System, obr. 43), který svým vlivem na výkon motoru koresponduje prvním zmíněnému systému s rezonanční komorou. Výhodou systému YPVS je zlepšení charakteristik motoru při nízkých a středních otáčkách a odstranění ztrát při vyplachování válců. Systém YPVS umožňuje přesouvání horní hrany výfukového kanálu směrem dolů, čímž lze zkrátit čas potřebný pro výfuk spalin. Systém opět pracuje v závislosti na otáčkách motoru. Při maximálních otáčkách otevírá válcové šoupátko celý průřez výfukového kanálu. Při nižších otáčkách se otevření výfukového kanálu pomalým přivíráním šoupátka plynule zmenšuje. Hlavní výhodou tohoto systému je zmenšení ztrát při výplachu motoru, což má dále za následek snížení spotřeby paliva a oleje. Protitlak ve výfukovém systému roste podle otáček motoru



Obr. 43 Řízení výfuku YPVS (Yamaha-Power-Valve-System) pomocí válcového rotačního šoupátka: 1 – pohon, 2 – výfukový rozvodový válec.



Obr. 44 Dvoudobý V-motor BIMOTA 500 Vdue s vstřikováním paliva: 1 – řízení výfuku, 2 – rozvodový jazýček, 3 – výfuk, 4 – sání (membránové ventily).

a rychlost proudění spalin se lépe přizpůsobuje menší rychlosti čerstvé palivové směsi. Tím lze dosáhnout zvětšení točivého momentu a výkonu zejména při nízkých otáčkách. Válcové šoupátko je možno ovládat odstředivým regulátorem nebo elektronicky prostřednictvím servomotoru. Elektronický systém umožňuje vypočítávat a určovat optimální nastavení šoupátka podle otáček motoru.

Italská firma BIMOTA vyvinula v roce 1996 dvoudobý motor, který poprvé v dějinách konstrukce motocyklů pracuje s vstřikováním paliva, obr. 44.

LITERATURA

- [1] VLK F.: Teorie a konstrukce motocyklů 1, 2. *Vlastním nákladem. Brno 2004.*
- [2] HUSÁK P.: Motocykly s dvoudobým motorem. *SNTL, Praha 1978.*
- [3] VLK F.: Vozidlové spalovací motory. *Vlastním nákladem. Brno 2003.*
- [4] NEPOMUCK B. L., JANNECK U.: Technisches Handbuch für Kraftradfahrer. *Moby Dick Verlag, Kiel 1998.*
- [5] STOFFREGEN J.: Motorradtechnik. 4. Auflage. *Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden 2001.*
- [6] VLK F.: Automobilová technická příručka. *Vlastním nákladem. Brno 2003.*