

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

POHONY VENTILOVÉHO ROZVODU OZUBENÝMI KOLY

GEAR TIMING MECHANISM FOR VALVETRAINS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ADAM DRDLA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PAVEL NOVOTNÝ, Ph.D.

BRNO 2008

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je získat všeobecný přehled o tomto způsobu pohonu ventilových rozvodů. Úvod se zabývá druhy ozubených kol a jejich použitím ve spalovacích motorech.

Vlastní text práce se skládá ze tří částí. V první části je důkladně rozebrán pohon ventilového rozvodu ozubenými koly. V krátkosti jsou zde také popsány jednotlivé součásti ventilového rozvodu a jiné způsoby pohonu ventilových rozvodů. V rozboru pohonu ventilových rozvodů ozubeným soukolím je popsán princip záběru ozubených kol, přenos sil mezi ozubením, výhody použití čelních ozubených kol s šikmými zuby oproti přímým zubům, možné způsoby výroby ozubených kol, nejvhodnější materiály, tepelné zpracování ozubených kol a nejčastější poruchy ozubených kol. Druhá část práce se zabývá výhodami a nevýhodami použití ozubeného soukolí pro pohon ventilových rozvodů. Ve třetí části jsou uvedeny příklady použití pohonu ventilových rozvodů ozubenými koly v praxi u traktorů, nákladních automobilů, lodí, lokomotiv, osobních automobilů a motocyklů.

Závěr obsahuje přínos použití ozubeného soukolí u této problematiky a celkové zhodnocení práce.

Abstract

The objective of this thesis is to provide an overview of geared valvetrain. In introduction are described individual types of gears and their application in combustion engines.

Then, the thesis is divided into three chapters. The first chapter provides a thorough analysis of geared valvetrain. Also, individual parts of valvetrain together with alternative methods of valve timing are briefly introduced. The chapter then follows to examine the working principle of gears, how forces and moments are transmitted, advantages of introducing helical gears instead of spur gears, different ways of gear manufacturing, gear material selection, heat treatment of gears and common gear failure mechanisms. The second chapter examines pros and cons of using geared valvetrains. The third chapter shows examples of how are geared valvetrains applied in tractors, trucks, ships, trains, cars and motorcycles.

In the conclusion, the main advantages of using geared valvetrains are discussed and the whole thesis is summerized.

Klíčová slova

Ventilový rozvod, ozubené kolo, ozubení, vačková hřídel, kliková hřídel.

Key words

Valvetrain, cogwheel, gearing, cam shaft, crank shaft.

Bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690

DRDLA, A. *Pohony ventilového rozvodu ozubenými koly*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 43 s. Vedoucí bakalářské práce. Ing. Pavel Novotný, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že tato bakalářská práce byla zhotovena pouze mojí osobou bez cizí pomoci. Potřebné informace jsem zpracoval pouze z osobních znalostí, z literatury uvedené v seznamu a z odborných konzultací.

V Brně dne:

Podpis:

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Novotnému, Ph.D., za odbornou pomoc a cenné rady při řešení a zpracovávání této bakalářské práce.

V Brně dne:

Obsah

0	Úvod.....	13
1	Druhy pohonu ventilových rozvodů	14
1.1	Pohon ventilových rozvodů ozubenými koly	14
1.1.1	Ozubené soukolí	14
1.1.2	Síly působící na ozubené soukolí	16
1.1.3	Výhody použití šikmého ozubení oproti přímému	16
1.1.4	Materiály ozubených kol	17
1.1.5	Způsoby výroby ozubených kol	17
1.1.6	Tepelné a chemicko tepelné zpracování ozubených kol	19
1.1.7	Dokončovací operace ozubených kol	19
1.1.8	Interference ozubeného soukolí	20
1.1.9	Nejčastější poruchy ozubených kol	20
1.1.10	Funkce dalších součástí rozvodu u pohonu ozubeným soukolím	24
1.2	Další možnosti pohonu ventilových rozvodů	27
2	Výhody a nevýhody ozubeného převodu u ventilového rozvodu	29
2.1	Výhody pohonu ventilového rozvodu ozubenými koly	29
2.2	Nevýhody pohonu ventilového rozvodu ozubenými koly	29
3	Použití pohonu ventilového rozvodu ozubenými koly	30
3.1	Traktory	30
3.2	Nákladní vozidla	33
3.3	Lokomotivové a lodní motory	36
3.4	Automobily	37
3.5	Motocykly	39
4	Závěr	41
5	Seznam použitých zdrojů	42

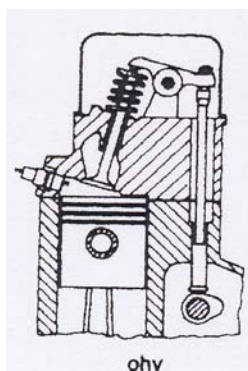
0 Úvod

Ozubená kola patří mezi jedny z nejdůležitějších strojních součástí, které kdy byly vynalezeny. Jejich použití je nezbytné ve všech současných spalovacích motorech, protože oproti jiným mechanismům spolehlivě přenáší velké kroutící momenty. Nejvíce se používají v převodovkách, kde díky záběru ozubených soukolí dojde k přenosu pohonu z motoru na nápravu. Dále se také využívají na pohon ventilového rozvodu typu OHV (obr. 1), OHC (obr. 2) a DOHC (obr. 3).

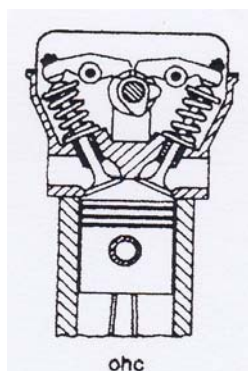
Existuje mnoho druhů ozubených kol. U ventilových rozvodů se využívají čelní ozubená kola s přímým (obr. 4) či šikmým ozubením (obr. 5), kdy jejich záběr umožňuje pohyb ventilů a tím i výměnu směsi ve válci motoru. Profil boku zubů čelních ozubených kol může být cykloidní, kruhový oblouk nebo evolventní.

Cykloidní tvar vzniká odvalováním kružnice po přímce nebo po kružnici. Každý bod, který tvoří kružnici musí opisovat cykloidu. Zuby s profilem zubového oblouku mají konvexní nebo konkávní boky. Nevýhodou těchto dvou typů ozubení je náročná výroba způsobená nároky na složitost nástroje, proto se využívají výjimečně. Z tohoto důvodu se u ozubených kol ventilového rozvodu používá evolventní ozubení. U převodovek se uplatňují také kuželová (obr. 6) nebo šneková (obr. 7) ozubená kola.

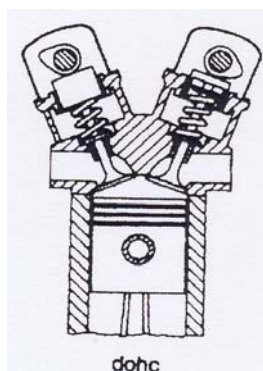
[8]



Obr. 1 Rozvod OHV
[1]



Obr. 2 Rozvod OHC
[1]



Obr. 3 Rozvod DOHC.
[1]



Obr. 4 Ozubené soukolí s přímými zuby [8]



Obr. 5 Ozubené soukolí s šikmými zuby [8]



Obr. 6 Kuželové soukolí [8]



Obr. 7 Šnekové soukolí [8]

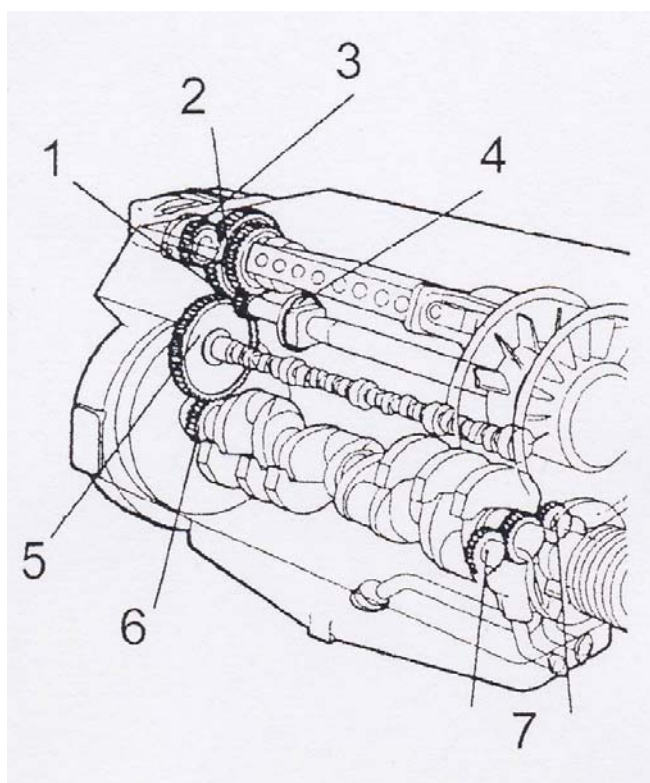
1 Druhy pohonu ventilových rozvodů

Ventilové rozvody mohou být poháněny několika způsoby. Patří mezi ně pohon ozubenými koly, ozubeným řemenem, řetězem a rozvodovým „královským“ hřídelem.

1.1 Pohon ventilových rozvodů ozubenými koly

Pohon vačkové hřídele ozubeným převodem (obr. 8) patří k jednomu z nejkvalitnějších pohonů vačkových hřídelů. Tento systém, který je velmi drahý, náročný na výrobu a montáž, je výhodný tehdy, jestliže je zapotřebí spolehlivě přenášet velký krouticí moment od vysoko objemových motorů.

[5]



Obr. 8 Pohon vačkové hřídele ozubenými koly u motoru pro nákladní automobily [1]

Na obr. 8 je znázornění pohonu vačkové hřídele ozubenými koly u nákladního automobilu. Ozubené kolo klikové hřídele (6) pohání ozubené kolo vačkové hřídele (5), pomocí kterého se dále pohání ozubené kola ventilátoru chlazení (1), vstřikovacího čerpadla (2), pomocných agregátů (3), olejového čerpadla (7). Aby nedocházelo ke kmitání a vibracím vyvolané tímto soukolím, tak je na hřídeli ventilátoru chlazení uložena torzně pružná spojka (4).

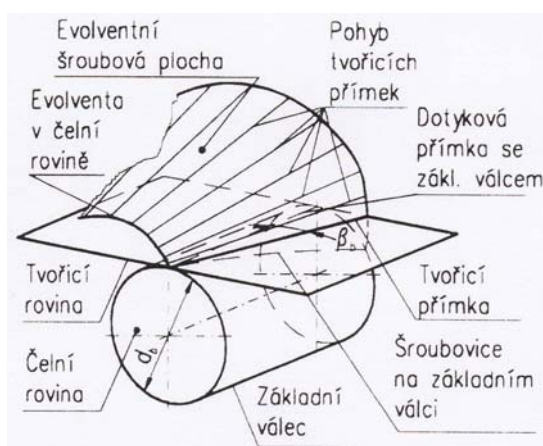
1.1.1 Ozubené soukolí

Na pohon ventilového rozvodu se používají čelní ozubená kola jak s přímým, tak s šikmým ozubením. Použití šikmého ozubení je mnohem výhodnější. Ozubený převod slouží k přenosu otáčivého pohybu a mechanické energie z klikové hřídele na vačkovou hřídel. Na klikové hřídeli je nalisováno hnací ozubené kolo, které pohání hnané kolo nalisované na

vačkové hřídeli. U některých typů motorů je mezi těmito koly ještě vložené ozubené kolo, které pomáhá pohánět další agregáty (vstřikovací čerpadlo, olejové čerpadlo, kompresor).

Tvar funkční plochy boku zubu tvoří evolventní šroubová plocha (obr. 9). Tato plocha se vytvoří pohybem tvořící přímky skloněné o úhel β_b k dotykové přímce. Jak tvořící, tak dotyková přímka leží v rovině odvalující se po základním válci o průměru d_b . Evolventní šroubová plocha protíná základní válec ve šroubovici. Část této plochy, část hlavového a patního válce a plocha mezi patním válcem a evolventní šroubovou plochou tvoří vlastní tvar zubu.

[2]

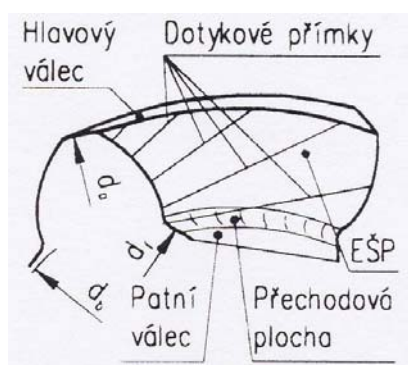


Obr. 9 Popis evolventní šroubové plochy u ozubeného kola [2]

Na obr. 9 je znázorněn základní válec, na kterém se tvoří šroubová evolventní plocha boku zubu pohybem tvořící přímky po dotykové přímce. Je zde ukázáno, jak evolventní šroubová plocha protíná základní válec ve šroubovici.

Každé ozubené kolo musí mít po obvodě celý počet zubů, které jsou od sebe rovnoměrně vzdáleny o rozteč zubu. K záběru v soukolí dochází na bokách zubů kolem dotykových přímek (obr. 10). Pro správný a plynulý záběr je zapotřebí, aby společná normála zabírajících boků zubů procházela nehybným bodem tzv. valivým, aby měla spolu zabírající kola stejné sklony a rozteče zubů na základním válci a aby byla přesně dodržena osová vzdálenost mezi ozubenými koly. Nedodržení těchto požadavků vede k hlučnosti nebo k poškození ozubení.

[2]



Obr. 10 Ukázka zubu [2]

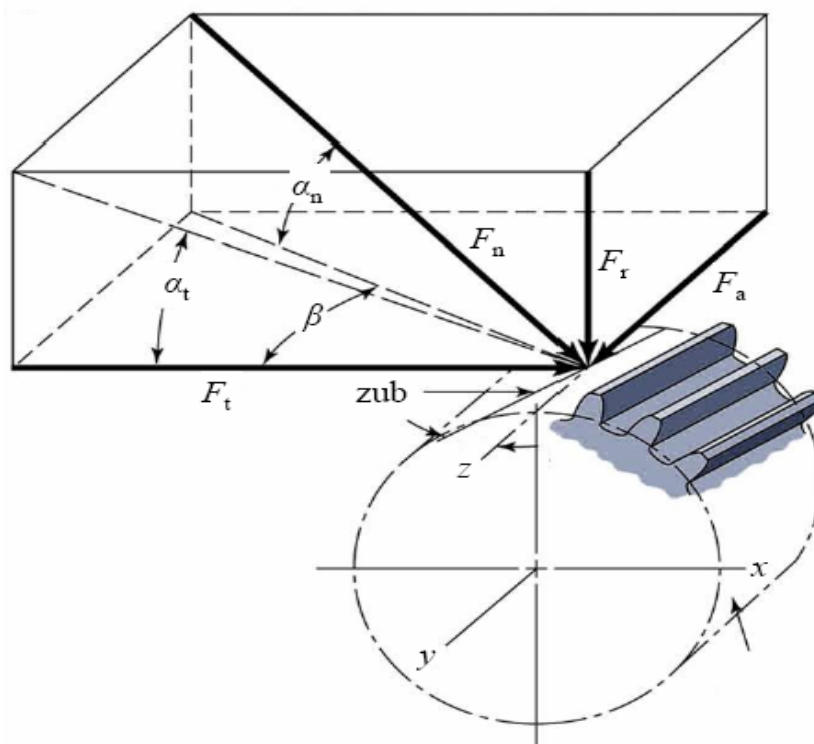
Na obr. 10 je znázornění zubu ozubeného kola. Tvar zubu je dán částí evolventní šroubové plochy (EŠP), částí hlavového (d_a) a patního (d_f) válce a přechodovou plochou,

která se nachází mezi patním válcem a evolventní šroubovou plochou. Kolem dotkových přímek dochází k záběru zubů.

1.1.2 Síly působící na ozubené soukolí

Na ozubené čelní soukolí s šikmými zuby působí obvodová radiální a axiální síla (obr. 11). Všechny síly působí vždy do zubu. Navíc smysl axiální síly závisí na smyslu šroubovice a působení kroutícího momentu. Co se týče silových poměrů, tak na hnané a hnací kolo působí stejně veliké síly, které mají opačný směr.

[8]



Obr. 11 Síly působící v ozubení [8]

Na obr. 11 je základní válec se šikmými zuby vychýlenými o úhel sklonu zubu (β), na kterém je ukázán smysl působení axiální (F_a), radiální (F_r), obvodové (F_t) síly. Dále je zde vyznačena normálová síla (F_n), která je vychýlená o úhel záběru v normálním řezu (α_n). Na obrázku je ještě naznačen úhel záběru v čelním řezu (α_t).

1.1.3 Výhody použití šikmého ozubení oproti přímému

Šikmé zuby mají mnohem tišší chod a to i při vyšších rychlostech. Je to způsobeno pozvolnějším a plynulejším vstupem a výstupem spolu zabírajících párů zubů do i ze záběru. V záběru je více párů zubů, na které se rovnoměrně rozloží zatížení. Šikmé ozubení tak může přenášet větší výkony. Působí zde také menší vnitřní dynamické síly. Jestliže dojde k podřezání zubů, tak vždy u méně zubů než je u přímého ozubení. Na výrobu šikmého ozubení používáme stejných nástrojů jako na výrobu přímého ozubení. Stačí jen vychýlit břit nástroje o úhel sklonu zubu. Tím pádem nám nevzrostou náklady na koupi speciálních výrobních nástrojů. Nevýhodou u šikmého ozubení je vznik axiální síly, která namáhá ložiska a hřídele.

[8]

1.1.4 Materiály ozubených kol

Pro pohon ventilových rozvodů se používají ozubená kola z oceli. Využívají se oceli třídy 11, 12, 14, nebo 15, jako jsou:

- zušlechťené 12 060 a 15 040,
- povrchově kalené 11 600 a 12 050,
- z cementované 12020,
- nitridované 14340,

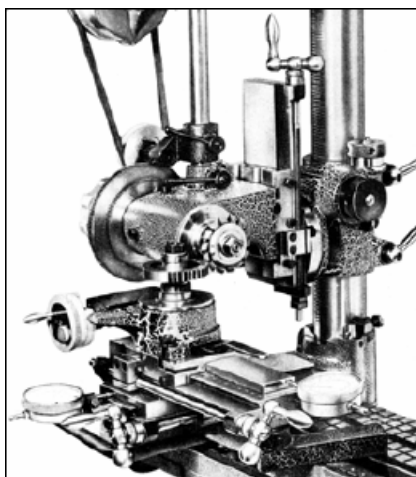
Dalšími materiály, ze kterých se zhotovují ozubená kola, jsou šedá (42 2425) a tvárná (42 2307) litina, mosazi a bronzы, slinuté kovy.

[8]

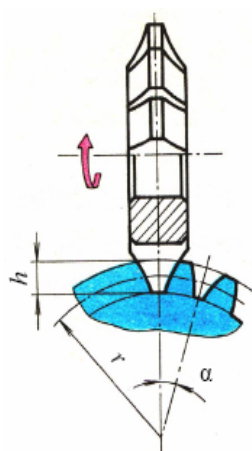
1.1.5 Způsoby výroby ozubených kol

Frézování dělicím způsobem (obr. 12) spočívá ve výrobě jedné zubové mezery za druhou, kdy se po vyfrézování jedné zubové mezery pootočí ozubené kolo o jednu rozteč a vyfrézuje se další mezera. Tento princip se opakuje, dokud se nevyrobí všechny zuby. Tvarová (kotoučová, čepová) fréza (obr. 13 a obr. 14) má přesný profil zubových mezer ozubeného kola. Abychom mohli vyrobit šikmé ozubení, tak musíme vychýlit pracovní stůl stroje vzhledem k ose vřetena o úhel sklonu zubu. Tento způsob výroby je neefektivní a výrobní náklady jsou vysoké. Proto se využívá pouze v kusové dílenské výrobě u kol s malou přesností.

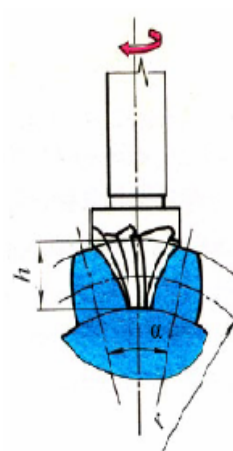
[4]



Obr. 12 Frézka s dělicím přístrojem [8]



Obr. 13 Kotoučová fréza [8]



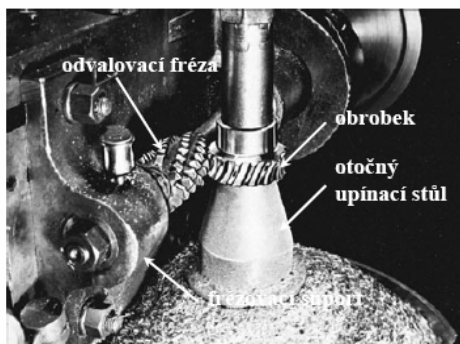
Obr. 14 Čepová fréza [8]

Na obr. 13 je ukázáno frézování dělicím způsobem kotoučovou frézou. Fréza, která se otáčí kolem své osy, vyfrézuje zubovou mezery hloubky h . Pak se otočí o jednu rozteč zubové mezery a frézuje další mezera, což se opakuje, dokud se nevyrobí všechny zuby.

Na obr. 14 je ukázáno frézování dělicím způsobem čepovou frézou. Fréza se otáčí kolem osy čepu a je nastavena na hloubku zubové mezery h . Po vyfrézování se stejně jako při frézování kotoučovou frézou otočí kolo o jednu rozteč zubové mezery a frézuje se další zubová mezera. Tento postup se opakuje do provedení všech mezer.

Odvalovací frézování (obr. 15) je nejrozšířenější způsob výroby ozubených kol. Nástroj je odvalovací fréza (obr. 16), která vypadá jako evolventní šnek. V normálové rovině má profil základního hřebene. Stroj na výrobu ozubení se nazývá odvalovací frézka. Celý princip výroby je založen na odvalování válcového šneku s ozubeným kolem, čímž se všechny zuby vyrobí velice plynule. Při jedné otáčce frézy se kolo otočí o jednu rozteč. Jednou frézou lze vyrobit kola stejného modulu, ale mohou mít libovolný počet a sklon zubů.

[8]



Obr. 15 Ukázka odvalovacího frézování [8]



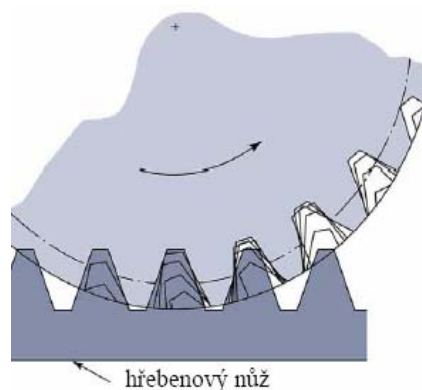
Obr. 16 Odvalovací frézy [8]

Odvalovací obrážení se používá na výrobu rozměrných ozubených kol. U obrážení hřebenovým nožem koná ozubené kolo otáčivý pohyb a nástroj, který je nastaven na hloubku zubu, pohyb otáčivý a přímočarý vratný. Po vyřezání několika zubových mezer se otáčení i posuv kola zastaví a kolo se vrátí do výchozí polohy. Tento způsob výroby ozubených kol je označen jako systém Maag (obr. 18). U obrážení kotoučovým nožem spolu zabírají dvě ozubená kola (obrobek a nástroj) tak, že se po sobě navzájem odvalují a nástroj navíc koná pohyb přímočarý vratný. Tento způsob obrážení se označuje jako systém Fellows (obr. 17). U obou dvou způsobů vyrobíme šikmé ozubení natočením nástroje o úhel sklonu zubů.

[4]



Obr. 17 Obrážení kotoučovým nožem, systém Fellows [8]



Obr. 18 Obrážení hřebenovým nožem, systém Maag [8]

Na obr. 17 je ukázána výroba ozubených kol systémem Fellows, kdy je obrobek upnut v otočném upínacím stole a zabírá s kotoučovým nožem. Přímým vratným pohybem nože se vyrobí postupně všechny zuby.

Na obr. 18 je ukázka záběru hřebenového nože s ozubeným kolem u systému Maag.

Ozubené kolo se otáčí a vůz koná pohyb přímočarý vratný, čímž postupně vyrobí všechny zuby.

1.1.6 Tepelné a chemicko tepelné zpracování ozubených kol

Tepelné a chemicko-tepelné zpracování ozubených kol se provádí vždy až po třískovém opracování. Díky povrchovému kalení získá povrch zubů tvrdost a otěru vzdornost. Jádru ovšem zůstane relativně měkké a houževnaté. Před povrchovým kalením provádíme zušlechťování. Pomocí tohoto zpracování dosahuje povrch zubů tvrdosti 45 až 55 HRC.

Velmi namáhaná kola se cementují. Zde se dosáhne ještě větší tvrdosti zubů, než je tomu u povrchového kalení. Většinou okolo 60 až 63 HRC. U cementování ovšem musíme počítat s deformací ozubení, kterou odstraníme některou z dokončovací operací.

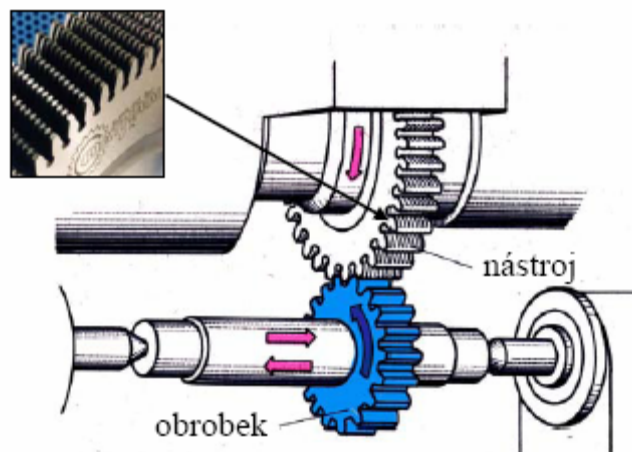
Nitridováním se dosáhne poměrně stejné tvrdosti boků zubů jako u cementování. Bývá kolem 60 až 65 HRC. Nenastane zde deformace ozubení, jako je tomu u cementování, proto nitridování nevyžaduje dokončovací operaci. Povrchová vrstva má ale malou tloušťku, proto je její únosnost v dotyku menší.

[8]

1.1.7 Dokončovací operace ozubených kol

Při ševingování (obr. 19) dochází k záběru dvou šikmých ozubených kol s mimoběžnými osami. Na nástroji jsou radiální řezné drážky, které spolu se skluzem mezi nástrojem a obrobkem odebírají materiál. Ševingování se používá u měkkého ozubení a zlepšuje přesnost o jeden stupeň ISO normy.

[8]

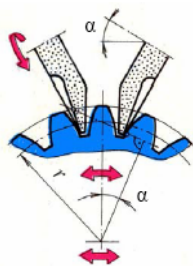


Obr. 19 Princip ševingování ozubených kol [8]

Na obr. 19 je znázorněno ševingování ozubeného kola. Obrobek je uložen na hřídeli, která je upnutá ve hrotech soustruhu. Otáčením nástroje a obrobku se postupně odebírá materiál všech zubů.

U kalených ozubených kol používáme jako dokončovací operaci broušení (obr. 20). Zuby se většinou brousí buď profilovým (dělicím) nebo odvalovacím broušením. Zlepší se přesnost na 4. až 7. stupeň ISO normy.

[8]



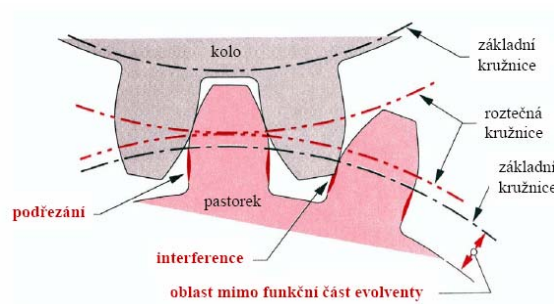
Obr. 20 Princip broušení ozubených kol [7]

Na obr. 20 je ukázáno broušení ozubených kol dvěma brusnými kotouči. Brusné kotouče, vychýlené o úhel α , se otáčejí kolem své osy a díky hrubosti zrn odebírají materiál zubu.

1.1.8 Interference ozubeného soukolí

Boky zubů mohou interferovat (obr. 21), což způsobuje podřezávání zubu. K interferenci dochází, když na sebe části boků zubů naráží. Záběr hlavy zubu v patě zubu nastane mimo funkční část evolventy. Podříznutí zeslabuje zub ozubeného kola v oblasti jeho paty, čímž sníží jeho únosnost při namáhání na ohyb. K podřezání může dojít i při výrobě ozubených kol, kdy zaoblení hlavy zubu nástroje podřezává patu zubu kola.

[8]

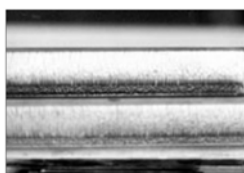


Obr. 21 Ukázka interference boků zubů [8]

1.1.9 Nejčastější poruchy ozubených kol

K opotřebení (obr. 22) dochází kvůli přítomnosti cizích částic v mazivu (prach, nečistoty) nebo při přetížení ozubení, či nedostatečném mazání. Vzniku opotřebení ozubených kol zamezíme vyčištěním skříně kolem rozvodu, častou výměnou maziva nebo zvýšením viskozity oleje.

[8]



Obr. 22 Ukázka opotřebeného zubu kola [8]

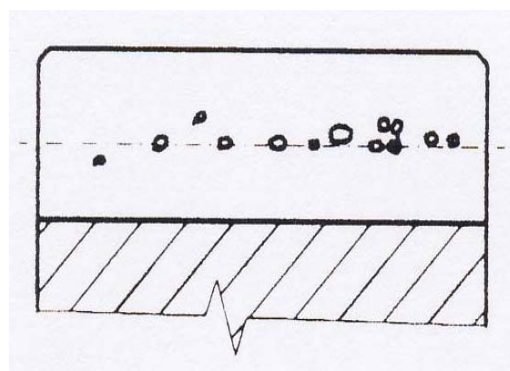
Únavové poškození zubů nastane, jestliže dojde k překročení mezního kontaktního tlaku při působení valivě kluzného tření. Díky tomu vznikají na povrchu únavové trhliny, do kterých vniká olej. Ten svým tlakem způsobuje vydrolování povrchu (jamky), pitting. Vznik pittingu ovlivňuje typ mazacího oleje, povrchová drsnost, chyby tvaru zubu dané výrobními úchytkami a deformacemi, velikost zatížení a geometrie boků zubů, měrný skluz a obvodová rychlost.

Záběhový (počáteční) pitting (obr. 23 a obr. 24) nastává na začátku provozu. Po vytvoření malých jamek se styková plocha zvětší, což zastaví další růst jamek a povrch boku zubu se uhladí. Aby záběhový pitting nevznikl, tak kontrolujeme boky zubů a předcházíme přetížení ozubení.

[2]



Obr. 23 Ukázka ozubeného kola s malými jamkami na bokách zubů [8]



Obr. 24 Záběhový pitting [2]

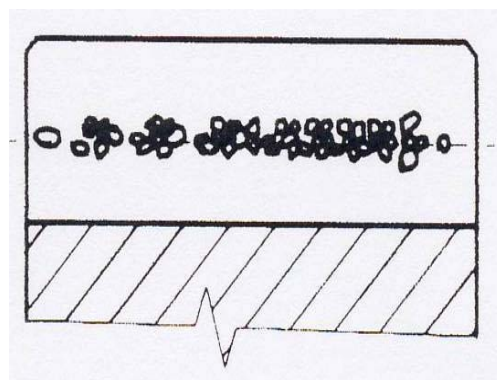
Na obr. 23 a obr. 24 je znázorněn záběhový pitting. Na boku zubu jsou ukázány malé jamky v oblasti roztečné kružnice ozubeného kola.

K progresivnímu (destruktivnímu) pittingu (obr. 25 a obr. 26) dojde, jestliže ozubení vystavujeme větším zatížením, při nichž vznikají jamky velkých rozměrů v oblasti paty zubů. Jestliže zatížení nesnížíme, tak dojde k zničení celé plochy boků zubů. Progresivní pitting postihuje zušlechtěná nebo chemicky a tepelně nezpracovaná ozubená kola.

[8]



Obr. 25 Ukázka ozubeného kola s velkými jamkami na bokách zubů [8]

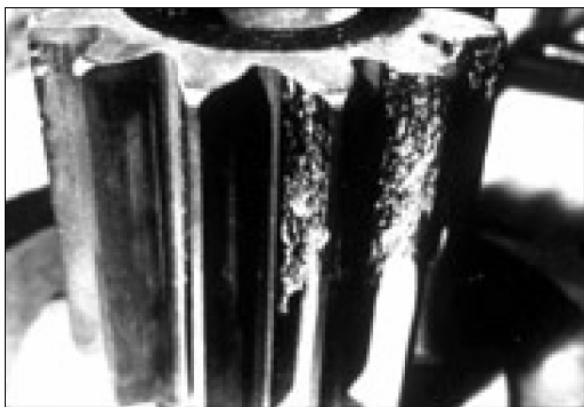


Obr. 26 Progresivní pitting [2]

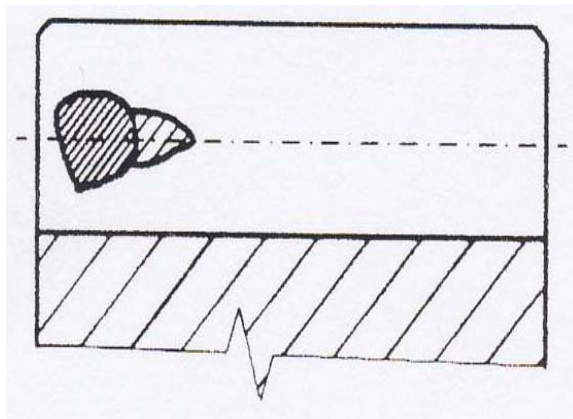
Na obr. 25 a obr. 26 je znázorněn progresivní pitting. Na bokách zubu vznikají jamky mnohem větších rozměrů než u záběhového pittingu.

Dalším typem únavového poškození zubů je odlupování povrchové vrstvy (spalling) (obr. 27 a obr. 28), ke kterému dochází hlavně u ozubených kol s tvrzenou povrchovou vrstvou (povrchově kalená, cementovaná, nitridovaná) místním přetížením. U tohoto typu poškození dojde k odlupování větších plochých částí kovu. Hloubka vylomené části může zasahovat až pod tloušťku tvrzené vrstvy.

[8]



Obr. 27 Ukázka ozubeného kola s odloupenými částmi na bokách zubů [8]

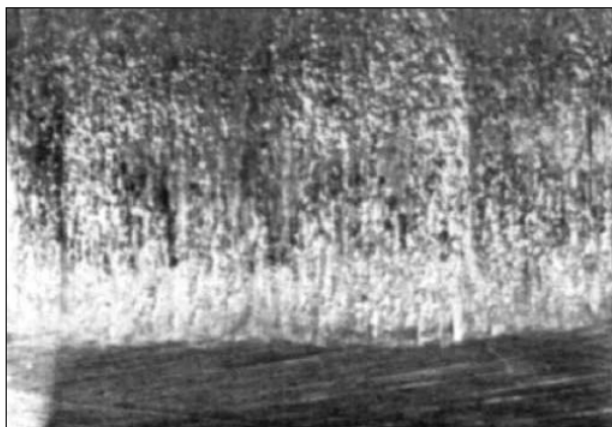


Obr. 28 Spalling [2]

Na obr. 27 a obr. 28 je znázorněn spalling u ozubených kol, při němž dochází k odlupování materiálu a na bokách zubů tak vznikají velké jámy.

Zadírání (scuffing) (obr. 29) nastává, jestliže dojde k prodření mazacího filmu. Mezi boky zubů jsou nerovnosti, na kterých vzniknou malé svary a ty se poruší. Tomuto problému předejdeme zvýšením kvality povrchu boků zubů, použitím kvalitních maziv s přísadami proti zadírání a snížením teploty maziva.

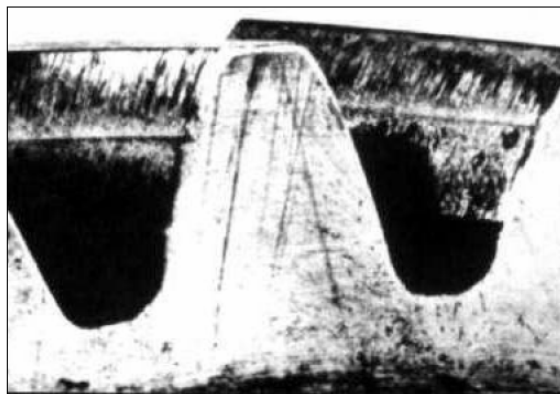
[8]



Obr. 29 Ukázka scuffingu ozubeného kola [8]

Ridging (obr. 30) nastává při plastické deformaci na bokách zubů. Má tvar vrcholů a údolí, které jdou napříč bokem zubu ve směru kluzné rychlosti. Ke vzniku ridgingu dochází vlivem velkého zatížení a nízkých rychlostí ozubeného kola. Zabráníme mu snížením kontaktního tlaku a zvýšením tvrdosti materiálu.

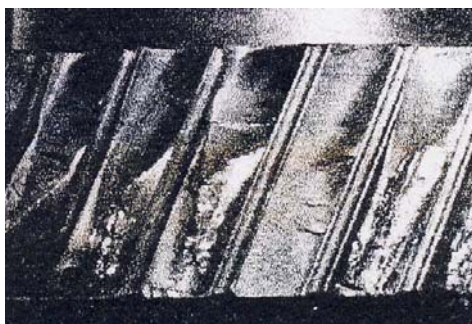
[7]



Obr. 30 Ridging ozubeného kola [8]

K lomu zubu přetížením (obr. 31) dochází při zvýšení zatížení ozubení nad mez pevnosti. Tato porucha může být způsobena např. zadřením ložiska, poruchou motoru atd. Je velice těžké lomu vlivem přetížení zabránit, protože nelze předvídat, kdy nastane.

[8]



Obr. 31 Ukázka lomu vlivem přetížení ozubení [2]

Únavový lom v patě zubu (obr. 32) způsobuje opakující se přetížení nad mez únavové pevnosti materiálu ozubeného kola, kdy se v oblasti paty zubu nashromáždí velká koncentrace napětí. Struktura povrchu únavového lomu je hladká a má lasturovitý vzhled s čárkami kolem místa počátečního šíření trhliny. K vytvoření této trhliny zabráníme zlepšením kvality povrchu a jeho zpevněním např. kuličkováním.

[2]

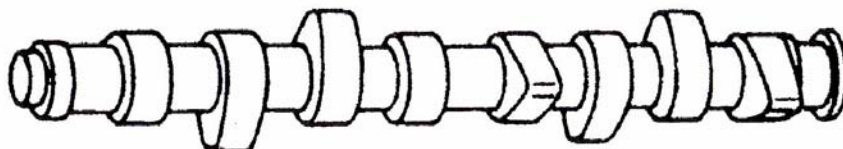


Obr. 32 Ukázka únavového lomu zubu ozubení [8]

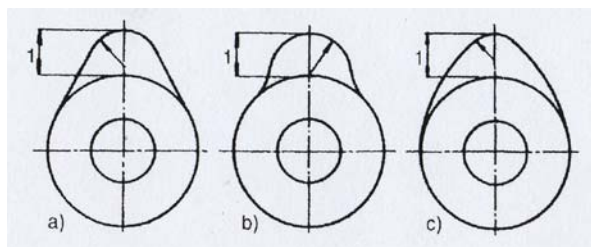
1.1.10 Funkce dalších součástí rozvodu u pohonu ozubeným soukolím

Vačková hřídel (obr. 33) mění otáčivý pohyb na posuvný pohyb, který umožňuje otevírání a zavírání ventilů. K přeměně těchto pohybů slouží vačka (obr. 34). Na vačkové hřídeli se vyskytují čepy, které slouží k uložení vačkové hřídele v pevných částech motoru. Kvůli upevnění hnaného ozubeného kola bývá jeden konec vačkové hřídele speciálně upraven.

[1]



Obr. 33 Vačková hřídel s vačkami a čepy [1]

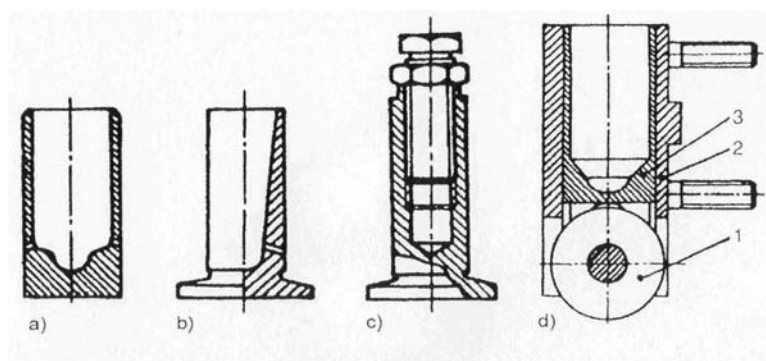


Obr. 34 Druhy vaček, které se používají pro pohon ventilových rozvodů ozubenými koly [1]

Na obr. 34 je ukázka druhů vaček. Je zde tangenciální vačka (a), vačka s dutým bokem (b) a harmonická vačka (c). Na vačkách je zakótován maximální zdvih l .

Pomocí zdvihátek se přeměňuje otáčivý pohyb vačky na zdvih ventilové tyčky (rozvod OHV) nebo přímo na posuvný pohyb ventilů (rozvod OHC). Můžeme použít několik druhů zdvihátek, jako jsou talířové zdvihátka, hrníčkové zdvihátka, stopkové zdvihátka a zdvihátka s kladkou (obr. 35). Podle konstrukce rozeznáváme zdvihátka oblá a rovná (plochá).

[1]



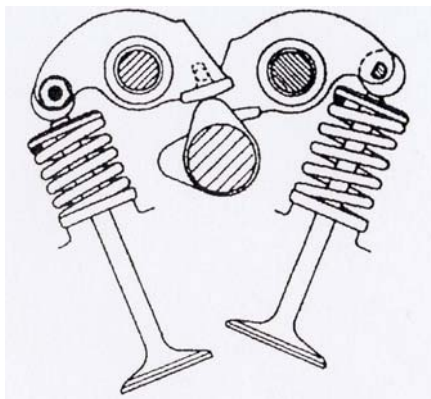
Obr. 35 Druhy zdvihátek používané u ventilových rozvodů [1]

Na obr. 35 je ukázka druhů zdvihátek, ploché hrníčkové zdvihátko (a), ploché talířové zdvihátko (b), ploché talířové zdvihátko se stavitelným šroubem (c), zdvihátko s kladkou (d), které se skládá z kladky (1), vedení zdvihátka (2) a pevné části (3).

Rozvodové tyčky se používají u rozvodu OHV, aby spojily vačkovou hřídel s ventilovým vahadlem. Nejvíce se používají duté tyčky, které mají na koncích čepy a pánve potřebné k upevnění na zdvihátko a k opření o vahadlo. Dutinou tyčky teče olej, pomocí kterého se promažou její funkční části. Rozvodová tyčka je dlouhá a štíhlá, proto se musí kontrolovat na vzpěr.

Ventilové vahadlo (obr. 36) pracuje jako dvouramenná páka. Jeho funkcí je přenést pohyb vačky na dřík ventilu u rozvodu OHC, nebo přes rozvodovou tyčku na dřík ventilu u rozvodu OHV. V tělese vahadla jsou vyvrtány díry, kterými proudí olej na funkční plochy vahadla.

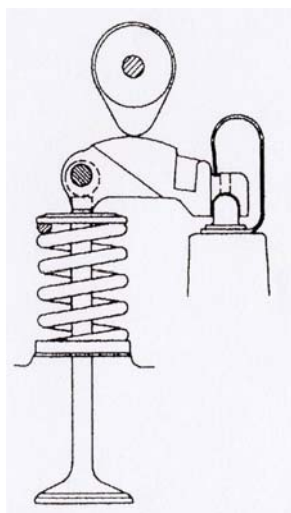
[1]



Obr. 36 Ukázka dvou vahadel, které pracují přímo na vačkové hřídeli a jsou upevněny na dva ventily [1]

Rozvodové páky (obr. 37) pracují jako jednoramenná páka, jejichž funkcí je přenášet přímo zdvih vaček. Jeden konec páky je upevněn na čep, který je přimontován k hlavě válce. Druhý konec přenáší pohyb vačky na ventil. Stejně jako u vahadel mají páky na tělese otvory, kterými se přivádí olej k namáhaným funkčním plochám. Rozvodové páky se používají hlavně u rozvodu OHC.

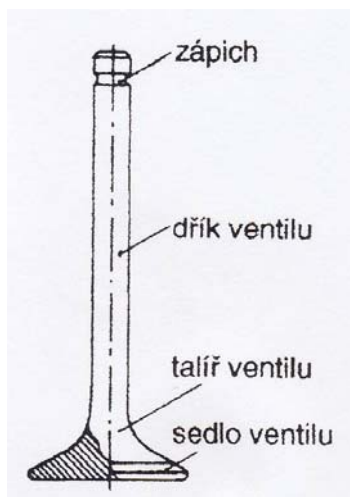
[1]



Obr. 37 Na obrázku je rozvodová páka upevněná z jedné strany k bloku motoru a z druhé strany na ventil [1]

Ventily, které jsou součástí spalovacího prostoru, slouží k výměně plynů ve válci. Na jejich výrobu jsou kladeny ty nejvyšší nároky, protože musí odolávat velkému tlaku, vysokým teplotám a silám od plynů ve spalovacím prostoru, jinak může lehce dojít k jejich deformaci (propálení v sedlech, korozi povrchu atd.). Ventil se skládá z hlavy (talíře), dřívku a stopky (obr. 38). Na stopce je drážka pro upevnění misky. Miska slouží k upevnění pružiny, která táhne ventil do sedla v hlavě válce. Dřík napomáhá k bezproblémovému vedení ventilu při jeho otevírání a zavírání. Ventily mívají většinou kuželovou dosedací plochu, která společně s kuželovým sedlem v uzavřeném stavu dokonale těsní spalovací prostor před nechtěným únikem plynu.

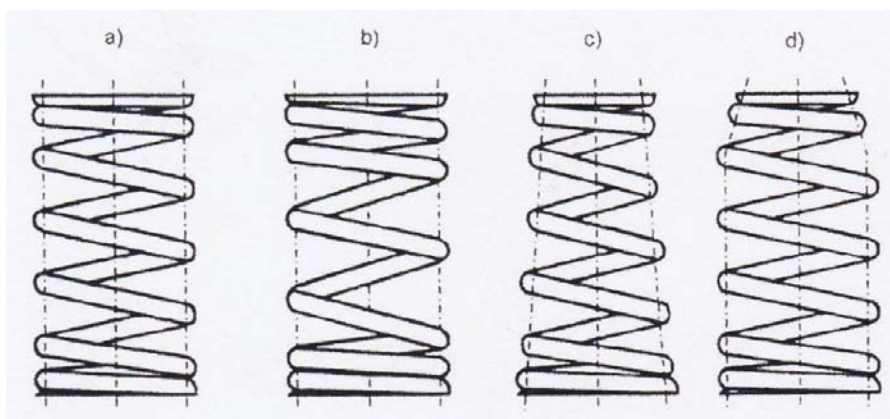
[1]



Obr. 38 Znázornění ventilu a jeho hlavních částí [1]

Ventilové pružiny (obr. 39) slouží k zajištění trvalého kontaktu, k přitlačení ventilu do sedla v hlavě válce. Pružina by také měla ventil chránit před případným vtáhnutím do spalovacího prostoru. Pružina musí mít takovou sílu, aby ventilu zajistila dostatečný kontakt s vačkami a aby mu umožnila nejrychlejší možnou variantu uzavření. Nejrozšířenější ventilová pružina je válcová, která je namáhaná na krut.

[1]



Obr. 39 Ukázka válcových ventilových pružin [1]

Na obr. 39 je ukázána válcová symetrická pružina (a), válcová asymetrická pružina (b), válcová kuželová pružina (c) a válcová včelínková pružina (d).

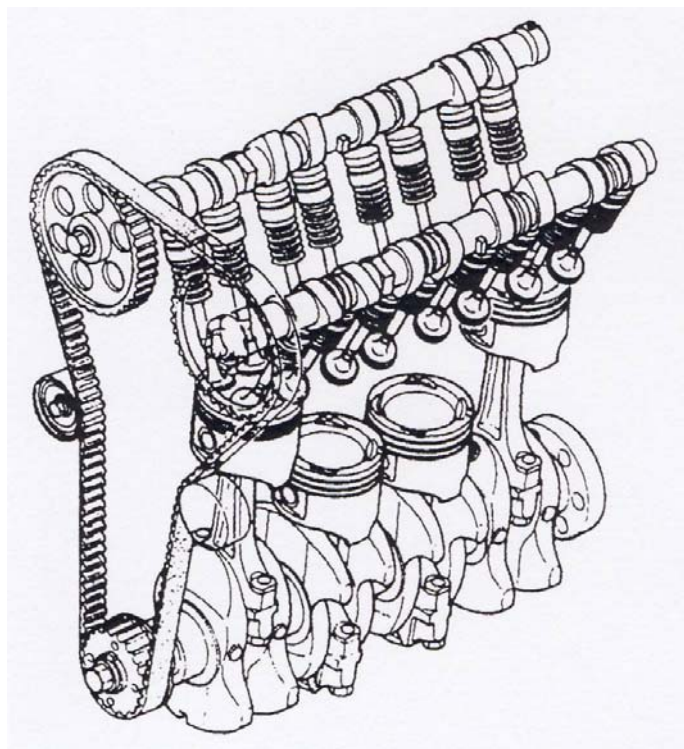
1.2 Další možnosti pohonu ventilových rozvodů

Pohon ozubeným řemenem (obr. 40) se nejvíce používá u osobních automobilů. Jedná se o moderní řešení pohonu vačkového hřídele. Je výhodný z hlediska tichého chodu a malé hmotnosti. Skládá se ze dvou kol spojených ozubeným řemenem. Struktura řemene je většinou zpevněný plast vyztužený skelnými nebo ocelovými vlákny. Tyto vlákna jsou zatíženy velkou tažnou silou a musí omezovat roztažnost.

Řemeny nepotřebují mazání, mají tedy nenáročnou a jednoduchou údržbu, ale nesmějí se lámat. Mají vysokou pevnost v tahu, odolnost proti otěru, dílkovou stabilitu. Musí také odolávat chemickým vlivům (sladká voda, vodní mlha, tuky a olej), vysokým teplotám a být pružné i při velkých mrazech. Bez těchto vlastností by lehce došlo k deformaci řemene.

Řemen je napínán z vnější strany napínací kladkou, protože se během provozu vytahuje. Tím se zabrání přeskočení řemene o rozteč jednoho nebo více zubů na ozubené řemenici. Kdyby totiž řemen přeskočil, tak by se vážně narušilo seřízení motoru. Pokud je řemen příliš vytáhnut, tak ho musíme vyměnit za nový.

[1]



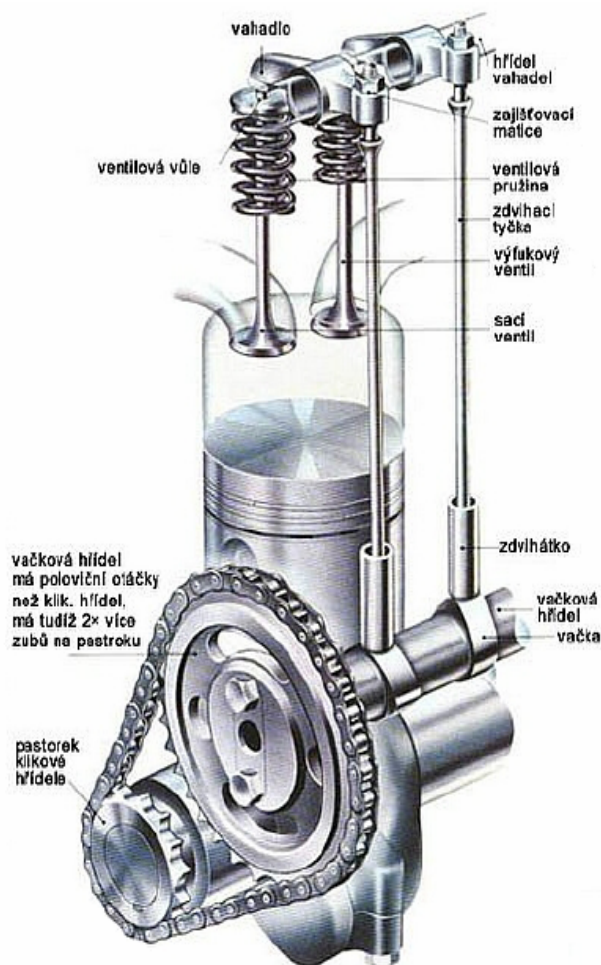
Obr. 40 Pohon dvou vačkových hřídelí ozubeným řemenem u motoru s rozvodem DOHC [1]

Pohon řetězem (obr. 41) je nejobvyklejším pohonem ventilových rozvodů u motocyklů. Vyskytuje se zejména u motorů OHV, OHC, resp. DOHC. Síla je zde přenášena kloubovými řetězy, které mohou být buď válečkové nebo pouzdrové. Řetěz spojuje řetězová kola, která jsou umístěna na vačkové a klikové hřídeli. K bezproblémovému vedení řetězu nám slouží vodítka a napínač, který správně napíná řetěz ve všech režimech.

Standardní řetězy bývají většinou dvouřadé, třířadé, ale výjimečně i jednořadé. Řetězová kola mohou mít jednostranný nebo dvoustranný náboj. Materiál těchto kol závisí na uspořádání ventilového rozvodu, provozních podmínkách a přenášeném výkonu. Většinou

volíme kola z uhlíkové oceli, legovaných ocelí a ze slinutých materiálů.

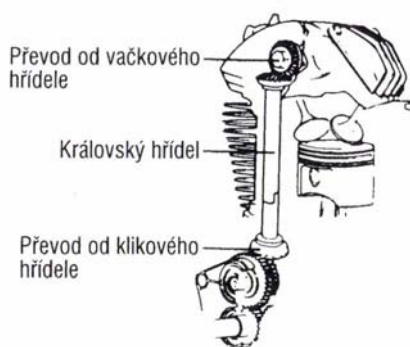
[1]



Obr. 41 Pohon řetězem motoru s rozvodem OHV [8]

Pohon rozvodovým „královským“ hřídelem (obr. 42) je sice kvalitní, ale velice drahý. Z toho důvodu se tento systém již nepoužívá (naposledy motory Jawa 500 OHC, Ducati 900 a 1000cm³). Od klikové hřídele je královský hřídel poháněn ozubeným soukolím, který vede nahoru do hlavy válců, kde je další soukolí, které přenáší hnací sílu na vačkovou hřídel.

[5]



Obr. 42 Ventilový rozvod s královským hřídelem u motoru Ducati V2 [5]

2 Výhody a nevýhody ozubeného převodu u ventilového rozvodu

2.1 Výhody pohonu ventilového rozvodu ozubenými koly

Pohon ozubeným převodem je nejúčinnější ze všech pohonů, kdy díky možnosti přenosu velkých kroutících momentů, plynulému a rovnoměrnému chodu nachází uplatnění hlavně u vysoko objemových motorů lokomotiv, lodí, letadel, nákladních automobilů, traktorů, ale i sportovních automobilů a motocyklů. Hlučnost rozvodu u pohonu ozubeným soukolím je mnohem menší než u jiných druhů pohonu, protože řetěz a řemen má větší vůle než ozubení a proto jejich chod není tak přesný. Životnost ozubených kol je větší než u řemenů nebo řetězů, protože jsou řetězy a řemeny při přenosu velkých sil mnohem více náchylné na poruchu.

Pohon ozubeným převodem je takřka bez údržbový, k jeho dobré funkci je zapotřebí pouze kvalitní mazání, což zajišťuje jeho vysokou spolehlivost. Použití ozubeného převodu je výhodné i z hlediska zmenšení celkové velikosti a hmotnosti rozvodu. Ozubená kola mají menší rozměry a jsou u sebe. U pohonu řetězem a řemenem jsou kola, která jsou od sebe hodně vzdálená. Navíc u řetězu a řemenu musíme použít speciální napínáky a vodítka, které ozubení vůbec nepotřebuje. Díky tepelnému zpracování má ozubení vyšší odolnost oproti vysokým teplotám, vlhkosti a chemickým účinkům, navíc u ozubení nedochází k prokluzu, jak je tomu u řemene.

[9]

2.2 Nevýhody pohonu ventilového rozvodu ozubenými koly

Největší nevýhodou ozubeného převodu je způsob výroby ozubení. Výroba je složitá a je k ní zapotřebí velmi přesných strojů a nástrojů. Tím pádem je velmi drahá. Montáž ozubeného převodu je složitější než řetězového a řemenového převodu. Musí se při montáži přesně zachovat všechny hodnoty výpočtu ozubeného soukolí, jinak to může vést nejen k zhoršení plynulosti chodu, hlučnosti, vibracím, ale až k podřezávání či špičatosti zubů kola. Jestliže u ozubeného kola dojde k nějaké poruše, tak musíme celé kolo vyměnit. Je to mnohem nákladnější záležitost, než když se porouchá řetěz nebo řemen.

[9]

3 Použití pohonu ventilového rozvodu ozubenými koly

3.1 Traktory

U traktorů Zetor se využívají šestiválcové, čtyřválcové a dříve i tříválcové motory. Šestiválcové motory jsou teprve ve fázi vývoje a zkoušky. Pro Proximu 2008 se využívají tři čtyřválcové motory typu Z 1205 s 60kW, Z 1105 s 53kW a Z 7205 s 45kW. Pro Proximu+ (obr. 43) se používají čtyřválcové motory Z 1305 s 74kW, Z 1005 s 66kW a Z 1205 s 60kW. Pro typ traktoru Forterra se vyrábí motory Z 1505 s 90kW, Z 1405 s 81kW, Z 1305 s 74kW a Z 1005 s 66kW. Všechny varianty motorů Zetor (obr. 44) používají stejný typ pohonů ozubenými koly u rozvodu OHV.

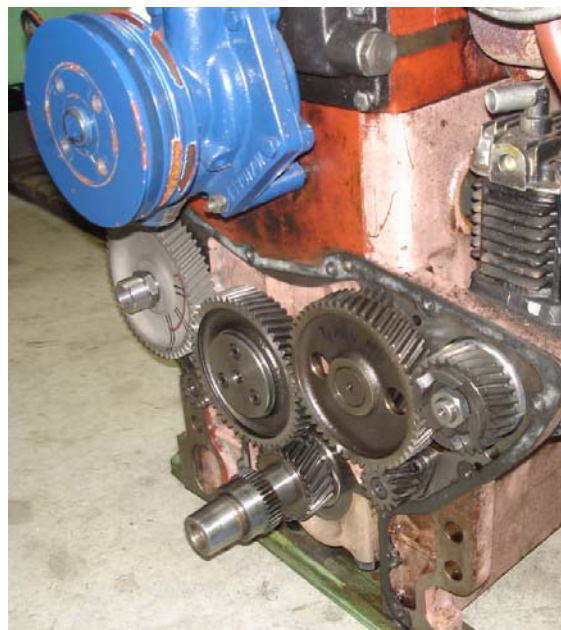
Na klikové a vačkové hřídeli jsou ozubená kola zajištěna perem a nalisována. Ozubené kolo klikové hřídele přenáší otáčivý pohyb na ozubené kolo vačkové hřídele přes vložené ozubené kolo (obr. 46 a obr. 47). Vložené kolo je uloženo na čepu (obr. 45) přimontovaném k bloku motoru třemi šrouby. Tento čep zde plní funkci kluzného ložiska a je v něm vyvrtaný otvor, kterým proudí olej od motoru do drážky na kluzné ploše čepu.

Vložené a ozubené kolo na vačce navíc pohání ozubená kola vyvažovacích hřídelů, kompresoru a vstřikovacího čerpadla. Protože se otáčky všech motorů Zetor pohybují do 2200 ot/min, tak se zde volil pohon ventilového rozvodu ozubenými koly hlavně kvůli jeho malé velikosti, velké životnosti a jeho bez údržbovému chodu. V současnosti se však v rozvodu vyskytl problém v podobě zadrhávání vloženého ozubeného kola.

[9]



Obr. 43 Traktor Zetor Proxima+ [9]



Obr. 44 Část motoru Zetor [9]

Na obr. 44 je znázorněn blok jednoho z motorů Zetor, na kterém jsou namontovány všechny pohonné jednotky ventilového rozvodu. Úplně dole je kliková hřídel s ozubeným kolem, která pohání vložené kolo, které se nachází mezi kolem vstřikovacího čerpadla a kolem vačkové hřídele. Vpravo od kola vačkové hřídele je ozubené kolo kompresoru. K vyvažování se používají malá ozubená kola vyvažovacích hřídelů, které se nachází pod

kolem vačkové hřídele a pod kolem vloženým.



Obr. 45 Čep vloženého ozubeného kola [9]



Obr. 46 Vložené ozubené kolo [9]

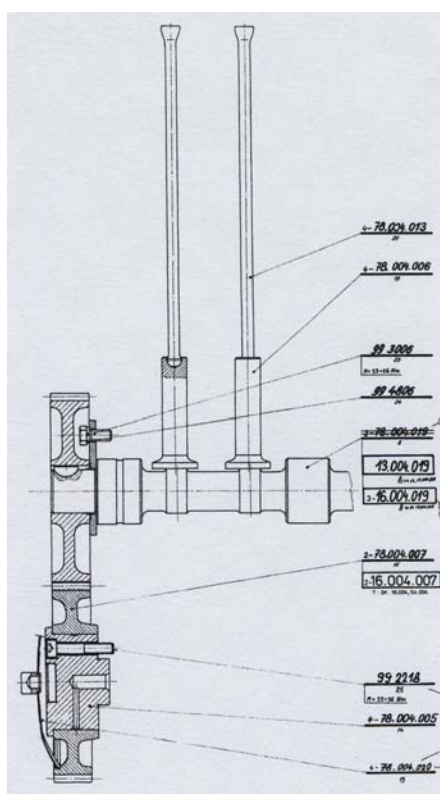


Obr. 47 Uložení čepu ve vloženém ozubeném kole [9]

Na obr. 45 je vidět čep vloženého ozubeného kola. Uprostřed čepu je otvor pro přívod maziva, který vede až ke kruhové drážce na obalové funkční ploše čepu.

Na obr. 46 je vložené ozubené kolo. Na funkční ploše je stejně jako u čepu vyrobena drážka na olej.

Na obr. 47 je znázorněno uložení čepu ve vloženém ozubeném kole. Uložení je velmi přesné, aby zde nemohla vzniknout nežádoucí vůle.



Obr. 48 Uložení ozubeného kola na vačkovou hřídel [9]

Na obr. 48 je ukázána část výrobního výkresu motoru Zetor. Dole je vložené ozubené kolo, které pohání kolo nalisované na vačkové hřídeli. Vačková hřídel přenáší přes vačky zdvih na zdvihátka a rozvodové tyčky.

John Deere (obr. 49 a obr. 50) je slavná americká značka, která se zabývá prodejem traktorů (typ 5010, 6020, 7010, 8020, 9020) a sklízecích mlátiček na obilniny (typ 9880 STS, 9780 CTS, 9540 WTS- 9680 WTS, CWS), které pro pohon ventilových rozvodů využívají ozubená kola.

[10]



Obr. 49 Ukázka traktoru John Deere řady 5010 s 39 kW [10]



Obr. 50 Motor John Deere Powertech, který je s 465 koni nejvýkonnějším vyráběným motorem mlátičky na světě [10]

Anglická značka New Holland (obr. 51 a obr. 52) se zabývá nejen prodejem traktorů, ale i sklízecích mlátiček, manipulátorů, a dalších průmyslových strojů. Je možnost pořídit si traktory typu New Holland T 3000, TNN- A, TNF- A, TND- A, TDD- A, TL- A, T 6000, T 7000, T 7500, T 8000. Otáčky všech motorů se pohybují do 2200 až 2300ot/min a z hlediska vysokého kroutícího momentu se zde využívá pohonu ventilových rozvodů ozubenými koly.

[11]



Obr. 51 Motor, který se montuje do traktorů New Holland řady TS- A [11]



Obr. 52 Traktor New Holland T 7500 [11]

Pohonu ventilových rozvodů ozubenými koly se využívá také u traktorů Ford, Fastrack, Case, Steyr atd. (obr. 53 až obr. 56).



Obr. 53 Traktor Ford 190hp [12]



Obr. 54 Traktor Fastrack, typ 8250 [13]



Obr. 55 Traktor Case JXU Maxxima [14]



Obr. 56 Traktor Steyr řady Profi [15]

3.2 Nákladní vozidla

Kopřivnická značka Tatra (obr. 57) se soustředí na výrobu nákladních, terénních sportovních a vojenských vozidel. U všech typů vozidel se používá hlavně motor V8 (obr. 58), jehož výkon se pohybuje dle typu vozu mezi 230- 400kW s pohonem ventilových rozvodů ozubenými koly.

[16]



Obr. 57 Nákladní vůz Tatra T 815-2 TERRNo1 [16]



Obr. 58 Motor Tatra V8 chlazený vzduchem, přeplňovaný turbodmychadlem, s valivě uloženým klikovým hřídelem [16]

Další značkou, která ve svých motorech využívala pohonu ventilových rozvodů ozubenými koly, je Liaz (obr. 59). Tato jablonecká značka používala ve svých nákladních vozidlech od roku 1992 dva typy motorů, motor MAN D2866 LF09 (309kW) s rozvodem OHV a motor Detroit Diesel S 60.67 GU 60 (272kW) s rozvodem OHC.

[17]



Obr. 59 Nákladní automobil Liaz [17]

Po značce Liaz oživila výrobu nákladních automobilů firma Tedom Truck (obr. 60). Do této nové české značky se montují motory Tedom (obr. 61), které dosahují výkonu podle typu vozu od 240 do 300kW využívající pohonu ventilových rozvodů ozubenými koly.

[18]



Obr. 60 Nákladní automobil Tedom [18]



Obr. 61 Diesellový motor Tedom, který se využívá k pohonu Nákladních automobilů TEDOM [18]

Scania (obr. 63) používá pohonu ventilových rozvodů ozubenými koly u všech svých motorů. Jsou to 16 litrový motor V8, 12cti litrový řadový šestiválec (obr. 62) a nový 9 litrový motor s pěti válci v řadě.

[19]

U značky MAN (obr. 65) se uplatňuje pohon ventilových rozvodů u motorů typu DGL

čtyřválec 110- 176kW, TGM šestiválec 176- 240kW, TGX šestiválec 265- 397kW a V8 500kW (obr. 64) a u modelu TGS šestiválec 235- 397kW.

[20]



Obr. 62 Řez 12cti litrovým šestiválcem 420 Euro 5 tahače Scania [19]



Obr. 63 Tahač Scania R580 s 16 litrovým motorem V8 [19]



Obr. 64 Motor MAN D2868 V8 500kW [20]



Obr. 65 Tahač MAN DTX V8 500kW [20]

Další značka uplatňující pohon ventilových ozubenými koly je Mercedes- Benz. Tohoto systému pohonu ventilových rozvodu používá hlavně u svých nákladních vozů ve všech motorech. Model Actros (obr. 66) využívá motory V6 (235- 335kW) a V8 (370- 425kW), model Axor motor R6 (170- 315kW), model Atego motor R4 (90- 160kW) a R6 (170- 205kW).

[21]

Pohon ventilových rozvodů ozubenými koly využívají i značky DAF (obr. 67), Volvo (obr. 68), Renault (obr. 69) atd.



Obr. 66 Nákladní vůz Mercedes- Benz Actros [21]



Obr. 67 Tahač DAF XF105 SSC [22]



Obr. 68 Nákladní Vůz Volvo FH 16 [23]



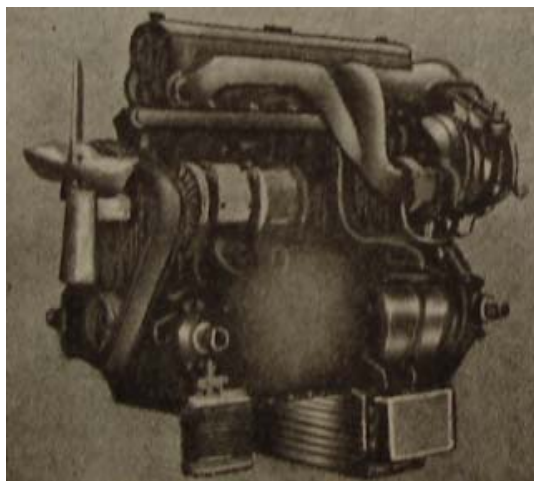
Obr. 69 Tahač Renault MAGNUM [24]

3.3 Lokomotivové a lodní motory

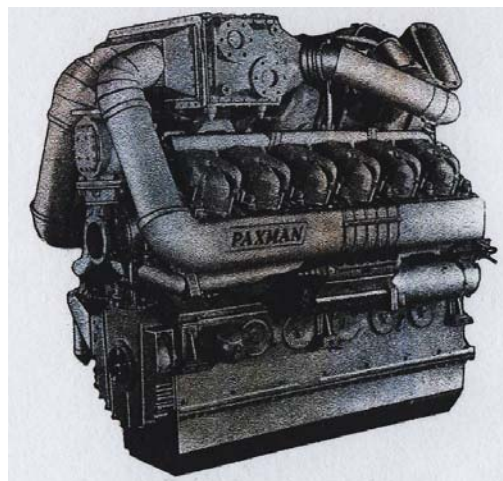
Švýcarský lokomotivový naftový motor Saurer- BXD (obr. 70) je řadový šestiválec o výkonu 200hp, který má vačkovou hřídel poháněnou šikmým ozubením od klikové hřídele, která se nachází na přední straně klikové skříně.

Anglický lokomotivový naftový motor Paxman- 12 RPH V8 (obr. 71) využívá pohon ventilových rozvodů ozubenými koly. Motor má otáčky do 1250ot/min s maximálním výkonem 626hp. Pro pohon ventilů využívá tento motor pouze jednu vačkovou hřídel.

[6]



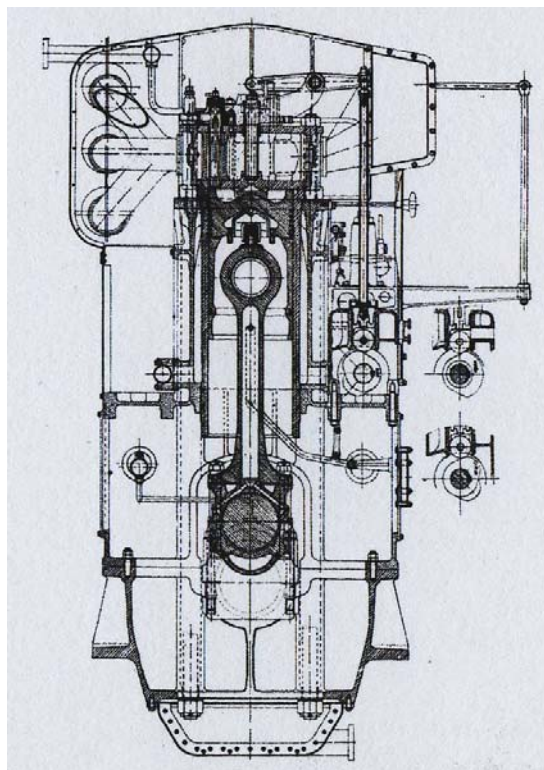
Obr. 70 Motor Saurer- BXD, který má Sauverův spalovací prostor a každý válec má dva sací a dva výfukové ventily [6]



Obr. 71 Motor Paxman- 12 RPH, který má komůrkový spalovací prostor a dva ventily v každé hlavě válce [6]

Československý lodní naftový motor ČZNM- L 350 PN (obr. 72) je pomaloběžný motor, který má maximální výkon 162hp na jeden válec a maximální otáčky 375ot/min⁻¹. Na konci klikové hřídele má umístěno ozubené kolo, které pohání ozubené kolo vačkové hřídele.

[6]

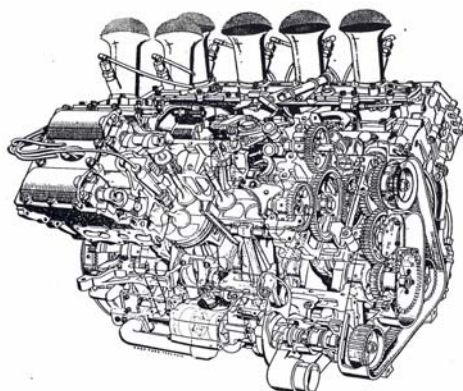


Obr. 72 Výkres řezu lodním motorem ČNM- L 350 PN [6]

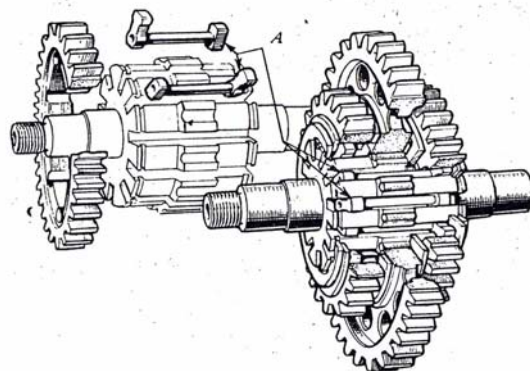
3.4 Automobily

U motoru Ford Cosworth DFV (obr. 73) je ozubené kolo vačkové hřídele poháněno kolem na klikové hřídeli uloženém na vrchní části bloku motoru. U těchto motorů byly zjištěny nežádoucí torzní kmity, které vznikaly právě přenosem ozubeného soukolí. Tyto kmity způsobovaly překročení maximálního točivého momentu motoru, což způsobovalo lom vačkové hřídele a ventilových pružin. Tento problém byl vyřešen vložením pružné spojky (obr. 74) mezi ozubené soukolí a tlumiče torzních kmitů na vačkovou hřídel.

[3]



Obr. 73 Motor automobilu Ford Cosworth DFV
[3]



Obr. 74 Ukázka pružné spojky, která je vložena
do ozubeného soukolí ventilového rozvodu
[3]

Opel Frontera (obr. 75) se prodává od roku 1991 a vyráběl se s mnoha typy motorů, které využívali k rozvodu OHV pohon ozubenými koly. Je možno si pořídit benzínové řadové čtyřválcové 2,0i (85kW), 2,4i (85kW), 2,2i 16V (100kW), benzínový vidlicový šestiválec 3,2i V6 24V (151kW) a naftové řadové čtyřválcové 2,3 TD (73kW), 2,5 TDS (85kW), 2,8 TDI (84kW), 2,2 DTI (85kW).

[25]



Obr. 75 Terénní vůz Opel Frontera [25]

Dalším automobilem, kde se používá pohonu ventilového rozvodu ozubenými koly, je Chrysler Voyager (obr. 76). Tento americký vůz se vyráběl od roku 1983. Momentálně si tento vůz můžeme pořídit s motory 2,4L (108kW), 3,3L V6 (128kW), 2,5 CRD (105kW) a 2,8 CRD (110kW).

[26]

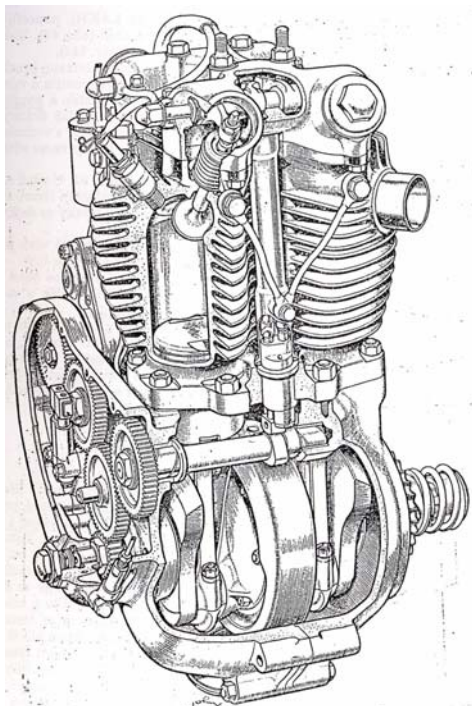


Obr. 76 Americký automobil Chrysler Voyager [26]

3.5 Motocykly

U motocyklu Triumph- Tiger (obr. 77) je u ventilového rozvodu OHV použit pohon ozubenými koly. Kromě ozubených kol na vačkové a klikové hřídeli se zde využívá vloženého ozubeného kola k pohonu dalších agregátů (vstříkací čerpadlo, kompresor).

[3]

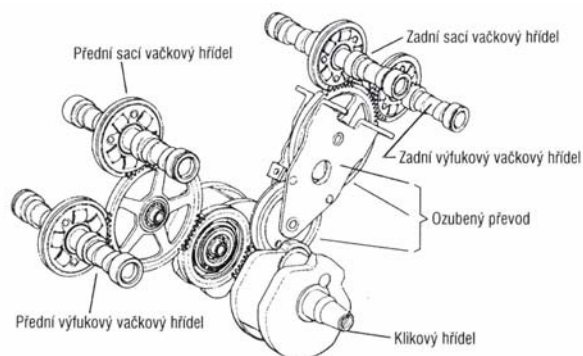


Obr. 77 Řez motorem motocyklu Triumph- Tiger [7]

Pohon ventilových rozvodů ozubenými koly se používá také u motocyklu Honda VFR 750 F. Na ozubené kolo klikové hřídele jsou nasazeny dva ozubené převody, které pohánějí dvě vačkové hřídele sacích ventilů a dvě vačkové hřídele výfukových ventilů (obr. 78).

Další značkou, která u svých motocyklů využívá pro pohon ventilových rozvodů ozubené soukolí, je MV Agusta (obr. 79).

[5]



Obr. 78 Schéma ventilového rozvodu motocyklu Honda VFR 750 F [5]

Na obr. 78 můžeme vidět pohon ventilového rozvodu ozubenými koly motocyklu

Honda VFR 750 F. Ventilový rozvod má čtyři vačkové hřídele. Přední sací vačková hřídel má vedle sebe přední výfukovou vačkovou hřídel, jejichž ozubená kola zabírají s vloženým ozubeným převodem. Tento vložený ozubený převod je poháněn ozubeným kolem klikové hřídele. Z druhé strany klikové hřídele jsou zadní sací vačková hřídel a zadní výfuková vačková hřídel, které jsou poháněny stejným způsobem.



Obr. 79 Nový sportovní motocykl MV Agusta F4 1000 Corse [27]

4 Závěr

Jestliže se poohlédneme po všech poznatcích pohonu ventilových rozvodů ozubenými koly, které jsou v této práci zaznamenány, tak zjistíme, že použití ozubených kol u ventilových rozvodů se uplatňuje nejvíce nejen u současných moderních traktorů, nákladních a zemědělských vozidel, motorů lodí a lokomotiv, ale i těchto strojů starších typů. Pro tyto stroje jsou ozubená kola ventilového rozvodu z hlediska přenosu velkého kroutícího momentu od motoru velkým přínosem, jelikož velké síly, které vznikají mezi ozubením jsou bezpečně převedeny na pohyb vačkové hřídele.

Méně obvyklé je použití ozubeného soukolí pro chod ventilové soustavy u osobních automobilů a motocyklů, kterým bohatě postačí některý méně účinný pohon, protože mají motory menších objemů, které nepřenáší tak vysoký kroutící moment. Tato práce může být přínosná z důvodu obecného vysvětlení této problematiky a z hlediska ukázky jednotlivých příkladů pohonu ventilových rozvodů ozubenými koly v praxi.

5 Seznam použitých zdrojů

- [1] VLK, F. *Vozidlové spalovací motory*. Akademické nakladatelství CERM, Brno 2003. 580 s.
- [2] MORAVEC, V. *Konstrukce strojů a zařízení 2: Čelní ozubená kola*. MONTANEX a.s., Ostrava 2001. 288 s.
- [3] MACKERLE, J. *Motory závodních automobilů*. Nakladatelství technické literatury SNTL, Praha 1980. 193 s.
- [4] KOCMAN, K. – PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Akademické nakladatelství CERM, Brno 2005. 269 s.
- [5] NEPOMUCK, B. L. – JANNECK, U. *Technická rukověť motocyklisty*. Nakladatelství KOPP, České Budějovice 2004. 471 s.
- [6] Kolektiv VÚNM a ČKD. *Naftové motory čtyřdobé: 2. díl*. Státní nakladatelství technické literatury, Praha 1964. 585 s.
- [7] MACKERLE, J. *Automobily a letadla: Rozvod motoru*. Státní nakladatelství učebnic, Praha 1951. 218 s.
- [8] *Konstruování strojů: Převody* [online]. Studijní opory, VUT FSI Brno. Dostupné z: <<https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=56741>> [cit.2008-04-02].
- [9] *Traktory ZETOR*. Podklady společnosti ZETOR a.s., Brno.
- [10] *Traktory John Deere* [online]. Dostupné z: <http://www.agrotip-blazek.cz/katalog/katalog_jd.htm> [cit.2006-05-30].
- [11] *Traktory New Holand* [online]. Dostupné z: <<http://www.pal.cz/page/1633.traktory-new-holland/>> [cit.2005-06-03].
- [12] *Traktory Ford* [online]. Dostupné z: <<http://agrorosteni.cz/oddeleni/roslinna-vozy.htm>> [cit.2007-08-19].
- [13] *Traktory Factrack* [online]. Dostupné z: <<http://www.toko.cz/index.php?ID=12123>> [cit.2008-05-17].
- [14] *Traktory Case* [online]. Dostupné z: <http://www.liva.cz/prodej/fota/case_jxu0_v.jpg> [cit.2008-05-17].
- [15] *Traktory Steyr* [online]. Dostupné z: <http://www.navos-km.cz/_cms/_files/1541/profi.jpg> [cit.2008-03-25].
- [16] *Vozy Tatra* [online]. Dostupné z: <www.tatra.cz> [cit.2006-01-20].
- [17] *Vozy Liaz* [online]. Dostupné z: <http://www.liaz.cz/liazy_s_motory_man_a_dd.php> [cit.2008-01-10].
- [18] *Vozy Tedom* [online]. Dostupné z: <<http://motory.tedom.cz/fofogalerie.html>> [cit.2008-05-17].
- [19] *Vozy Scania* [online]. Dostupné z: <http://www.scania.cz/scania_trucks/engines/> [cit.2002-08-22].

- [20] *Vozy MAN* [online]. Dostupné z:
<http://www.man-mn.cz/cz/Nkladn_automobil/Highlights/Charakteristika_nkladnch_automobil_MAN.jsp> [cit.2008-05-17].
- [21] *Vozy Mercedes- Benz* [online]. Dostupné z:
<http://www2.mercedes-benz.cz/nakladaky/nakladni_vozy_axor_technika_motory.htm> [cit.2008-01-29].
- [22] *Vozy DAF* [online]. Dostupné z: <www.trucktrade.cz/fx/cz/124/xf105vzhled.html> [cit.2008-05-17].
- [23] *Vozy Volvo* [online]. Dostupné z:
< http://www.volvo.com/trucks/czech-market/cs-cz/trucks/gallery/volvo_FH16/> [cit.2007-01-06].
- [24] *Vozy Renault* [online]. Dostupné z: < www.rtrucks.cz/nove.php?typ=mag. > [cit.2003-06-15].
- [25] *Opel Frontera* [online]. Dostupné z:
< www.autoweb.cz/.../opel-frontera-1991-1997/9877. > [cit.2006-05-10].
- [26] *Chrysler Voyager* [online]. Dostupné z:
< http://www.chrysler.cz/modely/voyager/features/exterior_photos/index.html > [cit.2008-05-17].
- [27] *Motocykl MV Agusta F4 1000 Corse* [online]. Dostupné z:
< mv-agusta.katalog-motocyklu.cz/.../> [cit.2008-01-06].