

## SÁGA ZAPAĽOVACÍCH SVIEČKOK.

Bol nádherný letný deň. Dve hodiny lietania sa minuli veľmi rýchlo, nastal čas pristáť. Veterný rukáv pekne ukazuje smer. Výška 20m brzdy hore, výška 15 overujem zapojenie nožných popruhov, výška 10 vstávam zo sedačky , výška 5 vypínam motor. A naraz bum, prekvapenie – motor sa nevypína! Doteraz neviem ako som to stihol, zapnúť vypínač električky a pridať plyn tak, aby som sa nedotkol planéty! Hore som vyskúšal niekoľko krát zastaviť motor znovu . Nechce : kurnik šopa! Musel som nabrať výšku a čakať kým mi nedojde palivo. Asi po desiatich minútach môj Simonini všetku šľavu minul a zastal. Pristal som plný zmätkov a adrenalínu. Čo sa vlastne stalo, urobil som niečo nesprávne? O tom že existuje efekt samozapaľovania palivovej zmesi vyvolaný nesprávnou tepelnou hodnotou zapaľovacej sviečky som ešte vtedy nevedel. Ale radšej o tom všetkom postupne.

### 1. Podmienky v ktorých pracuje sviečka.

Po tom ako je palivová zmes vstreknutá do valca, piest ju začína stláčať . V najvyššom ( mŕtvom ) bode bude palivová zmes stlačená približne do 14 atmosfér. V tomto okamihu zapaľovacia sviečka dáva iskru ktorá palivovú zmes zapáli. Pri vzplanutí paliva sa uvoľňuje obrovská energia, ktorá tlačí piest smerom dole. Teplota v pracovnej komore je v daný okamih 2000-2500°C , tlak viac ako 25 atmosfér ! Následne ide piest smerom dole, objem pracovnej komory sa zväčšuje . Zväčšenie objemu plynu znižuje jeho teplotu. A to na cca 700°C. Okrem obrovských výkyvov tlaku a teploty na sviečku pôsobí agresívne prostredie z benzínovej a výfukovej pary.

### 2. Konštrukcia zapaľovacej sviečky.

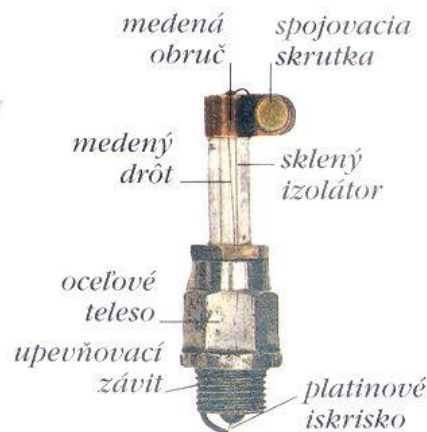
Najprv pozrite ako vyzerali sviečky v minulom storočí:



SVIEČKA DELAHAYE, 1901



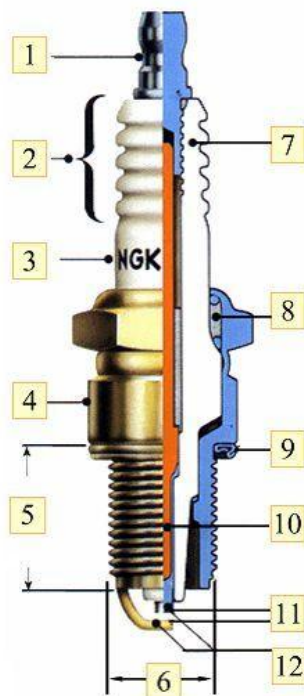
SVIEČKA CHAMPION PRIMING, 1920



SVIEČKA SO SKLENOU IZOLÁCIOU, 1936

Z dejín vieme len toľko že zapaľovacie sviečky sa objavili skôr než benzínový motor. Prvá z nich bola patentovaná francúzom Žakom Lenuarom v roku 1860. Používal ju vtedy pre svoj plynový motor.

A takúto konštrukciu má moderná klasická sviečka:



- 1 - Koncová svorka
- 2 - Gaufrovaná časť izolátora
- 3 - Firemná značka
- 4 - Oceľové teleso
- 5 - Dĺžka závitů
- 6 - Priemer závitů
- 7 - Izolátor
- 8 - Plnivo zo špeciálneho prášku
- 9 - Tesniaca vložka
- 10 - Medený prút
- 11 - Iskrová medzera
- 12 - Zemniaca a stredová elektróda

Na začiatku budeme rozoberať sviečky známej japonskej firmy NGK SPARK PLUG Co. LTD. ,nakoľko väčšina výrobcov leteckých motorov odporúča práve sviečky tejto firmy. Je to hlavne kvôli použitým materiálom a technológiám ktoré dokážu dodržať deklarované parametre sviečok v extrémnych podmienkach.

Koncová svorka slúži na zabezpečenie kontaktu medzi stredovou elektródou a drôtom vysokého napätia.

Gaufrovaná časť izolátora má dve úlohy. Prvá z nich je zväčšenie povrchovej vzdialenosti medzi koncovou svorkou a oceľovým telesom. Tým pádom sa znižuje riziko povrchového prerazu pri znečistení izolátora ktorý môžete vidieť na obrázku. Druhou úlohou je spoľahlivé uchytenie gumovej koncovky drôtu vysokého napätia. V súčasnosti už zvyknú dávať na gaufrovanú časť izolátora gumové kolečka pre zväčšenie koeficienta trenia.

Oceľové teleso je základ celej konštrukcie sviečky a zároveň aj zemniaca elektróda. Býva pokryté zinkom kvôli odolnosti proti korózii.

Izolátor sa vyrába z vysokokvalitnej keramiky, na zloženie ktorej každá firma má svoje know-how. Musí mať vysoký dielektrický odpor, tepelný odpor a odolnosť voči vibráciám. Veľmi dôležitá je tá časť izolátora ktorá sa nachádza vnútri motora.

Plnivo zo špeciálneho prášku je tiež súčasťou know-how. Slúži na kompenzovanie rozdielu v súčinitľoch lineárnej tepelnej rozťažnosti ocele a keramiky. Taktiež zabezpečuje hermetickosť a pevnosť konštrukcie sviečky.

Medený prút má dve úlohy. Prvá – prívod vysokého napätia od koncovkej svorky ku stredovej elektróde. Druhá – odvod tepla od stredovej elektródy a časti izolátora ktorá sa nachádza vo vnútri motora.

Iskrová medzera – vlastne je priestor kde vzniká iskra. V závislosti od konštrukcie a parametrov systému môže byť zapalovacia medzera od 0,7mm do 2,0mm.

Elektródy sa vyrábajú zo špeciálnej niklovej zliatiny ktorá má vysokú tepelnú vodivosť a zároveň má vysokú odolnosť voči agresívnemu prostrediu. U niektorých druhoch sviečok sa centrálna elektróda robí veľmi tenká, vtedy je vyrábaná z platiny.



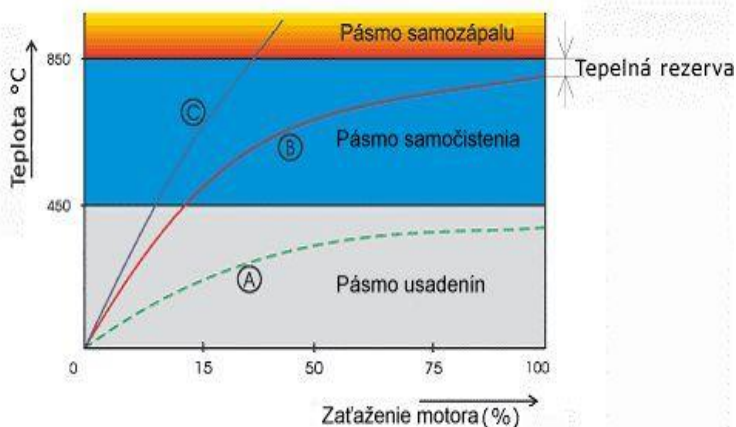
### 3. „Teplé“ a „studené“ sviečky.

Takže už vieme, že teplota vznetenej palivovej zmesi je okolo 2000°C. Teplota vonkajšieho povrchu motora v okolí sviečky je okolo 150-200°C. Ak konštrukcia sviečky nezabezpečí dostatočný odvod teploty od elektród, tie sa môžu zohriať na teplotu až 850 - 900°C, budú doslova žiariť, a začnú zapalovať palivovú zmes aj bez iskry. Je jasné že v danom prípade už nemôžeme hovoriť o žiadnom uhle zápalu a to aj so všetkými následkami. Niektoré z nich môžete tu aj vidieť. Takémuto zapalovaniu palivovej zmesi sa hovorí kaliace a pásmo teplôt sa volá samozápal.



Existuje aj opačný efekt. Keď od elektród sa odvádza príliš veľa tepla, tie sa zohrejú iba na teplotu 400-450°C a budú sa zanášať usadeninami z výfukových plynov. To má za následok zníženie dielektrického odporu izolátora natoľko že dôjde k zlyhaniu iskry. Výsledkom bude ťažký štart, nestabilný chod motora a zníženie jeho výkonu. Toto pásmo pracovných teplôt sviečky sa volá pásmo usadenín.

Najideálnejším pre sviečku je taký odvod tepla pri ktorom teplota elektród zostáva v pásme 500-800°C. V tomto pásme všetky staré usadeniny na povrchu elektród a izolátora zhoria alebo sa roztavia a odídu spolu s výfukovými plynmi a nové usadeniny sa už na povrchu izolátora a elektród nevytvoria. Fakticky sa sviečka sama očistí. Preto sa toto rozpätie teplôt volá pásmo samočistenia.

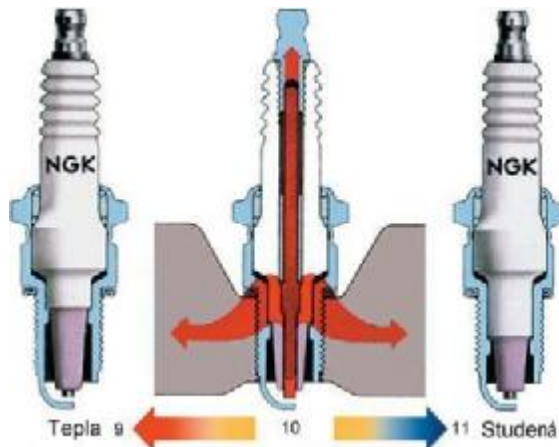


- A – príliš studená zapalovacia sviečka pre daný motor
- B – vhodná zapalovacia sviečka pre daný motor
- C – príliš teplá zapalovacia sviečka pre daný motor

vyššie číslo, lepšie odoláva zohriatiu a zostáva "studenšia" i pri práci vo veľmi namáhanom motore.

Parameter ktorý ukazuje vlastnosť konštrukcie sviečky prijímať a odvádzať teplotu z povrchu elektród sa vola tepelná hodnota sviečky a uvádza sa v hodnotách od 2 do 12. Sviečka z nižšou tepelnou hodnotou viac prijme tepla a menej ho odvedie. Preto sa takej sviečke hovorí teplá. Hodí sa pre prevádzku v zimnom období a pre motory menej namáhané. Používa sa tiež v motoroch viac opotrebených, kde dochádza ku zakarbonovaniu sviečok. Studená sviečka má nižší príjem a vyšší odvod tepla od elektród. Má

Tepelnú hodnotu sviečky odporúčajú výrobcovia motorov. Zdôraznujem odporúčajú. A to preto že práve prevádzkovateľ sa má postarať o správne hodnotenie tohto parametru pre konkrétny motor a podmienky jeho používania. Jednoznačné opísanie tejto procedúry pre nás, užívateľov, neexistuje, ale subjektívne sa dá takéto



hodnotenie uskutočniť podľa vzhľadu usadenín na elektródach a izolátore. O tom budeme rozprávať nižšie. Teraz si len povieme, že základnými charakteristikami ktoré ovplyvňujú výber tepelnej hodnoty sviečky sú kompresia motoru, rozdiel teplôt výfukových plynov a vonkajšieho okolia, oktánové číslo používaného benzínu. Čím vyššie alebo nižšie, ako je obvyklá hodnota aspoň jedného z týchto parametrov, tým by mala byť vyššia alebo nižšia tepelná hodnota sviečky.

Fyzicky riadiť tepelnú hodnotu sviečky sa dá zmenou plochy povrchového kontaktu elektród a izolátora medzi plynmi v pracovnej komore motoru. Všimnite si výšku špičky izolátora na obrázku. Čím studenia je sviečka, tým menšia je špička, tým menšia je kontaktná povrchová plocha, tým menej sa prijíma tepla. To isté, ale opačným smerom je aj s teplými sviečkami.

#### 4. Trošku z fyziky iskry.

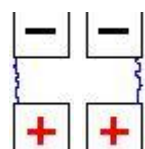
Iskra – je lavínovitý elektrický výboj v plyne. Začína tým, že elektrické pole odtrháva elektróny od molekúl plynu. Tie začínajú prúdiť pod vplyvom tohto istého elektrického poľa ku kladnej elektróde. Cestou narážajú do molekúl plynu a ionizujú ich. Vznikajú nové elektróny a kladné ióny. Tie sa zrýchľujú, ionizujú ďalšie molekuly plynu. Vzniká lavínovitý elektrický výboj. Proste iskra.

Pri atmosferickom tlaku, rovnica na výpočet prierného napätia vo vzduchu vyzerá približne takto :

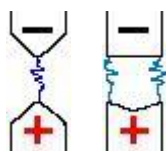
$$U_{pn} = 24,5pd + 6,4(pd)^{\frac{1}{2}}$$

kde  $p$  – tlak vzduchu v atm.,  $d$  – vzdialenosť medzi elektrodami v cm.,  $U_{pn}$  v kV. Vychádza že pri tlaku vzduchu rovnému jednej atmosfére a vzdialenosti medzi elektrodami 1cm sa prierné napätie rovná cca 31 kV. To platí iba pri rovnomernom elektrickom poli. V našom prípade máme rôznorodé elektrické pole a tam platia oveľa menšie hodnoty. Stredná prierná intenzita pri rôznorodé elektrické pole je 6kV/cm. Nebudem uvádzať všetky výpočty, povieme si len, že naša sviečka z iskrovou medzerou 2mm by mala mať výšku prierného napätia vo vzduchu okolo 700V a vnútri motora okolo 5kV. Nakoľko vieme, že v našich dvojtaktoch je hodnota vysokého napätia okolo 10kV, to znamená že máme dostatočnú rezervu aj pre iskrovú medzeru aj 2mm.

Taktiež je známe, že lokálna intenzita elektrického poľa na povrchu vodiča je proporcionálna zakriveniu jeho povrchu. Blesk skôr udrie do zaostrených stromov. Z tohto vyplývajú aj podmienky pre elektródy. Z jednej strany mali by byť čím menšie a zaostrené, aby sa iskra objavovala iba v jednom meste. A z inej strany mali by byť dostatočne masívne aby sa nezničili iskrovým prenosom materiálu elektród. V klasickej sviečke iskra vzniká na povrchu elektród v iskrovej medzere „ kde sa jej zachce “. Celkove by to nebolo podstatné, hlavne aby sa zapálila palivová zmes. Avšak môže to ovplyvniť front rozširovania horenia zmesi v pracovnej komore. A to dáva efekt „plávajúceho“ uhla zapalovania. Na to aby vznikla iskra v jednom



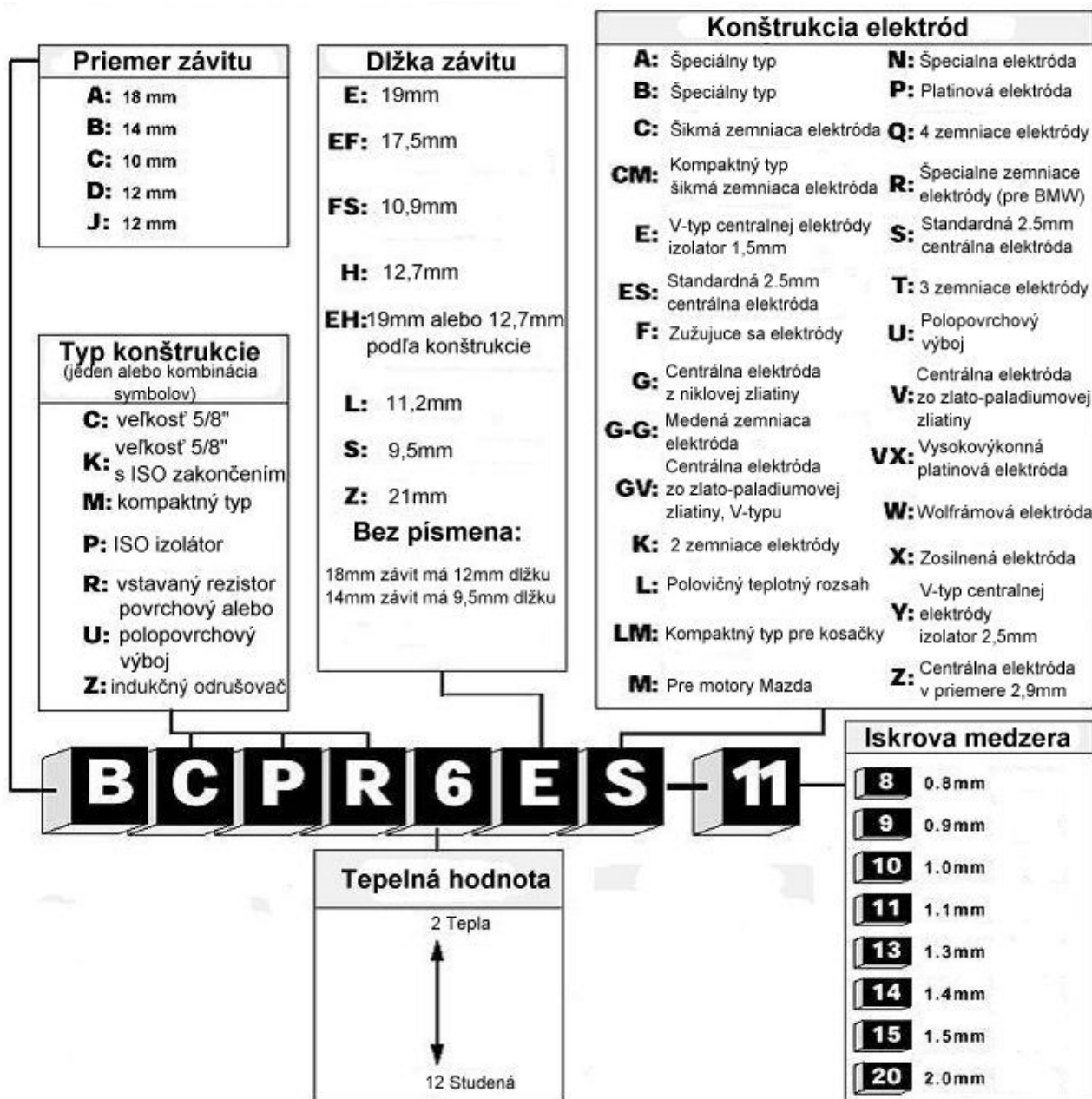
určítom mieste vedú dve cesty. Prvá – znižujú sa rozmery elektród. Používajú sa pri tom na výrobu kladnej elektródy veľmi drahé materiály ako irídium a platina. Druhá - na kladnej elektróde sa robí takzvaný „V profil“. Vtedy iskra vzniká po okraji iskrovej medzery.



Existuje aj poňatie výkonu iskry (veľkosť prúdu v iskrovej medzere). Jeho hodnota je veľmi malá ale dostatočná na to, aby

z elektrického rozvodu motora vznikol uzamknutý Hercov vibrátor a začal vytvárať vysokofrekvenčné rušenie vplývajúce na elektrické prístroje v okolí. V našom prípade hlavne na vysielaciu a GPS. Zmenšenie tohto nežiadúceho javu prúdu v iskrovej medzere je možné vstavaným rezistorom alebo indukčným odrušovačom, ktoré môžu byť umiestnené medzi medeným prútom a koncovou svorkou.

## 5. Označenie sviečok



Sviečky podľa ISO majú kratšiu koncovú svorku o 2,5mm ako sviečky ktoré majú v označení typu konštrukcie písmeno „C“. Firemná značka a označovanie u sviečok podľa ISO budú podčiarknuté.



Vstavaný keramický rezistor potláča rádioporuchy , vyvolané prúdom v iskre. Tieto poruchy môžeme počuť vo vysielateľke pri pracujúcom motore.

Povrchový a polopovrchový výboj umožňuje čistenie povrchu izolátora iskrou. Čo je veľmi účinné pre štartovanie motora pri mínusových teplotách okolia a taktiež pre použitie špeciálnych benzínov a prísad k nim. Väčšinou sa používajú v pretekárskych autách.



Iné typy elektród ktoré sa zväčša používajú v pretekárskych autách.



Typ z vystupujúcim izolátorom

Typ zo šikmou zemiacou elektródou

Typ z vystupujúcim ocelovým telesom






Vysokovýkonná platínová elektróda. Ma označenie „VX“. Zaostrená zemniaca a centrálna elektróda zabezpečujú stabilnú polohu iskry a potrebujú menšie napätie na jej vznik, čo znamená že je možné zväčšiť iskrovú medzeru a tým aj produktivitu zápalu. Má trojnásobne vyššiu životnosť v porovnaní z klasickou sviečkou.








V-typ centrálnej elektródy. Iskra vzniká na vonkajšom okraji elektródy. Je veľmi účinná pri dynamických zmenách režimu motora (pridanie a ubratie plynu).

### 6. Čítajme zo sviečky.

Ako som už spomínal je možné subjektívne ohodnotiť správnosť výberu tepelnej hodnoty sviečky podľa znečistenia alebo usadenín na povrchu izolátora a elektródach. Odporúčam nasledovný postup. Naštartujte motor a nechajte ho bežať na voľnobeh 3 minúty. Zastavte motor a odmontujte sviečku. Sviečka by mala byť zanesená olejným karbónom. To je aj správne, pretože sme ju nechali pracovať v pásme usadenín. Keď usadenín nebude, môžeme hovoriť že máme príliš teplú sviečku pre daný motor. Opláchnite ju a namontujte naspäť. Teraz naštartujte motor a dajte polovičný výkon motora na 3 minúty. Tým sme sa pokúsili dostať sviečku do pásma samočistenia. Zastavíme motor pri postupnom znižovaní plynu. Rýchlo odmontujeme sviečku. Dole som sa pokúsil uviesť niektoré z možných variantov znečistenia sviečky a príčiny ich vzniku. Skúste ich porovnať z usadeninami na svojej sviečke.

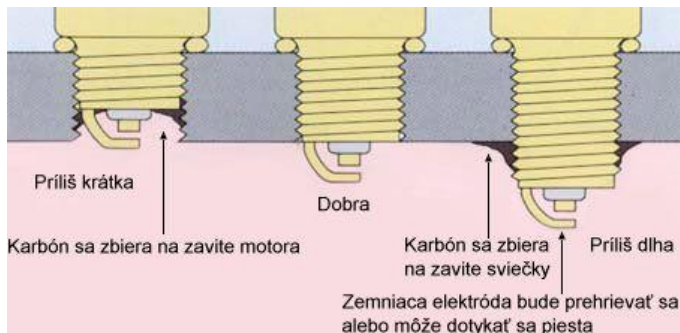
Druh znečistenia	Možná príčina	Sprievadzany príznak	Odstránenie
Tenký povlak svetlo-sivej alebo svetlo hnedej farby 	Všetky systémy motora sú naladené dobre a fungujú správne. Tepelná hodnota sviečky je správna.	Spotreba paliva a toxicita výfukových plynov zodpovedajú stanoveným normám.	Očistiť povlak, v prípade potreby nastaviť iskrovú medzeru.
Matná čierna sadza 	Príliš bohatá palivová zmes	Zvýšená spotreba paliva, zníženie výkonu motora, nestály chod pri voľnobehu, ťažký štart	Nastaviť karburátor alebo uhol zapalovania
Čierny olejný karbón 	Nesprávne nastavenie uhla zapalovania		Vymeniť piestne krúžky alebo valec
	Nízka kompresia vyvolaná opotrebovaním piestnych krúžkov alebo valca		Vymeniť vzdušný filter
	Znečistenie vzdušného filtra		Nastaviť iskrovú medzeru
	Nesprávne nastavenie iskrovej medzery		Vymeniť sviečku
	Prasklina v izolátore		Vymeniť na sviečku z nižšou tepelnou hodnotou
	Príliš studená sviečka pre daný motor		

<p>Hrubá vrstva kyprých usadenín</p> 	<p>Nízka kvalita používaných benzínu a oleja</p>	<p>Nepravidelný chod motora , ťažký štart.</p>	<p>Používať benzín z vyšším oktánovým číslom, vymeniť značku oleja</p>
<p>Usadeniny ryšavej alebo červenej farby</p> 	<p>Prekročenie noriem koncentrácie olova v benzíne</p>	<p>Nepravidelný chod motora , ťažký štart.</p>	<p>Vymeniť benzín</p>
<p>Odtavenie centrálnej elektródy</p> 	<p>Príliš teplá zapaľovacia sviečka pre daný motor</p>	<p>Nepravidelný chod motora , ťažký štart.</p>	<p>Vymeniť na sviečku z vyššou tepelnou hodnotou</p>
<p>Zničenie izolátora</p> 	<p>Príliš chudá palivová zmes</p>	<p>Prehriatie motoru</p>	<p>Nastaviť karburátor</p>
<p>Izolátor je príliš bielej farby (nemám fotku)</p> 	<p>Nesprávne nastavenie uhla zapaľovania</p>	<p>Počuť charakterný oceľový zvuk</p>	<p>Nastaviť uhol zapaľovania</p>
<p>Izolátor je príliš bielej farby (nemám fotku)</p>	<p>Použitie nízkooktanového benzínu</p>		<p>Vymeniť benzín</p>



## 7. Demontáž , montáž a čistenie sviečky.

Pri demontáži najprv otočíme sviečku sviečkovým kľúčom iba o jednu otočku a odfúkame alebo očistíme štetcom povrch pod sviečkou tak aby častice špiny sa nedostali do pracovnej komory motora. Po úplnom vyskrutkovaní sviečky odporúčam opláchnuť pracovnú komoru motora benzínom pomocou striekačky na konci ktorej je nasadená dlhšia



hadička. Robím to preto že na závit sa môže nazbierať karbón a po uvoľnení sviečky môže spadnúť dovnútra motora. Je dobré ak po spustení motora karbón vyletí z výfukovými plynmi. A čo ak nevyletí? Môže poškodiť zrkadlový povrch valca a tým znížiť výkon motora. Samozrejme že opláchnutie treba robiť s hlavou motora naklonenou smerom dolu a s piestom v hornom mŕtvom bode. Po demontáži sviečky dokonale skontrolujeme možné mechanické poškodenia na tesniacej vložke , izolátore a elektródach. Dodržanie dĺžky závitú je dôležitá vec nielen kvôli možnému spadnutiu karbónu dovnútra motora ale i kvôli vplyvu na front rozširovania horenia palivovej zmesi v pracovnej komore, čo sa tiež odrazí na výkone motora. Preto neodporúčam dávať pod sviečku snímače teploty hlavy valca. Radšej ich namontujte na začiatku výfuku.

Vo veľkých servisných podnikoch sa na čistenie sviečok používa špeciálny prístroj ktorý to robí pieskom a stlačeným vzduchom. My , hriechnici, musíme to robiť oceľovou kefkou alebo ihlou, a špáradlom z tvrdého dreva. Pravidlo je veľmi jednoduché – oceľové teleso čistíme oceľou , elektródy a izolátor čistíme drevom, aby ste nepoškodili ich šľachetný povrch. Ja čistím sviečku pri otváraní každej novej litrovej fľaše oleja. To jest - cca po 12 hodinách lietania.



Po očistení sviečky by bolo dobre skontrolovať výšku iskrovej medzery. Robí sa to špeciálnym meradlom. Pre väčšinu sviečok je to 0,8mm.



Pred montážou novej sviečky treba ju očistiť od tenkej vrstvy konzervačného oleja riedidlom alebo benzínom. Očistenú sviečku zakrútime do motora ručne až kým nepocítíme doraz. Sviečkovým kľúčom dotiahneme sviečku tak ako je uvedené na obrázku . V prípade ak máme momentový kľúč dotiahneme sviečku tak ako je to uvedené v tabuľke .



Priemer závitú , mm	Krútiaci moment,kgm
18	3,5 - 4,0
14	2,5 - 3,0
12	1,5 - 2,0
10	1,0 - 1,2
8	0,8 - 1,0

## **8. Záver**

Výrobca motorov Simonini Mini2 Plus odporúča sviečku B10ES. S hrôzou spomínam na tie časy keď som s touto sviečkou lietal. Musel som ju meniť každých 30 nalietaných hodín. Pravé na tejto sviečke som dostal kaliace zapaľovanie. Začal som experimentovať a nakoniec som pri BPR10EVX , ktorú odporúčam. Je síce drahšia, ale oplatí sa, pretože ju stačí meniť až po 90 hodinách ! Vyskúšal som z ňou lietať dlhší čas pri 35 stupňovej horúčave a nič , žiadny náznak kaliaceho zapaľovania , pri tom som ešte aj ochudobnil palivovú zmes.

Tu sú možné náhrady sviečky B10ES od iných výrobcov:

Denso IRIDIUM POWER IW29

Denso W29

HKS S50G

Bosch WR10D

MagnettiMarelli CW10LPR

Beru 14R-10D

Champion RN10Y

No a na koniec , keď už ste dostali kaliace zapaľovanie, nepanikárte . Všetko čo je treba urobiť – zaliať sviečku palivom, to by ju malo ochladiť. Urobte to tak, že nezapínajúc elektriku nakrátko prudko pridajte a ihneď pustite plyn. Motor by mal zastať. Ak sa to nestalo – máte ťažký prípad. Ale nevadí , aj tak zvíťazíme. Maximálne obohaťte palivovú zmes (a to tak že otvoríte na karburátore skrutku „H“ na jeden obrat ) , a skúste teraz opakovať prudké pridanie a ubratie plynu. Potom už motor zastane. Keď konštrukcia krosny nedovoľuje nastavovať karburátor za letu, máte smolu, zostáva iba zapnúť elektriku a vychutnávať si let s pokazenou náladou až kým nedojde palivo.

Mávajte iba graciózne pristatia!

Lytvyn Oleksandr.