

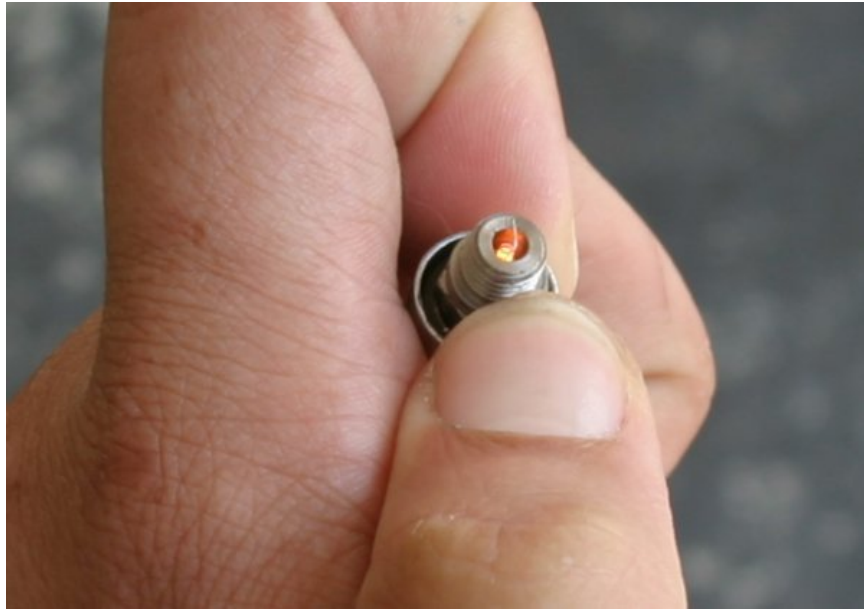
## **BUJIILE INCANDESCENTE**

Scris de Radu Zaharia  
28.05.2009

Foarte curand dupa cel de al Doilea Razboi Mondial, Ed Chamberlin folosea un nou amestec de combustibil (altul decat benzina) pentru motoarele cu aprindere prin scanteie. Spre surpriza lui, a constatat ca in cazul in care bujia nu mai primea tensiune pentru a da scanteie, motorul functiona in continuare fara a se opri. Concluzia lui a fost ca ceva din constructia bujiei cu scanteie ramanea fierbinte de la un ciclu la altul, ducand la aprinderea amestecului si la functionarea continua a motorului. El a inlocuit bujia cu scanteie cu o alta facuta de el, ce avea un element din aliaj crom-nikel, care se incalzea la strabaterea acestuia de catre un curent electric. In standul de test, dand la pala, a avut surpriza ca motorul sa porneasca foarte repede si sa functioneze corect, constant, dupa indepartarea sursei de tensiune. Acesta sa fi fost momentul cand aeromodelistii au scapat de greutatile suplimentare date de magnetouri, ruptoare-distribuitoare, baterii la bord si alte accesorii necesare functionarii motorului? Se pare ca fenomenul a intarziat, marea inventie intrand in productie de masa prin anii 70.

Invatand putin despre bujii incandescente folosite in modelism, ne ajuta sa facem alegerea corecta pentru motoarele noastre si pentru a obtine performanta maxima a motorului. Bine-nteles ca manualul motorului trebuie sa faca recomandari corecte pentru tipul de bujie necesar si aceste recomandari trebuie sa fie prima optiune pentru selectia bujiei.

**Bujia incandescenta este folosita pentru aprinderea amestecului in motoarele de modelism. Aprinderea se realizeaza de regula de catre un filament din aliaj cu platina, facut sa reziste la temperature mari, vibratii si stress datorat presiunii din camera de ardere. Cand un curent electric strabate filamentul de platina, sau cand acesta este expus la temperaturile mari din camera de ardere, se infierbanta, realizand astfel aprinderea amestecului. Intre doua aprinderi ale motorului, bujia ramane fierbinte odata datorita inertiei termice a filamentului iar pe de alta parte datorita reactiei catalitice dintre metanol si platina. Acestea pastreaza filamentul fierbinte, permitand ca la noul ciclu efectuat, aprinderea sa aibe loc datorita temperaturii filamentului. Bujia este alimentata la tensiuni intre 1.2 si 2V, cu un consum de aproximativ 3-4A.**



Bujie standard



Bujii Cox



Un motor folosit in aeromodelism foloseste drept combustibil, un amestec special de ulei, nitrometan si alcool metilic. **Alcoolul metilic nu este folosit in alimentatie, ca urmare, ingerarea (inghitirea) acestuia poate duce la orbire definitiva sau chiar deces!!!** In timp ce uleiul este prezent pentru ungerea motorului, amestecul de nitrometan si methanol fac motorul sa functioneze. Si ca orice motor cu combustie interna, acest amestec necesita o sursa de aprindere. O bujie incandescenta ramane fierbinte in permanenta, in comparatie cu o bujie cu scanteie care functioneaza intermitent; aceasta incandescenta continua, aprinde amestecul in camera de ardere a motorului, obtinandu-se o temperature extreme de mare, temperature ce, la randul ei pastreaza fierbinte bujia incandescenta intre cicli. Aceasta parte ce sta fierbinte la o bujie incandescenta se numeste filament (partea spiralata de la interiorul bujiei)

In comparatie cu o bujie cu scanteie, care necesita in permanenta alimentare electrica, de la bobina de inductie, pentru a produce in mod repetat scanteia, bujia incandescenta necesita doar alimentare electrica initiala de la o sursa de curent. Aceasta sursa de obicei, trebuie sa genereze 1.5V, incalzind astfel filamentul bujiei la rosu incandescent (815grdC) si odata motorul pornit, alimentarea electrica poate fi indepartata.

Folosirea unui dispozitiv de alimentare a bujiei incandescente este foarte simplu, acesta conectandu-se la bujie, iar dupa pornirea motorului, acesta indepartandu-se pur si simplu, dupa ce motorul a obtinut temperature de functionare.

Tehnologia bujiilor scapa multora dintre noi. Sigur, cu totii stim ca motorul nostru trebuie sa porneasca si sa functioneze, dar dincolo de acestea nu stim prea mult. Bujia este de fapt un element critic in tabloul performantelor motorului.



Motoarele 2T cu bujii incandescente au in general un raport mic de compresie (7:1-9:1) in cazul celor cu metanol. Temperatura de aprindere a metanolului (385grdC) nu poate fi atinsa doar prin comprimarea amestecului si deci este nevoie de ceva suplimentar pentru ca temperature sa poata fi atinsa. (temperatura teoretica maxima ce poate fi atinsa ar putea fi de 367grdC in cazul 7:1, 402grdC in cazul 8:1 si respectiv 435grdC in cazul 9:1, dar acestea nu se pot atinge datorita pierderilor de compresie datorate etansarii, transferului de caldura de la cilindru la chiulasa, etc). De aici intra in rol bujia incandescenta.

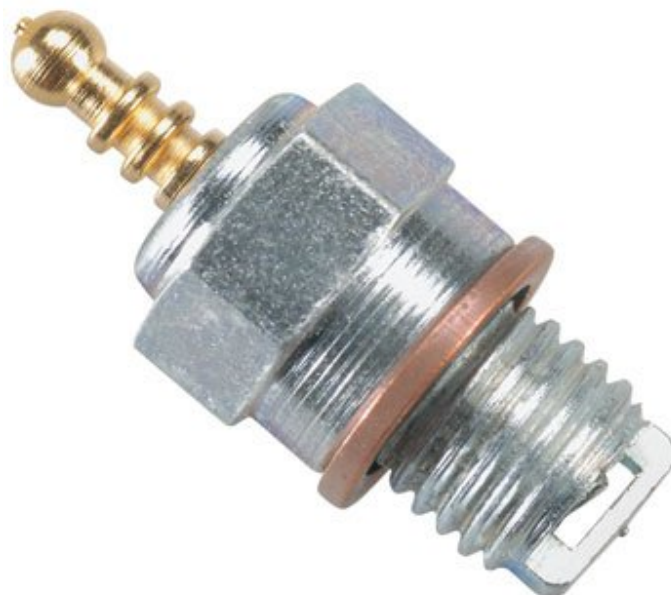
### **Tipuri de bujii:**

Exista cateva tipuri de bujii incandescente pentru motoarele de modelism si fiecare din ele se alege in functie de motor (de exemplu motor de avion sau elicopter, capacitate, daca este in 2 sau 4 timpi, etc).

O diferenta fundamentala intre bujii este temperature bujiei, asa incat bujiile pot fi proiectate sa functioneze reci sau calde (este o caracterizare sugestiva).

O alta diferenta pe care o putem observa la aceste bujii, este ca unele au "bara" iar altele nu (iddle bar). Aceasta (bara) este prezenta doar la motoarele cu carburator RC.

### Bujie cu bara



Aceasta este o mica bara asezata transversal, la finalul filamentului si are rolul de a-l proteja pentru a nu fi racit brusc de catre combustibil, in special in regimul de relanty al motorului (practice, amestecul de combustibil loveste bara si este imprastiat, pulverizat in jurul filamentului, in loc sa il ude direct si sa il raceasca). In conditii de relanty pe durate lungi, temperatura in camera de ardere scade semnificativ si filamentul bujiei nu mai este asa de fierbinte. Amestecul de combustibil loveste filamentul facand ca acesta sa se raceasca si mai tare. Cand se deschide carburatorul, in vederea cresterii turatiei motorului, motorul se poate “balbai” sau chiar opri din aceasta cauza, deoarece filamentul nu mai e destul de fierbinte pentru a aprinde amestecul aer/combustibil, dintr-o data prea mare. Bara descrisa mai sus previne acest fenomen, ferind racirea exagerata a filamentului bujiei noastre.

Bujiile cu bara nu sunt recomandate motoarelor mai mici de 3.5cc (in fapt, unii producatori afirma ca bara nu este necesara la nici o bujie, daca bujia este aleasa corect). Bara la bujii a aparut datorita problemelor din timpul regimului de tranzitie (de la relanty la maxim). Cand carburatorul se deschide de la relanty, cantitatea de amestec (aer-combustibil) creste si raceste brusc filamentul, astfel, temperature prea joasa ducand la imposibilitatea continuarii ciclului de aprindere iar motorul se opreste sau face flame-out. Pentru a preveni acest fenomen, s-a adaugat aceasta bara care functioneaza ca un scut fizic, menit sa protejeze filamentul de inundari directe cu amestec proaspat.

O bujie cu bara nu duce la marirea turatie maxime (uneori chiar o scade in anumite situatii) dar poate imbunatati relanty-ul motoarelor prin simplul fapt ca pastreaza

filamentul mai fierbinte pentru a aprinde combustibilul. Dacă veți probleme în timpul tranziției, poate ar fi bine să încercați o bujie cu acest fel de bară. Unii modelisti folosesc bujii cu bară doar în sezoanele reci. (toate aceste afirmații pornesc de la premiza că relanti-ul motorului este reglat corect). De asemenea, în cazul unor motoare (în special cele fără carburator RC), bară de pe bujie poate duce la preaprinderi, datorate porțiunilor fierbinti de pe muchiile acesteia.

### **Bujii scurte și bujii lungi:**

O altă clasificare importantă a bujiilor constă în împărțirea acestora în bujii scurte și bujii lungi. Referirea de “lung” și “scurt” se face la partea filetată a bujiei care se însurubează în chiulasa. Ca urmare, bujiile scurte se folosesc la motoarele mici, unde chiulasa are o grosime mai mică și deci numărul de ganguri din filet este mai mic. Invers, pentru motoarele mari, chiulasele mai groase conferă avantajul folosirii unui număr de ganguri mai mari pe filet, ceea ce duce la o rezistență mai mare a filetului, uzura prematură datorată montării și demontării bujiei fiind astfel întârziată (de asemenea, numărul mare de ganguri conferă o etanșare superioară comparat cu cazul bujiilor scurte). În cazul folosirii bujiilor lungi, la motoarele mici, există riscul ca pistonul să lovească în mișcarea sa corpul bujiei, intrând prea adânc în camera de ardere (în special în trecut, când pistoanele aveau o arhitectură mai evoluată cu bulb emisferic și deflector de gaze pe capul pistonului). În cazul motoarelor moderne cu piston cu capul plat și camera de ardere din chiulasa emisferică, bujia lungă (chiar dacă nu ajunge să atingă pistonul la punctul mort al acestuia) poate să ocupe un loc suplimentar în arhitectura camerei de ardere, ducând astfel la creșterea raportului de compresie și ca urmare la pre-aprinderi. La capatul celălalt al exemplului, dacă se folosește o bujie scurtă în cazul motoarelor care permit bujii lungi, atunci raportul de compresie este mai scăzut, volumul pus la dispoziție pentru bujie nefiind ocupat tot și ca urmare ducând la pierdere de putere. În caz că nu dispunem de manual (nu suntem în posesia cărții motorului, nu există detalii pe net, etc) aceasta se poate verifica demontând chiulasa și verificând cu o bujie, cât ocupă din porțiunea dedicată înfiletării în chiulasa, optim fiind ca arhitectura camerei de ardere să aibă continuitate pe emisferă, fără întreruperi datorate de bujie care poate fi mai scurtă sau mai lungă (partea inferioară a bujiei să fie la același nivel cu partea superioară a camerei de ardere). Dacă se folosește o bujie cu bară, nu este voie ca mai mult decât bară să patrundă în arhitectura camerei de ardere.

Trebuie avut în vedere că datorită numărului mic de ganguri de filet, în cazul bujiilor scurte, înfiletarea defectuoasă poate duce la distrugerea sau uzura prematură a filetului din chiulasa și deci necesită o atenție mai mare la montare-demontare (înșurubarea se face cu mâna liberă, nu cu cheia, până când bujia se așează pe garnitură...abia după aceea, bujia se strânge cu cheia). (de regulă bujiile scurte se folosesc pentru motoare cu capacitate de la 2.5cc în jos).

### **Ce este o bujie turbo?**

Bujiile sunt de asemenea disponibile în două configurații: standard și turbo. Majoritatea motoarelor se fabrică pentru bujiile standard. Caracteristica bujiei standard este porțiunea cilindrică filetată (filetul este W 1/4 cu 32 de ganguri pe inch) ce se

insurubeaza in chiulasa. Acest tip de bujie necesita o garnitura metalica pentru etansarea in conditii de inalta presiune.

Bujiile turbo difera de cele standard prin forma si dimensiunea corpului. Filetul difera de cel de la bujia standard iar etansarea se face pe o conicitate ce calca in chiulasa pe o forma conica pereche, eliminand astfel garnitura metalica de etansare de inalta presiune (la folosirea acestei garnituri in cazul bujiilor standard, poate exista riscul neetansarii). Orificiul ce comunica cu interiorul camerei de ardere este mai mic decat la bujiile standard si deasemenea muchiile date de piesa infiletata sunt mai mici, mai putin proeminente. Un alt avantaj al bujiei turbo ar mai fi ca ea mereu se plaseaza in pozitia optima fata de camera de ardere, fara a intra prea adanc sau insuficient.



bujie Turbo

Pentru majoritatea aeromodelistilor cu, sa zicem, un motor .46ci (7cc), in doi timpi, ce se regaseste usor pe aeromodelele trainer sau sport, o bujie cum este OS#8 sau Enya#3 (pentru motoarele heli), reprezinta o alegere populara. Acestea sunt bujiile tipice pentru aeromodelele radiocomandate. Dar, ca majoritatea lucrurilor din viata noastra, alegerea celei mai bune bujii pentru cazul nostru particular, poate fi o serie de incercari si si nereusite. Din acest motiv, este bine sa selectam cateva bujii, iar daca motorul nostru ajunge sa functioneze bine de pe o zi pe alta, sa putem sa le incercam pe rand.

Sa exploram putin lumea nebuna a bujiilor. Ce le face sa functioneze si cum sa alegem correct una pentru cazul nostrum particular.

Daca motorul nostru se incapataneaza sa nu porneasca, o bujie defecta (cu filamentul intrerupt) poate fi o prima cauza si ca urmare aceasta ar fi prima verificare care trebuie facuta (iar daca e necesar, bujia sa fie inlocuita). Bineinteles ca un dispozitiv de alimentat bujia (sursa), in cazul in care nu este incarcat, poate deasemenea sa reprezinte un motiv serios pentru care motorul nu porneste (bujia nu se incalzeste suficient). Modul de a testa o bujie este de a demonta bujia de pe model si alimentata cu tensiunea recomandata de producator. Daca filamentul acesteia se incalzeste imediat, ajungand la culoarea portocalie, atunci avem o bujie "sanatoasa." Daca insa aceasta nu se inroieste sau se inroieste doar putin, trebuie incercat si cu o alta bujie sau alt dispozitiv de alimentare cu tensiune.

Fiecare fabricant de bujii, isi codifica prin numere bujiile. Mi-ar placea sa afirm ca exista o standardizare a acestor codificari, dar din pacate, acestea difera de la un producator la altul.

### **O bujie este constituita in general din 5 componente de baza:**

1. Electrocul central, care se afla in partea superioara a bujiei, ce iese dintre radiatorii chiulasei;
2. Filamentul, ce este conectat la electrocul de la punctul 1;
3. Electrocul si capatul filamentului care sunt in conexiune electrica intre ele sunt izolate electric de restul corpului bujiei cu ajutorul unei piese numita izolator. Acest izolator este confectionat de regula din materiale termorezistente (placuta de mica, teflon, carton azbestos (am observat la bujiile rusesti) sau sticla termorezistenta la vechile bujii Graupner). Capatul opus al filamentului este conectat electric la corpul bujiei.



electrocul si filamentul

4. Corpul bujiei, este partea care se insurubeaza in camera de ardere (chiulasa) si este confectionat de regula din otel.
  5. in partea superioara a bujiei se afla o piesa care uneste toate componentele bujiei (prin filetare sau fretare-ambutisare).
- Toate aceste 5 componente formeaza astfel o bujie incandescenta.



Ne intrebam cum functioneaza o bujie incandescenta? Ca sa intelegm asta, pornim de la notiunile de baza in functionarea unui motor. Sursa electrica alimenteaza si incalzeste filamentul (datorita rezistentei electrice a materialului filamentului), ceea ce duce la un intreg lant de functionare: se aprinde combustibilul de la filamentul incins, cand motorul comprima amestecul si ca urmare incepe ciclul de functionare al motorului. Alimentatorul poate fi indepartat si motorul functioneaza in continuare.

Aprinderea amestecului este controlata de trei factori: combustie, reactia catalitica si compresia. Comprindand amestecul gazos de aer-combustibil, energia interna a acestuia (temperatura) creste. Incalzirea accelereaza fenomenul de reactie dintre molecule si se produce ceea ce noi numim "compresie conditionata". Teoria termodinamica pentru aprindere sugereaza ca momentul arderii are loc numai cand amestecul gazos devine

indeajuns de fierbinte și moleculele ajung la randul lor să se ciocneasca indeajuns de des. O parte din aceste coliziuni dau naștere la reacții de ardere pe elementul de platina.

Aici intervin cunoștințele bazate pe fizică și chimie. Se generează o temperatură crescută numită reacție catalitică; reacția catalitică duce la înfierbântarea filamentului de platina în contact cu vaporii de alcool metilic (reacție exotermă). Acționând ca un catalizator, platina filamentului nu este modificată fizic de către reacție. Această reacție catalitică apare fără nici o altă sursă energetică exterioară (cum ar fi sursa de alimentare a bujiei).

NOTA: datorită caracterului friabil al platinei la temperaturi mari, aceasta este aliată cu rhodium sau iridium, îmbunătățindu-se astfel caracteristicile fizico-mecanice ale filamentului, lungind practic viața bujiei.

Cu cât temperatura filamentului este mai mare, cu atât reacția catalitică este mai eficientă. Toate acestea apar când motorul funcționează la turații joase și când nu există temperatura mare pentru a aprinde vaporii de alcool. Aceasta este practic explicația de bază pentru care motorul încă funcționează la turații mici, chiar dacă bujia nu este alimentată.

Începem să căutăm ce ne trebuie: ce bujie este bună pentru mine? Sincer, aceasta poate să fie foarte confuz. Există multe mituri și fapte ce dezbat această problemă. De aceea, eu intenționez să arăt în modul cel mai simplu și corect cum putem proceda.

Deci o bujie incandescentă este de fapt un sistem de aprindere pentru motoarele noastre. Oricine a lucrat cu motoare cu aprindere prin scanteie, știe că momentul aprinderii are un efect profund în funcționarea și performanța unui motor. Momentul aprinderii se îndeplinește atunci când amestecul de aer-combustibil se aprinde, raportat la poziția pistonului și a arborelui cotit în timpul de compresie. Când pistonul se află în PMI (punctul mort inferior, compresie), prin mișcarea arborelui cotit, biela este orientată perfect vertical, dacă se consideră motorul cu chiulasa în sus, ca orientare. Aceasta este valoarea maximă a cursei pistonului, considerând arborele cotit la zero grade în diagrama. Arborele cotit trebuie să se rotească 360° pentru a descrie un ciclu complet, deci valoarea rotației arborelui în grade este folosită pentru a măsura evenimentele din interiorul motorului; de exemplu, deschiderea și închiderea ferestrelor și aprinderea. (se poate măsura sau chiar regla momentul aprinderii la un motor, ceea ce ajută la vizualizarea fenomenelor din interiorul motorului, atunci când experimentăm diferite bujii). Să presupunem, de exemplu, că amestecul se aprinde exact în momentul în care pistonul se află în PMI. Aceasta înseamnă efectiv că momentul aprinderii a avut loc la zero grade descries de arborele cotit. Dacă montăm o bujie fierbinte pe același motor, face ca momentul aprinderii să aibă loc mai devreme, deoarece este necesară o comprimare mai mică pentru a încălzi amestecul până la îndeplinirea condiției de aprindere a amestecului. Să zicem că aprinderea a avut loc în acest caz cu 10° înainte de PMI. Asta se numește reglaj cu 10° în avans. Ce vor toate astea să semnifice de fapt? Simplu, cunoscând că temperatura bujiei afectează momentul aprinderii, putem înțelege de ce trebuie să alegem bujia potrivită pentru a optimiza performanțele. În general este bine a se încerca cât mai în avans acest seting în cazul motoarelor noastre cât de mult posibil, fără însă a exagera. Dacă amestecul se aprinde prea devreme, atunci scad performanțele motorului (apar detonațiile sau pre-aprinderile).

În cazul motoarelor cu aprindere prin scanteie, momentul aprinderii este dat de un sistem mecanic sau electronic care da scanteia cu avans. În cazul motoarelor cu autoaprindere folosite în modelism, momentul aprinderii este dat de reglarea volumului camerei de ardere. Comparând cele două cazuri de mai sus, este clar că acest lucru (reglajul momentului de aprindere) trebuie realizat cumva și la motoarele cu bujie incandescentă. Acest lucru este posibil jonglând din variabile cum ar fi încărcarea elicei, procentul de nitrometan, procentul de ulei, raportul de compresie și...domeniul temperaturii de lucru al bujiei. Deasemenea, condițiile meteo pot influența și ele aceste condiții. Unii afirmă că temperatura ambientală afectează performanțele. Dacă aceasta se întâmplă, este minoră. Totul se limitează în fapt la ce motor și ce combustibil folosim. Noi ajustăm condițiile de aprindere pentru motorul nostru pentru a obține punctul optim al varfului de presiune după PMI, care duce la producerea performanței maxime și a longevității motorului. Schimbând bujiile între rece și cald, putem face astfel de ajustări pentru a întâlni optimul nostru.

Ca și la autoturisme, bujiile se împart principial în bujii calde, medii și reci. Folosind o bujie fierbinte, aprinderea are loc mai devreme (în avans față de punctul mort, când pistonul comprimă). Folosind o bujie rece, aprinderea are loc mai târziu, când pistonul în compresie se află mai aproape de punctul mort. Pentru cazul în care dorim să vedem care bujie este cea mai bună, este necesar un tahometru: teoretic, bujia care conferă cea mai mare turatie a motorului, este bujia cea mai bună (în aceleși condiții, ex. Elice, combustibil, ambient, etc). Exemplu: dacă înlocuim o bujie rece cu una fierbinte, cum ne afectează reglajul motorului? Momentul aprinderii se produce mai devreme, în procesul de compresie. De ce se întâmplă asta? Pe durata funcționării normale a motorului (fără baterie conectată la bujie) bujia fierbinte are elementul de platina mai fierbinte, ceea ce permite ca momentul de aprindere datorat compresiei amestecului de aer-combustibil să se îndeplinească mai repede decât în cazul folosirii unei bujii reci. Fenomenul invers se produce când o bujie rece o înlocuiește pe cea fierbinte: momentul aprinderii se produce întârziat față de cel cu bujia fierbinte, datorită temperaturii joase a bujiei (condițiile de temperatura-presiune pentru aprindere se îndeplinesc mai târziu, fiind necesară o comprimare mai mare a amestecului (lucru care durează suplimentar deci întârziere)...să-i zicem “bujie lenesă”).

Dar despre presiunea amestecului de aer/combustibil din camera de ardere? Acesta e determinat de raportul de compresie stabilit de către fabricantul motorului, cu posibilitatea de a mai umbla prin adăugarea unor garnituri sub chiulasa sau folosirea unei garnituri mai subțiri decât cea inițială. Un exemplu: dacă motorul arde bujii la fiecare pornire, trebuie adăugată o garnitură sub chiulasa pentru a evita acest lucru (pe de altă parte, este foarte probabil ca motorul să dea cea mai mare turatie atunci când se ajunge în situațiile ca bujia să se ardă la fiecare pornire, adăugarea garniturii ducând la înlăturarea arderii bujiei, dar turatia nemaifiind cea maxim atinsă; cazul motoarelor de competiție care merg în regimuri de stress maxim, pentru a scoate tot ce performanță din ele). Odată cu adăugarea unei noi garnituri (sau scoatere), există posibilitatea ca și tipul de bujie să fie necesar să fie schimbat.

Mai jos am întocmit o listă cu reguli de bază pentru alegerea bujiei în aplicațiile motoarelor:

Automodele on-road:

1. De la motoare de .12ci la .18ci, folosind un procent de 20% nitrometan, este necesara o **bujie medie**.
2. De la motoare de .21ci la .30ci, folosind un procent de 30% nitrometan, este necesara o **bujie mediu-rece**

Automodele off-road:

1. De la motoare de .12ci la .18ci, folosind un procent de 20% nitrometan, este necesara o **bujie fierbinte sau medie**
2. De la motoare de .21ci la .30ci, folosind un procent de 30% nitrometan, este necesara o **bujie medie**.

Metanol	Tip bujie	Enya	Fire Power	OS MAX
Peste 80%	Fierbinte	No.3	F7	A3
70-80%	Medie	No.4	F5	#8
65-70%	Rece	No. 5	F4	A5
Sub 65%	Rece	No.6	F3	P8

OS WANKEL – bujie OS-F

4 Timpi si multcilindri: - bujie OS-F

Ducted Fans si High Nitro –bujii reci (OS-F)

### **Informatii generale despre bujii (dupa producatori):**

#### **Bujii OS:**

- #0 – bujii economy standard, similare cu #8;
- #1 – bujii fierbinti pentru nitro cuprins intre 0% si 5%;
- A3 – medii, pentru nitro cuprins 5% si 25% (cele mai durabile bujii disponibile la OS);
- A5 – reci, pentru procente de nitro mai mari de 25%, recomandate pentru multe motoare OS sau alte motoare 2T;
- #7 – pentru motoare in doi timpi ce necesita bujii cu bara;
- #8 – medii, recomandat pentru majoritatea motoarelo OS sau a altor motoare 2T(indiferent de procentajul de nitro);
- #9 - pentru uz general in motoarele 2T;
- Type F – medii, recomandate exclusiv pentru motoarele OS sau alte motoare 4T;
- Type RE – recomandate pentru motoarele Wankel;

#### **STD ROSSI GLOW PLUGS BI-TURBO GLOW PLUGS (fara bara)(conice, fara garnitura):**

Bujiile Rossi (reci pentru acrobatie, procent mare de nitrometan, fierbinti pentru sport sau nitro scazut)

- R1 – foarte fierbinte, de la 0.8cc, la 2 cc;
- R2 – fierbinte, de la 2cc la 3.5cc;
- R3 – medii, de la 3.5 la 6 cc
- R4 – reci, de la 6cc la 10cc;
- R5 – X –foarte reci pentru combustibil cu nitrometan si RC;
- R6 – reci nitro, de la 10cc la 13cc;
- R7 – reci nitro, de la 13 cc la 15cc;
- R8 – reci nitro, de la 15cc la 30cc;
- RB4 – fierbinti;
- RB5 – medii;
- RB6 – reci;
- RB7 – foarte reci;
- RB8 – excesiv de reci;
- RC fierbinti – pentru RC de la 2.5cc la 6 cc;
- RC reci – pentru motoare de la 6cc la 15 cc;
- G1 – fierbinti, pentru motoare de viteza de 2.5cc;
- G2 – medii, pentru motoare de viteza de 2.5cc;
- G3 – reci, pentru procent de nitro cuprins intre 18% si 30%, pentru motoare de viteza de 2.5cc;
- G4 – foarte reci, pentru combustibil cu nitrometan cu procentaj intre 50% si 70%, pentru motoare de viteza de 2.5cc;

#### **Bujii ENYA:**

- #3 – fierbinte, pentru toate motoarele ENYA TV si 4T;
- #4 – calde, pentru motoarele care folosesc 10% sau mai mult nitrometan
- #5 – medii, recomandate pentru ENYA .40 CX, .45CX sau motoare ce folosesc procente mari de nitrometan;
- #6 – reci, precizie inalta si procentaje mari de nitrometan, folosite in curse (racing)

#### **Bujii FOX:**

- Scurte standard fierbinti – 1.5V sau 2V;
- Standard lungi fierbinti – 1.5-2V;
- Gold STD Long Plug – 1.5-2V;
- RC SHORT calde – 1.5V;
- RC LONG calde – 1.5V;
- Miracle Plug fierbinti – 1.5V;
- Pro 8 Short reci – 1.5V;
- Pro 8 Long reci – 1.5V.

**Bujii McCoy (echivalenta cu bujii OS):**

- MC-8 - mediu calde #8;
- MC-9 – reci A5, R5;
- MC-50 - fierbinti cu bara, lungi;
- MC-55 – medii fierbinti A3, #8;
- MC-59 – fierbinti
- 

**Bujii fierbinti (pentru procente mici de nitrometan sau combustibil FAI (combustibilul FAI nu contine nitrometan)):**

OS #0, #1, #5;

Rossi: R1 (foarte fierbinte) si R2;

ENYA:#3;

Fox: Miracle, Standard si R/C Long (2V);

Fireball: fierbinte (1.2-3.0V) si S-20 R/C Long;

Fire Power: F6 (calda) si F7 (fierbinte);

K&B: 1L;

McCoy: MC 55 R/C Long, MC 59 si MC 14 (foarte fierbinte);

Sonic Tronics: Glowdevil #300;

Thunderbold: R/C Long.

**Bujii medii (pentru procentaje de nitrometan cuprinse intre 10% si 15%):**

OS: #A3, #7, #8, #9;

Rossi: medii si R3;

ENYA: #4 (medii calde) si #5 (medii reci);

Fireball: Standard (1.2-2.0V);

Fire Power: F5 (medii) si F6 (calde);

Fox: R/C Long (1.2-1.5V) si Gold;

Hangar9: Sport Long;

McCoy: MC 50 si MC 8;

Sonic Tronics: Glowdevil Standard;

Tower Hobbies: Tower Power Performance.

**Bujii reci (pentru combustibil cu procente de nitrometan mai mari de 25%):**

OS: R5;

Rossi: R4 (rece) si R5 (foarte rece);

ENYA: #6 (rece);

Fireball: Cool (1.2-1.5V);

Fire Power: F2 (foarte rece), F3 (rece) si F4 (cool);

Fox: R/C (1.2V) si #8;

K&B: Lond and Short High Performance.

### **Bujii pentru motoare 4T:**

OS: Type F;

Fox: Miracle;

Sonic Tronics: Glowdevil ST 301/302.

Bun...acum, cu un tabel ca cele de mai sus, stim cam ce bujie este necesara, dar cum folosim acum numerotarea bujiilor de catre fabricanti pentru a alege bujia dorita. De fapt aici este zona in care majoritatea noastra intampina probleme. Cum spuneam si mai inainte, nu exista in aceasta industrie o standardizare a acestor bujii. Personal, chiar as dori ca fabricanti de bujii sa rezolve aceasta problema, standardizand-o. Sfatul meu este ca intotdeauna sa pastrati bujia in ambalajul original. Acesta ofera in majoritatea cazurilor caracteristicile bujiei, fara sa facem confuzii in ceea ce priveste provenienta, sau fabricantul...etc (va imaginati, la cate bujii putem aduna de-a lungul timpului, sa nu stim de la ce producator, ce caracteristici...ar fi o reala problema). Un alt sfat este sa va alegeti un singur producator de bujii (recomandat cel mai apropiat de dumneavoastra sau cel de la care putem cumpara mai avantajos) si sa ramanem dedicati doar acestui producator. In acest fel, nu va mai fi nevoie sa reglam din nou motorul, de fiecare data cand inlocuim o bujie cu alta.

Trebuie deasemenea stiut ca nu exista o caracterizare universala a bujiilor: ceea ce un fabricant numeste o bujie calda, pentru alt fabricant poate fi cotata drept medie. Deci daca luati o nujie calda de la OS sa zicem, un echivalent ar putea fi o bujie medie Rossi. Cum realizeaza producatorii conditiile de bujie calda sau rece? Jongland cu urmatoarele variabile:

- Caracteristicile geometrice ale filamentului cum ar fi lungimea sirmei filamentului, grosimea sirmei, diametrul spirei filamentului, numarul de spire;
- specificatiile aliajului elementului: platina-iridium, sau platina-rhodium, in procente;
- cavitata din interiorul bujiei si geometria acesteia;
- pozitia filamentului in cavitate;
- corpul bujiei (absoarbe sau reflecta caldura).

Doar una din variabilele de mai sus nu poate caracteriza pe deplin statusul de cald sau rece al unei bujii, combinatiile ingreunand astfel identificarea doar privind filamentul.

Cateva exemple de identificare aproximativa:

1. un filament subtire si lung tinde sa caracterizeze o bujie fierbinte;
2. un filament mai gros si scurt poate caracteriza o bujie mai rece
3. un diametru mai mic al cavitatii bujiei poate sa caracterizeze o bujie mai rece;

4. un aspect lucios, nikelat al bujiei, in intreiorul cavitatii (reflecta caldura) acesteia poate caracteriza o bujie calda sau fierbinte;
5. un aspect inchis la culoare (negru-bronat) al interiorului bujiei poate caracteriza o bujie mai rece;
6. o cavitate mai larga expune filamentul mai mult la contact cu amestecul aer-combustibil, caracterizand o bujie drept fierbinte;
7. daca se intinde elementul de platina in afara corpului bujiei, bujia tinde sa fie mai calda;
8. daca se indeasa elementul de platina inaintul cavitatii, bujia tinde sa devina mai rece.

Cu riscul de a ofensa producatorii de bujii din lume, cred ca se poate spune ca nu exista experti in bujii incandescente ci e mai curand o "arta neagra" (e ca si cand un barbat ar face afirmatia ca stie totul despre femei). Practic totul se bazeaza pe intelesuri empirice (incercari reusite si nu numai), acesta fiind criteriul suprem. In final, determinarea punctului de aprindere al amestecului in motor raportat la PMI, este probabil cel mai bun mod de a evalua o bujie daca este calda sau rece.

Mai sunt si alte consideratii de proiectare in cazul bujiilor, in afara de caracteristica de "cald" sau "rece" a acesteia. Dimensiunile fizice ale elementului de platina determina voltajul care trebuie aplicat bujiei pentru a se ajunge la culoarea alb-oranj a incandescenței necesara pornirii motorului. Ar mai fi si alte detalii, ca exemplu conectarea electrica a elementului la corpul acesteia, izolarea electrica, retentia electrozudului central si etansarea de inalta presiune cu ajutorul garniturii bujiei.

Daca sunteti la fel ca si mine, atunci sigur sunteti tentati sa folositi orice bujie veche pe care o aveti in trusa de zbor si va intrebati de ce nu merge bine motorul (sau de ce nu porneste). O scurta privire in orice manual de intrebuintare sau catalog al motorului ne arata ca avem de aface cu o multitudine de tipuri de bujii din care sa alegem, deci fabricantul motorului trebuie sa ne ofere sau recomande aceasta gama. Un prim pas, avand in vedere impactul actual al internetului, este de a cauta web site-ul producatorului si de a vedea deci care sunt recomandarile pentru motorul nostru. Pentru cele mai bune rezultate, acesta este un punct bun de plecare. Este foarte important ca la alegerea bujiei sa se tina cont deasemenea de combustibilul folosit.

NOTA: bujiile, in majoritatea cazurilor nu sunt marcate, deci odata rupt ambalajul de pe ele, identitatea se pierde. (Bujiile OS sunt o exceptie). Deasemenea, un alt motiv pentru a le pastra ambulate, este de a preveni deteriorarea filamentelor, datorat atingerii cu obiecte dure. NU folositi bujii platinat (bujiile trebuie sa aibe filamentul din platina, nu din alte aliaje si nu doar platinat la suprafata: este o falsa economie, depunerea se desprinde in timp si bujia nu mai functioneaza).

Deasemenea este bine sa inlocuim bujia periodic, chiar daca aceasta inca functioneaza, in cazul in care zburam regulat.

Un procent mare de metanol se reflecta intr-un procent mai mic de nitrometan, presupunand ca procentul de ulei ramane neschimbat. De exemplu, un procent de 80% methanol implica 0% nitro, in conditiile in care procentul de ulei este de 20%.

Majoritatea aeromodelistilor folosesc între 5% și 10% nitrometan, și bujiile sunt de regula #8 de la OS sau No.4 pentru bujii Enya.

- Procentele mari de nitrometan determina o crestere de putere dar și mai multa caldura. Cu cat folosim mai mult nitrometan, cu atat bujia trebuie sa fie mai rece;
- In functie de tipurile de motor, pot fi bujii standard sau bujii turbo;
- Motoarele mari au o masa mai mare și retin caldura mai bine(bujii reci): cele mai mici, mai usoare, se raceșc mai usor și au nevoie de o bujie mai fierbinte;
- Bujia potrivita pentru un motor se poate schimba odata cu temperature ambianta: cu cat e mai cald afara, cu atat e recomandata e o bujie mai rece;
- Bujiiile fierbinti au aplicatie mai larga in cazul motoarelor cu relanty sau cu acceleratii dese;
- Bujiiile reci produc mai multa putere și pot imbunatati performantele, daca motorul merge fierbinte. Dezavantajul este ca nu intretin un relanty constant și reglajul se efectueaza mai greu;
- Pentru automodele: daca traseul are multe coturi și viraje, o bujie fierbinte e mai buna. Daca traseul are portiuni drepte pentru accelerare (unde se atinge turatia maxima), o bujie rece e alegerea potrivita;
- Procentul mare de nitrometan inseamna temperaturi mari de ardere și ca urmare sunt necesare bujii reci...e valabila și viceversa;
- Bujiiile au viata limitata;
- Bujiiile nu necesita o strangere excesiva: se infileteaza liber cu mana și se strang la sfarsit cu cheia, aproximativ un sfert de tura;

Ce este o bujie fierbinte și prin ce difera de una rece? Bujiiile fierbinti se alimenteaza la 2V, cele reci la 1.2-1.5V. In mod natural, o bujie fierbinte se incalzeste mai rapid și ramane fierbinte, dar nu acesta este detaliul complet; cand se discuta despre acest aspect al bujiilor, un alt aspect foarte important trebuie avut in vedere și anume procentajul de metanol. Cu cat este mai mult methanol in amestec (ce implica mai puțin ulei și nitrometan), cu atat avem nevoie de o bujie mai fierbinte. Reciproca este deasemenea valabila și anume cu cat folosim mai mult nitrometan cu ulei in amestec (mai puțin metanol), cu atat mai mult avem nevoie de o bujie mai rece. Un exemplu dus la extrema ar putea fi cand folosim foarte mult nitrometan și avem turatii ridicate, in cazul motoarelor Ducted Fan; in acest caz, categoric folosim o bujie foarte rece. Pentru majoritatea aeromodelistilor hobisti (nu performeri) care utilizeaza combustibil cu procentul de nitrometan cuprins între 5% și 15%, o bujie medie sau calda ar fi potrivita. Majoritatea motoarelor 4T care folosesc procent mare de nitrometan, folosesc bujii fierbinti, avand in vedere ca aprinderea e de doua ori mai rara ca la cele in 2T.

Bujia este prea rece cand:

1. Puterea motorului este mai scazuta ca alte dati;
2. Turajul scade considerabil sau motorul chiar se opreste, la deconectarea sursei de tensiune de pe bujie, in ciuda faptului ca motorul este reglat corect. De exemplu, daca patiti asa ceva cu o bujie ENYA #4, inlocuiti-o cu o bujie ENYA#3;

3. daca bujia este mult prea rece, atunci se poate observa combustibil nears aruncat pe evacuare (a nu se confunda cu reglajul “bogat”).
- Bujia este prea calda cand:
    1. Motorul sufera de aprinderi in avans si pierde putere;
    2. Motorul nu merge constant (are detonatii: acestea pot fi percepute ca o pauza in tonalitatea sunetului evacuate si ciupituri pe capul pistonului, in zona de incalzire a bujiei...cauza principala a detonatiei poate fi compresia excesiva);
    3. Filamentul se arde prea des;
    4. Temperaturi mai mari de functionare.

Moduri de a rezolva aceste probleme. O sugestie ar fi folosirea unui combustibil cu mai putin nitrometan, utilizarea unei elici mai mari sau intrebuintarea unei bujii mai reci decat cea folosita pana atunci. De exemplu, daca patiti asa ceva cu o bujie ENYA #3, inlocuiti-o cu o bujie ENYA#4.

Motoarele cu metanol sunt foarte dependente de tipul si calitatea bujiilor utilizate. Bujiiile ENYA folosesc filamente de platina iar diametrul sirmei de platina este mai gros, pentru a conferi o viata mai lunga bujiei. Cu cat este mai gros diametrul, cu atat se elimina necesitatea folosirii de bara la bujiile alese (barele de la bujii tind sa reduca putin din turatia maxima a motorului, in favoarea unui relanty mai stabil). Bujiiile ENYA sunt proiectate astfel incat sa confere in functionare atat relanty stabil cat si turatia maxima. Deasemenea, bujiile ENYA au un electrod central mai generos in grosime, pentru un contact electric mai ferm.

### **Cum se “citeste o bujie”:**

Aceste cateva randuri se refera la examinarea bujiei, dupa ce motorul a functionat o perioada. Inainte de a demonta o bujie de pe motor, este recomandat sa curatam zona din jurul bujiei. Dupa oprirea si racirea motorului, folositi un spray de curatire, pentru indepartarea depunerilor sau mizeriei adunate. Daca nu procedam astfel, riscam ca aceste depuneri sa intre in motor, odata indepartata bujia.

Daca un motor a functionat corespunzator, in conditii bune de reglaj, filamentul bujiei va fi lucios, sau gri deschis, iar acesta nu prezinta deformatii, chiar si dupa o functionare in conditii mai dificile. Cu cat motorul merge mai “sec”, cu atat mai mult se va inchide filamentul la culoare si va prezenta deformatii. Se recomanda schimbarea bujiei si “imbogatirea” imediata.

### **Recapitulare:**

1. Folositi o bujie fierbinte pentru procente mici de nitrometan si o bujie rece pentru procente mari de nitro;
2. Daca la indepartarea sursei electrice de pe bujie, turatia scade sau motorul se opreste, e posibil sa fie nevoie de o bujie mai fierbinte sau un procent mai mare de nitrometan;
3. Daca motorul tinde sa detoneze des (backfire), este posibil ca bujia sa fie prea fierbinte sau procentajul de nitrometan sa fie prea mare;
4. Majoritatea bujiilor fierbinti pot fi alimentate cu 2V, in timp ce majoritatea bujiilor reci merg cu 1.2-1.5V.

### **Care este durata de viata a unei bujii?**

Am primit in nenumarate randuri intrebari de acest fel in cazul motoarelor si bujiilor. Singurul raspuns realist in acest caz este ca o bujie poate "traii" mai mult sau mai putin (e cam ca la becuri, unele bufnesc de noi, altele se afuma si nu mai scapi de ele, dar tot merg). In orice caz, durata de viata a unei bujii difera de la un producator la altul, de la un motor la altul si de la o exploatare la alta. In mod normal, o bujie trebuie sa reziste destul de mult in timp daca motorul functioneaza corect, intr-un domeniu de rpm recomandat de producator, daca arde combustibil de calitate, daca temperatura.....etc. In orice caz, din trusa cu accesorii de zbor nu trebuie sa lipseasca bujiile de rezerva. Nu poate fi nimic mai rau decat o zi in care ai ajuns la camp, ai ars bujia si....stai si te uiti la ceilalti cum zboara (nu intotdeauna poti miza pe ajutorul altcuiva).

### **Bibliografie:**

- "General Glow Plug Information", by James McCarty, Brian Cooper, and Brian Gardner;
- "Glow Plugs Exposed", by Gierke, C David;
- Model Airplanes news. FindArticles, 24 Apr.2009;
- "All about Glow Plugs", by Pond Steve;
- "Glow Plugs explained", by Bess Stephen;