

# Malá encyklopedie zapalování a žhavení (45. díl)

## Labutí píseň

V Čechách platí přísloví, „že v nejlepším je třeba přestat“. Platí to o televizních, či rozhlasových seriálech, stejně tak i o psaném slově, tedy i o tomto seriálu. Minulé 4 roky, tedy 44. dílů seriálu jsem věnoval zmapování historii vývoje konstrukce zapalovacích a žhavicích svíček, komponentům systému zapalování a žhavení, stejně tak i technickým závadám a jejich odstranění na těchto systémech.

**A**tak na závěr je nutné se podívat ještě na trendy ve vývoji zapalovací a žhavicí techniky a diagnostiku závad této techniky.

### Zapalování

Na první pohled se může zdát, že již vše bylo vynalezeno a současně popsáno v předchozích kapitolách o zapalování. Technický vývoj však stále kráčí mílovými kroky dopředu, což přímo ovlivňuje nové výrobní technologie jednotlivých komponentů. Aplikovaný vývoj a výzkum nových materiálů znamená další změny v technologiích zástavby součástek pro zapalování.

Každým rokem přibývá několik nových typů zapalovacích svíček. Tyto svíčky jsou konstruovány pro specifické požadavky nových motorů. Základem jsou zvýšené kompresní tlaky ve válcích, které sice na jedné straně zvyšují výkon motoru a zlepšují prohoření připraveného paliva po vstřiku, na druhé straně však kladou zvýšené nároky na spolehlivost nového typu svíčky. V současné době vyráběné motory jsou osazovány „biturby“, která kladou zvýšené nároky na zapalovací svíčku. Protože o tomto systému přepřehování jsem zatím nehovořil (budu se zabývat v dalších kapitolách chlazení), nastíním krátce jejich funkci.

Zatímco klasické turbo (jednostupňové) tlačí do motoru směs vzduchu a recirkulovaných výfukových plynů (pokud je motor vybaven AGR ventilem) prakticky pod stejným tlakem, dochází k určitému přetížení motoru venti-

lového těsnění, těsnění hlavy válce až po zvýšené kompresní tlaky na kroužcích. I když dochází k chlazení stlačených plynů, přesto jsou v okamžiku zážehu dosahovány vysoké teploty. Pro tyto účely jsou proto používány studené zapalovací svíčky s vysokou odolností v tlaku tak, aby i svojí funkcí částečně podpořily průboj elektrického výboje pro zapálení směsi. Přesto nedochází k ideálnímu prohoření směsi, které jsou následně korigovány lamdasondou (oxygensenzorem) a částečným znovuspálením výfukových plynů. Dalším problémem, který zde přetrvává je poškozování olejového filmu na válcích vlivem vyšší teploty, který může vést až k podfuku části výfukových plynů pod olejový stírací pístní kroužek s následnou degradací olejové lázně ve vaně.

V dnešním hustém městském provozu při rychlostech od 0 do 80 km/hodinu nepotřebujeme disponovat plným výkonem motoru (točivý moment) a plně nám postačuje nižší výkon pro režim jízdy brzda/plyn. Nejen z tohoto důvodu bylo zkonstruováno dvoustupňové turbo (biturbo). Při nízkých obrátkách motoru tak procházejí plyny pouze prvním okruhem. Dosahujeme tak i úsporu ve spotřebě paliva a snižujeme i podíl vzniku emisí. V hustém městském provozu tak můžeme i motor lépe chladit. Motor může pracovat v mnohem optimálnějších tepelných podmínkách, což se projevuje i v jeho sníženém opotřebení. V okamžiku potřeby zvýšení výkonu motoru, přichází ke slovu druhý

okruh turba, které tlačí plyny jako jednostupňové turbo.

V obou případech jsou kladeny rozdílné požadavky na kvalitu a zpracování zapalovacích svíček. V případě biturba potřebujeme žhavicí svíčku s vyšší tepelnou voajalitou. Z uvedeného příkladu jasně vyplývá, že při výměně zapalovacích svíček musíme přesně dodržovat tepelné hodnoty svíčky, předepsané pro daný typ motoru, přestože obě svíčky vzhledově a technickým provedením jsou na první pohled identické.

Dalším momentem ve vývoji zapalovacích svíček je zmenšování jejich průměru a zvětšování jejich délky. Nejmodernější zapalovací svíčky jsou zapuštěny hluboko do bloku motoru. Pro jejich montáž a demontáž je tak nutné mít i speciální dílenské vybavení. Tyto svíčky mají většinou i prodloužený závit, což je z důvodu lepšího osazení v bloku při vyšších tlacích. Současně delší závit a vysutá patice dávají větší možnosti tepelné výměny na svíčce. Svíčky jsou v průměru užší oproti klasickým svíčkám. Důvod je ten, že zbývá stále méně místa na bloku motoru a hlavě, kde vzhledem k tepelným výměnám bylo nutné zvětšit kanály pro kapalínové chlazení. Při montáži nových svíček do motoru je tak nutné vždy použít speciální vazelinu na závit svíčky tak, aby nedošlo k jeho zapečení do bloku motoru. (vlivem tepelných rozdílů a vzdušné vlhkosti)

Z hlediska použitých materiálů se začíná posazovat titan, resp. slitiny titanu, které lépe

odolávají teplotám, tlakům a zvýšenému opotřebení. Bude docházet k zesílení konstrukce středové elektrody a pevnějšímu (homogeničtějšimu) spojení izolátoru se středovou elektrodou. S ohledem na víření připraveného paliva před zápalem dojde k dalším úpravám tvaru zapalovacích elektrod dle požadavků jednotlivých motorů.

Další trend, který se postupně začíná prosazovat, je technické řešení, kdy modernější zapalovací svíčky již nedisponují odnímatelnou (odšroubovatelnou) koncovkou SAE. Nejnovější vyvinuté svíčky jsou vybaveny bajonetovým spojením, které lépe přes celý povrch přenáší výboj vysokého napětí na svíčku. Na širší rozšíření tohoto typu připojení si budeme muset ještě chvíli počkat, protože i zde dochází ke změnám zapalovacích traf pro jednotlivé svíčky, respektive centrálního trafo pro zapalovací lištu motoru. Vývojová idea konstrukce příslušenství zapalování je taková, že z jednoho místa s minimální délkou kabelů zapalování (z důvodů odporových ztrát), budeme obsluhovat tříválcové, čtyřválcové a víceválcové motory. Kromě toho je zde celková snaha o miniaturizaci jednotlivých komponentů a o snížení jejich celkové váhy. Tento trend se již projevil v posledních 5 letech v nových konstrukcích zapalovacích lišt a novým systémem vedení elektrické energie ve vozidle. Samozřejmě, vše má své plusy a své mínusy. Na jedné straně dojde k úsporám váhy systému zapalování a k energetickým úsporám v rozvodu energií ve vozidlech. Ten mínus lze však vidět v tom, že dnes jsme ještě schopni, byť přes zábrany OBD systému, určitě závadné součástky vyměnit a vozidlo rychle uvést zpět do provozu. Bohužel, v budoucnosti nás bude s největší pravděpodobností čekat výměna celých bloků, což uživatele finančně zatěžuje a šve! Ostatně již dnes máme zkušenosti s autoservisy (nebudu jmenovat), které určí závadu, vymění kompletní skupinu, vyfakturují a vozidlo, ejhle opět nefunguje!!!, přestože bylo jednoduše možné vadnou součástku vyměnit. No to je na zabít v reklamačním řízení pro zákazníka v souvislosti s dokazováním závady. Můžeme dále očekávat další tlak na snížení

emisních zplodin, které povedou k instalaci jednotlivých řídicích jednotek pro vstříky na jednotlivé válce s kontrolou tlaku a prohoření paliva.

Zásady pro výměnu zapalovacích svíček a jednotlivých komponentů jsem již uvedl v předcházejících kapitolách, proto je již nebudu opakovat.

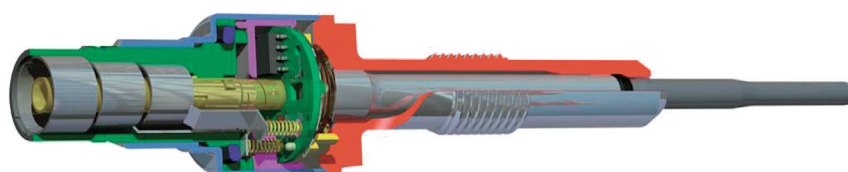
## Žhavení

Základním stavebním kamenem současné doby jsou nejmodernější žhavicí svíčky typu PSG a keramické žhavicí svíčky. Ačkoliv se jedná o dvě zcela technicky diametrálně odlišné technologie, lze vidět v nich další vývoj a budoucnost.

Zatímco systém PSG je postaven na přímém snímání dat z prostoru válce při vznětu paliva, systém keramických svíček je postaven na teplotní setrvačnosti žhavení v daném prostoru. Vše však závisí na celé koncepci žhavení motoru.



Z obrázku je patrné, o kolik procent došlo ke snížení emisí Nox zavedením systému PSG. Tento systém je dnes používán u vozů nejvyšší třídy u Mercedes Benz, Audi či BMW. Je však techniky velmi náročný na dodatečné vybavení řídicích jednotek a celkovou koordinaci přípravy paliva, vstříku a vlastního vznětu. Samozřejmě tato technická náročnost se projevuje i v celkové ceně daného systému včetně cen těchto žhavicích svíček. Přestože tento systém zaručuje kontrolovaný vznět paliva s jeho podstatně kvalitnějším



prohořením (oproti klasickým žhavicím svíčkám), přesto dochází ke vzniku určitého procenta sazí, které je nutné znovu spalovat, respektive zachytit ve filtrech pevných částí. Druhou podstatně levnější variantou je systém keramických žhavicích svíček, které jsou díky své tepelné setrvačnosti kolíku schopny stabilně reagovat na jednotlivé jízdní režimy motoru při snížené energetické náročnosti na dožhávování a mezižhavení. Tento systém je podstatně levnější a jednodušší v porovnání se systémem PSG. I tento systém je však také závislý na dodatečném zachycení podílu prachových sazí buď pomocí pevných filtračních jednotek nebo pomocí tekutých filtrů s močovinou.

Pro budoucí vývoj půjde především o ekonomickou otázku dalšího zlevnění výrobních technologií, které by umožnily širší nasazení obou systémů. Již dnes je jasné, že tlaky na snížení emisí v další 10 letech budou značné. Tyto tlaky budou vyvolávat další velké investice do dalšího výzkumu systémů vznětu motorů u jednotlivých výrobců. V tomto směru není situace jednoduchá, protože se od nových motorů požaduje další snížení měrné spotřeby paliva (což by teoreticky mohlo vést ke snížení emisí), na druhé straně je však požadavek na zvyšování výkonu motorů s nižší kubaturou válců. Z hlediska technického jsou to však dva protichůdné směry. Je proto velmi těžké v současné době odhadnout, který z uvedených systémů zvítězí.

Závěrem bych opět použil jedno přísloví. „Když se dva perou, třetí se směje“. Tato situace je dnes již obecně známá a souvisí s výrobou hybridních automobilů. I když v současnosti jsou hybridy podstatně dražší nežli automobily poháněné zážehovými či vznětovými motory, dosahují stejných, někdy i dokonce lepších výkonů. Nezanedbatelnou skutečností je i snížení měrné spotřeby paliva a emisí. V tomto směru není již tak důležité,

zdali bude hybrid vybaven vznětovým či zážehovým motorem, protože vždy se již bude jednat o malolitrážní motory s nízkou spotřebou paliva nižší produkcí Nox.

Tuto situaci si uvědomují současní giganti automobilového průmyslu, a proto se u nich tu a tam objevují hybridy či první elektromobily jako reálný test budoucího vývoje. I když například značka TESLA slaví určité úspěchy, které jsou na druhé straně doprovázeny ekonomickými ztrátami, které souvisí s budováním výrobních kapacit pro nové typy baterií a infrastruktury nabíjecích stanic, zřejmě se nedá očekávat zrychlený podíl vozového parku elektromobilů, pokud jejich prodej nebude současně státem daňově podporován (např. t. č. Norsko, Dánsko). Odborné a výzkumné kruhy uvádějí, že podíl elektromobilů na celkové motorizaci vyspělých zemí

by mohl dosáhnout kolem roku 2030 cca 10% z produkce automobilů. Samozřejmě je to otázka získání elektrické energie, vytvoření infrastruktury nabíjecích stanic a zvýšení technické kapacity elektrických baterií.

Zde jsem hovořil obecně o všech typech motorů. Nesmíme však zapomínat na nákladní automobily, autobusy, stavební stroje, říční a námořní dopravu, stavební a zemědělskou techniku, kde se budou výrobci motorů stále potýkat s emisními předpisy. V následujících letech zřejmě půjde o překotný vývoj v této oblasti. Velké městské aglomerace budou omezovat vjezd do center, pokud vozidla nebudou splňovat předepsané emisní limity (tento trend se zřejmě ze SRN rozšíří i do dalších evropských měst). Preference se soustředí na ekologickou hro-

madnou dopravu. Budou preferovány nákladní elektromobily pro zásobování center (viz současná omezení např. v Londýně). V rámci energetických strategií jednotlivých zemí dojde pravděpodobně k finančním subvencím provozu elektromobilů pro velké městské aglomerace a příměstské aglomerace. Bude podporován trend ve snižování měrné spotřeby paliva, který přímo nahrává pro další a širší rozšíření hybridních automobilů.

Karty jsou rozdány a budeme očekávat, které nové technologie budou celkově ekonomicky výhodné a budou současně odpovídat požadavkům ekologické strategie.

*Zpracoval: Ing. Karel Horejš*

*Podklad: technická knihovna IHR Autodíly, BERU, BorgWarner, Technical Research a další*



# Malá encyklopedie chlazení (29. díl)

## AGR (EGR) ventily - pokračování

V předchozích dílech, věnovaným AGR (EGR) ventilům jsem se zmínil o nutnosti aktivního chlazení těchto součástí motoru. V tomto směru jistě nikdo nebude pochybovat o této nutnosti, pokud pracujeme s teplotami v rozmezí od 450 do 800 °C. V tomto směru jsou na tom lépe starší typy pneumaticky ovládaných ventilů, které však svým prodlením v rychlosti přestavení plně neodpovídají novým normám EURO V a EURO VI. Podstatně horší situace nastává v chlazení elektronicky ovládaných ventilů, kde teplotní zatížení elektronického vybavení ventilu a funkčnosti Halleova efektu se pohybuje na hranici fyzikálních možností.

**O** těchto problémech se velmi málo píše, protože normy EURO specifikují emisní požadavky pro zážehové a vznětové motory, dále určují určité hranice maximální měrné spotřeby motoru a dále následuje svým způsobem docela složitý proces kontroly výkonu motoru a jeho řídicích jednotek na brzdě. Bylo by dobré na tomto místě objasnit, co znamená v motorářské hantýrce termín brzda. Brzda je speciální zařízení, kde máme zastavěný testovaný motor se všemi jeho součástmi. V praxi to znamená, že můžeme kontrolovat zapalování nebo žhavení, vstříkování, měrnou spotřebu paliva, kompletní okruh chlazení motoru – kapalina, oleje, klima, filtraci vzduchu, filtraci paliva, filtraci oleje, likvidaci olejových par, posilovač řízení, točivý moment motoru při simulovaném zatížení motoru, likvidaci výfukových spalin, celkové teplotní zatížení motoru v jeho jednotlivých částech, destrukční kontrolu olejové náplně a řadu dalších cca 50 kontrolních ukazatelů, které jsou snímány z řady částí motoru. Test brzd je realizován dle jednotlivých technických vybavení jednotlivých motorových zkušeben za teplot od -40 °C do 60 °C. Pokud někteří výrobci motorů nedisponují plně takto vybavenou zkušebnou, většinou další část testů zadávají specializovaným zkušebnám, které jsou mezinárodně určeny pro realizaci těchto zátěžových testů. Zjednodušeně řečeno. V simulovaných laboratorních podmínkách jsme schopni

nastavit takovou zátěž motoru, kde během cca 1-2 měsíců testů jsme schopni dostat komplexní zátěžové vyhodnocení motoru, kde za jiných okolností bychom museli na testech projet cca 1 milion kilometrů v běžném silničním provozu. To je samozřejmě velká časová úspora včetně ekonomické úspory ve zrychlení vývoje. I když náklady na provoz motorové brzdy nepatří k nejlevnějším, můžeme v přijatelném časovém horizontu získat komplexní vyhodnocení nejen motoru, ale i jeho součástí. Další technickou výhodou je skutečnost, že brzda je v každém okamžiku schopna počítačově vyhodnocovat jednotlivá data z provozu motoru. Zde se nám tak otevírá plejáda získávaných údajů např. o emisích motoru v jeho jednotlivých režimech, přesné spotřeby paliva při těchto režimech, teplotní zatížení jednotlivých částí motoru, kontrola výpadků motoru díly mechanickým či elektronickým závadám, samozřejmě můžeme sledovat i požadavky na maximální přetížení motoru v krizových situacích s následným vyhodnocením funkcí jednotlivých částí motoru. Moderní laboratoře jsou již i vybaveny simulací prachových částí ze silničního provozu, takže můžeme i současně sledovat zanesení vzduchových filtrů, problémy s filtrací paliva, klimatizace, vzduchových vah a AGR ventilů. Motorovou brzdou můžeme nazvat i jako malým tomografem, který nám udělá kompletní scan zdraví a funkce motoru.

Motorová brzda nám současně umožňuje kdykoliv pohodlně demontovat jednotlivé součásti motoru, jejich zpětnou kontrolu technického stavu a novou rychlou zástavbu do systému pro další pokračování testů.

Možnost využití motorové brzdy byla velmi důležitá pro kontrolu technického stavu AGR ventilů po simulovaném průjezdu určitého počtu kilometrů, ale současně, což bylo nejdůležitější, sledovat průběžný vývoj teplot přepouštěných regulovaných spalin přes ventil a celkové jeho teplotní zatížení. Jak jsem se již předem zmínil, AGR (EGR) ventily nemohou fungovat bez dodatečného intenzivního chlazení celé součástky. Intenzivní chlazení v praxi znamená, že musíme technicky k ventilu přivést co nejrychleji chladicí kapalinu přímo z výstupu chladiče (tedy tu nejchladnější). Z hlediska praxe se tomu říká „by pass“, kdy oddělíme část proudící chladicí kapaliny přímo pro určitou část součástek motoru. Za normálních okolností funguje čerpadlo chladicí kapaliny, které tlačí kapalinu přes jednotlivé součásti motoru. Ačkoliv kapacitní výkon těchto čerpadel je dosti vysoký a je schopen za normálních okolností chladit blok motoru, hlavu válce, část olejové lázně, klimatizační výměník, chladič turba, pro určité typy AGR ventilů však potřebujeme vyšší tlaky s rychlejším prouděním chladicí kapaliny s ohledem na rozměry chladicích kanálů. Proto se do systému zařazuje i speciální čerpadlo pro chlazení ventilů.

Toto není jen výsadou AGR ventilů, ale i chladičů oleje, kde potřebujeme zejména s ohledem na okolní klimatické podmínky co nejrychleji snížit teplotu olejové lázně, která za normálních okolností působí jako teplotní akumulátor motoru a přímo tak ovlivňuje následný výkon motoru.

V úvodu kapitol o ventilech jsem předeslal, že se ke vzorcům vrátím později. O toto Vás neošidím. Nicméně vzorce je jedna záležitost, kterou v praxi asi těžko uplatníte, pokud nebudete diagnostiky, praxe života je však jiná, protože je třeba empiricky vidět souvislosti v oblasti chlazení motorů. V našich mírných klimatických podmínkách je konstrukce chlazení v průměru konstruována toho času do mezních teplot +40C pro zážehové motory. Z hlediska praxe to znamená, že celý systém kapalinového chlazení by měl být schopen zajistit chlazení motoru, chlazení AGR, chlazení olejové lázně, chlazení turba a provoz klimatizace. Je zde však jedno praktické motoristické ale. Pokud to pálím na dálnici 180 za hodinu v teplotách kolem 40 °C a více při plně zapnuté klimatizaci, tak dochází k teplotnímu přetížení chladicího okruhu. (hovoříme o teplotním šoku chladicího systému). První známkou tohoto problému může být např. výpadek klimatizace a vypálených pojistek klimatizace a větráků a následuje kontrolka teploty chladicí kapaliny. Pokud se Vám to podařilo takto přepísknout, nechte vůz s otevřenou kapotou chladit alespoň 30 minut, poté zkontrolujte náplně, vyměňte pojistky a rozumnější jízdou pokračujte dále.

Poněkud zásadnější problém mají vznětové motory. Ačkoliv chladiče vznětový motorů poskytují podstatně vyšší výkonové parametry, přesto jejich výkon není bezedný. A nyní otázka proč?

Podíl odběru výkonu chlazení AGR ventilů pro vznětové motory se pohybuje od cca 7% výkonu vodního chladiče a výše. Na stolicích se při maximálním zatížení někdy pohybuje až na 15% odběru chladicího momentu vodního chladiče, což je daň za EURO (zřetelná situace je především u nákladních automobilů vybavená dle

EURO V a EURO VI). K tomuto odběru musíme ještě připočítat hodnoty chlazení oleje, kde výše uvedené dvě položky jsou schopny spotřebovat 20 a více % z celkové kapacity chladiče.

Pokud nákladní vozidla se vznětovým motorem jezdí v našem mírném středním pásmu, tak jejich konstrukce chladičů funguje s dostatečnou kapacitní rezervou dalšího výkonu. Samozřejmě je vše závislé od požadavků zadavatele pro celkového teplotního zatížení motorů. Pokud však chceme tyto nákladní automobily využít například ve vyšších okolních teplotách kolem 50 °C, systém chlazení těchto nejmodernějších motorů je již omezeně funkční. To se týká například nasazení komerčních nákladních vozidel v saharských oblastech, stejně tak i vojenských speciálů.

Pro tyto oblasti se problém koncentruje do přestavby chladicího systému, tedy posílení výkonu jednotlivých chladičů, který představuje nemalé finanční prostředky do výroby nářadí pro výrobu chladičů s vyšší chladicí kapacitou. Jednou z technických úvah je vyřazení systému AGR (RGR) ventilů, které odebírají v těchto podmínkách cca 15% kapacity chladiče. Kromě toho je i nutné posílit výkon chlazení oleje. V tomto směru se nebudu zmiňovat ani o výrobci chladicího systému ani o dodavateli vozidel. Z hlediska praktického je teoreticky možné uzavřít by pass přívodu chladicí kapaliny do AGR ventilu při překročení teplotní hranice, a tak snížit náročnost chlazení motoru v těchto klimatických podmínkách. Praktický problém však spočívá v odpojení zpětného vedení spalin do AGR ventilu a přeprogramování řídicích jednotek. Pokud by šli výrobci nákladních automobilů touto cestou, pak dojde k degradaci emisních norem EURO V, EURO VI pro provoz těchto automobilů ve vyšších teplotních podmínkách.

Zatímco se stále řeší aféra WV-gate, může teoreticky vzniknout budoucí problém i u nákladních vozidel. Stejně tak jako je neúprosná konkurence při prodeji osob-



ních a užitkových vozidel, stejný ekonomický boj zažívá i prodej lehkých i těžkých nákladních vozidel.

Pokud chceme řešit zvýšené požadavky chlazení při vyšších okolních teplotách při zachování stávajících emisních limitů, neobejde se toto řešení bez dodatečných investic do oblasti chlazení, tedy zvýšení kapacit vodního chladiče, úpravy výkonu viskospojek a dalších součástí chladicího systému.

Z hlediska technického i ekologického získaly AGR (EGR) ventily svoji doposud nenahraditelnou pozici zejména v provozování vznětových motorů, kde významně snižují náročnost na zanášení filtrů pevných částic, a to jak u suchých, tak i u tukových filtrů.

*Zpracoval: Ing. Karel Horejš*

*Podklady: technická knihovna IHR Autodíly Wahler, glosy z technického vývoje chlazení v Evropě*

*Foto: knihovna IHR Autodíly*