

# Malá encyklopedie zapalování a žhavení (1. díl)

## Požadavky na zapalovací svíčku

Na rozdíl od seriálu Automobilová pojistka, kde jsme začínali historií, otevřeme tuto problematiku pohledem do současnosti. Hodně diskutovanou věcí jsou dnes totiž oprávněné požadavky na snižování emisní a spotřeby paliva. A právě zapalování spolu se žhavením mají na spotřebu vozidel podstatný vliv. Historii se ale vyhnout nemůžeme, pokusíme se o exkurzi do oblastí, které museli řešit konstruktéři od začátku minulého století.

**N**ení žádným tajemstvím, že spalovací motory využívají pouze část energie, jež může vzniknout shořením palivové směsi. V tomto směru hovoříme o tzv. účinnosti motorů, která se v průměru u současných motorů pohybuje kolem čtyřiceti procent. Jde tedy o skutečně využitou tepelnou energii, která vznikne prohořením plynů (směsi paliva a vzduchu), jež lze efektivně využít pomocí mechanického pohybu pístů a přeměnit ji na kinetickou energii.

Zbývajících šedesát procent energie se využívá jako sekundární energie např. pro topení ve vozidle, předehřívání palivové směsi a nasávaného vzduchu, rychlý ohřev motoru do provozní teploty, přičemž zbytkovou část takto nevyužitou energii vypouštíme následně zpět do ovzduší prostřednictvím chladicího systému motoru.

Proto je základním cílem zvýšení vlastní účinnosti spalovacího motoru optimalizace času zápalu či vznětu s požadavkem na docílení kvalitnějšího prohoření palivové směsi při nejvyšší kompresi ve válcích motoru (tedy po zápalu nebo vznětu), optimální přípravě palivové směsi (bohatosti směsi) v závislosti na jízdním režimu vozidla a dokonalé kompresi pístní skupiny motoru.

V tomto ohledu zde sehrává roli i řada motorových podskupin jako karburátor, přímé vstříky, vstříkovací trysky, AGR ventily, trafa

a zapalovací cívky, kabeláž, řídicí jednotky, relé, lambda sondy a řada dalších komponentů, které mají při současné konstrukci motorů také přímý nebo i nepřímý vliv na celkovou účinnost motoru, a to opět bez ohledu na vznětový či zážehový pohon.

Základním komponentem nebo i koncovým prvkem přesto zůstává zapalovací svíčka, která musí spolehlivě zapálit směs benzínu a vzduchu nebo směs plynu se vzduchem (v minulosti petrolejové směsi). O zapalovací svíčce současně hovoříme jako o koncovém prvku v tom smyslu, že uzavírá celý proces zapalování, na kterém se podílí např. technický stav zapalovacích kabelů a zapalovacích koncovek, stav zapalovacích cívek, zapalovacích traf, rozdělovačů, magnet, řídicích jednotek, ale i vstříků apod. Prává příčina nekvalitního zápalu směsi tak nemusí technicky spočívat vždy ve špatné funkci zapalovací svíčky. Rovněž proto je vhodné vědět, co lze od zapalovací svíčky očekávat.

### Současné požadavky kladené na výkon zapalovacích svíček:

- spolehlivě zajišťovat zapálení připravené směsi paliva v každém jízdním režimu,
- spolehlivě zajišťovat studené starty motorů zejména v zimním období,
- mít odpovídající trvanlivost dle typu svíčky a motor s použitím od deseti do sta tisíc ujetých kilometrů.

Aby vlastní zapalovací svíčka mohla splňovat uvedené požadavky, musí technicky plnit řadu předpokladů, na kterých se podílí především řada jejich konstrukčních částí.

**Kvalita izolátoru svíčky** rozhoduje o tom, že nedojde k výboji elektrického proudu přes izolátor svíčky, která pracuje v současných podmínkách dle typu svíčky až s napětím kolem 40 000 voltů.

**Odolnost proti přeskokům výboje napětí** je další z nezbytných bezpečnostních charakteristik moderních zapalovacích svíček. Olejové výpary, výpary z pohonných hmot, prach, popel a ostatní nečistoty se ukládají na izolátoru svíčky, jakož i na ostatních komponentech zapalovacího systému. Takto vzniklé povrchové emulze mohou způsobovat nepotřebný elektrický výboj ve formě zkratu. Konstrukce izolátoru a dalších částí svíčky musí být proto vůči neočekávaným elektrickým výbojům odolná.

**Odolnost proti kompresním tlakům** zajišťuje, že nedojde k úniku kompresního tlaku ve válci po dobu její životnosti. Tlaky jsou drženy přesně kalibrovanými závity paty svíčky včetně těsnění svíčky. Přesnost a kvalita patice svíčky je důležitá zejména u vysokoobrátkových motorů s vyššími kompresními tlaky (dlouhý závit s plochým nebo kónickým sedlem). U starších typů svíček s krátkým závitem byl závit dotěsněn kroužkovým těsněním.

Proto je nutné dodržovat i předepsané utahovací momenty pro řádné dotažení svíčky v hlavě válce (to platí zejména pokud kontrolujeme stav svíčky a provádíme zpětnou montáž starší svíčky do hlavy válce). S tím souvisí i mechanická odolnost patice svíčky. Pokud není svíčka správně utažena, dochází nejen k úniku kompresního tlaku ve válci motoru a ke snížení jeho výkonnosti, ale především k destrukci závitového spoje hlavy válce. Pokud je hlava válce vyrobena z odlehčené hliníkové slitiny (což je dnes již běžná praxe), může dojít k podfouknutí závitů v hlavě a k destrukci závitového spojení. S utahovacím momentem souvisí i zkušenost či nezkušenost opraváře, který nepoužije odpovídající utahovací klíče, respektive přípravky pro přesné umístění svíčky do závitového spoje. Tento problém nastává zejména u nejmodernějších velmi tenkých zapalovacích svíček, které jsou z hlediska stavby motoru doslovně „utopeny v hlavě válce“, a pro umístění svíčky do závitů a její následné dotažení je proto nutné použít speciální nástroj. V praxi se tak stává, že je svíčka v izolátoru přetřhnutá a klíčová patice je poškozena. I kdyby nedošlo k destrukci izolátoru, jsou často přetíženy závitů v hlavě válce.

**Teplotní výměny na svíčke a izolátoru** jsou další podmínkou pro kvalitní činnost zapalovací svíčky a materiálů použitých pro její výrobu. Pouze pětina teplotní energie je odváděna vně motoru přes izolátor svíčky. Čty-

řicet procent teploty svíčky je odváděno přes závitový spoj přes hlavu válce a chlazení této části motoru. Zbytek je rázově odváděn ze spalovacího prostoru výfukem plynů, respektive přivedením nové směsi paliva do spalovacího prostoru. Z tohoto obecného příkladu, který se však může lišit typem motoru a svíčky, je přesto jednoznačně zřejmé, za jakých fyzikálních podmínek musí zapalovací svíčka spolehlivě fungovat.

Pro bližší ilustraci uvádíme činnost čtyřtaktového motoru v jednotlivých fázích jeho činnosti v závislostech na funkci zapalovací svíčky:

**Obrázek 1.** Sání představuje v průměru teplotu nasávané směsi paliva kolem 100 °C. Tlak ve válci se pohybuje cca mezi 0,3 až 0,6 bar u nepřepřítaných motorů (zapalovací elektrody a pata svíčky jsou prudce ochlazený nasávanou směsí paliva).

**Obrázek 2.** Komprese představuje teplotní rozhraní mezi 300 až 600 °C při zvýšeném tlaku 8 až 15 bar u nepřepřítaných motorů, přičemž stlačovaná směs paliva je vedena do prostoru budoucího zápalu (zapalovací elektrody a pata svíčky prudce zvyšují svoji teplotu při stoupající kompresi).

**Obrázek 3.** Zápal stlačené směsi paliva představuje okamžitou teplotu v rozmezí 2000 až 3000 °C a následně zvýšení tlaku plynů z prohoření směsi se zvyšuje na 30 až 50 bar, přičemž elektrický výboj na zapalovací svíčke

při tomto tlaku a teplotě dosahuje v okamžiku zápalu směsi 40 000 voltů. Prudké a řízené prohoření palivové směsi způsobí vysoký tlak a víření plynů, které tlačí píst do původní polohy a zajistí tak vlastní mechanickou práci pístu (zapalovací elektrody a pata svíčky musí spolehlivě odolávat zvýšenému tlaku, teplotě a rychlému proudění prohořelých plynů tak, aby nedošlo k úbytku materiálu zapalovacích elektrod, stejně tak i paty svíčky včetně izolátoru. Kromě toho si musí svíčka zachovat tzv. samočisticí schopnost, což v praxi znamená, že se nesmějí na izolátoru a elektrodách usazovat zbytky nevyhořelého paliva, jinak by svíčka ztrácela schopnost kvalitního zápalu).

**Obrázek 4.** Výfuk znamená snížení teploty odváděných plynů na hodnotu cca 800 až 1000 °C při poklesu tlaku ve válci na 1 až 5 bar. Dochází tak k výplachu válce od plynů, resp. doposud nevyhořelých uhlovodíků (pro zapalovací elektrody, izolátor a patičku svíčky to znamená další prudký tepelný šok).

S ohledem na typ svíčky a její doporučené výměny, tedy 10 až 100 000 km, představují tato opakovaná tepelná i tlaková zatížení mimořádné nároky na kvalitu materiálu a vlastního zhotovení zapalovací svíčky, protože během životnosti svíčky dosahují hodnot milionů, resp. desítek milionů cyklů.

*Karel Horejš, IHR Autodily, foto BERU*

