

DENSO Europe B.V.

Hogeweyselaan 165, 1382 JL Weesp
The Netherlands

Tel: +31 294 493 493 | Fax: +31 294 417 122
marketing@denso.nl

www.denso.ro



DENSO

BUJIILE CU SCÂNTEIE

Descoperă tehnologia DENSO



Driven by
Quality

DENSO Aftermarket Europa face parte din Corporația DENSO, unul dintre cei mari 3 producători din lume de tehnologie, sisteme și componente automotive.

Fondat în 1949, DENSO a devenit pionierul produselor de calitate în industria automotive, furnizând o gamă largă de echipamente originale tuturor producătorilor majori de vehicule, la nivel mondial. De fapt, produsele originale DENSO se regăsesc în 9 din 10 mașini.

Suntem mândri și de faptul că aducem expertiza noastră unică în industria independentă aftermarket. Gamele noastre de produse, avansate din punct de vedere tehnologic, sunt selectate în mod specific pentru distribuitori și consumatori finali, având aceleași specificații ca și în cazul produselor folosite de producătorii originali (OEM).

Bujiile cu scânteie reprezintă una dintre specializările DENSO. Munca depusă în cercetare-dezvoltare a dus la multe dintre inovațiile din acest sector, incluzând tehnologia U-groove, cel mai mic vârf din Iridiu din lume și primii electrozi de masă cu proeminențe. Ca și sponsor principal și partener tehnic al echipelor of Toyota Gazoo WEC, Volvo Cyan WTCC, Toyota WRC sau Subaru WRT, știm ce înseamnă înalta performanță în motorsport și folosim această experiență în gamele de bujii Iridium și Racing.

Cu bujii ce se potrivesc oricărei aplicații sau motorizări, poți mereu să te bazezi pe DENSO.



Autor

Wouter Knol – Inginer Aplicații DENSO Aftermarket

Co-autori

Peter Coombes – Scriitor tehnic

Gilbert Couvert – Manager de Produs DENSO Aftermarket

Cuprins

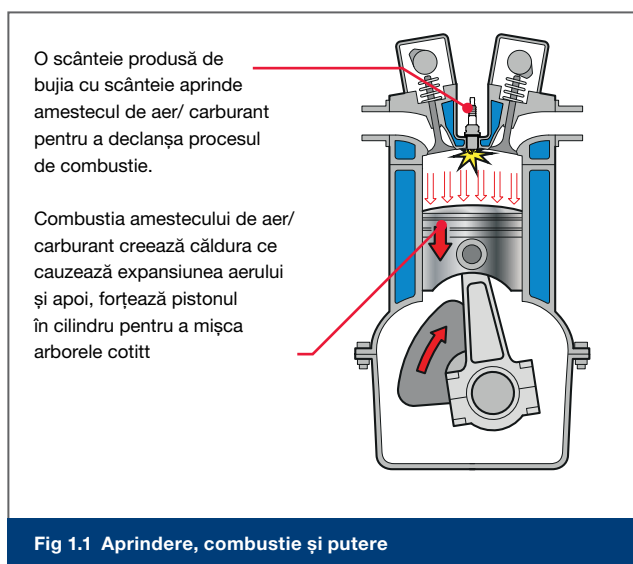
1.	INTRODUCERE	2
1.1.	Bujiile cu scânteie: o componentă vitală a procesului de combustie	2
1.2.	Specificații de operare a bujiilor cu scânteie moderne	3
1.3.	Bujii cu scânteie diferite pentru motoare diferite	4
2.	OPERAREA ȘI PROCESUL DE COMBUSTIE AL MOTORULUI ÎN 4 TIMPI	6
2.1.	Ciclul în 4 timpi: admisie, compresie, aprindere, evacuare	6
3.	SISTEMUL DE OPERARE AL BOBINELOR DE APRINDERE	8
3.1.	Sarcinile unui sistem de aprindere	8
3.2.	Introducerea bobinelor de aprindere	8
3.3.	Bobinele de aprindere: transformarea unui voltaj scăzut în tensiune înaltă	9
3.4.	Timpul de încărcare al bobinei și perioada Dwell	11
3.5.	Sincronizarea aprinderii: generarea scânteii la momentul potrivit	12
4.	SISTEMELE DE APRINDERE MECANICE ȘI ELECTRICE	16
4.1.	Sistemul de aprindere mecanic de bază	16
4.2.	Sisteme electronice de aprindere timpurii	20
4.3.	Sisteme electronice de aprindere moderne	21
5.	PROCESUL DE COMBUSTIE ÎN DETALIU	24
5.1.	Combustia carburantului și a oxigenului	24
5.2.	Obținerea unei combustii bune	26
5.3.	Cauzele și problemele unei combustii slabe	27
5.4.	Poluanții și emisiile dăunătoare create în urma combustiei	29
5.5.	Reducerea emisiilor și eficientizarea economiei de carburant	30
6.	BUJIILE CU SCÂNTEIE	32
6.1.	Cheia combustiei	32
6.2.	Cerințele performanței	32
6.3.	Structura bujiei cu scânteie	33
6.4.	Scânteia electrică și tensiunea necesară	35
6.5.	Condiții de operare ce afectează voltajul unei bujii cu scânteie	36
6.6.	Intervalul de căldură	39
6.7.	Cum poate fi afectată producerea și dezvoltarea flăcării	41
7.	TEHNOLOGIILE DENSO: ÎMBUNĂȚĂȚIREA PERFORMANȚEI BUJIILOR CU SCÂNTEIE	42
7.1.	Dezvoltările DENSO	42
7.2.	Materialele electrozilor	43
7.3.	Materialele electrozilor centrali	44
7.4.	Electrodul de masă	45
7.5.	Alte tehnologii folosite	47
7.6.	Trenduri viitoare	48
8.	GAMA DENSO	50
8.1.	Direct Fit	50
8.2.	Twin Tip	52
8.3.	Iridium Power	53
8.4.	Iridium Racing	54
9.	MODERNIZEAZĂ-ȚI BUJIILE CU SCÂNTEIE	56
9.1.	De ce?	56
9.2.	Puterea de ieșire	57
9.3.	Economia de carburant și emisii	58
9.4.	Mersul la relanti, rateurile și pornirea	59
9.5.	Mașinile cu GPL și GNC	60
9.6.	Tuningul și cursele de viteză	61
10.	FAQ, INSTALARE ȘI DEPANARE	62
10.1.	FAQ	62
10.2.	Instalarea corectă	64
10.3.	Depanarea	65

1. INTRODUCEREA BUJIILOR CU SCÂNTEIE

1.1. Bujii cu scânteie: o parte vitală a procesului de combustie

Motoarele cu combustie internă: crearea de căldură pentru producerea energiei

Motoarele cu combustie internă produc putere prin captarea energiei produse în momentul în care aerul din cilindrii motorului este încălzit de combustia carburantului. Căldura cauzează expansiunea rapidă a aerului, ceea ce forțează pistonul să se miște de-a lungul cilindrului și apoi să pună în mișcare arborele cotit (Fig 1.1).



Procesul de combustie este astfel unul dintre cele mai importante părți ale întregului proces de operare al motorului; iar dacă acesta nu este eficient, motorul nu va putea produce puterea necesară.

Suplimentar, combustia ineficientă va crea nivele ridicate de poluanți, ce rezultă într-un consum ridicat de combustibil.

Pentru a avea un proces de combustie eficientă, aerul din cilindru trebuie mixat cu o cantitate scăzută de carburant, într-un raport foarte exact. Acest amestec este apoi comprimat în interiorul cilindrului prin mișcarea pistonului, ce presează amestecul într-un spațiu restrâns, denumit și camera de combustie. (vezi capitolul 2).

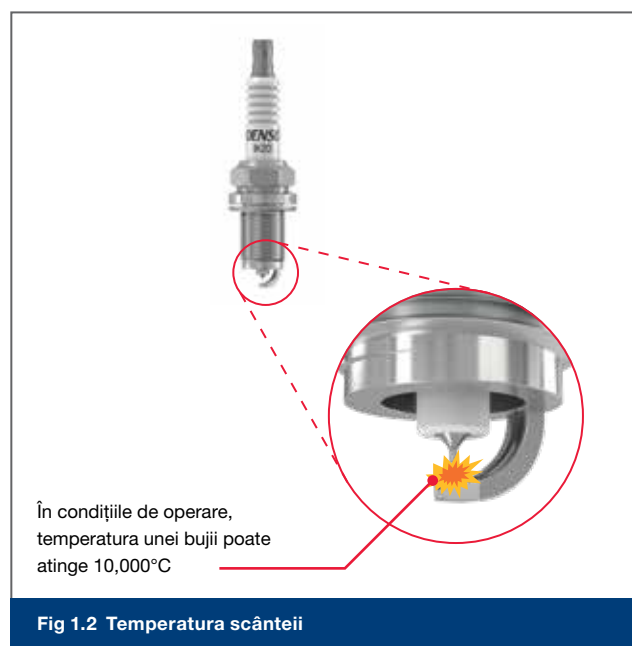
Compresia amestecului de aer și combustibil creează căldură dar acest lucru nu este îndeajuns să aprindă amestecul. Așadar, o sursă adițională de căldură este necesară pentru inițierea combustiei. Iar această căldură este generată prin crearea unei scânteie (un arc electric cald) prin utilizarea unei bujii cu scânteie ce este amplasată strategic în camera de combustie.

Aerul din atmosferă (implicit și cel din cilindru) este format din aproximativ 78% azot și 21% oxigen, alături de procentaje mici de argon, dioxid de carbon și alte gaze.

Combustibilul (benzina) este format din hidrogen și carbon. În timpul procesului de combustie, ce eliberează energia stocată în carburant,

multe dintre gazele și elementele din aer și combustibil reacționează chimic pentru a forma gaze diferite. De aceea, când facem referire la expansiunea aerului din cilindru, acest lucru este de fapt o expansiune a unui mix de gaze.

Bujia cu scânteie este o componentă critică a procesului de combustie



Exact la momentul potrivit, sistemul de aprindere furnizează o scurtă dezlănțuire de tensiune înaltă către bujia cu scânteie, ceea ce provoacă o scânteie în spațiul restrâns de la vârful bujiei. În centrul sau nucleul bujiei (Fig 1.2), temperatura poate atinge pentru o perioadă scurtă de timp chiar și 10,000°C, ceea ce produce destulă căldură pentru a aprinde o porțiune mică a amestecului din apropierea vârfului bujiei cu scânteie.

Această combustie inițială produce apoi o flacără ce se întinde în restul amestecului, creând astfel combustia în întregul amestec de aer/ carburant din camera de combustie.

Căldura generată de procesul de combustie este cea care cauzează expansiunea gazelor din cilindru și apoi, mișcarea pistonului în cilindru. Iar bujia cu scânteie este componenta cheie ce creează temperatura inițială ridicată ce declanșează întregul proces de combustie.

1.1. Bujiiile cu scânteele: o componentă vitală a procesului de combustie	2
1.2. Specificații de operare a bujiilor cu scânteele moderne	3
1.3. Bujii cu scânteele diferite pentru motoare diferite	4

1.2. Condiții de operare pentru bujiile cu scânteele moderne

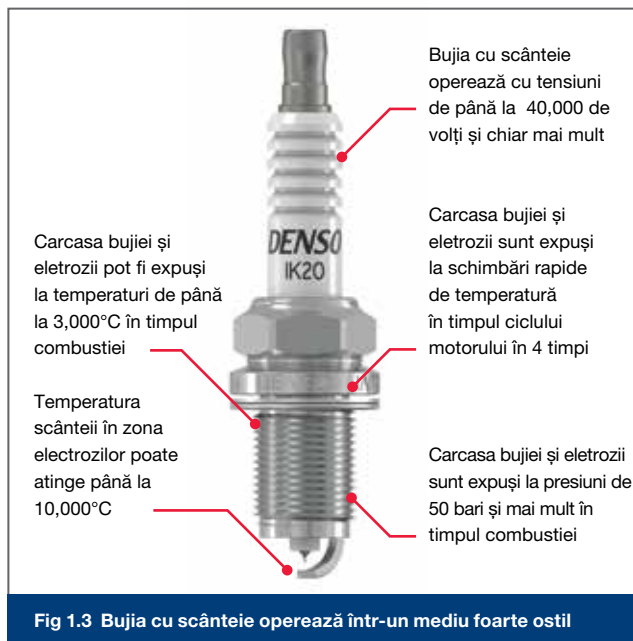


Fig 1.3 Bujia cu scânteele operează într-un mediu foarte ostil

Temperatura

Deși electrozii bujiei cu scânteele pot fi expuși inițial la temperaturi de 10,000°C pentru o scurtă perioadă de timp în timpul producerii scânteele, pe parcursul mai prelungit al procesului de combustie, carcasa bujiei și electrozii sunt expuși la temperaturi de aproximativ 3,000°C. Dar există și modificări bruște de temperatură, precum momentul în care aerul intră în cilindru pe durata admisiei, ce are un efect de răcire imediată asupra bujiei cu scânteele, care adineori fusese expusă la temperaturile înalte ale combustiei.

La fel ca și posibilitatea ca temperaturile înalte să cauzeze defectarea electrozilor și a carcasei bujiei, există și posibilitatea ca o parte a bujiei să rămână atât de fierbinte încât să cauzeze o pre-aprindere, ceea ce înseamnă că amestecul de aer/ carburant este deja aprins înainte de generarea scânteele. Această aprindere prematură generează o combustie prematură, ceea ce cauzează o creștere a presiunii și expansiunea prea rapidă gazelor. În acest caz, pistonul este forțat să se miște de-a lungul cilindrului, înainte ca acesta să efectueze mișcarea completă de compresie (vezi secțiunea 5.3).

Fiabilitate și durabilitate

Indiferent de designul motorului, regiunea din interiorul cilindrului unde are loc combustia, este un mediu foarte „ostil”. Bujia cu scânteele trebuie să genereze o scânteele de temperatură înaltă pentru a aprinde amestecul de aer/carburant; iar acest lucru trebuie efectuat pentru mulți zeci de mii de kilometri și milioane de cicluri de combustie.

Tensiunea și scânteele

Sarcina primară a bujiei cu scânteele este să utilizeze tensiunile înalte pentru a produce foarte rapid o scânteele intensă. Tensiunile sunt în general în intervalul de 10.000 și 40.000 de volți (10kV to 40kV), dar trendul actual este către tensiuni de peste 45kV. Tocmai de aceea, construcția unei bujii cu scânteele trebuie să izoleze foarte bine diferitele componente ale acesteia, pentru a evita scurt-circuitarea.

1. Introducere în bujiile cu scânteie și combustia

Presiunea

Presiuni mari de aproximativ 50 de bari pot fi create în timpul combustiei, deși aceste presiuni pot fi mult mai mari în cazul unor motoare foarte performante.

Așadar, este necesar să existe o sigilare bună a presiunii dintre învelișul bujiei cu scânteie și motor. Însă construcția bujiei trebuie să fie și ea bine sigilată intern pentru a preveni eliminarea gazelor foarte fierbinți și la presiuni ridicate (Fig 1.4). Pe lângă pierderea de presiune, dacă gazele pot să treacă de ansamblul bujiei cu scânteie, acest fapt ar afecta componentele bujiei.

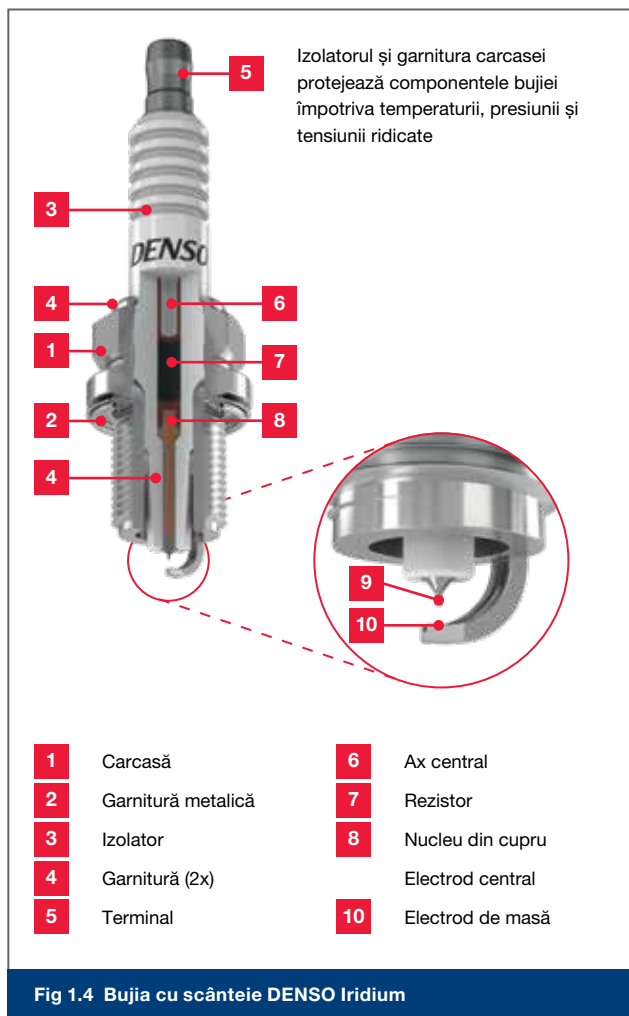
Contaminatori și depuneri

Procesul de combustie produce multe tipuri de contaminatori, incluzând carburant ars și depuneri de ulei care se acumulează pe bujie și afectează în mod direct performanța. Deși bujia nu trebuie să devină prea fierbinte, aceasta trebuie să rețină destulă căldură pentru a arde contaminatorii și a preveni depunerile de pe bujie. (vezi secțiunea 6.6).

Concluzia

Cele mai importante caracteristici ale designului unei bujii cu scânteie sunt abilitatea de a rezista la temperaturi înalte și schimbări de temperatură, alături de capacitatea de a rezista unor presiuni foarte ridicate; în același timp, operând cu tensiuni înalte pentru a produce o scânteie la fiecare mișcare de secundă pe tot parcursul vieții de funcționare.

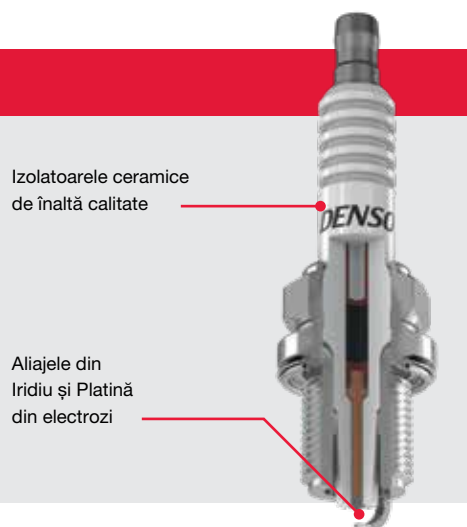
Pentru a preveni efectele dăunătoare ale temperaturilor ridicate, bujia cu scânteie trebuie să fie capabilă să disipeze sau să transfere căldura către carcasa motorului. Dar, în cazul în care prea multă căldură este disipată sau transferată de la bujie, acest lucru reduce temperatura bujiei în sine, cauzând o aprindere și combustie slabă. În plus, bujia nu va fi capabilă să ardă contaminatorii produși.



AVANTAJUL DENSO

Folosirea de metale prețioase și materiale speciale

Materialele folosite la bujiile cu scânteie DENSO (ca și izolatorii ceramici de cea mai bună calitate și metalele prețioase folosite în aliajele de Iridiu și Platină pentru electrozi) pot rezista celor mai înalte temperaturi din motor, pe parcursul procesului de combustie, făcând astfel din bujia cu scânteie DENSO una dintre cele mai durabile bujii de pe piață.



1.3. Diferite bujii cu scânteie pentru motoare diferite

Diferitele designuri ale motoarelor implică în mod automat bujii cu scânteie de mărimi diferite, ce pot varia ca și dimensiuni totale. Trendul pentru bujiile cu scânteie înguste destinate motocicletelor a început acum câțiva ani; iar mai nou, motoarele moderne ale mașinilor sunt la fel echipate cu acest tip de bujii, care trebuie să reziste în același mod condițiilor ostile de funcționare.

Sunt multe astfel de caracteristici ale designului unei bujii cu scânteie ce pot fi influențate de condițiile de funcționare specifice diferitelor motoare. Temperaturile și presiunile din diferitele camere de combustie ale motoarelor, precum și folosirea de tensiuni înalte, au un efect deosebit asupra designului unei bujii cu scânteie. Odată cu focusul în creștere asupra reducerii de emisii, designul bujiilor cu scânteie este în continuă evoluție pentru a face față necesităților stringente ce sunt impuse fiecărei generații de motoare.



Fiind foarte multe designuri de motoare, acest lucru ar necesita mai multe tipuri de bujii cu scânteie cu specificații precise; cu toate acestea, prin folosirea unui design avansat, DENSO este capabil să producă o gamă relativ restrânsă de bujii cu scânteie ce pot satisface cerințele pentru mai multe tipuri de motoare. Bujiiile avansate din punct de vedere al designului și a tehnologiei pot înlocui bujiile cu specificații mai scăzute.

Una dintre caracteristicile DENSO este utilizarea Iridiului, ce permite producerea bujiei cu scânteie DENSO Iridium cu electrozi centrali ultra-fini de 0,4 mm în diametru. (Fig. 1.5).

Electrozii din Iridiu permit utilizarea unor tensiuni mai scăzute, comparativ cu folosirea unor bujii cu scânteie mai puțin avansate. Având o putere mai mare și o rezistență electrică scăzută comparativ cu alte materiale tradiționale, iridiul poate rezista la temperaturi mai mari și, din acest motiv, este mai durabil.

Utilizarea electrozilor din Iridiu, precum și alte caracteristici de design sunt acoperite în detaliu în capitolele 6,7 și 8.

AVANTAJUL DENSO

O bujie cu scânteie DENSO pentru fiecare motor

Bujii cu scânteie unice pentru OEM

Când este proiectat un motor, producătorii aleg bujia cu scânteie pe baza nevoilor lor. Cu toate acestea, cu nevoi specifice pentru acel motor specific, producătorii au nevoi diferite față de piața Aftermarket.

Pentru OEM, beneficiile unei bujii cu scânteie unice includ:

- > O bujie cu scânteie ce performează cel puțin la un minim de necesități
- > O bujie cu scânteie ce performează cu un interval rezonabil de schimb
- > O bujie cu scânteie unică este de regulă rezultatul obținerii unor parametrii de performanță și durabilitate la cel mai mic cost

O bujie cu scânteie unică are un cost adițional de dezvoltare, însă cantitățile produse sunt destul de mari pentru a acoperi acest cost.

În piața independentă Aftermarket (IAM), unii producători de bujii cu scânteie vor folosi aceste beneficii pentru bujiile lor unice, asemenea bujiilor originale. Spre exemplu, DENSO produce de asemenea bujii cu scânteie ce au exact aceleași specificații cu bujiile cu scânteie originale.

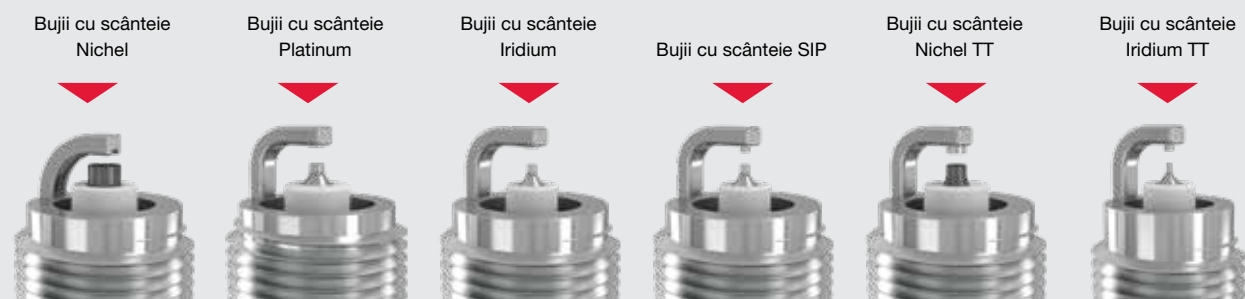
Însă, pentru a acoperi nevoile fiecărei mașini, ar fi necesar să existe peste 400 de tipuri de bujii cu scânteie.

Alternativa oferită de DENSO

Pentru a ajuta la reducerea acestui număr, DENSO vă oferă o alternativă: prin furnizarea unei bujii cu scânteie aftermarket ce are o performanță superioară, DENSO poate înlocui tipurile de bujii ce au doar niște diferențe minore. Spre exemplu, gama de bujii cu scânteie DENSO Twin Tip necesită doar 35 de coduri de produs pentru acoperirea a 90% din parcul auto existent. Pentru a reuși acest lucru, s-au dezvoltat bujiile performante cu electrozi foarte fini și rezistenți la uzură.

Concluzia

Gama Twin Tip a fost dezvoltată din perspectiva IAM și cuprinde o tehnologie avansată ce acoperă multe din specificațiile diferitelor tipuri de bujii. De multe ori, chiar depășesc în termeni de performanță bujiile OEM și permite pieței IAM să consolideze gama de bujii cu scânteie.



2. FUNCȚIONAREA MOTORULUI ÎN 4 TIMPI ȘI PROCESUL DE COMBUSTIE

2.1. Ciclul în 4 timpi: admisie, compresie, aprindere și evacuare

Dezvoltat de N.Otto în 1876, motorul în 4 timpi, cunoscut și sub numele de motorul Otto, e bazat pe ciclul a 4 procese: admisie, compresie, aprindere și evacuare.

(1) Admisia

În timpul primei etape, pistonul se mișcă în jos, de-a lungul cilindrului (Fig 2.1), ceea ce creează o presiune mai joasă decât presiunea atmosferică; și pentru că supapa de admisie este deschisă, aerul din afara cilindrului (aer atmosferic) va circula către presiunea joasă din cilindru. Ca și efect, mișcarea pistonului creează aspirația aerului (prin diferență de presiune).

Când sunt instalate turbine pe motor, aerul este comprimat, ceea ce forțează intrarea a și mai mult aer în cilindru, pe parcursul admisiei.

Pentru cele mai multe motoare aflate deja în folosință, o mică cantitate de combustibil va fi amestecată cu aer prin injectarea carburantului în timpul admisiei (sau uneori, chiar înainte de admisie). Cu toate acestea, unele motoare moderne sunt echipate cu injecție directă de carburant, caz în care carburantul este injectat direct în cilindru în timpul admisiei sau în etapele timpurii ale perioadei de compresie.

(2) Compresia

În timpul fazei 2 (Fig. 2.2), supapa de admisie este închisă, sigilând astfel cilindrul și prevenind totodată eliberarea aerului sau a presiunii. Pistonul se ridică în cilindru, ceea ce duce la compresia amestecului de aer/ carburant la aprox. 1/10 din volumul original. Astfel, teoretic vorbind, presiunea va fi de 10 ori mai mare decât presiunea atmosferică (10 bari) sau chiar mai mult, dacă mașina este echipată cu turbină.

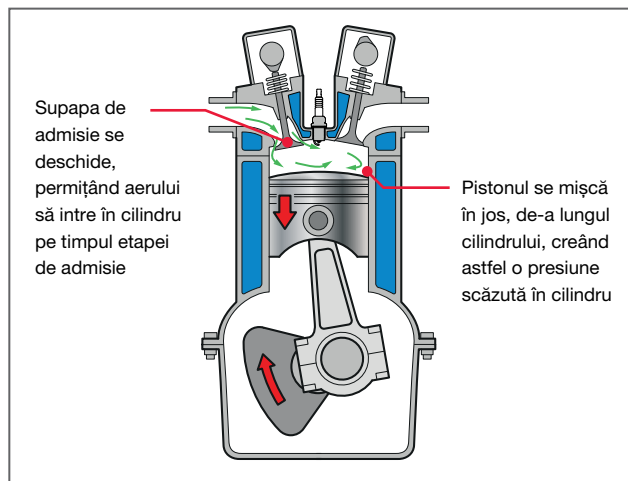


Fig 2.1 Etapa de admisie

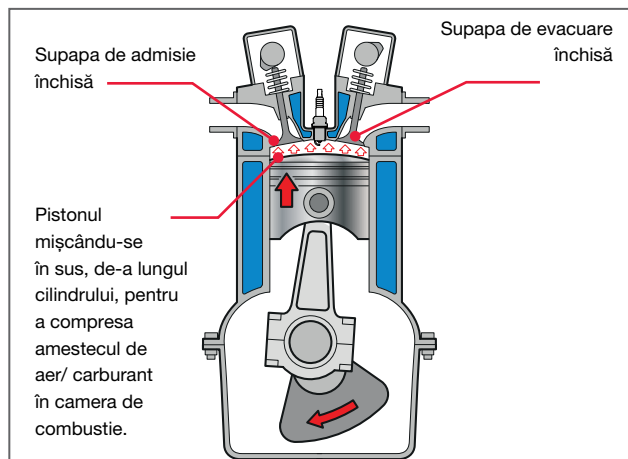


Fig 2.2 Etapa de compresie

(3) Aprinderea (combustia)

În timpul etapei 3 (Fig 2.3), combustia amestecului de aer/ carburant creează căldura necesară dilatării aerului și forțează pistonul în partea de jos a cilindrului, producând astfel puterea necesară pentru a roti arborele cotit. Spre deosebire de motoarele diesel ce au o rată de compresie mai mare, etapa de compresie încălzește amestecul de aer/ carburant, dar nu îndeajuns să o aprindă. Tocmai de aceea, este folosită bujia cu scânteie care furnizează căldura necesară inițierii etapei de combustie.

În teorie, scânteia ar trebui creată exact în momentul în care pistonul atinge partea superioară a cilindrului (TDC), și apoi urmează să coboare din nou în cilindru. Dar pentru că durează câteva miimi de secundă pentru ca amestecul să se aprindă și să ardă complet (și apoi să creeze o presiune ridicată în cilindru), este necesar ca procesul de combustie să înceapă puțin mai repede; astfel, bujia va produce scânteia încă din momentul în care pistonul se apropie de punctul TDC, la finalul etapei de compresie (Fig 4.3).

Această sincronizare avansată a scânteii și a începutului procesului de combustie, permite o derulare progresivă a restului de proces, furnizând căldura necesară pentru expansiunea gazelor din cilindru.

Deși ne referim în general la această etapă ca fiind etapa de aprindere, ea poate fi văzută și ca etapa de combustie, deoarece pe parcursul ei amestecul de aer/ carburant se va aprinde și va produce forța necesară mișcării cilindrului, și automat, a întregului motor.

(4) Evacuarea

În timpul etapei 4 (Fig 2.4), supapa de evacuare este deschisă și rotația continuă a arborelui cotit mișcă pistonul către partea superioară a cilindrului, ceea ce forțează evacuarea gazelor arse din cilindru în sistemul de evacuare.

De pe urma acestei etape, supapa de evacuare se închide și se poate reuila întregul ciclu în 4 timpi, odată cu deschiderea supapei de admisie și intrarea aerului în cilindru.

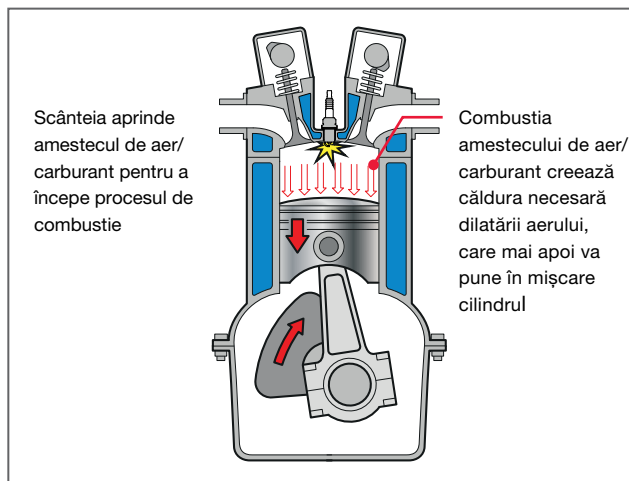


Fig 2.3 Etapa de aprindere

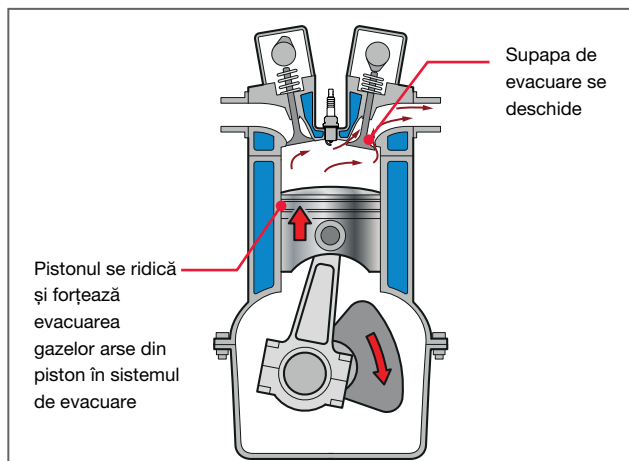


Fig 2.4 Etapa de evacuare

Motoare pe combustie alternative

Cele mai multe motoare auto funcționează pe baza ciclului în 4 timpi, dar există și motoare în 2 timpi, de tip rotativ, pe principiul Wankel. Deși sunt diferențe în funcționare, toate se bazează pe același principiu de compresie a amestecului de aer/ carburant, aprinderea lui cu ajutorul bujiei cu scânteie și folosirea presiunii ridicate pentru a produce puterea rotativă.

3. FUNCȚIONAREA SISTEMULUI DE APRINDERE CU BOBINĂ

3.1. Sarcinile unui sistem de aprindere

Fiabilitate, intervale lungi de întreținere, contribuție la reducerea emisiilor

Sistemele de aprindere au evoluat de-a lungul anilor de la sisteme mecanice mai degrabă simple, până la sistemele electronice de înaltă tehnologie pe care le găsim în mașinile moderne. În ciuda faptului că motoarele moderne funcționează la temperaturi și presiuni de combustie mai ridicate, amestecuri aer/combustibil mai sărace și turații mai mari ale motorului, îmbunătățirile designului sistemului de aprindere cresc în mod constant fiabilitatea, economia de combustibil, intervalele de întreținere și performanțele motorului. Cu toate acestea, sistemele moderne de aprindere trebuie să satisfacă, de asemenea, cererea sporită de emisii mai puțin poluante.

Două sarcini principale

Sistemele de aprindere trebuie să îndeplinească două sarcini principale:

- (1) Să producă tensiunea înaltă pentru o scânteie
- (2) La exact momentul potrivit.

3.2. Introducerea bobinelor de aprindere

Cu foarte puține excepții, sistemele de aprindere pentru motoarele moderne pe benzină/gazolină ale mașinilor și motocicletelor funcționează cu bobine de aprindere pentru a crea tensiunea înaltă necesară producerii unei scânteie la bujie. Din 1970, sistemele de aprindere s-au schimbat considerabil datorită utilizării electronicii, dar chiar și sistemele moderne de aprindere cu bobină sunt în mod clar o evoluție a sistemelor inițiale de aprindere cu bobină introduse cu mai mult de 100 de ani în urmă. Invenția sistemului de aprindere bazat pe bobină îi aparține inventatorului american Charles Kettering, care a dezvoltat un sistem de aprindere cu bobină care a fost inițial montat la vehiculele Cadillac în jurul anului 1910/1911. Utilizarea unui sistem eficient de aprindere cu bobină a fost posibilă datorită utilizării unei baterii care furniza de asemenea electricitate unui motor de pornire (care de fapt a fost dezvoltat tot de Kettering pentru Cadillac). Bateria, un generator și un sistem electric mai complet al autovehiculului asigură o alimentare electrică relativ stabilă a bobinei de

aprindere. Sistemul Kettering (Fig. 3.1) folosea o singură bobină de aprindere pentru a furniza tensiunea înaltă care era apoi distribuită la bujii pentru toți cilindrii. Tensiunea înaltă din bobina de aprindere era transferată unui braț rotor care direcționa eficient tensiunea înaltă către o serie de contacte electrice situate în ansamblul distribuitorului (un contact pentru fiecare cilindru). Aceste contacte erau apoi conectate la bujii prin conductoare într-o secvență care făcea posibilă distribuția tensiunii înalte la bujii în ordinea corectă de aprindere a cilindrilor. Sistemul de aprindere Kettering a devenit în mod treptat aproape singurul tip de sistem de aprindere utilizat pentru autovehiculele pe benzină/gazolină produse în serie, până când sistemele de aprindere comutate și controlate electric au început să înlocuiască sistemele mecanice de aprindere în anii 1970 și 1980. (A se vedea secțiunea 4.1).

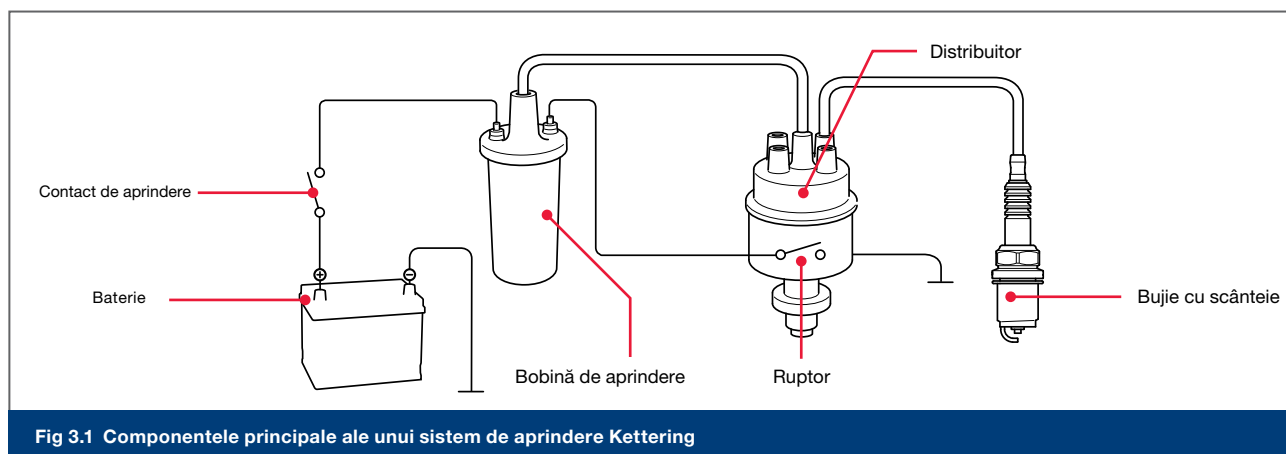


Fig 3.1 Componentele principale ale unui sistem de aprindere Kettering

3.1. Sarcinile unui sistem de aprindere	8
3.2. Introducerea bobinelor de aprindere	8
3.3. Bobinele de aprindere: transformarea unei tensiuni joase în tensiune înaltă	9
3.4. Timpul de încărcare al bobinei și perioada dwell	11
3.5. Sincronizarea aprinderii: generarea scânteii la momentul potrivit	12

3.3. Bobinele de aprindere: transformarea unei tensiuni joase în tensiune înaltă

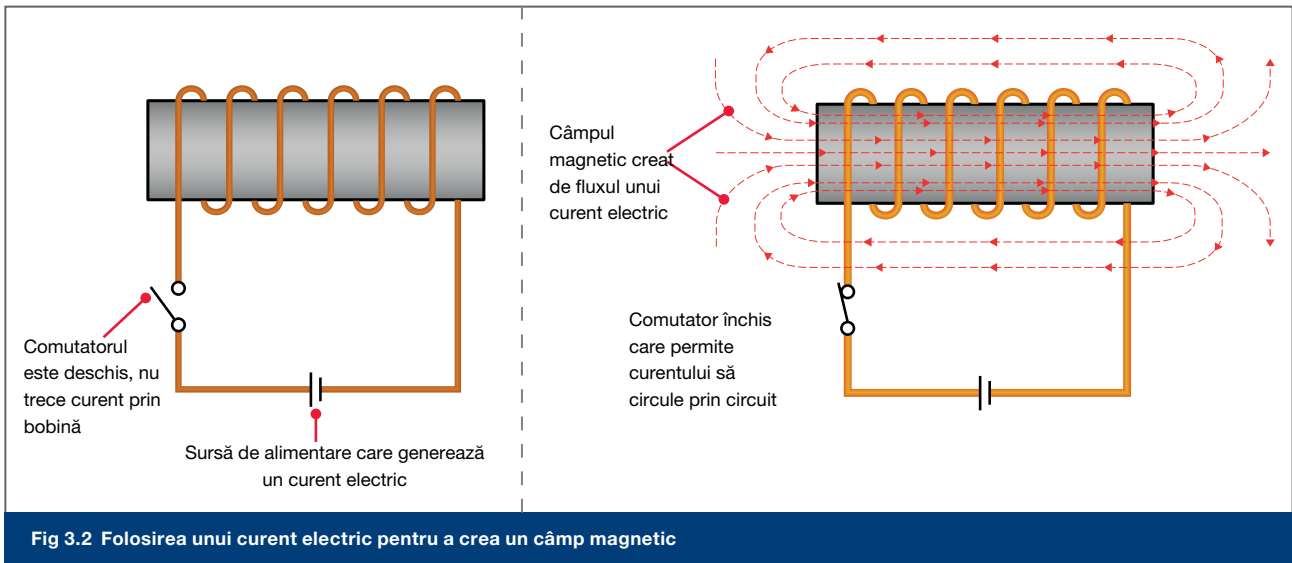


Fig 3.2 Folosirea unui curent electric pentru a crea un câmp magnetic

Pentru a putea genera tensiunile înalte necesare, bobinele de aprindere fac uz de relațiile care există între electricitate și magnetism.

Folosirea unui curent electric pentru a crea un câmp magnetic

Când un curent electric trece printr-un conductor electric, cum ar fi o bobină de sârmă, creează un câmp magnetic în jurul bobinei (Fig. 3.2). Câmpul magnetic (sau mai precis fluxul magnetic) este efectiv un depozit de energie care poate fi apoi convertită înapoi în energie electrică. Când curentul electric este pornit inițial, fluxul de curent crește progresiv, dar rapid, până atinge valoarea sa maximă. În același timp, câmpul sau fluxul magnetic va crește progresiv până atinge puterea sa maximă și va deveni stabil când curentul electric este stabil. Atunci când curentul electric este oprit, câmpul magnetic se va prăbuși înapoi în bobina de sârmă.

Există doi factori principali care afectează puterea câmpului magnetic:

- (1) Creșterea curentului aplicat bobinei de sârmă va crește puterea câmpului magnetic.
- (2) Creșterea numărului de înfășurări în bobină va crește puterea câmpului magnetic

Utilizarea unui câmp magnetic în schimbare pentru a induce un curent electric. Dacă o bobină de sârmă este expusă unui câmp magnetic și câmpul magnetic se schimbă (sau se mișcă) ulterior, acesta creează un curent electric în bobina de sârmă. Acest proces este cunoscut drept „inductanță“. Un exemplu simplu de schimbare a unui câmp magnetic în jurul unei bobine de sârmă este de a mișca un magnet permanent de-a lungul bobinei. Mișcarea sau schimbarea câmpului magnetic sau a fluxului magnetic induce apoi un curent electric în bobina de sârmă (Fig. 3.3).

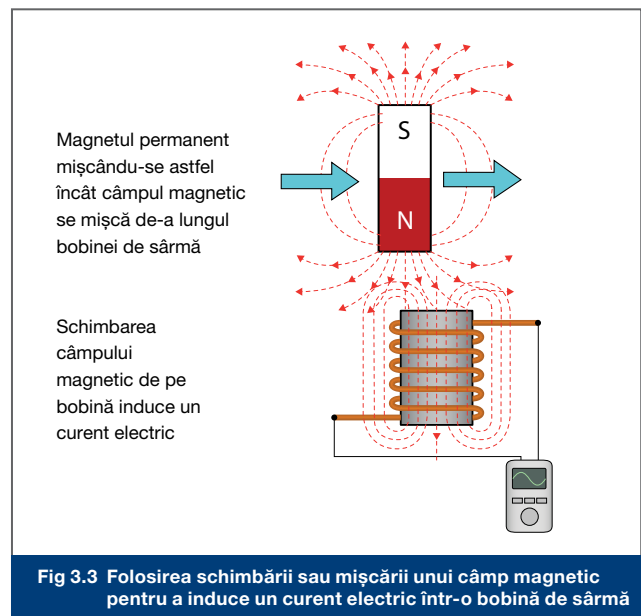


Fig 3.3 Folosirea schimbării sau mișcării unui câmp magnetic pentru a induce un curent electric într-o bobină de sârmă

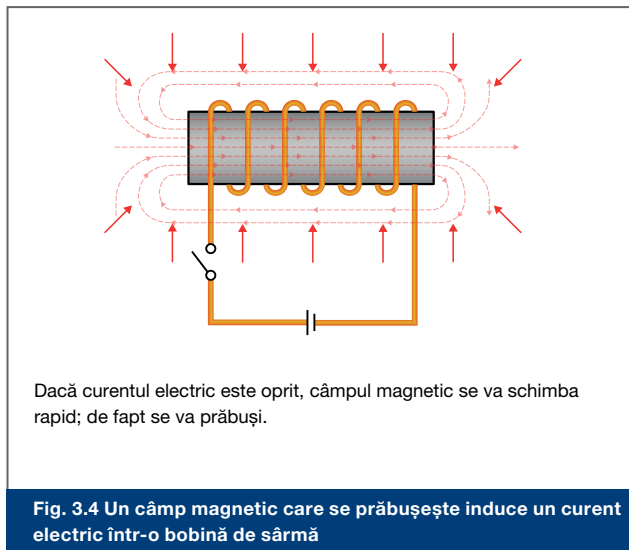
Există doi factori principali care afectează cantitatea de tensiune indusă în bobină:

- (1) Cu cât este mai rapidă schimbarea (sau viteza de mișcare) a câmpului magnetic și cu cât este mai mare schimbarea puterii câmpului magnetic, cu atât este mai mare tensiunea indusă.
- (2) Cu cât este mai mare numărul de înfășurări în bobină, cu atât tensiunea indusă este mai înaltă.

3. FUNCȚIONAREA SISTEMULUI DE APRINDERE CU BOBINĂ

Utilizarea unui câmp magnetic în schimbare sau în prăbușire pentru a induce un curent electric

Când un câmp magnetic a fost creat prin aplicarea unui curent electric la o bobină de sârmă, orice modificare a curentului electric (creșterea sau scăderea fluxului de curent) creează apoi aceeași schimbare în câmpul magnetic. Dacă curentul electric este oprit, câmpul magnetic se va schimba rapid; de fapt se va prăbuși. Câmpul magnetic în prăbușire va induce apoi un curent electric în bobină (Fig. 3.4).

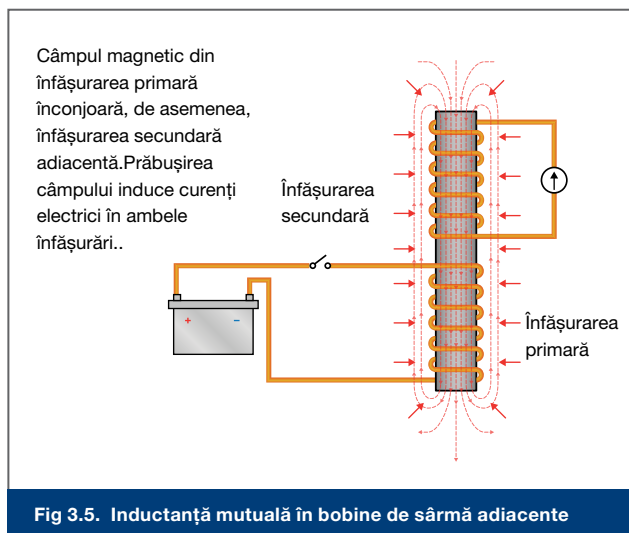


În același mod în care creșterea vitezei de mișcare a unui câmp magnetic pe o bobină de sârmă va crește tensiunea indusă în bobină, dacă un câmp magnetic poate fi determinat să se prăbușească mai rapid, acesta va induce o tensiune mai înaltă. În plus, o tensiune mai înaltă poate fi de asemenea indusă în bobină dacă numărul de înfășurări în bobină este mărit.

Inductanța mutuală și acțiunea transformatorului

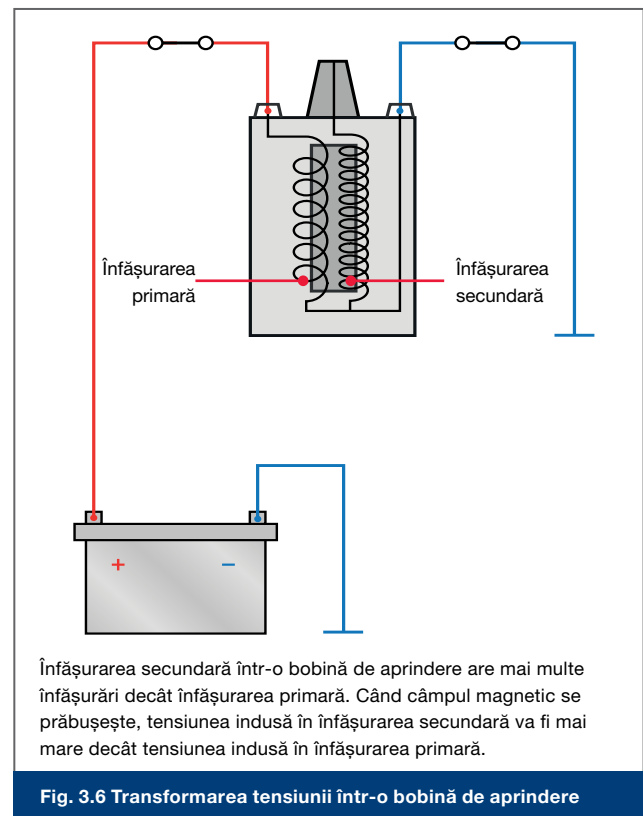
Dacă două bobine de sârmă sunt așezate adiacent sau una în jurul celeilalte, iar un curent electric este utilizat pentru a crea un câmp magnetic în jurul unei bobine (pe care o putem numi înfășurarea primară), câmpul magnetic va înconjuura de asemenea bobina secundară (sau înfășurarea secundară).

Atunci când curentul electric este oprit și câmpul magnetic se schimbă sau se prăbușește, aceasta va induce o tensiune în ambele



înfășurări primară și secundară, fenomen cunoscut sub denumirea de „inductanță mutuală“ (Fig. 3.5).

Pentru bobinele de aprindere (și multe tipuri de transformatoare electrice), înfășurarea secundară este realizată cu mai multe înfășurări decât înfășurarea primară. Când câmpul magnetic se prăbușește, va induce astfel o tensiune mai înaltă în înfășurarea secundară în comparație cu tensiunea indusă în înfășurarea primară (Fig. 3.6).



Înfășurarea primară a unei bobine de aprindere poate conține de obicei 150 până la 300 de fire de sârmă; dar înfășurarea secundară poate conține de obicei 15.000 până la 30.000 de fire de sârmă, care este de aproximativ 100 de ori mai mare decât înfășurarea primară.

Câmpul magnetic va fi creat inițial prin aplicarea a aproximativ 12 volți din sistemul electric al vehiculului asupra înfășurării primare a bobinei de aprindere. Atunci când este necesară o scânteie la o bujie, sistemul de aprindere va opri fluxul de curent în înfășurarea primară, astfel încât fluxul de curent să se oprească brusc, ceea ce va cauza prăbușirea câmpului magnetic. Câmpul magnetic în prăbușire va induce apoi o tensiune în înfășurarea primară de aproximativ 200 volți; tensiunea indusă în înfășurarea secundară însă va fi de aproximativ 100 de ori mai mare, de circa 20.000 de volți. Folosind efectele inductanței mutuale și o înfășurare secundară care are de 100 de ori mai multe înfășurări decât înfășurarea primară, este posibilă transformarea tensiunii inițiale de 12 volți într-o tensiune foarte înaltă de aproximativ 20.000 volți. Acest proces de schimbare a tensiunii joase într-o tensiune înaltă poate fi denumit „acțiune de transformare“.

Într-o bobină de aprindere, înfășurările primară și secundară sunt înfășurate în jurul unui miez de fier, ceea ce ajută la concentrarea și sporirea puterii câmpului magnetic și a fluxului, crescând eficiența bobinei de aprindere.

3.4. Timpul de încărcare al bobinei și perioada dwell

Timpul de formare sau de încărcare a câmpului magnetic

Atunci când un curent electric este aplicat înfășurării primare a unei bobine de aprindere, va dura o scurtă perioadă de timp pentru ca fluxul de curent să atingă valoarea sa maximă (amperaj). Întrucât puterea câmpului magnetic (sau a fluxului magnetic) creat în jurul înfășurării este direct proporțională cu fluxul de curent, va dura același timp până când câmpul magnetic atinge puterea sa maximă. Când fluxul de curent și câmpul magnetic sunt la valoarea lor maximă, câmpul magnetic va rămâne stabil.

Timpul necesar creării câmpului magnetic la puterea sa maximă este adesea denumit „timp de încărcare” al bobinei de aprindere.

- (1) Dacă curentul electric nu este aplicat la înfășurarea primară suficient timp, câmpul magnetic nu va atinge puterea maximă.
- (2) Dacă curentul este aplicat prea mult timp, acesta ar putea cauza supraîncălzirea circuitelor electrice și a înfășurării primare.

Timpii necesari de încărcare variază în funcție de diferitele tipuri de bobine de aprindere, dar se încadrează de obicei în intervalul de 4 milisecunde pentru bobinele de aprindere mai vechi

Perioada de timp în care sistemul de aprindere aplică un curent electric la înfășurarea primară a bobinei de aprindere este adesea denumită „perioadă dwell” sau „timp dwell”. În cazul sistemelor de aprindere moderne, perioada dwell este controlată electronic, astfel încât să existe întotdeauna suficient timp pentru încărcarea completă a bobinei. În cazul sistemelor mecanice de aprindere de tip mai vechi, limitările ruptorului acționat mecanic

au creat de fapt un timp dwell care s-a redus pe măsură ce turația motorului a crescut. Prin urmare, la turații mai mari ale motorului, reducerea timpului dwell a împiedicat crearea câmpului magnetic la puterea sa maximă.

Problema timpilor dwell scurți pentru sistemele mecanice de aprindere este explicată în capitolul 4.

Schimbarea tensiunilor care afectează timpul de încărcare și timpul dwell al bobinei

Ca și în cazul oricărui circuit electric, fluxul de curent se va schimba la orice schimbare de tensiune. Dacă tensiunea furnizată de sistemul electric al vehiculului la înfășurarea primară va crește, acest lucru va duce la creșterea fluxului de curent prin înfășurarea primară. O creștere a fluxului de curent va reduce apoi timpul necesar de încărcare pentru câmpul magnetic. Cu toate acestea, o scădere a tensiunii și a fluxului de curent va crește apoi timpul de încărcare necesar câmpului magnetic să atingă puterea sa maximă.

Schimbările minore în tensiunea sistemului electric al vehiculului apar periodic în timpul condusului normal; dar poate apărea o scădere semnificativă a tensiunii în timpul pornirii motorului, când tensiunea bateriei poate scădea semnificativ. În consecință, tensiunea joasă va crește în mod semnificativ timpul necesar de încărcare a bobinei; dar cu sisteme de aprindere electronice moderne, timpul dwell este modificat pentru a compensa orice creștere sau scădere a tensiunii.

Fig. 3.7 arată timpul dwell tipic (în milisecunde) care ar fi necesar la diferite tensiuni ale bateriei și turații ale motorului pentru un sistem modern de aprindere.

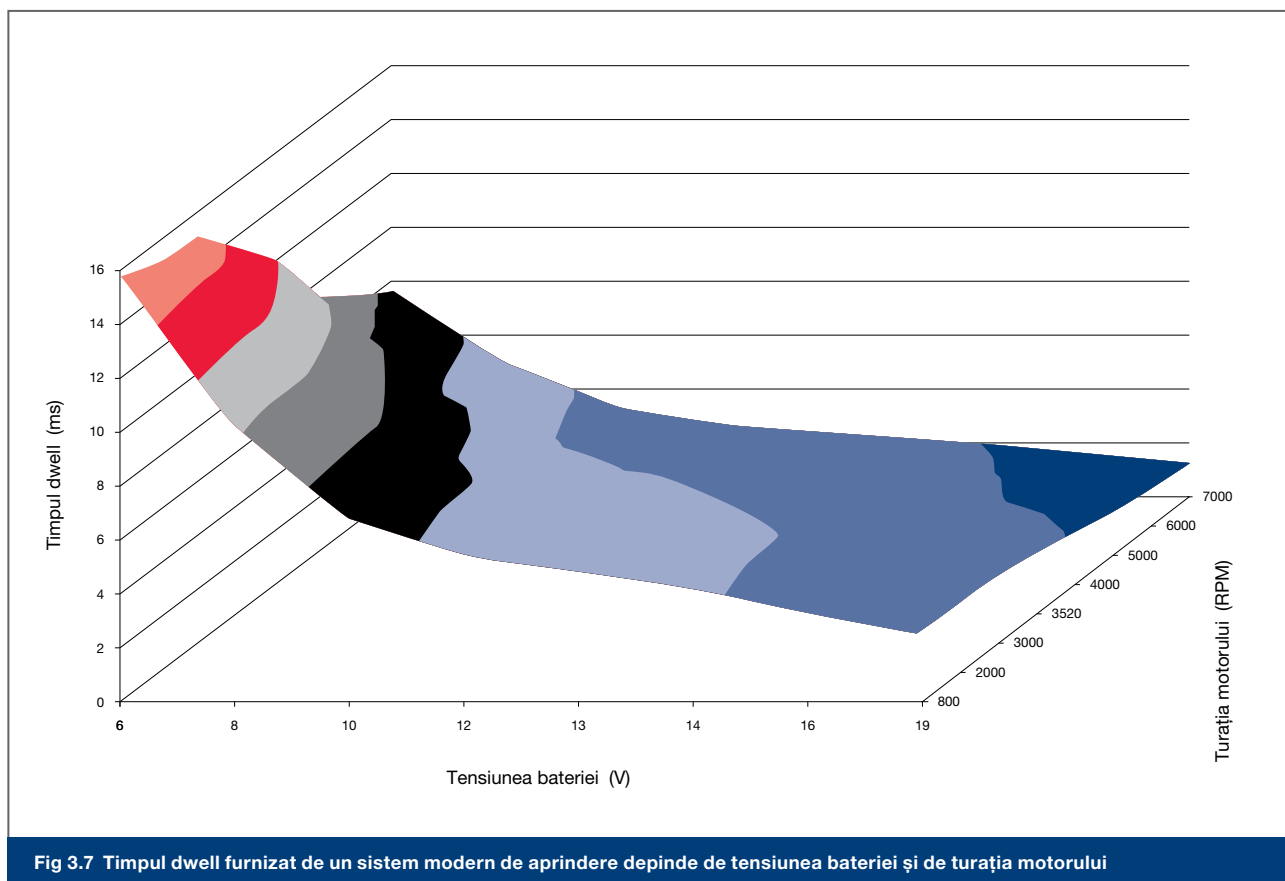


Fig 3.7 Timpul dwell furnizat de un sistem modern de aprindere depinde de tensiunea bateriei și de turația motorului

3.5. Sincronizarea aprinderii: generarea scânteii la momentul potrivit

Termenul „sincronizarea aprinderii” este folosit pentru a indica când este produsă scânteia la bujie. Sincronizarea aprinderii este de obicei descrisă ca unghiul de rotație a arborelui cotit înainte ca pistonul să ajungă la punctul mort superior (TDC) în cursa de compresie. De exemplu, ilustrația din Fig. 3.8 arată poziția arborelui cotit și a pistonului dacă sincronizarea aprinderii are loc la 20° înainte de TDC.

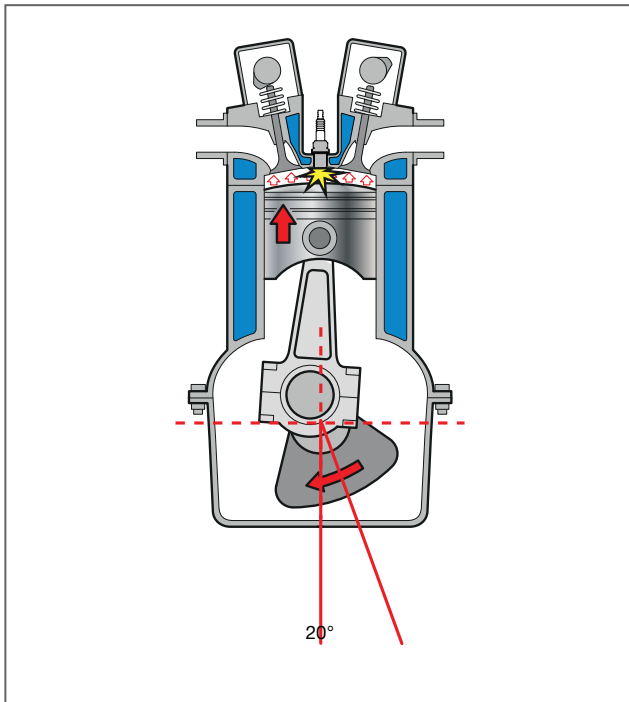


Fig 3.8 Sincronizarea aprinderii care are loc la 20° înainte de punctul mort superior (TDC)

Alocarea de timp pentru aprinderea cu întârziere, combustia și creșterea presiunii

Motorul eliberează în general puterea maximă când presiunea maximă din cilindru are loc la aproximativ 10° după TDC (când pistonul tocmai a început să se deplaseze în josul cilindrului). Cu toate acestea, sincronizarea aprinderii trebuie să fie stabilită în avans față de momentul în care este necesară presiunea maximă, deoarece există întârzieri între momentul în care este furnizată scânteia și momentul în care apare presiunea maximă a cilindrului.

Întârzierea inițială este cauzată de „aprinderea cu întârziere”, care este o perioadă foarte scurtă între apariția scânteii și începerea arderii amestecului de aer/combustibil. Ulterior, este nevoie de timp ca flacăra creată la arderea inițială să se răspândească sau să se propage în tot restul amestecului, care va arde apoi și va produce căldura necesară pentru a dilata gazele.

Aceste întârzieri între momentul apariției scânteii și momentul în care se atinge presiunea maximă a cilindrului pot ajunge la aproximativ 2 milisecunde. Prin urmare, scânteia ar trebui să fie furnizată cu aproximativ 2 milisecunde înainte ca presiunea maximă să fie necesară

Timpul exact între momentul în care este generată scânteia și momentul atingerii presiunii maxime a cilindrului variază în funcție de condițiile de funcționare ale motorului și de modelul motorului. Eficiența de combustie este, în general, mai bună la turațiile medii ale motorului, ceea ce reduce perioada de întârziere totală, dar schimbările în sarcina motorului și rapoartele aer/combustibil, precum și utilizarea recirculării gazelor de eșapament afectează, de asemenea, perioadele de întârziere.

Fig. 3.9 prezintă un exemplu în care presiunea maximă a cilindrului este atinsă la 10° după TDC; dar, din cauza aprinderii cu întârziere și a propagării cu întârziere a flăcării, scânteia este generată în avans cu 2 milisecunde. Arborele cotit se rotește la 1.500 rpm, astfel încât arborele cotit se va roti 18° în timpul perioadei de 2 milisecunde. Sincronizarea aprinderii (scânteii) este așadar setată la 8° înainte de TDC.

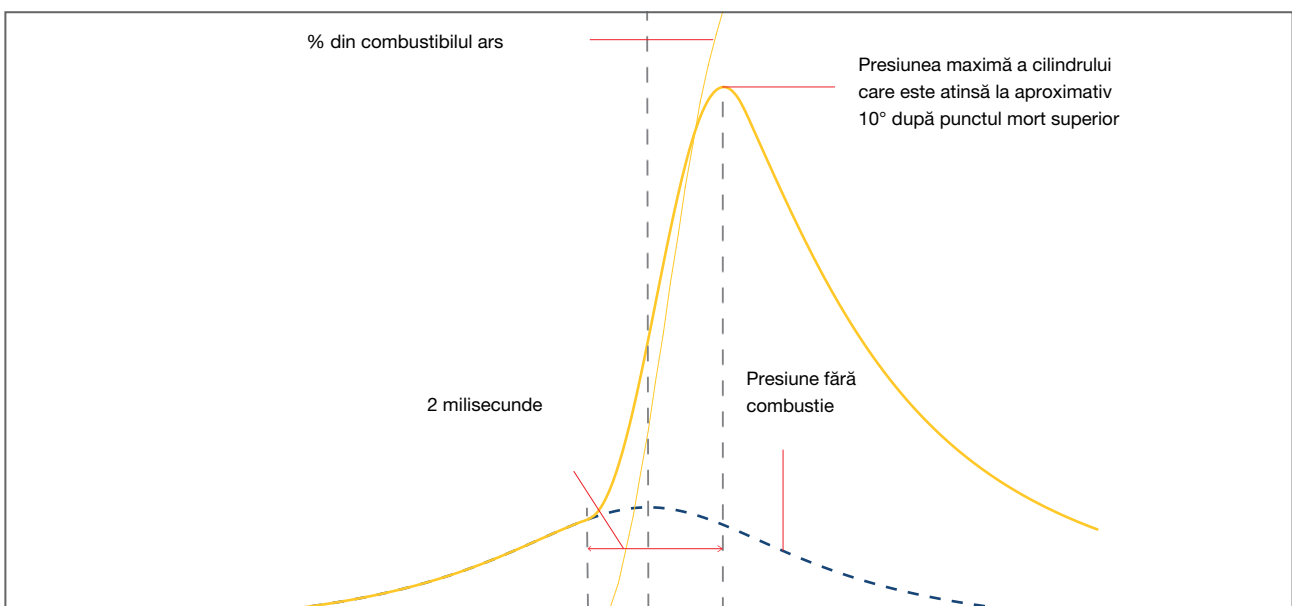


Fig 3.9 Stabilirea sincronizării aprinderii la aproximativ 2 milisecunde înainte de presiunea maximă a cilindrului este necesară

Stabilirea în avans a sincronizării aprinderii odată cu creșterea turației motorului

Dacă turația motorului este apoi mărită de la 1.500 RPM la 3.000 RPM (Fig. 3.10), presupunând că perioada de întârziere rămâne constantă la 2 milisecunde, arborele cotit se va roti acum în total cu 36° în 2 milisecunde (față de 18° la 1.500 RPM). Prin urmare, pentru a atinge presiunea maximă a cilindrului la 10° după TDC, sincronizarea aprinderii trebuie să fie acum stabilită în avans la 26° înainte de TDC (comparativ cu 8° la 1.500 RPM).

Teoretic, sincronizarea aprinderii ar fi stabilită în avans direct proporțional cu creșterea turației motorului pe întregul domeniu de turație a motorului. Întrucât eficiența motorului și a combustiei se modifică odată cu modificarea turației motorului, valoarea cu care sincronizarea aprinderii trebuie stabilită în avans atinge, în general, un nivel maxim la aproximativ 3.000-4.000 RPM pentru majoritatea motoarelor moderne produse în serie.

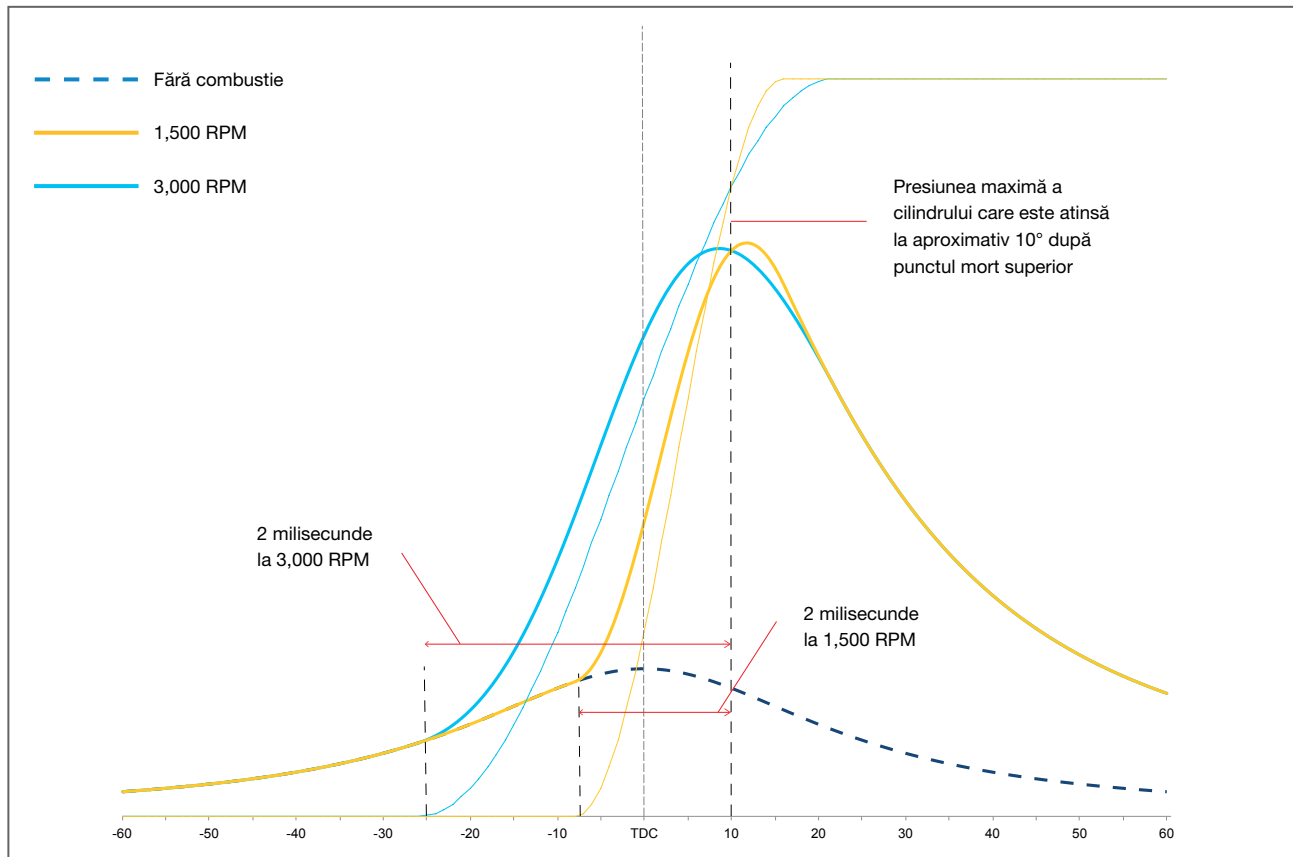


Fig. 3.10 Stabilirea în avans a sincronizării aprinderii la 1.500 și 3.000 RPM

AVANTAJUL DENSO

Bujiile DENSO: reducerea inconsecvențelor aprinderii cu întârziere

Timpul de întârziere pentru aprinderea cu întârziere poate fi inconsecvent și poate varia de la un ciclu de ardere la altul. Aceste inconsecvențe vor scurta sau prelungi apoi întregul proces de combustie, ceea ce va avansa sau întârzi timpul exact în care este atinsă presiunea maximă a cilindrului.

Producătorii de motoare trebuie, prin urmare, să ofere o marjă de siguranță pentru calculele

sincronizării aprinderii pentru a se asigura că sincronizarea aprinderii și combustia nu au loc prea devreme.

Tehnologiile bujiei DENSO includ folosirea bujiilor cu electrod fin (brevetat, cu un diametru de 0,4 mm) care ajută la reducerea inconsecvențelor în aprinderea cu întârziere; acest lucru permite producătorilor de motoare să proiecteze marje de siguranță mai mici pentru sincronizarea aprinderii, astfel încât aceasta să fie mai aproape de setarea optimă, ceea ce îmbunătățește eficiența arderii și a motorului.

Sincronizarea aprinderii depinde de sarcina motorului

Although the optimal ignition timing is initially dependent on engine speed, the timing is also changed with changes in engine load.

Cu toate că sincronizarea optimă a aprinderii depinde inițial de turația motorului, aceasta se modifică și în funcție de modificările în sarcina motorului.

Atunci când un motor funcționează în condiții de sarcină redusă, ceea ce va însemna de obicei faptul că clapeta de accelerație este deschisă doar parțial, va exista o masă redusă de aer care intră în cilindru; prin urmare presiunile cilindrului vor fi mai mici decât în cazul condițiilor de sarcină completă.

În plus, pentru motoarele de tip mai vechi și, de asemenea, pentru unele motoare moderne, pentru a ajuta la economie și emisii, raportul aer/combustibil poate fi mai sărac (mai puțină gazolină/benzină amestecată cu aerul).

Cu cât presiunea cilindrului este mai scăzută cu atât amestecurile sărace necesită mai mult timp pentru ardere, ceea ce impune ca sincronizarea aprinderii să fie stabilită și mai în avans pentru a permite mai mult timp pentru ardere și pentru a se asigura că presiunea maximă a cilindrului este atinsă încă la aproximativ 10° după TDC.

În timpul condițiilor de sarcină ușoară, sistemul EGR (sistemul de recirculare a gazelor de eșapament) poate să devieze cantități semnificative de gaze de eșapament inerte în cilindru pentru a ajuta la reducerea temperaturilor de ardere și a emisiilor nocive. Utilizarea EGR (vezi secțiunea 5.5) încetinește procesul de ardere, ceea ce va necesita din nou un avans în sincronizarea aprinderii.

Alte condiții de funcționare care afectează sincronizarea aprinderii

Pentru vehiculele mai vechi dotate cu sisteme mecanice de aprindere (a se vedea punctul 4.1), sincronizarea optimă depindea, de obicei, de turația și sarcina motorului. Cu toate acestea, sistemele de aprindere moderne controlate electronic (care de obicei fac parte din sistemele de control al motorului) modifică sincronizarea aprinderii în funcție de mai multe condiții de funcționare a motorului, care includ: turația motorului, sarcina motorului, temperatura lichidului de răcire, temperatura aerului, raportul aer/combustibil, deschiderea clapetei de accelerație, calitatea combustibilului și rata EGR.

Condițiile diferite de funcționare sunt detectate de diferiți senzori care transmit informațiile privind funcționarea prin intermediul semnalelor electronice către calculatorul de comandă motor. Calculatorul monitorizează apoi semnalele și oferă sincronizarea optimizată a aprinderii pe baza informațiilor furnizate de senzori.

Detectarea detonației

Multe motoare moderne sunt, de asemenea, echipate cu un senzor suplimentar cunoscut sub numele de „senzor de detonație” sau alte echipamente de detectare a detonației. Pot apărea modificări minore în condițiile de funcționare ale motorului care nu pot fi detectate imediat utilizând ceilalți senzori; dar dacă senzorul de detonație detectează orice detonație instantanee sau prelungită, acesta transmite această informație calculatorului de comandă al motorului. Calculatorul de comandă motor poate întârzia ușor sincronizarea aprinderii până când detonația nu mai este prezentă.

Pentru acele motoare care nu erau echipate cu toți senzorii de tip modern, calculatorul de aprindere a fost programat cu o hartă de aprindere predefinită, care ar putea să cuprindă doar turația și sarcina motorului. Cu toate acestea, pentru a se asigura că sincronizarea aprinderii nu era stabilită prea în avans sau în întârziere în timpul condițiilor critice de funcționare, o marjă de siguranță a fost inclusă în harta de sincronizare predefinită care ar putea, de exemplu, să întârzie foarte puțin sincronizarea aprinderii pentru a preveni detonația.

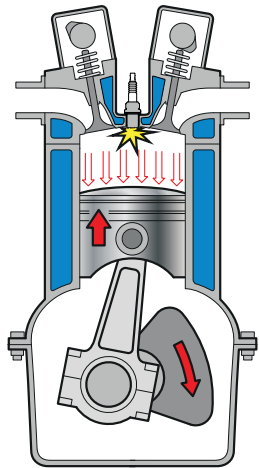
Efectele unei sincronizări stabilite în avans sau în întârziere

Pentru majoritatea motoarelor și a condițiilor de funcționare, sincronizarea aprinderii va avea loc într-un interval de doar câteva grade înainte de TDC la turații reduse ale motorului până la aproximativ 30° sau mai mult înainte de TDC la turații mai mari ale motorului. Cu toate acestea, la motoarele mai vechi, care au fost în general mai puțin eficiente și au avut modele de camere de combustie mai puțin eficiente, sincronizarea ar putea apărea adesea cu până la 45° înainte de TDC.

Pentru unele modele de motoare și în anumite condiții de funcționare (care erau de regulă legate de emisii), sincronizarea aprinderii putea avea loc imediat după TDC.

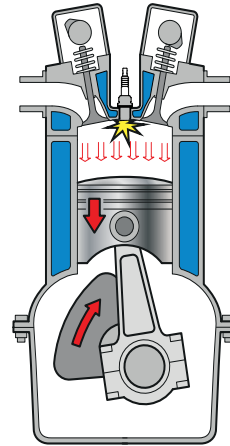
- (1) Sincronizare optimă a aprinderii.** Sincronizarea optimă a aprinderii este esențială pentru o ardere eficientă, ceea ce va duce apoi la performanțe bune ale motorului, la economie și la emisii mai puțin poluante.
- (2) Sincronizare în avans sau prematură a aprinderii.** Dacă amestecul aer/combustibil este aprins prea devreme, presiunea și temperatura cilindrului vor crește prea repede. Presiunea și temperatura pot deveni prea mari și pot crea detonația motorului, mai ales dacă o parte semnificativă a creșterii presiunii se produce în timp ce pistonul încă se deplasează în sus pe cilindru în timpul cursei de comprimare (Fig. 3.11).
- (3) Sincronizare întârziată a aprinderii.** Dacă amestecul aer/combustibil se aprinde prea târziu, creșterea presiunii cauzată de ardere va avea loc prea târziu. Pistonul se va fi mișcat deja în jos pe cilindru mai mult decât în timpul funcționării normale, prin urmare forța de creștere a presiunii care împinge pistonul pe cilindru va fi redusă și va fi produsă o putere mai mică (Fig. 3.12).

Fig. 3.13 prezintă o comparație a efectelor sincronizării în avans, întârziate și optime a aprinderii.



Dacă scânteia apare prea curând (sincronizare în avans a aprinderii), presiunea cilindrului va crește prea devreme în timp ce pistonul continuă să urce pe cursa de compresie. Creșterea timpurie a presiunii cilindrului poate duce la detonația motorului.

Fig. 3.11 Sincronizarea în avans a aprinderii



Dacă scânteia apare prea târziu (sincronizare întârziată a aprinderii), creșterea presiunii va avea loc, de asemenea, prea târziu. Este posibil ca pistonul să se fi mișcat deja în jos pe cilindru la următoarea cursă; iar creșterea presiunii cauzată de ardere va avea, prin urmare, un efect redus asupra împingerii pistonului pe cilindru.

Fig. 3.12 Sincronizarea întârziată a aprinderii

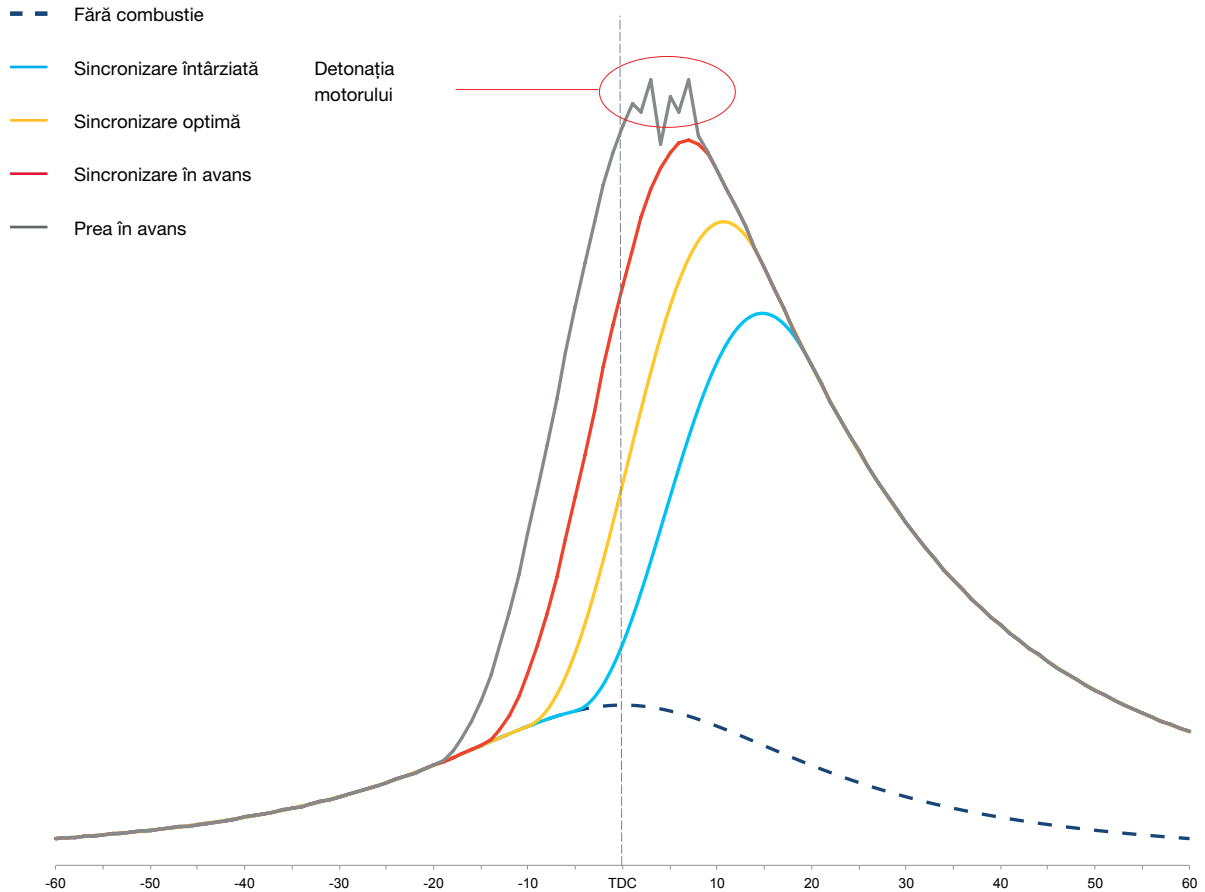


Figura 3.13 Comparare a sincronizării în avans, întârziată și optime a aprinderii

4. SISTEME DE APRINDERE MECANICE ȘI ELECTRONICE

4.1. Sistemul de aprindere mecanic de bază

Comutarea mecanică a circuitului primar

Fig. 4.1 prezintă componentele principale ale unui sistem mecanic de aprindere, care se bazează pe principiile sistemului de aprindere Kettering.

Bateria furnizează o sursă de alimentare de 12 volți la bobina de aprindere prin intermediul contactului de aprindere. Sursa de alimentare trece prin înfășurarea primară a bobinei și până la masă prin intermediul unui „ruptor“.

Prima fază de funcționare: perioada de încărcare /dwell a bobinei

Fig. 4.2 prezintă prima fază de funcționare pentru sistemul acționat mecanic.

Bateria furnizează o sursă de alimentare de 12 volți la bobina de aprindere prin intermediul contactului de aprindere. Sursa de alimentare trece prin înfășurarea primară a bobinei și până la masă prin intermediul unui „ruptor“.

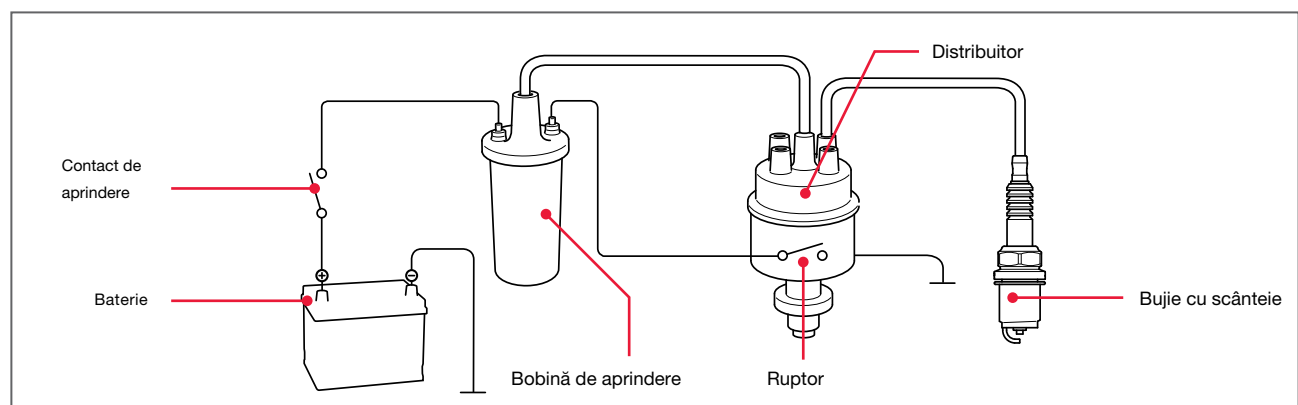


Fig. 4.1 Componentele principale ale sistemului mecanic de aprindere

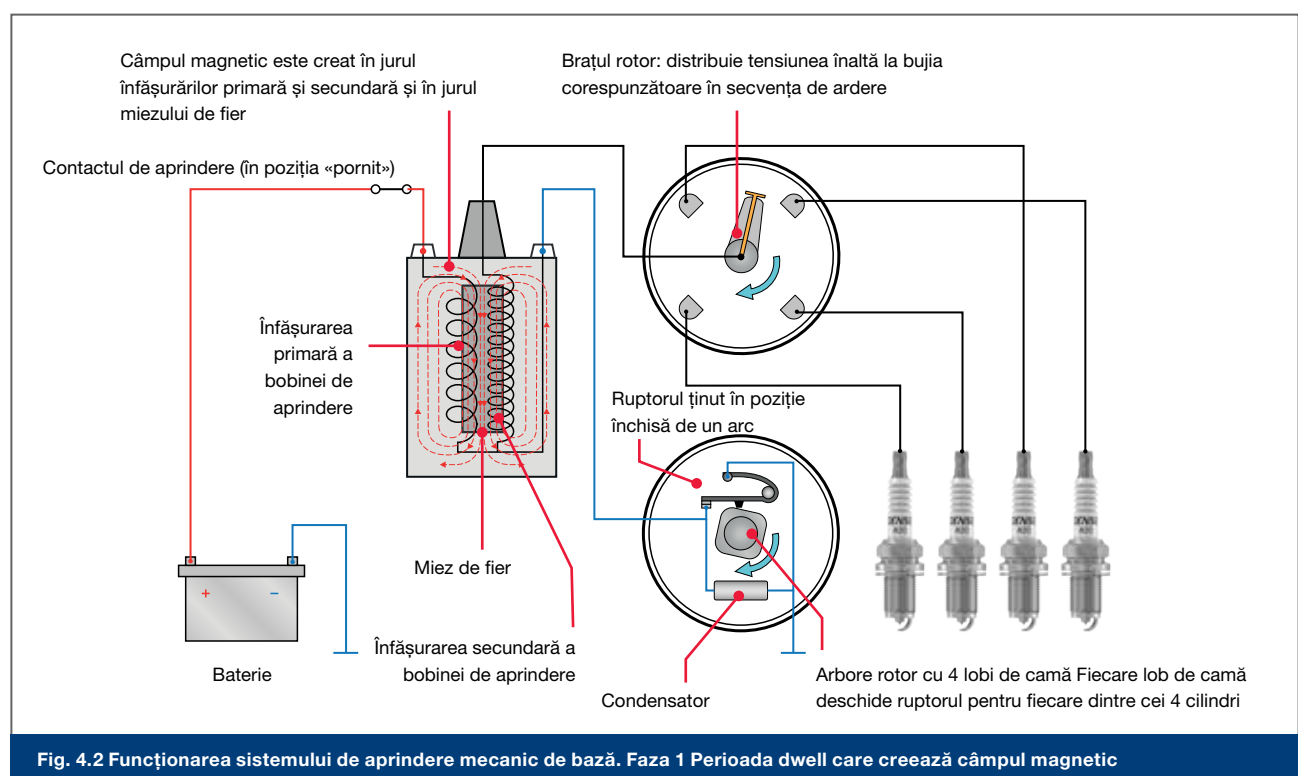


Fig. 4.2 Funcționarea sistemului de aprindere mecanic de bază. Faza 1 Perioada dwell care creează câmpul magnetic

4.1. Sistemul de aprindere mecanic de bază	16
4.2. Sistem de aprindere electronic de tip vechi	20
4.3. Sistem de aprindere electronic modern	21

Un arc care face parte din ansamblul ruptorului ține contactul în poziția închisă, ceea ce permite curentului electric să curgă prin înfășurarea primară a bobinei. Fluxul de curent creează apoi un câmp magnetic în jurul înfășurărilor primară și secundară.

Pentru comoditate, Fig. 4.2 prezintă înfășurarea secundară a bobinei de aprindere situată în apropierea înfășurării primare, dar, de fapt, înfășurările primară și secundară ale bobinei sunt ambele înfășurate în jurul miezului de fier.

A doua fază de funcționare: descărcarea de tensiune înaltă

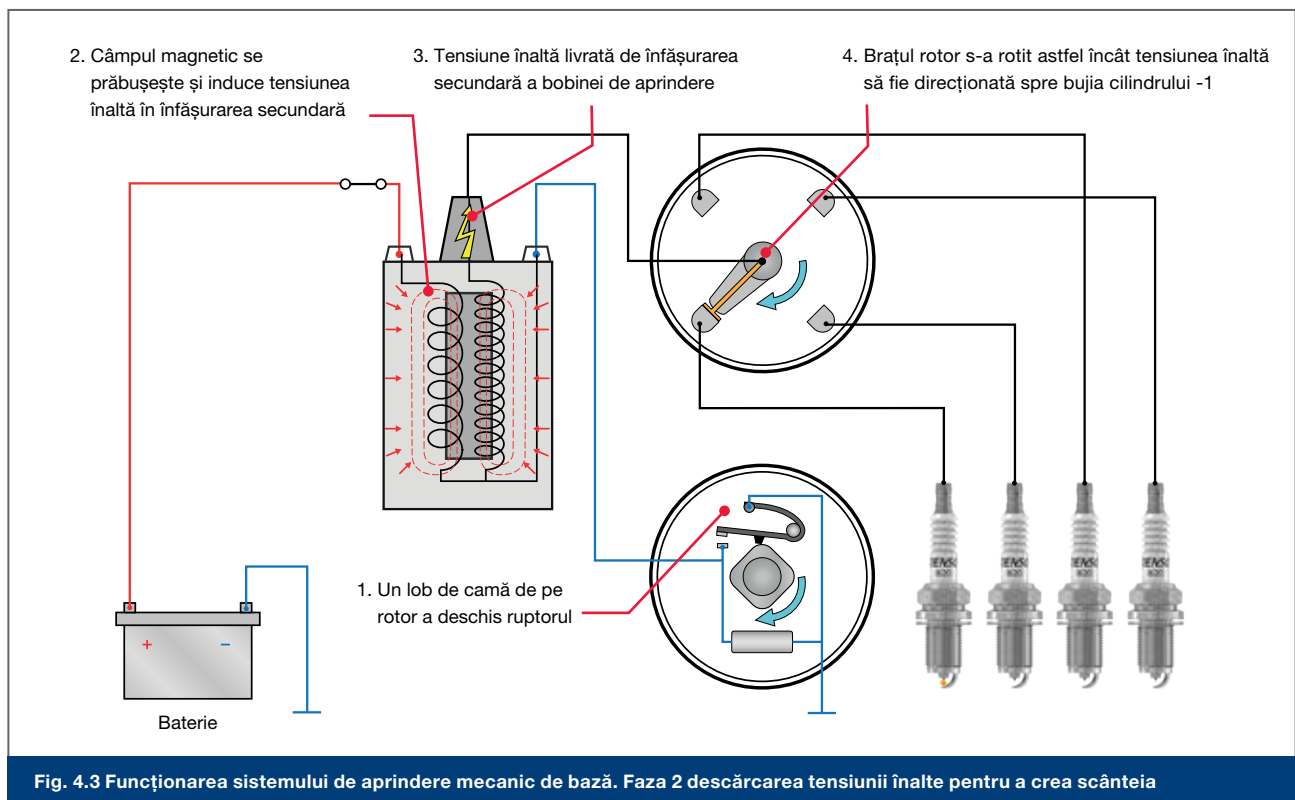
O serie de lobi de camă (câte unul pentru fiecare cilindru) sunt atașați la un arbore rotor situat în interiorul corpului distribuitorului (Fig. 4.3). Arborele rotor este conectat la arborele cu came, rotindu-se la jumătate din turația motorului. Lobii de camă rotativi forțează ruptorul să se deschidă la momentul potrivit, ceea ce rupe imediat fluxul de curent prin înfășurarea primară a bobinei. Câmpul magnetic se va prăbuși apoi foarte rapid pe ambele înfășurări primară și secundară, ceea ce induce o tensiune înaltă în înfășurarea secundară.

Tensiunea înaltă trece apoi printr-un cablu izolat către brațul rotor situat în interiorul capacului distribuitorului. Deoarece brațul rotor se rotește și pe arborele rotor, acesta poate direcționa tensiunea înaltă în ordine spre cele patru contacte din capacul distribuitorului. Tensiunea înaltă trece apoi către bujii prin cabluri izolate.

Condensator în circuitul primar

Când se deschide ruptorul, câmpul magnetic în prăbușire poate induce în înfășurarea primară un curent electric cu o tensiune de aproximativ 150 până la 200 de volți. Acest curent va încerca să treacă de ruptorul deschis și să creeze un arc electric care ar eroda rapid fețele de contact ale întrerupătorului. Acest curent indus ar avea de asemenea efectul de a menține câmpul magnetic în jurul înfășurărilor primară și secundară, împiedicând astfel prăbușirea rapidă a câmpului magnetic, ceea ce ar împiedica inducerea tensiunii înalte în înfășurarea secundară.

Prin urmare, un condensator este conectat la circuitul primar, astfel încât tensiunea indusă să fie absorbită și stocată în mod eficient în condensator. Atunci când ruptorul se închide din nou (pentru a permite încă o dată curgerea curentului prin înfășurarea primară), condensatorul poate descărca energia electrică stocată înapoi în circuitul primar, ceea ce ajută la crearea următorului câmp magnetic.



Mecanisme de stabilire în avans/întârziere a sincronizării aprinderii

În capitolul 3 se explică faptul că sincronizarea aprinderii trebuie să se schimbe odată cu modificarea turației și a sarcinii motorului.

Pentru sistemele de aprindere mecanice, stabilirea în avans a sincronizării odată cu creșterea turației motorului a fost realizată folosind greutateți pivotate și arcuri (Fig. 4.4). Greutățile sunt montate pe o placă care este atașată la ansamblul arborelui rotor; prin urmare greutatețile și placa se rotește odată cu arborele. Pe măsură ce turația motorului crește, efectele forței centrifuge împing greutatețile spre exterior împotriva tensiunii arcurilor mici. Deplasarea greutateților avansează apoi rotirea lobilor de camă pe arborele rotor, ceea ce face ca deschiderea ruptorului să avanseze, de asemenea, avansând astfel sincronizarea aprinderii.

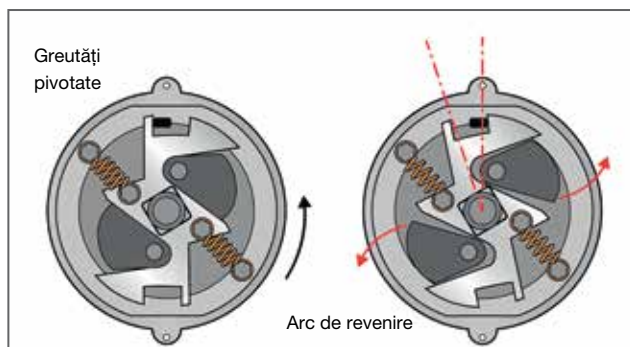


Fig. 4.4 Mecanismul de avansare mecanic a sincronizării în raport cu turația

Un al doilea mecanism este utilizat apoi pentru a modifica sincronizarea aprinderii odată cu modificările sarcinii motorului (Fig. 4.5). Ruptorul este montat pe o placă de bază care se poate roti ușor în sensul acelor de ceasornic sau în sens invers acelor de ceasornic. Placa de bază este apoi conectată la o capsulă cu diafragmă care primește presiunea galeriei de admisie printr-un tub.

Când presiunea galeriei de admisie se modifică odată cu modificarea sarcinii motorului, diafragma se mișcă și face ca placa de bază și ruptorul să se rotească ușor.

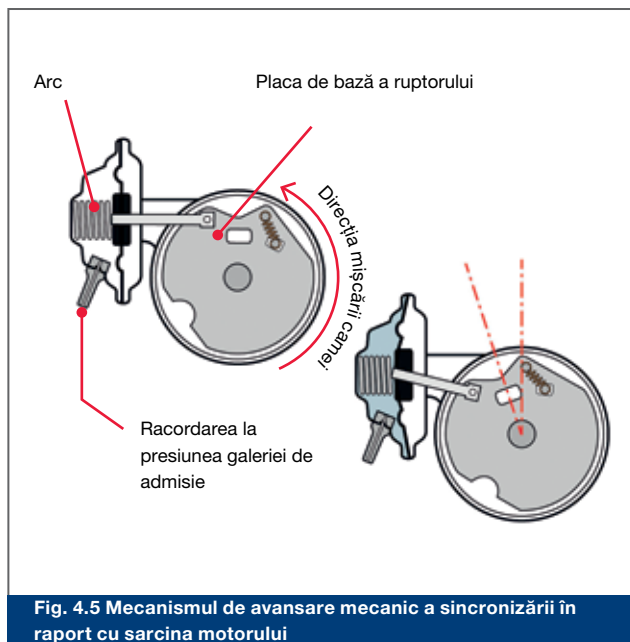
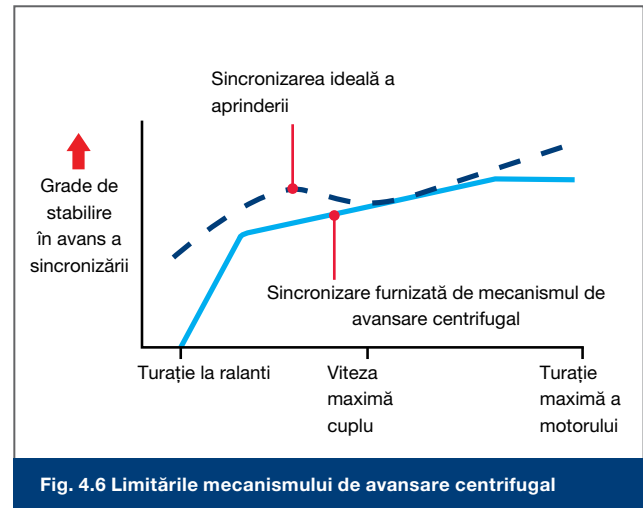


Fig. 4.5 Mecanismul de avansare mecanic a sincronizării în raport cu sarcina motorului

Rotirea plăcii de bază și a ruptorului modifică apoi sincronizarea aprinderii odată cu modificările sarcinii motorului.

Limitări ale sistemelor de sincronizare mecanice

Precizia sincronizării aprinderii pe sistemele de aprindere mecanice este limitată la capacitățile componentelor hardware. Reglajele fine, ajustările și înlocuirile componentelor au fost adesea necesare ca parte a unui program de întreținere de rutină. Ca un exemplu al limitărilor, Fig. 4.6 arată un grafic tipic



de stabilire în avans a sincronizării legată de turația tipică a motorului pentru un sistem de aprindere mecanic, comparativ cu cerința de sincronizare ideală.

Datorită utilizării arcurilor de revenire progresive (Fig. 4.4), avansul sincronizării furnizat de sistemul centrifugal crește în două etape liniare. Cu toate acestea, avansul ideal al sincronizării se modifică într-o progresie neliniară. Pentru a se asigura că sincronizarea nu este niciodată stabilită prea în avans, sincronizarea centrifugală trebuie setată astfel încât sincronizarea aprinderii să fie întotdeauna ușor întârziată față de valoarea ideală.

Perioada dwell / unghiul dwell

Pe un sistem de aprindere mecanic, perioada dwell începe atunci când lobii de camă rotativi permit ruptorului să se închidă, astfel încât curentul să curgă prin înfășurarea primară a bobinei. Perioada dwell se încheie atunci când unul din lobii de camă forțează ruptorul să se deschidă din nou, ceea ce oprește fluxul de curent către înfășurarea primară. Perioada dwell poate fi, prin urmare, specificată ca unghiul de rotație a lobilor de camă în timp ce ruptorul se află în poziția închisă.

Figura 4.7 arată 4 lobii de camă (pentru un motor cu 4 cilindri), ceea ce înseamnă că vor exista 90° între aceleași puncte ale lobilor de camă adiacenți. Forma lobilor de camă în exemplul respectiv permite ruptorului să rămână închis pentru o rotație de 60°. Prin urmare, există un unghi dwell de 60 de grade când ruptorul este închis și curentul curge prin înfășurarea primară a bobinei.

Dacă, de exemplu, un arbore cotit se rotește la 1.000 rpm, rotorul distribuitorului (care se rotește la jumătatea turației motorului) se va roti la 500 rpm. La această turație, arborele distribuitorului are nevoie de 20 de milisecunde ca să se rotească prin unghiul dwell de 60°, dar deoarece bobina de aprindere necesită doar un timp de încărcare de aproximativ 4 milisecunde, există timp dwell mai mult decât suficient pentru formarea câmpului magnetic în bobină.

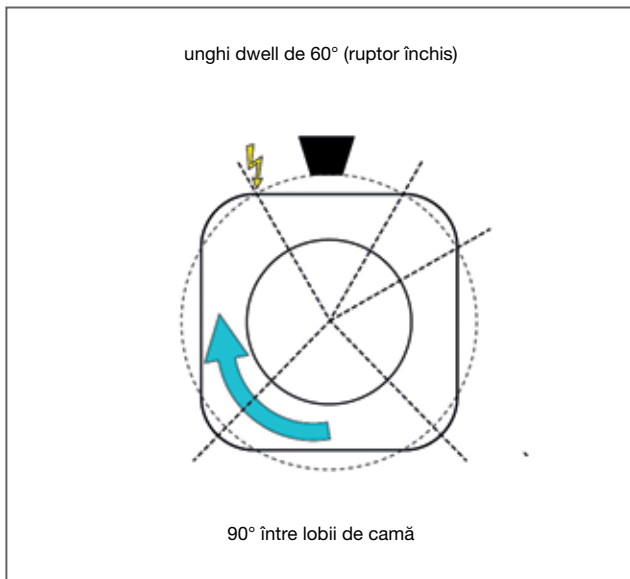


Fig. 4.7 Unghiul dwell prezentat ca 60° din rotația arborelui distribuitor

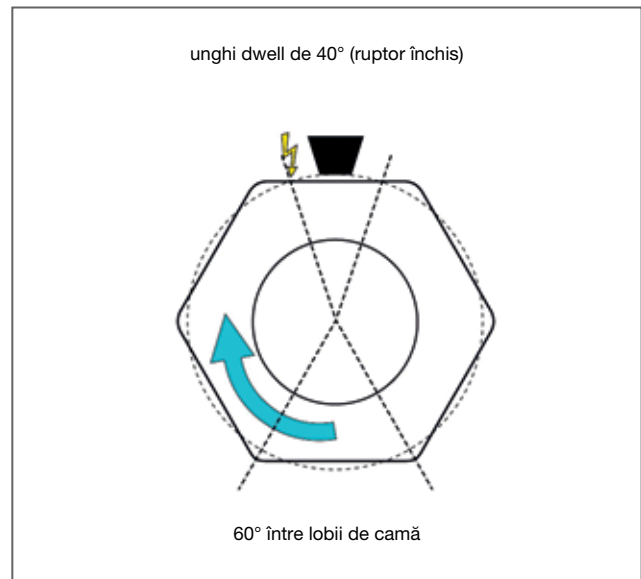


Fig. 4.8 Unghiul dwell prezentat ca 40° din rotația arborelui distribuitor pentru un motor cu 6 cilindri

Atunci când motorul se rotește apoi la 5.000 RPM, același unghi de 60° a rotației arborelui distribuitor va dura doar 4 milisecunde, ceea ce reprezintă exact timpul potrivit pentru încărcarea bobinei cu un câmp magnetic la putere maximă. Dacă însă motorul s-ar roti mai repede, nu ar fi suficient timp să se încarce complet bobina de aprindere, ceea ce ar avea ca rezultat reducerea energiei în câmpul magnetic și reducerea tensiunii care este furnizată bujiilor.

Problema reducerii timpului dwell când turația motorului crește va fi mai semnificativă pentru motoarele cu mai mulți cilindri. De exemplu, pe un motor cu 6 cilindri, vor exista 6 lobi de camă, cu numai 60° între fiecare lob (Fig. 4.8) și doar 40° pentru unghiul dwell. Drept rezultat, la o turație a motorului de 5.000 RPM, unghiul dwell de 40° va dura doar 2.6 milisecunde. Dacă bobina necesită 4 milisecunde pentru a se încărca complet, timpul dwell va fi mult prea scurt, ceea ce va duce la o tensiune mai mică și poate duce la rateuri de combustie.

S-au aplicat soluții diferite la sistemele de aprindere mecanice pentru a depăși problema reducerii timpului dwell. O soluție a fost utilizarea unei bobine de aprindere mai puternice. O altă soluție extremă care a fost utilizată pentru motoarele cu turbocompresoare cu 8 sau 12 cilindri a fost montarea a doi distribuitori separați, fiecare cu bobina proprie de aprindere. Prin urmare, motoarele au dispus în mod efectiv de două sisteme separate de aprindere care au livrat tensiunea înaltă la bujii pentru jumătate din cilindrii motorului.

AVANTAJUL DENSO

Sistemul mecanic ne ajută să înțelegem dezvoltarea sistemelor actuale digitale de aprindere.

Singura componentă critică a sistemului de aprindere care nu a fost înlocuită niciodată și probabil nu va fi înlocuită niciodată este bujia.

Este esențial ca bujia să ofere o performanță ridicată și o aprindere sincronizată cu precizie. DENSO înțelege că este necesară o calitate superioară pentru a răspunde acestor cerințe ale producătorilor de motoare.

Pentru a realiza acest lucru, DENSO combină cele mai bune și dovedite sisteme de calitate cu ani de experiență.

4.2. Sistem de aprindere electronic de tip vechi

Comutare electronică pentru circuitul electric al înfășurării primare. Generațiile timpurii ale sistemelor electronice de aprindere au fost de fapt o evoluție a sistemelor mecanice. Figura 4.8 prezintă componentele principale ale unui sistem electronic de tip vechi care păstrează mecanismele mecanice de stabilire în avans și în întârziere, precum și brațul rotor care a fost utilizat pe sistemele complet mecanice. Cu toate acestea, o schimbare majoră pentru sistemele electronice a fost utilizarea dispozitivelor electronice pentru a porni și a opri fluxul de curent prin înfășurarea primară în loc să utilizeze un comutator mecanic al ruptorului, care nu era precis și necesita o întreținere regulată. Un tranzistor funcționează ca un comutator electronic pentru circuitul primar și face parte dintr-un amplificator relativ simplu, denumit adesea „modul de aprindere” sau „electrod de aprindere”. Electrozii de aprindere răspundeau la un semnal de declanșare sau de sincronizare care era furnizat de un senzor de sincronizare sau de un generator de semnale care se afla, de obicei, în interiorul corpului distribuitorului de aprindere. Au existat două tipuri principale de senzori de sincronizare, cunoscuți ca senzori inductivi și cu efect Hall. Exemplul prezintă un senzor de tip inductiv care utilizează puncte de referință (câte unul pentru fiecare cilindru) amplasate pe arborele rotor al distribuitorului. Când rotorul se rotește, punctele de referință treceau peste o bobină mică de sârmă care era înfășurată în jurul unui magnet permanent. Când fiecare punct de referință trecea pe lângă magnet și bobină, câmpul magnetic se schimba sau fluctua, ceea ce inducea apoi un mic curent electric sau un impuls electric în bobina de sârmă. Impulsurile electrice furnizau apoi un semnal de referință de sincronizare pentru electrodul de aprindere, care apoi oprea curentul electric la înfășurarea primară a bobinei de aprindere.

Timpul dwell constant și energia constantă

Deși au existat o serie de variații ale sistemelor de tip vechi, pentru cele mai multe variante, electrodul de aprindere controla și când curentul electric la înfășurarea primară era pornit, precum și când era oprit. De fapt, electrodul de aprindere controla cât timp curentul electric curgea prin înfășurarea primară, care reprezintă timpul dwell.

Spre deosebire de sistemele mecanice de aprindere la care timpul dwell scade odată cu creșterea turației motorului, timpul dwell al sistemelor electronice este menținut la o perioadă de timp relativ constantă, indiferent de turația motorului. În plus, pentru a permite utilizarea bobinelor de aprindere de mare putere, care funcționează cu fluxuri de curent mai mari prin înfășurarea primară, electrozii de aprindere conțin, de asemenea, un dispozitiv electronic de limitare a curentului. Limitatorii de curent permit inițial trecerea unui flux de curent ridicat prin înfășurarea primară, dar odată ce curentul atinge un nivel maxim definit, curentul este apoi limitat pentru a preveni supraîncălzirea circuitului.

Utilizarea unui timp dwell relativ constant combinat cu limitarea curentului permite ca energia câmpului magnetic din bobina de aprindere să fie aproape constantă, indiferent de turația motorului și indiferent de modificările normale ale tensiunii bateriei. Aceste sisteme electronice de aprindere au fost, prin urmare, denumite sisteme de aprindere „cu energie constantă”.

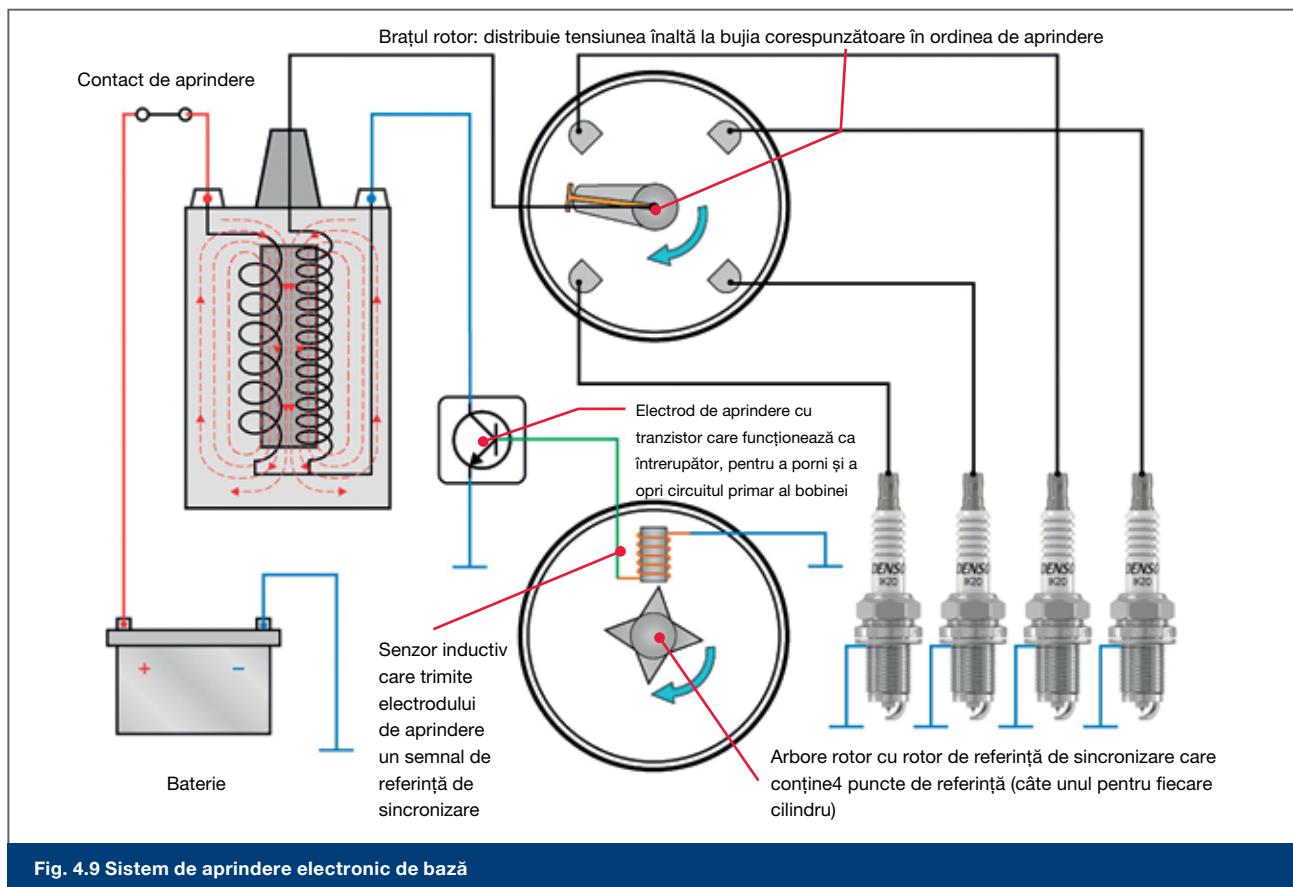


Fig. 4.9 Sistem de aprindere electronic de bază

4.3. Sistem de aprindere electronic modern

Comandă electronică a sincronizării

Deși sistemele de aprindere electronice de tip vechi asigurau o comandă electronică a timpului dwell și o comutare electronică sigură a curentului care curgea prin înfășurarea primară a bobinei, acestea utilizau în continuare mecanismele mecanice de stabilire în avans și de întârziere a sincronizării. Aceste sisteme mecanice de sincronizare nu puteau oferi sincronizarea optimă a aprinderii la toate turațiile și sarcinile motorului (vezi secțiunea 4.1). Datorită reglementărilor din ce în ce mai severe privind emisiile, era necesară o sincronizare mai precisă și fiabilă a aprinderii, ceea ce a dus la introducerea unui control electronic al sincronizării, care putea oferi în mod constant o sincronizare optimă a aprinderii într-o gamă mai largă de condiții de funcționare.

Controlul motorului: integrarea cu alte sisteme de motoare

Sistemele electronice de aprindere au evoluat progresiv în anii 1980 și 1990, cu caracteristici și capabilități suplimentare. Sistemele electronice de aprindere mai avansate foloseau computere sofisticate sau unități electronice de control (ECU), dar aprinderea, injecția de carburant, emisiile și alte sisteme aferente motorului încă funcționau ca sisteme separate. Deoarece aceste sisteme separate erau controlate în mod eficient de computer și necesitau informații privind funcționarea motorului similare sau identice, diferitele sisteme au fost integrate în curând într-un singur sistem de control al motorului, care folosea un singur calculator sau unitate electronică pentru a controla funcționarea tuturor sistemelor.

Unitatea electronică de comandă permite utilizarea de informații de funcționare suplimentare și mai precise privind motorul, informații furnizate de diferiți senzori (Fig. 4.10). Senzorii sunt utilizați pentru a detecta condițiile de funcționare a motorului, cum ar fi viteza și poziția arborelui cotit, poziția arborelui cu

came, masa aerului de admisie, poziția clapetei de accelerație și temperatura lichidului de răcire. Informațiile de la senzori sunt transmise apoi unei unități electronice de control, care calculează efectiv sincronizarea optimă a aprinderii dintr-o hartă de aprindere programată. Unitate electronică de control transmite apoi un semnal de sincronizare electrozudului de aprindere, care pornește și oprește curentul electric la înfășurarea primară. Rețineți că, pentru multe sisteme de aprindere, electrozudul de aprindere este, de fapt, integrat în unitatea electronică de control.

Senzori de turație a motorului și de referință a sincronizării

Exemplul de sistem de aprindere din Fig. 4.10 prezintă un senzor inductiv care este situat adiacent arborelui cotit. În acest exemplu, un disc rotor atașat la arborele cotit are 60 de puncte de referință, fiecare reprezentând 6° din rotația arborelui cotit. Când arborele cotit și discul se rotesc, fiecare dintre punctele de referință se va mișca dincolo de senzorul inductiv, ducând la inducerea unui mic impuls electric într-o bobină de sârmă situată în corpul senzorului. Seria de impulsuri de referință este transmisă unității electronice de control al aprinderii, care are apoi o indicație a vitezei și poziției arborelui cotit. Dintele lipsă de pe discul rotorului oferă un impuls unic (așa cum este arătat în osciloscopul din figura 4.10) care oferă o referință de bază pentru poziția arborelui cotit ce indică o poziție specifică a arborelui cotit (de obicei indică TDC pentru cilindrul 1). Folosind informațiile de la senzor, unitatea electronică de control poate calcula apoi poziția unghiulară exactă a arborelui cotit și apoi poate asigura o sincronizare a aprinderii extrem de precisă.

Diferite sisteme de aprindere au folosit discuri de rotor care adesea făceau parte din roata de transmisie frontală a motorului sau volantul. Discurile pot avea între 2 și maxim 360 de puncte de referință.

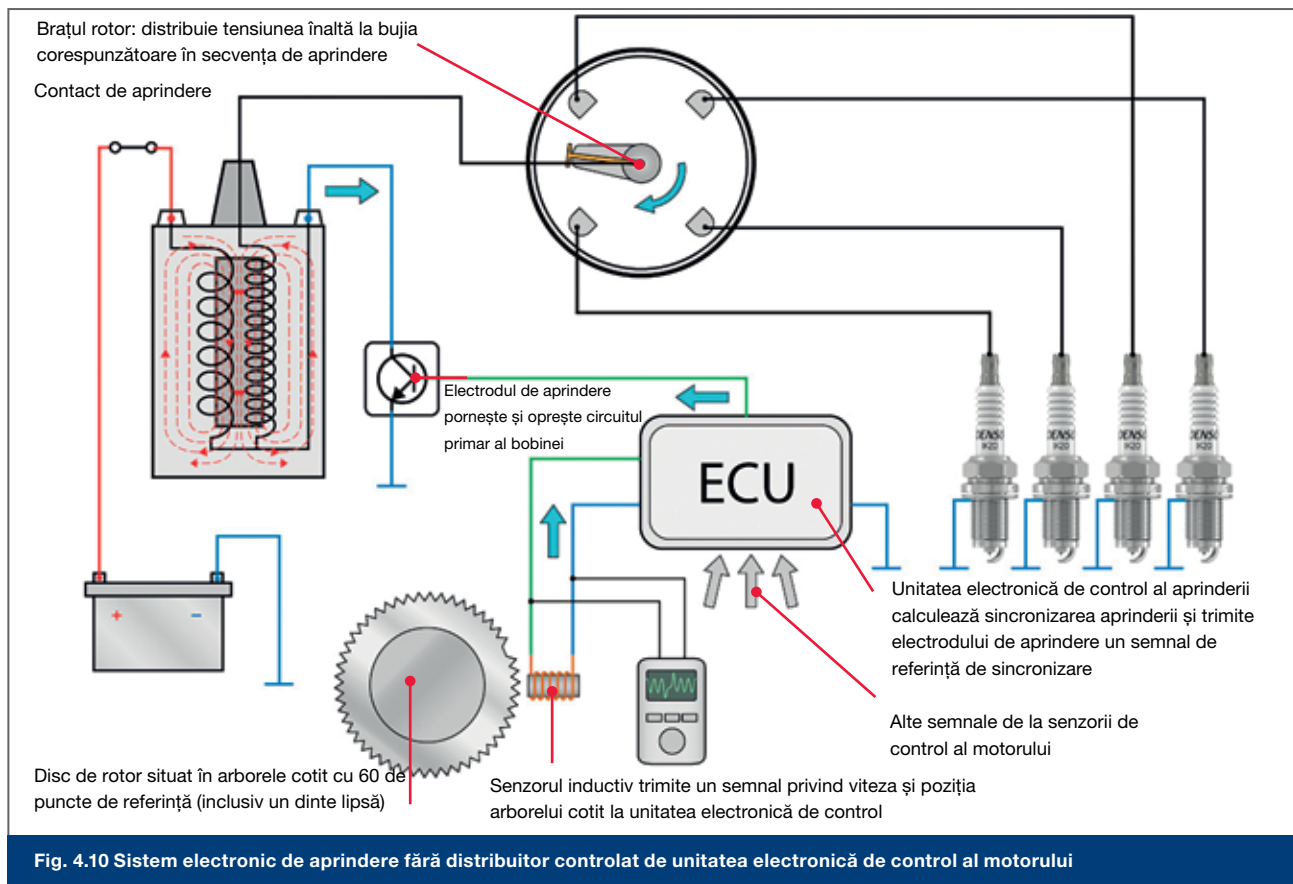


Fig. 4.10 Sistem electronic de aprindere fără distribuitor controlat de unitatea electronică de control al motorului

Bobine multiple de aprindere / aprindere fără distribuitor (DLI)

S-a subliniat anterior faptul că un dezavantaj major al utilizării unei singure bobine de aprindere este acela că, la turații mari ale motorului, este disponibil un timp (dwell) redus pentru formarea câmpului magnetic în bobina de aprindere la putere maximă. Această problemă este valabilă mai ales pentru motoarele cu turații mari și pentru motoarele cu 6 sau mai mulți cilindri, dar timpul dwell a devenit și mai important, deoarece bobinele de aprindere moderne trebuie să furnizeze tensiuni încă și mai mari decât în trecut pentru a ajuta îmbunătățirea eficienței aprinderii și arderii.

O soluție evidentă este utilizarea unei singure bobine pentru fiecare bujie (așa cum se arată în figura 4.11), ceea ce înseamnă că fiecare bobină trebuie să se încarce o singură dată în timpul unui ciclu complet al motorului. Prin comparație, pe un motor cu 12 cilindri cu o singură bobină, bobina ar trebui să se încarce de 12 ori pentru fiecare 2 rotații ale arborelui cotit. Când se utilizează o bobină individuală pentru fiecare bujie, este necesar un electrod de aprindere individual pentru fiecare bobină. Electrozii de aprindere individuali ar putea fi integrați în unitatea electronică de control al motorului sau amplasați separat.

Cu toate acestea, în prezent bobinele de aprindere sunt utilizate (cum ar fi bobinele compacte DENSO) cu electrodul de aprindere amplasat în ansamblul bobinei. Un alt beneficiu al utilizării bobinelor individuale de aprindere este acela că brațul rotor și capacul distribuitorului nu mai sunt necesare, eliminând astfel arcul electric care poate apărea la contactele capacului distribuitorului, ceea ce reduce cerințele de întreținere și îmbunătățește fiabilitatea.

Unele tipuri de sisteme de aprindere fără distribuitor încă făceau conexiunea bobinelor de aprindere cu bujiile folosind conductoare izolate; pentru majoritatea sistemelor moderne de control al motoarelor, bobinele de aprindere sunt montate direct pe bujii, ceea ce elimină nevoia conductoarelor. Cu tehnologiile moderne, calculatoarele au devenit mai puternice. Un singur calculator poate face operațiunile pentru care în trecut era nevoie de mai multe calculatoare. Acest lucru este valabil și pentru unitățile electronice de control al motorului.

În prezent, majoritatea vehiculelor sunt echipate cu o singură unitate electronică de control al motorului, care controlează funcționarea completă a motorului, inclusiv sistemul de aprindere, injecția de carburant, EGR și multe altele. Unitate electronică de control al motorului este alimentată cu informații de la diferiți senzori (furnizați de asemenea de DENSO).

Capacitatea de a controla bobinele individuale de aprindere permite unității electronice de control să oprească complet funcționarea oricărei bobine (și a unui injector de combustibil) în cazul în care are loc un ratu de combustie într-un cilindru. Când are loc un ratu de combustie, cresc emisiile dăunătoare, dar combustibilul ners sau ars parțial și oxigenul în exces vor trece apoi la convertizorul catalitic. Convertizorul catalitic va deveni apoi ineficient, însă expunerea pe termen lung la oxigenul în exces și la combustibilul ners (care poate de fapt să se aprindă în convertizorul catalitic) va provoca daune.

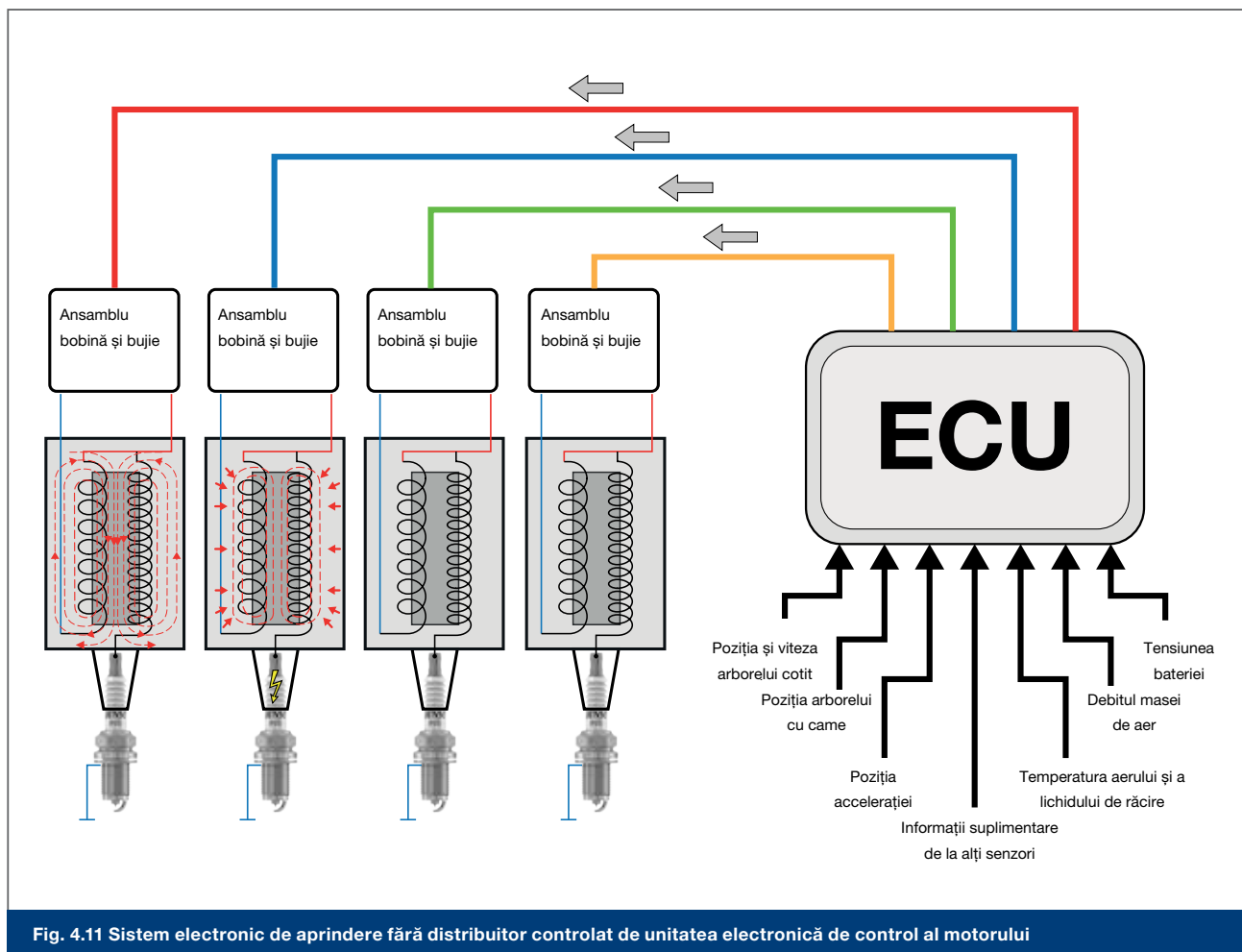


Fig. 4.11 Sistem electronic de aprindere fără distribuitor controlat de unitatea electronică de control al motorului



AVANTAJUL DENSO

Bobine de aprindere

Pe lângă faptul că este un producător important de bujii, DENSO este un lider în tehnologia aprinderii, lucrând în strânsă colaborare cu producătorii de vehicule din întreaga lume. Am dezvoltat prima bobină de aprindere compactă din industrie.

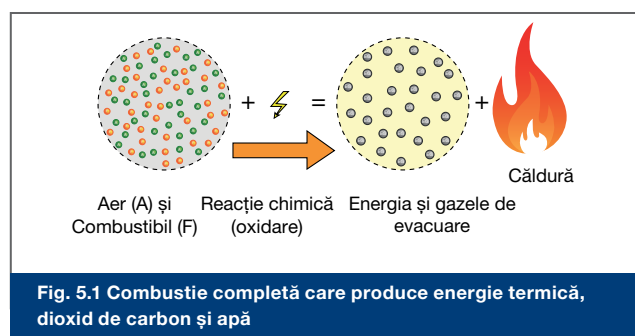
DENSO a deschis, de asemenea, calea utilizării circuitelor de comandă de dimensiuni mici și înfășurărilor diagonale inductive pentru o performanță îmbunătățită într-un spațiu mai mic. Aceste inovații de proiectare, și altele, apar în bobinele de aprindere DENSO pentru piața pieselor de schimb, asigurând performanțe de aprindere fiabile și eficiente în fiecare călătorie.

5. PROCESUL DE COMBUSTIE ÎN DETALIU

5.1. Arderea combustibilului și a oxigenului

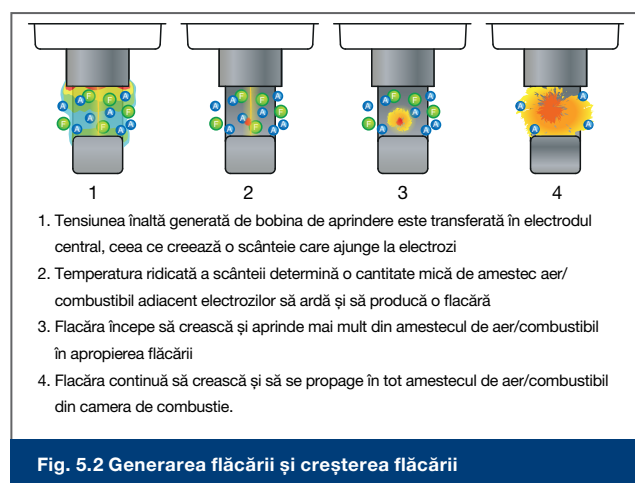
Obținerea energiei din reacții chimice

Combustia este un proces în care au loc reacții chimice între combustibil și oxigen; acest proces este, de asemenea, cunoscut sub numele de oxidare. Reacțiile determină apoi eliberarea energiei stocate în combustibil ca energie termică. Într-un motor cu combustie, combustibilul este amestecat cu aer care conține oxigenul necesar. Este necesară o sursă de temperatură ridicată pentru inițierea reacțiilor chimice ale amestecului de aer și combustibil. Cantitatea mare de energie termică produsă în timpul arderii este apoi utilizată pentru a dilata gazele din cilindru.



Într-un motor pe benzină/gazolină, în timpul cursei de compresie se produce căldură, dar această căldură nu este suficientă pentru a aprinde amestecul de aer/combustibil. Prin urmare, este utilizată o bujie pentru a genera o scânteie fierbinte sincronizată cu precizie (până la 10.000 °C sau mai mult) care mărește temperatura combustibilului deasupra „temperaturii de aprindere”.

Este posibil să se folosească doar căldura produsă prin compresie pentru a aprinde combustibilul, acesta fiind modul în care funcționează un motor diesel. Raporturile mai ridicate de compresie utilizate într-un motor diesel creează presiuni și temperaturi mai ridicate ale cilindrilor; și prin injectarea combustibilului diesel în aerul comprimat încălzit la momentul potrivit, este posibil să se obțină aprinderea sincronizată în mod precis și arderea combustibilului.

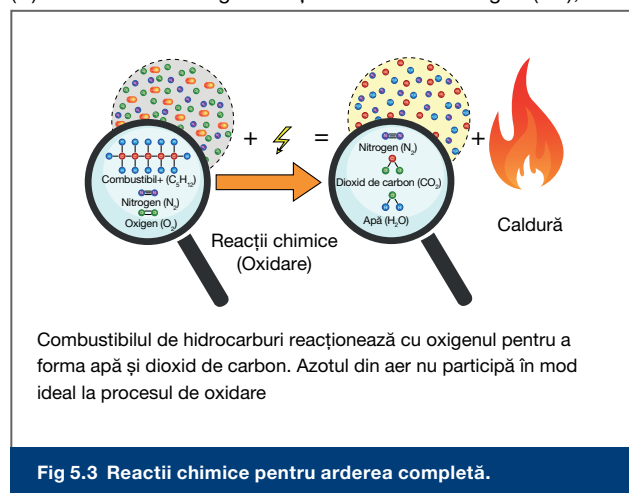


La un motor pe benzină/gazolină, scânteia aprinde doar o mică cantitate de amestec de combustibil și aer expus direct la scânteie; dar această ardere localizată creează apoi o flacără cu temperaturi de aproximativ 3.000 °C la nucleul flăcării. Flacără se dezvoltă într-o flacără auto-susținută și se propagă în întregul amestec comprimat până când, în mod ideal, tot combustibilul și oxigenul este consumat prin ardere (vezi secțiunea 5.3, care se referă la arderea slabă).

Reacțiile chimice și raportul ideal aer/combustibil pentru combustie.

Benzina/gazolina este un combustibil de hidrocarburi (HC) cu molecule conținând atomi de hidrogen (H) și atomi de carbon (C). Moleculele de oxigen conțin doi atomi de oxigen (O₂), iar în timpul arderii, atunci când are loc oxidarea, hidrogenul și oxigenul reacționează pentru a forma H₂O (apă), carbonul și oxigenul reacționând pentru a forma CO₂ (dioxid de carbon). Aceste reacții chimice care apar în timpul arderii produc cantități mari de căldură. Cu toate acestea, pentru a crea arderea completă a combustibilului și a oxigenului și pentru a produce energie termică maximă, combustibilul trebuie să poată să se amestece și să reacționeze exact cu cantitatea potrivită de oxigen.

Benzina/gazolina este un combustibil de hidrocarburi (HC) cu molecule conținând atomi de hidrogen (H) și atomi de carbon (C). Moleculele de oxigen conțin doi atomi de oxigen (O₂), iar



Combustibilul de hidrocarburi reacționează cu oxigenul pentru a forma apă și dioxid de carbon. Azotul din aer nu participă în mod ideal la procesul de oxidare

în timpul arderii, atunci când are loc oxidarea, hidrogenul și oxigenul reacționează pentru a forma H₂O (apă), carbonul și oxigenul reacționând pentru a forma CO₂ (dioxid de carbon). Aceste reacții chimice care apar în timpul arderii produc cantități mari de căldură. Cu toate acestea, pentru a crea arderea completă a combustibilului și a oxigenului și pentru a produce energie termică maximă, combustibilul trebuie să poată să se amestece și să reacționeze exact cu cantitatea potrivită de oxigen.

Amestecul și distribuția uniformă a combustibilului în aer sunt denumite „omogene”, iar raportul ideal de aer și combustibil este denumit „raport stoichiometric”.

5.1. Arderea combustibilului și a oxigenului	24
5.2. Obținerea unei combustii bune	26
5.3. Cauzele și problemele unei combustii slabe	27
5.4. Poluanții și emisiile dăunătoare create în urma combustiei	29
5.5. Reducerea emisiilor și eficientizarea economiei de carburant	30

Stoichiometric și lambda

În lumea automobilelor, termenul lambda este acum utilizat în general, mai degrabă decât stoichiometric. Valoarea lambda este măsurată prin măsurarea conținutului de oxigen; sondele de oxigen monitorizează conținutul de oxigen al gazelor de eșapament, care depinde inițial de raportul aer/combustibil. Senzorii, cunoscuți și sub denumirea de sonde O₂ sau lambda (furnizați de asemenea de DENSO), transmit semnale electronice unității electronice de control al motorului, care permit acestuia să ajusteze raportul aer/combustibil, după cum este necesar.

(1) Un raport aer/combustibil care este stoichiometric este considerat ca fiind lambda 1.

(2) Un raport aer/combustibil sărac, care produce un exces de oxigen, are o valoare lambda mai mare de 1.

(3) Un amestec bogat cu o lipsă de oxigen are o valoare lambda mai mică de 1.

Teoretic, un motor ar trebui să funcționeze întotdeauna cu o valoare lambda 1 (raport aer/combustibil stoichiometric), dar chiar și în condiții perfecte este foarte dificil să se realizeze un amestec complet și o distribuție uniformă a combustibilului în aer. Prin urmare, sunt realizate în mod constant reglaje minore pentru a asigura un raport corect de aer/combustibil.

Pentru a reduce unele dintre emisiile nocive produse în timpul arderii, vehiculele moderne utilizează convertizoarele catalitice montate în sistemul de evacuare. Convertizoarele catalitice utilizează reacții chimice care transformă poluanții dăunători în substanțe mai puțin nocive (vezi pct. 5.5).

Raportul aer/combustibil sau domeniul lambda

Diagrama din Fig. 5.4 prezintă domeniul raporturilor aer/combustibil și valorile lambda respective, utilizate în mod obișnuit în motoarele moderne pe benzină/gazolină.

Diagrama prezintă un domeniu relativ îngust pentru limitele sărace și bogate ale raportului aer/combustibil, care va furniza apoi cantitatea necesară de oxigen pentru o combustie eficientă și pentru o funcționare eficientă a convertizorului catalitic. Atunci când rapoartele de aer/combustibil și nivelurile de oxigen sunt în limitele dorite, valorile lambda se vor situa într-un domeniu de aproximativ lambda 1,03 (amestec sărac sau oxigen în exces) și lambda 0,97 (amestec bogat sau combustibil în exces), denumit fereastra lambda.

Utilizarea sondelor de oxigen (lambda) pentru a monitoriza oxigenul din gazul de eșapament permite apoi unității electronice de control al motorului să controleze raportul aer/combustibil și nivelurile de oxigen din fereastra lambda; dar există câteva condiții de conducere (explicate în secțiunile următoare) unde este necesar să se furnizeze pe timp scurt un raport aer/combustibil sau un nivel de oxigen care este în afara ferestrei lambda.

Amestecuri bogate care generează o ardere incompletă

Dacă amestecul este bogat, va fi prea mult combustibil de amestecat cu oxigenul. Hidrogenul din combustibil poate de obicei să reacționeze cu cantitatea necesară de oxigen pentru a produce H₂O (apă), dar o parte din carbon nu poate reacționa complet cu cantitatea potrivită de oxigen. De fapt, acest lucru are ca rezultat arderea incompletă, unde o parte din carbon este ars doar parțial; reacția chimică produce apoi monoxid de carbon (CO) în locul dioxidului de carbon mai puțin poluant (CO₂). În plus, o parte din combustibil ar putea să nu poată reacționa deloc cu oxigenul, ceea ce înseamnă că acest combustibil rămâne complet nears și trece în sistemul de evacuare ca hidrocarbură nearsă (HC).

Gazele de eșapament emise după arderea amestecului bogat vor include, prin urmare, monoxid (CO) și combustibil nears (HC). CO și HC sunt ambele considerate poluanți care afectează atmosfera și sănătatea noastră (a se vedea secțiunea 5.4 pentru informații suplimentare despre poluanți).

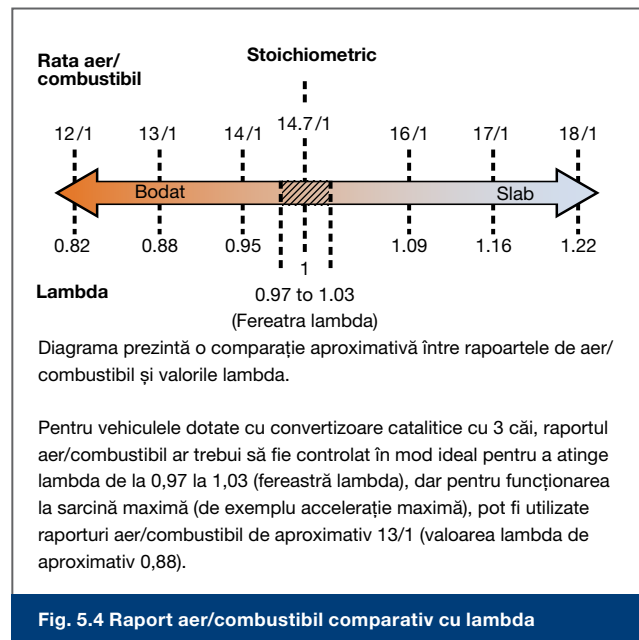
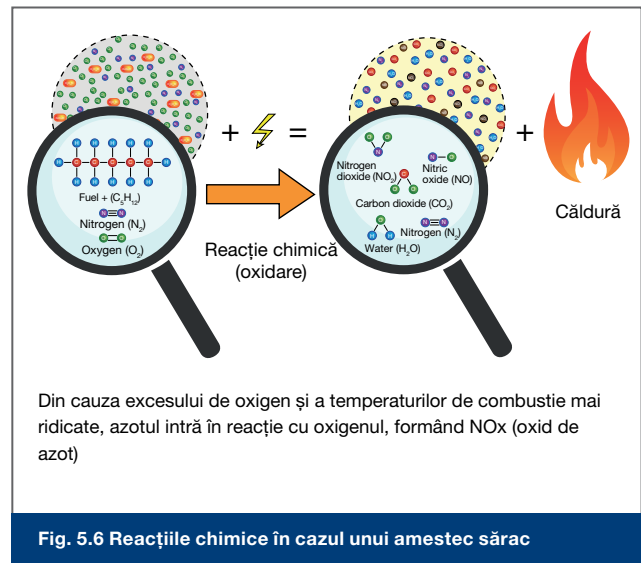
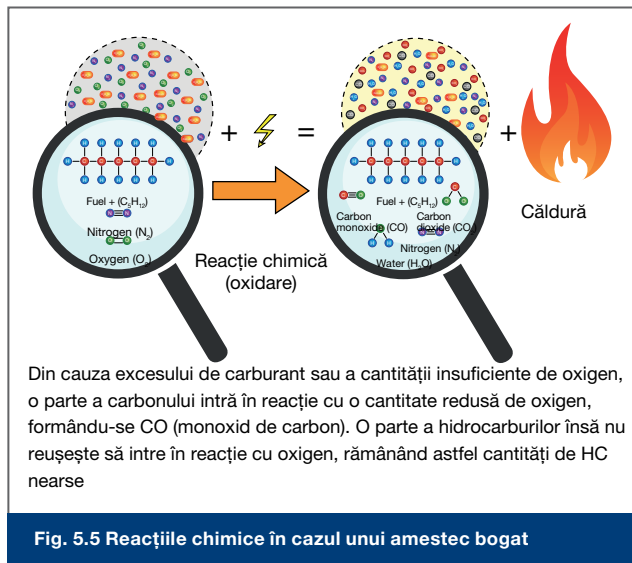


Fig. 5.4 Raport aer/combustibil comparativ cu lambda



În multe cazuri, pentru a obține o putere sporită, se folosește un amestec cu un raport bogat aer / carburant, în detrimentul eficienței utilizării carburantului. Pentru a asigura suficient carburant pentru întreaga cantitate de oxigen disponibilă, este nevoie de aproximativ 10% de carburant excedentar (lambda 0,9), ceea ce va determina o creștere a puterii de aproximativ 2-3%.

Unul dintre avantajele amestecurilor bogate este faptul că carburantul lichid are un efect de reducere a temperaturii de combustie. În cazul unor condiții de operare la sarcină ridicată, creșterea presiunilor și temperaturilor de combustie poate duce la pre-aprindere și detonație în timpul arderii. Dacă se utilizează un amestec bogat, căldura suplimentară absorbită de carburantul excedentar contribuie la reducerea temperaturilor de combustie, ceea ce reduce riscul pre-aprinderii și detonației în timpul arderii, astfel că procesul de combustie poate genera o putere mare în siguranță.

Amestecul bogat este de obicei necesar în timpul pornirii la rece și imediat după aceasta. În cazul în care carburantul are o temperatură scăzută și suprafețele cilindrului și suprafețele de combustie sunt reci, carburantul nu va deveni gazos, neamestecându-se cu aer și oxigen, astfel fiind nevoie de carburant suplimentar pentru a asigura combustia.

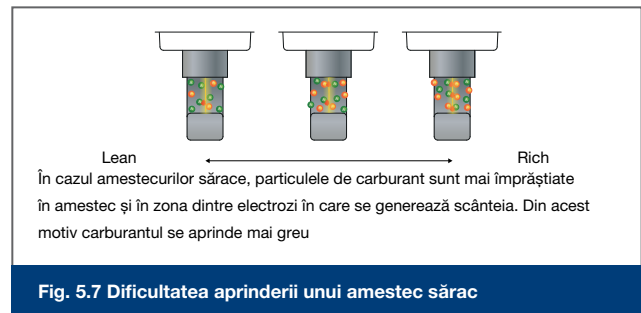
Amestecurile sărace generează o combustie incompletă
Într-un amestec sărac va fi un exces de oxigen, ceea ce face posibil ca întreaga cantitate de carburant să intre în reacție cu oxigen. Excesul de oxigen reduce formarea și emisia de CO și HC. Cantitatea redusă de carburant nu absoarbe la fel de multă căldură ca un amestec bogat, temperaturile de combustie fiind astfel mai ridicate.

Temperaturile mai ridicate determină azotul din aer să intre în reacție cu excesul de oxigen disponibil, formându-se oxizi de

5.2. Obținerea unei combustii bune

Construcția motorului și a camerei de combustie

La proiectarea motoarelor moderne, procesul de combustie este tratat cu prioritate. Motorul trebuie să genereze puterea necesară asigurând, în același timp, un nivel scăzut de emisii și economie de carburant, ceea ce era, de cele mai multe ori, greu de realizat în trecut. Motoarele moderne sunt dotate cu sisteme de comandă electronică, cum este și cazul sistemelor de aprindere și de alimentare cu carburant, care asigură o comandă mai precisă a funcțiilor precum sincronizarea aprinderii și injectarea carburantului pentru a îmbunătăți eficiența combustiei, care apoi face posibilă



azot (NOx). Oxizii de azot sunt poluanți care dăunează sănătății și mediului.

În cazul unui amestec sărac, particulele de carburant sunt mai împrăștiate în volumul de aer, ceea ce înseamnă că vor fi mai puține particule de carburant expuse la scânteia produsă de bujia cu scânteie. Din acest motiv, aceste particule de carburant mai împrăștiate îngreunează aprinderea amestecului de aer / carburant. De asemenea, flacăra se va deplasa sau propaga mai greu prin întregul amestec sărac. Astfel, amestecurile extrem de sărace pot cauza o aprindere și o combustie slabă, determinând rateuri care generează niveluri crescute de hidrocarburi (HC) nearse.

Anumite motoare sunt construite astfel încât să funcționeze cu amestecuri sărace în condiții de sarcină redusă, ceea ce contribuie la economisirea carburantului. Din cauza dificultăților la aprindere și arderea amestecurilor sărace, se utilizează sisteme de aprindere și bujii cu scânteie mai performante pentru a asigura o scânteie mai puternică și de mai lungă durată. (Vezi secțiunile 5.5 și 7.6).

obținerea energiei maxime în timpul combustiei, consumând o cantitate minimă de carburant și generând o cantitate minimă de poluanți. Cu toate acestea, proiectarea motoarelor implică numeroase alte aspecte (electronice și mecanice deopotrivă) care pot influența procesul de combustie:

> **Bujia cu scânteie.** Bujia cu scânteie dirijează curentul de înaltă tensiune la electrozii săi pentru a genera o scânteie fierbinte care aprinde amestecul de aer / carburant. Bujia cu scânteie trebuie să mențină temperatura corespunzătoare pentru a preveni rateurile sau preaprinderea. Capitolul 6 conține mai multe informații despre cerințele privind bujiile cu scânteie.

- > **Sistemul de aprindere.** Sistemul de aprindere trebuie să alimenteze cu tensiunea și energia electrică necesară bujia cu scânteie, la momentul oportun, pentru a asigura aprinderea consecventă a amestecului de aer / carburant.
- > **Raportul aer / carburant.** Raportul trebuie să fie cel corect pentru a asigura combustia completă și eficientă a unei cantități cât mai mari de carburant.
- > **Sincronizarea injectării.** La motoarele moderne (cu injectie indirectă sau directă), sincronizarea corectă a injectării contribuie la îmbunătățirea amestecării omogene a aerului și carburantului.
- > **Forma camerei de combustie.** Forma camerei de combustie poate contribui la crearea turbulenței în timpul cursei de admisie, comprimării și arderii. Turbulența contribuie la amestecarea mai eficientă a aerului cu carburantul, precum și la propagarea flăcării în întreaga cameră de combustie.
- > **Temperatura de funcționare a motorului.** Suprafețele camerei de combustie (și pereții cilindrului) trebuie să mențină o temperatură suficientă pentru a preveni ca suprafețele reci să înăbușe flacăra de combustie, însă suprafețele nu au voie să devină atât de fierbinți încât să genereze o pre-aprindere.

- > **Sincronizarea și cursa variabilă a supapelor.** Modificarea sincronizării supapei și a cursei supapei la anumite sisteme contribuie la îmbunătățirea umplerii cilindrului cu aer și a evacuării gazelor de eșapament într-un domeniu larg de turații ale motorului și sarcini.
- > **Recircularea gazelor de eșapament (EGR).** În cazul unor sarcini reduse, aerul proaspăt este amestecat cu gazele de eșapament, amestec ce pătrunde apoi în camera de combustie. Gazele de eșapament nu participă la procesul de combustie, reducând astfel temperatura de combustie și emisiile de NOx (vezi secțiunea 5.5).
- > **Turbo (și suprapresiune).** Crește masa aerului care pătrunde în cilindru și astfel crește presiunea/temperatura din cilindru, ceea ce duce la creșterea cuplului și puterii motorului (vezi secțiunea 5.5).

5.3. Cauzele și problemele unei combustii slabe

Evident, construcția motorului influențează în mod direct eficiența combustiei. Obținerea eficienței optime a combustiei înseamnă în multe cazuri funcționarea aproape de limită. Depășirea acestor limite poate cauza o combustie slabă. Motoarele moderne sunt dotate cu sisteme de comandă electronică pentru injectarea carburantului, aprindere și alte sisteme ale motorului, ceea ce reduce în mod semnificativ riscul combustiei slabe în comparație cu motoarele din generațiile mai vechi.

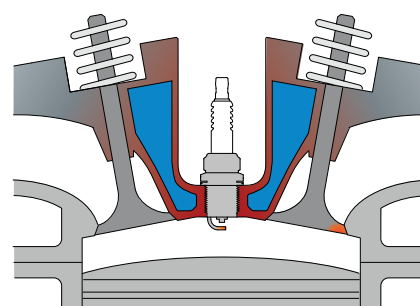
Pre-aprindere și detonație

Pre-aprinderea și detonația sunt simptome care pot fi cauzate de numeroasele defecțiuni care afectează procesul de combustie.

Pre-aprinderea apare în locul în care un punct fierbinte din camera de combustie poate aprinde amestecul de aer / carburant înaintea scânteii furnizate de bujia cu scânteie la momentul reglat (Fig. 5.8), având același efect ca sincronizarea în avans a aprinderii (vezi secțiunea 3.5). Combustia prematură a carburantului va cauza o creștere prematură de presiune și temperatură în cilindru, ceea ce poate duce în final la detonație, un fenomen și mai dăunător.

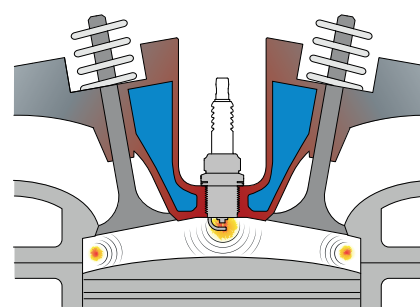
Detonația este fenomenul de aprindere independentă a mai multor punți de amestec de aer / carburant de către presiunea ridicată după începerea combustiei (Fig. 5.9). În timpul combustiei normale, odată cu creșterea treptată și propagarea flăcării în camera de combustie, crește presiunea și temperatura în celelalte zone ale camerei. În timpul detonației, presiunea și temperatura din zonele în care flacăra încă nu a ajuns devine prea mare. Punțile de amestec de aer / carburant se detonează (explodează) independent de flacăra. Detonarea acestor mici punți de amestec poate provoca unde de presiune rapide, care generează un zgomot detectabil de bătaie sau izbire.

Detonația prelungită poate provoca avarii grave motorului, precum topirea pistoanelor sau chiar a supapelor de evacuare.



Pre-aprinderea poate fi cauzată de puncte fierbinți precum acumularea de carbon pe bujia cu scânteie sau de supraîncălzirea supapelor, ceea ce duce la aprinderea amestecului de aer / carburant înainte de generarea scânteii.

Fig. 5.8 Pre-aprindere



Unda de presiune generată de pre-aprindere provoacă detonație

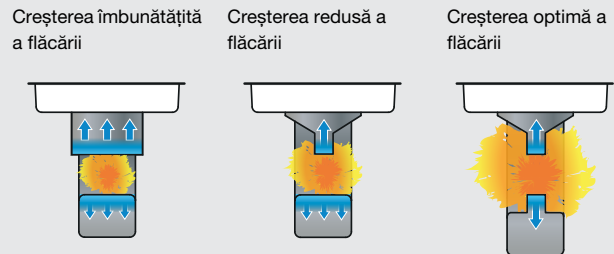
Fig. 5.9 Detonație în motor

AVANTAJUL DENSO

Forma electrozilor

Electrozii mai mari împiedică creșterea flăcării, în timp ce electrozii cei mai mici permit o creștere 3D îmbunătățită, precum electrodul central brevetat de 0,4 mm și tehnologia brevetată Twin Tip.

Acesta este modul în care DENSO îmbunătățește aprinderea; utilizând electrozi mai mici și un randament sporit.



Defecțiuni care cauzează o combustie slabă

Există numeroase defecțiuni asociate motorului care pot cauza o combustie slabă. În continuare sunt enumerate doar problemele majore care de cele mai multe ori sunt ușor de identificat și remediat.

> **Bujii cu scânteie.** Defecțiunile la bujiile cu scânteie afectează deopotrivă motoarele moderne și mai vechi. Secțiunea 10.3 cuprinde un ghid detaliat pentru identificarea defecțiunilor asociate bujiilor cu scânteie. Este esențial să se utilizeze bujii cu scânteie adecvate.

Bujia cu scânteie adecvată poate fi identificată cu ușurință în catalogul electronic DENSO, la adresa www.denso.ro/catalogul-electronic-denso.

> **Sincronizarea aprinderii.** Cu toate că comanda electronică a sistemelor de aprindere la vehiculele moderne nu ar trebui să permită modificarea sincronizării aprinderii față de valoarea programată, o defecțiune la sistemul de management al motorului poate cauza o sincronizare greșită. Însă, la vehiculele mai vechi, mai ales la cele dotate cu sisteme de aprindere mecanice sau electronice din primele generații, uzura componentelor și reglajul necorespunzător al sincronizării aprinderii va avea un efect perceptibil asupra eficienței combustiei și a randamentului motorului.

> **Amestec bogat.** Cu toate că un amestec relativ bogat poate ajuta motorul să genereze o putere bună și un cuplu bun, amestecurile bogate nu vor putea arde în totalitate carburantul din cauza insuficienței oxigenului din amestec. Procesul de combustie va fi mai puțin eficient, ceea ce va duce la o economie mai redusă de carburant (vezi secțiunea 5.1).

La vehiculele moderne, amestecurile bogate apar în general din următoarele cauze:

- > Injectoarele de carburant prezintă scurgeri sau picură
- > Presiunea ridicată a carburantului
- > Filtre de aer înfundate sau obstrucționate
- > Sonde de oxigen (lambda) defecte

> **Amestec sărac.** Dacă amestecul este sărac, particulele de carburant sunt mai împrăștiate în întregul volum de aer, ceea ce înseamnă că scânteia va aprinde mai greu amestecul. De asemenea, flacăra de combustie va crește și se va propaga mai greu în amestecul de aer / carburant. Dificultatea aprinderii și menținerii combustiei amestecului poate duce la rateuri.

La vehiculele moderne, amestecurile sărace apar în general din următoarele cauze:

- > Scurgeri de aer în sistemul de admisie
- > Presiunea scăzută a carburantului
- > Injectoare defecte sau înfundate
- > Sonde de oxigen (lambda) defecte

> **Defecțiuni la sistemul de recirculare a gazelor de eșapament.** Sistemul de recirculare a gazelor de eșapament (EGR) reintroduce o parte din gazele de eșapament în sistemul de admisie pentru a contribui la reducerea emisiilor dăunătoare. Din acest motiv este esențial ca volumul de gaze de eșapament recirculat să fie ținut sub control.

O defecțiune la sistemul EGR poate cauza reducerea volumului de gaze de eșapament recirculat, ceea ce poate duce la creșterea temperaturilor de combustie și astfel la pre-aprindere sau chiar detonație. Dacă, însă, defecțiunea determină recircularea unei cantități excesive de gaze de eșapament, acest lucru va restrânge volumul de aer proaspăt și oxigen care pătrunde în camera de combustie, ceea ce va cauza o combustie slabă și rateuri.

> Temperatura motorului și a camerei de combustie.

Pierderile de lichid de răcire motor sau o defecțiune la sistemul de răcire poate duce la creșterea temperaturii motorului și a camerei de combustie. Din acest motiv vor crește temperaturile de combustie, ceea ce poate duce la pre-aprindere și detonație.

Dacă, însă, defecțiunea la sistemul de răcire împiedică motorul să atingă temperatura normală de operare, pereții cilindrului și suprafețele camerei de combustie vor fi mai reci. Acest lucru poate înăbuși flacăra de combustie înainte ca întreaga cantitate de amestec de aer / carburant să fie consumată de combustie. Din acest motiv, dacă motorul funcționează la rece, acest lucru poate determina o slabă eficiență în utilizarea carburantului.

5.4. Poluanții și emisiile dăunătoare create în urma combustiei

Începând cu anii 1960, reglementările privind emisiile au devenit din ce în ce mai stricte, producătorii fiind constrânși să îmbunătățească construcția motoarelor și să aducă modificări sistemelor de aprindere și de alimentare cu carburant.

Reglementările privind emisiile continuă să acopere din ce în ce mai mulți poluanți și, deși anumiți poluanți precum cei bazați pe sulf sau plumb au scăzut semnificativ în cantitate sau chiar au fost eliminați, în timpul procesului de combustie se produc în continuare poluanți. Principalii poluanți sunt prezentați în tabelul din Fig. 5.10.

Raportul aer / carburant și efectul său asupra principalilor poluanți.

Graficul din Fig. 5.11 prezintă principalii poluanți și conținutul de oxigen din gazele de eșapament, ilustrează modul în care chiar și cele mai mici schimbări ale raportului aer / carburant pot determina creșterea sau scăderea perceptibilă a nivelului de poluanți. Dacă raportul aer / carburant este ținut sub control în fereastra lambda, se realizează un compromis acceptabil între diverșii poluanți, însă va fi nevoie de metode suplimentare pentru a reduce și mai mult emisiile de poluanți.

Poluant	Simbol	Efecte	Cauze
Monoxid de carbon	CO	Carburantul ars parțial poate pătrunde în sânge și înlocui oxigenul, ceea ce limitează capacitatea sângelui de a transporta oxigenul în organism	Amestec bogat, aprindere slabă (defecțiune la bujii sau la sistemul de aprindere), combustie slabă, sincronizare greșită a aprinderii
Hidrocarburi	HC	Carburantul ners este cancerigen (poate cauza cancer) și poate afecta creșterea celulelor din organism. Poate intra în reacție cu alți poluanți, formând ozon	Amestec bogat, aprindere slabă (defecțiune la bujii sau la sistemul de aprindere), combustie slabă, sincronizare greșită a aprinderii
Oxizi de nitrogen	NOx (Nitrogen oxide-NO and Nitrogen dioxide-NO ₂)	Poate cauza iritații la ochi și plămâni, putând provoca afecțiuni respiratorii. Contribuie la formarea smogului și a ploii acide, dar și la creșterea nivelului ozonului la nivelul solului	Se generează la o temperatură de combustie ridicată în cazul amestecurilor sărace, azotul din aer intrând în reacție cu oxigenul
Dioxid de carbon	CO ₂	Cel mai puțin dăunător poluant din listă. Acumularea de CO ₂ în aer captează căldura și contribuie la încălzirea globală	Este produsul arderii complete a carburantului și oxigenului

Fig. 5.10 Principalii poluanți

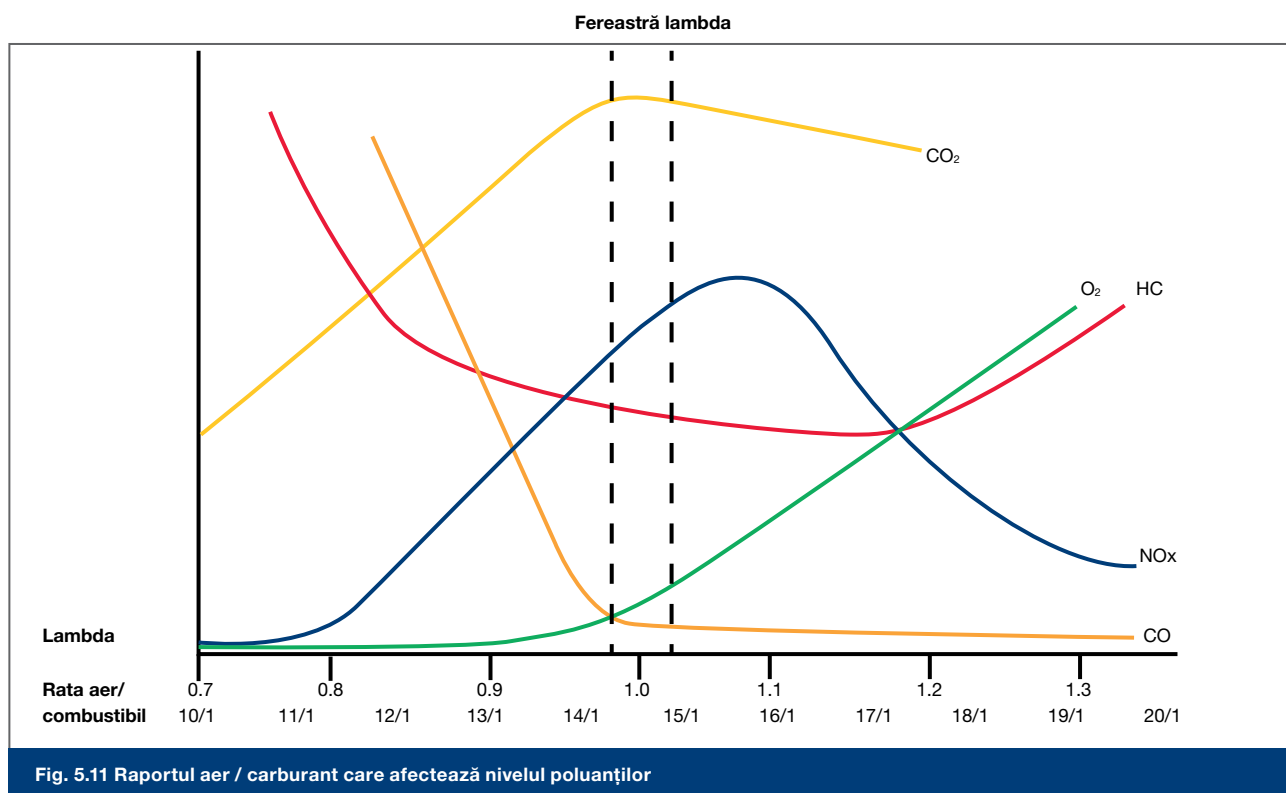


Fig. 5.11 Raportul aer / carburant care afectează nivelul poluanților

5.5. Reducerea emisiilor și eficientizarea economiei de carburant

Prin îmbunătățirea construcției motoarelor și a procesului de combustie, au fost realizate reduceri considerabile în emisia de poluanți. Cum reglementările privind autovehiculele vor deveni din ce în ce mai stricte, anumiți producători se vor concentra pe sisteme îmbunătățite de post-tratare a gazelor de eșapament. Cu toate acestea, trebuie dezvoltate tehnologii noi pentru a preveni sau reduce generarea de emisii dăunătoare.

Convertizoarele catalitice și sonde lambda menite să reducă nivelul de poluare cu CO, HC și NOx

Convertizoarele catalitice cu 3 căi au fost introduse în anii 1980, fiind montate în prezent pe aproape toate vehiculele pe benzină/gazolină produse în serie. Aceste convertizoare cu 3 căi asigură o post-tratare a gazelor de eșapament pentru a reduce nivelul de poluare cu CO, HC și NOx generate în timpul combustiei (Fig. 5.12).

În cazul convertizoarelor catalitice destinate autovehiculelor, se utilizează catalizatoare fabricate din metale prețioase precum paladiul, rodiul sau platina pentru a promova reacțiile chimice, fără însă a participa la aceste reacții. Pentru a funcționa eficient, convertizoarele catalitice au nevoie de căldură. În cazul tratării CO și HC (carburantul ars parțial sau nears), reacțiile chimice continuă de fapt reacțiile care nu s-au finalizat în timpul combustiei din motor. În interiorul convertizorului, monoxidul de carbon (CO) și hidrocarburile nearse (HC) intră în reacție cu oxigenul în mod similar cu reacțiile de oxidare care au loc în timpul combustiei. Se furnizează un raport aer / carburant ușor sărac pentru a asigura că oxigenul este disponibil pentru reacțiile care apoi convertesc eficient CO și HC în CO₂ (bioxid de carbon) și H₂O (apă).

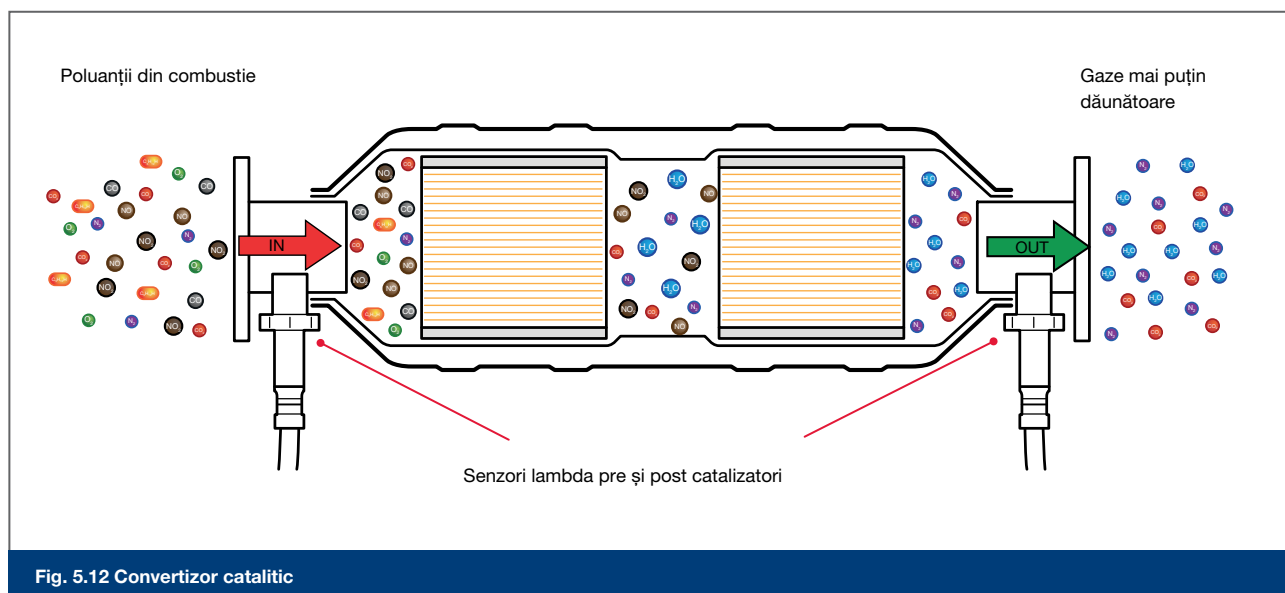
Pentru reducerea oxizilor de azot (NOx) formați în timpul combustiei este nevoie de diverse reacții chimice care separă în mod eficient oxigenul (O₂) de azot (N). Reacția (cunoscută ca deoxidare) necesită un amestec puțin mai bogat cu o cantitate redusă de oxigen pentru a face posibilă separarea oxigenului de azot. Oxigenul separat poate fi apoi utilizat pentru a intra în reacție cu orice reziduu de CO și HC din gazele de eșapament, în urma căreia se produce CO₂. Din cauza faptului că o reacție chimică necesită un exces de oxigen, iar altele necesită o cantitate redusă de oxigen, sistemul ECU de management al

motorului variază raportul aer / carburant între limitele bogat și sărac în fereastra lambda. Din acest motiv, conținutul de oxigen din gazele de eșapament variază între aproximativ 0,97 lambda și aproximativ 1,03 lambda, pentru a permite convertizorului catalitic să promoveze cele două reacții chimice. Pentru ca ECU să fie capabilă să țină sub control raportul aer / carburant și să poată furniza cantitatea necesară de oxigen, o sondă lambda pre-catalizator transmite un semnal electric către ECU care indică conținutul de oxigen al gazelor de eșapament înainte de a ajunge în convertizor (Fig. 5.12). ECU ajustează raportul aer / carburant în funcție de semnalul recepționat de la sondă. Acest proces continuu de monitorizare și ajustare a conținutului de oxigen este cunoscut drept control în buclă închisă. O altă sondă lambda post-catalizator monitorizează conținutul de oxigen după trecerea prin convertizor, pentru a se asigura că oxigenul a fost consumat în timpul reacțiilor chimice, această a doua sondă fiind cunoscută din acest motiv drept sondă de diagnoză.

Reducerea motoarelor și turbocompresia

Pe lângă reducerea cantităților de poluanți menționați mai sus, în prezent se insistă din ce în ce mai mult pe reducerea emisiilor de CO₂ (bioxid de carbon) cauzate de arderea combustibililor fosili. Acest fapt a dus, începând cu mijlocul anilor 2000, la o tendință de reducere a motoarelor. Prin construirea unor motoare mai mici se reduce greutatea, ceea ce duce la scăderea puterii necesare și a consumului de carburanți. Însă, pentru ca vehiculele să performeze la nivelul așteptat, aceste motoare mai mici trebuie să genereze o putere și un cuplu care să se apropie cât mai mult de motoarele echivalente mai mari, ceea ce necesită creșterea puterii specifice a motorului. Puterea specifică este puterea maximă generată împărțită la cilindrul motorului (capacitatea motorului). O metodă eficientă de creștere a puterii specifice este turbocompresia.

În prezent există o tendință ascendentă în cazul utilizării turbocompressoarelor, care măresc masa de aer care pătrunde în cilindru (supraalimentare). Masa de aer crescută determină creșterea temperaturilor și presiunilor de combustie, rezultând în creșterea puterii și cuplului.



Amestecuri sărace și injecția directă

O altă caracteristică ce contribuie la reducerea consumului de carburant și a emisiilor de CO₂ este funcționarea motorului cu amestecuri mai sărace în condiții de operare cu sarcină redusă. Prin utilizarea amestecurilor mai sărace se asigură că consumul întregii cantități de carburant, fără a-l irosi prin sistemul de eșapament.

O metodă care face posibilă funcționarea cu arderea amestecurilor sărace este utilizarea injecției directe, prin care, în locul injectării benzinei/gazolinei în gurile de admisie, aceasta este injectată direct în camera de combustie (Fig. 5.13). În timpul operării cu sarcină redusă, carburantul se injectează în timpul cursei de comprimare, după care carburantul se amestecă cu doar o cantitate mică de aer din cilindru. Cu toate că ulterior se aprinde doar o cantitate mică de amestec, procesul de combustie continuă să genereze suficientă căldură pentru a dilata gazele rămase și a genera suficientă putere pentru operarea cu sarcină redusă.

Acest principiu de a aprinde doar o mică cantitate de amestec este denumit combustie „cu compresie stratificată”. În cazul operării cu sarcină mai mare, carburantul este injectat în timpul cursei de admisie, ceea ce apoi face posibilă amestecarea carburantului cu întreaga cantitate de aer din cilindru (amestecare omogenă) și astfel combustia cu un raport normal aer / carburant va genera mai multă putere.

În timpul combustiei cu compresie stratificată, amestecul sărac generează temperaturi de combustie ridicate. Temperaturile ridicate, în combinație cu excesul de oxigen, generează niveluri ridicate de NO_x, care sunt apoi dezoxidate prin recircularea unei proporții mai mari de gaze de eșapament.

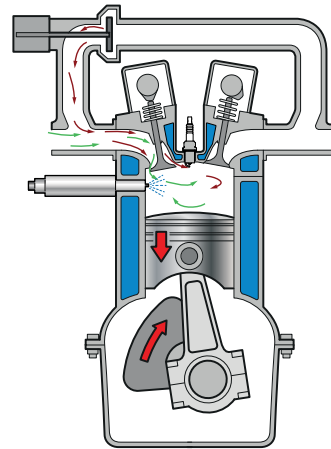
Recircularea gazelor de eșapament (EGR) pentru reducerea nivelurilor de NO_x Recircularea gazelor de eșapament (EGR) se utilizează pentru a preveni formarea NO_x în timpul combustiei. Nivelurile de NO_x cresc în mod semnificativ în prezența unei cantități excedentare de oxigen (amestec sărac) și dacă temperaturile de combustie depășesc 1.600°C. Prin recircularea unei cantități controlate de gaze de eșapament în sistemul de admisie al motorului, unde se amestecă cu aerul proaspăt admis (Fig. 5.14), gazele de eșapament inerte (neinflamabile) înlocuiesc o parte a aerului și oxigenului din cilindru. Deși gazele de eșapament recirculate sunt fierbinți, sunt mai reci decât temperatura de combustie, ceea ce permite gazelor de eșapament să absoarbă căldura din procesul de combustie. Temperaturile de combustie scăzute reduc cantitatea de NO_x generată și, de asemenea, riscul pre-aprinderii și detonației.

În timpul funcționării la capacitate maximă, pentru o putere mai mare este nevoie de cea mai mare cantitate posibilă de aer proaspăt. Din acest motiv, în mod normal EGR nu se utilizează în timpul funcționării la capacitate maximă.

Sistemul ECU de management al motorului reglează deschiderea supapei EGR (oferită și de DENSO) astfel încât aproximativ 5–15% din gazele de eșapament să poată fi reintroduse în sistemul de admisie în funcție de condițiile de operare.

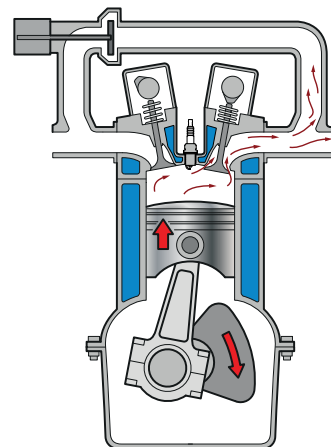
Aceste tehnologii au fost dezvoltate pentru a reduce emisiile, îmbunătăți performanța și a face economie de carburant.

Acestea au fost permanent îmbunătățite. Noile tendințe și efectul acestora asupra sistemului de aprindere sunt descrise în secțiunea 7.6

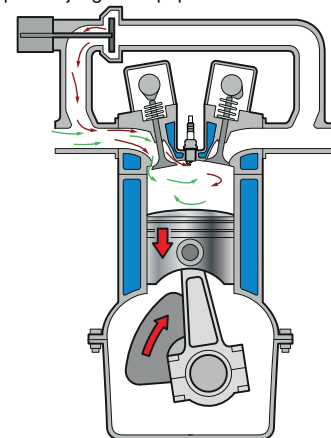


Carburantul este injectat în camera de combustie în timpul cursei de admisie, însă la numeroase tipuri de sisteme cu injecție directă, carburantul poate fi injectat și în timpul cursei de comprimare în condiții de operare cu sarcină redusă

Fig. 5.13 Injecția directă a carburantului



În timpul cursei de evacuare, o anumită cantitate de gaze de eșapament poate ajunge la supapa EGR



În timpul cursei de admisie, supapa EGR permite unei cantități calibrate de gaze de eșapament să se amestece cu aerul admis

Fig. 5.14 Recircularea gazelor de eșapament (EGR)

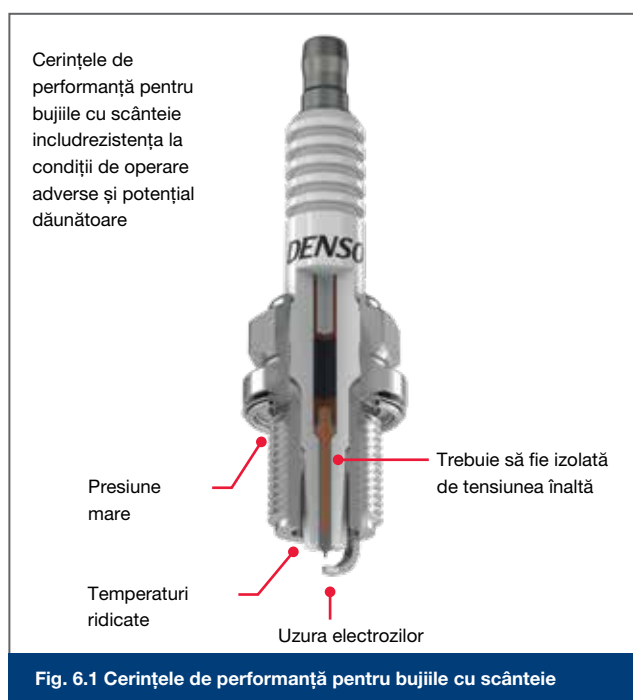
6. BUJIILE CU SCÂNTEIE

6.1. Cheia combustiei

Bujiile cu scânteie reprezintă o componentă cheie în asigurarea unei aprinderi eficiente și a unui proces de combustie eficient. Cu toate că rolul unei bujii cu scânteie este să furnizeze scânteia care inițiază combustia amestecului de aer / carburant, construcția bujiei cu scânteie are o influență majoră asupra procesului de combustie în timpul fazelor incipiente ale combustiei.

6.2. Cerințele de performanță

Pe lângă faptul că generează scânteia, bujiile cu scânteie trebuie să îndeplinească o mulțime de cerințe de performanță. Cele mai importante sunt enumerate mai jos (Fig. 6.1).



Trebuie să reziste la temperaturi ridicate și variații continue de temperatură

Suprafețele bujiilor cu scânteie din camera de combustie sunt expuse tot timpul la temperaturi de aproximativ 3.000°C în timpul combustiei amestecului de aer / carburant. Însă, în timpul cursei de admisie, bujia cu scânteie este răcită brusc de aerul proaspăt admis de joasă temperatură. Această încălzire și răcire bruscă se repetă la fiecare ciclu de 4 curse, în timp ce motorul este în funcțiune. Pe lângă faptul că trebuie să reziste la căldură, bujia cu scânteie trebuie să disipeze suficientă căldură pentru a preveni apariția unor puncte fierbinți pe bujia cu scânteie care pot provoca o pre-aprindere.

Există numeroase elemente ale construcției bujiei cu scânteie care afectează modul în care bujia aprinde amestecul de aer / carburant, însă scânteia trebuie să fie capabilă să aprindă amestecul în diverse condiții de operare, precum variațiile de temperatură și presiune, raportul aer / carburant, turația motorului și sarcina la care este supus motorul.

Trebuie să reziste la schimbări majore ale presiunii

În timpul cursei de admisie, presiunea este de sub 1 bar, însă, în timpul cursei de combustie, presiunea poate depăși 50 bar. Din acest motiv, bujia cu scânteie trebuie să aibă rezistența și durabilitatea mecanică necesare pentru a rezista la presiuni și schimbări de presiune majore.

Trebuie să fie izolată de tensiunea înaltă

Într-un mediu în care temperatura și presiunea înregistrează permanent schimbări drastice, bujiile cu scânteie trebuie construite astfel încât să aibă o izolație excepțională de tensiunile înalte care pot atinge 40 kV în sistemele de aprindere moderne.

Trebuie să asigure etanșeitate în medii agresive

Bujiile cu scânteie trebuie să asigure etanșeitatea între carcasă și izolație în condiții de variație drastică a temperaturii și presiunii, dar și pentru protecție împotriva tensiunii înalte. Din acest motiv, între izolație și carcasă se utilizează garnituri de înaltă calitate, pentru a preveni pătrunderea gazelor fierbinți, aflate sub mare presiune în interiorul bujiei cu scânteie, deoarece acestea pot deteriora componentele bujiei.

Trebuie să reducă la minimum ancrasarea cauzată de combustie

În condiții de exploatare grele, combustia amestecului de aer / carburant poate cauza defecțiuni și contaminarea carcasei și electrozilor bujiei cu scânteie. Din acest motiv, bujiile cu scânteie au capacitatea de a reduce la minimum ancrasarea electrozilor și au proprietăți de autocurățare, respectiv căldura arde depunerile de carbon. Zona de izolație din apropierea electrozilor ar trebui să atingă temperatura de autocurățare (aproximativ 500°C), astfel că este de preferat ca temperatura bujiei cu scânteie să crească rapid chiar dacă temperaturile de combustie sunt relativ scăzute (de exemplu în condiții cu sarcină redusă). Anumite bujiile cu scânteie sunt dotate cu alte caracteristici care reduc la minimum ancrasarea sau îmbunătățesc autocurățarea (vezi secțiunea 6.6).

Trebuie să reducă la minimum uzura electrozilor

Electrozii bujiei cu scânteie sunt expuși la temperaturi ridicate, dar și la schimbări rapide ale temperaturii, însă electrozii trebuie să își îndeplinească în mod repetat sarcina principală de a furniza scânteia care se generează atunci când prin electrozi trece curent de înaltă tensiune. Din acest motiv, electrozii trebuie să aibă o rezistență mare la uzură și eroziunea cauzată de procesul de generare a scânteii și la temperaturile ridicate rezultante (vezi secțiunea 7.2).

6.1. Cheia combustiei	32
6.2. Cerințe de performanță	32
6.3. Structura bujiei cu scânteie	33
6.4. Scânteia electrică și tensiunea necesară	35
6.5. Condiții de operare ce afectează voltajul unei bujii cu scânteie	36
6.6. Intervalul de căldură	39
6.7. Cum poate fi afectată producerea și dezvoltarea flăcării	41

AVANTAJUL DENSO

DENSO produce o gamă de bujii cu scânteie cu electrozi fabricați din metale prețioase care contribuie în mod semnificativ la reducerea uzurii electrozilor.

Aplicarea unor tehnologii avansate precum

DENSO Twin Tip asigură performanțe superioare pe o perioadă de timp mai îndelungată. Bujiiile cu scânteie DENSO cu iridiu, cu durată îndelungată de funcționare pot avea chiar și un ciclu de viață de până la 180.000 km.

6.3. Structura bujiei cu scânteie

Principalele părți ale bujiei cu scânteie

Pentru a putea funcționa în condiții grele și pentru a corespunde cerințelor de performanță, bujiile cu scânteie sunt formate din trei părți principale:

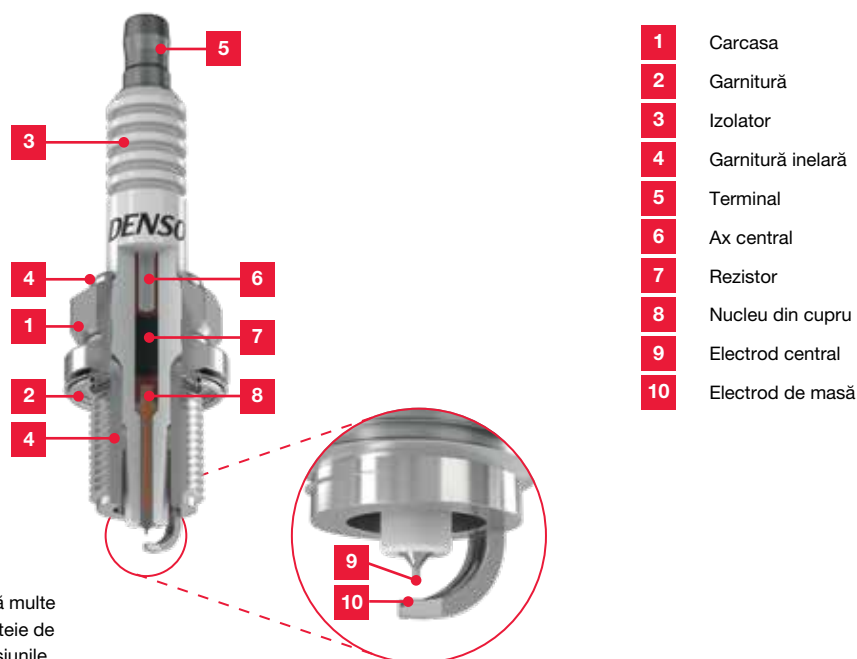
- (1) Carcasa
- (2) Izolația
- (3) Electrozii

Aceste părți principale conțin diversele componente individuale ale bujiei cu scânteie, care sunt fabricate din materiale selectate cu grijă. Diagrama (Fig. 6.2) prezintă principalele părți și componente ale bujiei cu scânteie DENSO Iridium Power.

Carcasa

Carcasa (elementul 1) formează un înveliș exterior care înconjoară și susține izolația, dar și fixează ansamblul bujiei cu scânteie pe motor. Șaiba inelară sau garnitura (elementul 2) asigură o izolație etanșă între carcasa bujiei cu scânteie și motor pentru a împiedica gazele să scape în timpul compresiei și combustiei.

Electrodul de masă (elementul 10) este montat pe partea de jos filetată a carcasei, acesta lăsând curentul electric să treacă prin motor înapoi la acumulator.



Garniturile și izolația protejează multe componente ale bujiei cu scânteie de temperaturile, presiunile și tensiunile înalte

Fig 6.2 Structura bujiei cu scânteie

Izolația

Izolația ceramică (elementul 3) asigură izolația electrică între bornă, axul central și electrodul central și carcasă.

Având în vedere că la anumite sisteme de aprindere moderne tensiunea scânteii depășește 40kV, izolația poate asigura proprietățile izolante necesare, chiar dacă are o grosime de doar câțiva milimetri.

DENSO folosește un material ceramic cu alumina de înaltă puritate pentru a asigura caracteristici termoizolante superioare, rezistență mecanică și izolație electrică excelentă.

Garniturile inelare (elementul 4) asigură o fixare sigură și etanșeitate între carcasă și izolație.

Terminalul/Borna

Tensiunea înaltă este furnizată prin bornă (elementul 5) fie dintr-un element fixat direct la baza bobinei de aprindere, fie printr-un conductor/cablu de bujie cu scânteie care conectează borna bujiei la bobină. Se fabrică diverse tipuri de borne, care fac posibilă conectarea a aproape oricărui conductor/cablu de bujie de înaltă tensiune sau a oricărei bobine de aprindere la borna bujiei cu scânteie.

DENSO oferă 4 tipuri diferite de borne:

1. **Cu filet** (fără piuliță de strângere, se utilizează la motocicletele și tipuri mai vechi de mașini)
2. **Piuliță de strângere** (filet cu piuliță ce poate fi ușor deșurubată)
3. **Sertizată** (filet cu piuliță sertizată pentru o conectare mai bună între piuliță și filet. Piulița poate fi îndepărtată, însă mai greu)
4. **Masivă** (bornă masivă pentru mașini, nu poate fi îndepărtată)

Axul central/tija centrală

Axul central din oțel (elementul 6) conectează borna la electrodul central și permite curentului de înaltă tensiune să circule de la bornă la centru.

Rezistență

Rezistența (elementul 7), care este denumită și supresor, reduce curentul de vârf al scânteii. Fără rezistență, curentul de vârf va genera valuri de câmpuri electromagnetice sau de zgomote în gama frecvențelor radio, care pot provoca interferențe cu instalațiile electrice ale mașinii. Rezistențele bujiilor cu scânteie DENSO sunt fabricate dintr-un amestec de sticlă specială și praf de cupru.

Electrodul central

Electrodul central (elementul 9) este fabricat din materiale precum aliaje de nichel rezistente la temperaturi ridicate. Aceste materiale trebuie să fie extrem de dure și rezistente pentru a reduce la minimum uzura cauzată de eroziunea provocată de scânteie. În multe cazuri, partea centrală a electrodului (elementul 8) conține un miez din cupru menit să îmbunătățească conductivitatea termică.

Pentru performanță și rezistență sporită, electrozii centrali pot

avea vârful electrodului fabricat din metale prețioase, care sunt chiar mai dure decât materialele tradiționale din care sunt fabricați electrozii. Aceste materiale care se uzează mai greu rezistă la temperaturi mai ridicate și se uzează mai puțin. Un alt avantaj major al acestor materiale mai dure este faptul că datorită lor pot fi fabricați electrozi mai fini, cu o performanță de aprindere superioară.

Bujiile cu scânteie DENSO sunt fabricate dintr-o serie de materiale unice, brevetate:

1. Aliaj de nichel standard Ø 2.5 mm.
2. Aliaj de nichel Ø 1,5 mm nou și unic (utilizat la bujiile cu scânteie TT* din nichel) care reduce uzura cauzată de scânteie cu 40% față de nichelul obișnuit.
3. Platina, un metal prețios care poate rezista la temperaturi foarte ridicate, la electrozi Ø 1,1 mm.
4. Aliaj de iridiu de înaltă puritate care rezistă la cele mai mari temperaturi și este cel mai dur material utilizat pentru fabricarea bujiilor cu scânteie. Vârfulurile din iridiu Ø 0,4 mm*, 0,55 mm sau 0,7 mm sunt sudate cu laser pe electrodul central.

Deoarece electrozii sunt mai mici, necesită o tensiune mai mică. Electrozii generează o scânteie adecvată, reduc efectul de înăbușire și îmbunătățesc randamentul aprinderii. and improve ignition performance.

Electrodul de masă

Electrodul de masă (elementul 10) este supus unor schimbări extreme de temperatură în camera de combustie. Majoritatea electrozilor de masă sunt fabricați din aliaj de nichel și crom, însă, pentru a prelungi ciclul de viață al electrodului, se poate adăuga platină. Anumite bujii cu scânteie sunt dotate cu un electrod de masă cu miez din cupru pentru o conductivitate termică superioară.

DENSO utilizează măsuri speciale pentru electrodul de masă pentru a îmbunătăți randamentul aprinderii:

1. Canelura U* brevetată crește secțiunea de la muchie, făcând posibilă generarea mai facilă a scânteii și creșterea mai rapidă a flăcării.
2. Electrod de masă conic, profilat astfel încât să reducă efectul de înăbușire și să îmbunătățească creșterea flăcării.
3. Tip ac, fie cu electrod din nichel prominent Ø 1,5 mm* (TT nichel), fie cu electrod din platină sudat Ø 0,7 mm (SIP și TT iridiu).

La fel ca la electrodul central, electrozii de masă de tip ac sunt mai mici, astfel că necesită o tensiune mai mică. Electrozii generează o scânteie adecvată, reduc efectul de înăbușire și îmbunătățesc randamentul aprinderii.

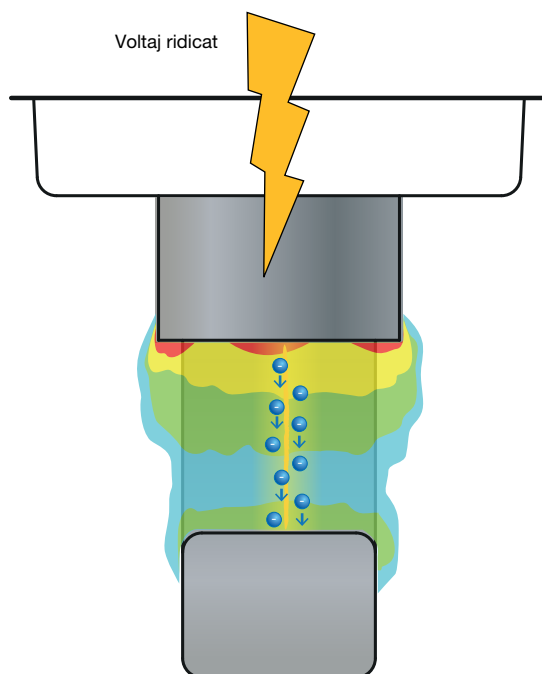
*Tehnologie DENSO brevetată

6.4. Scânteia electrică și tensiunea necesară

Scânteia generată în spațiul dintre electrozii bujiei cu scânteie asigură energia și temperatura necesară pentru a aprinde amestecul de aer / carburant exact la momentul oportun. Dacă însă căldura generată de scânteie este insuficientă, acest lucru poate cauza rateuri. Așa cum s-a explicat în capitolul 3, energia sub forma unui câmp magnetic se utilizează pentru a induce o tensiune înaltă în înfășurarea secundară a bobinei de aprindere. Tensiunea înaltă este apoi transmisă bujiei cu scânteie pentru a genera scânteia electrică în spațiul dintre electrozi. Scânteia aprinde apoi amestecul de aer / carburant care se află direct în spațiul dintre electrozii bujiei.

Este important, însă, că scânteia electrică poate fi generată doar dacă există suficientă energie electrică pentru a genera un canal sau o cale ionizată electroconductoare prin amestecul de aer / carburant care, în mod normal, este izolant.

Ionizarea este un proces complex prin care o substanță poate fi determinată să-și schimbe proprietățile electrice. Aerul este una dintre numeroasele substanțe care sunt natural electroizolante, deoarece atomii sunt neutri din punct de vedere electric și nu asigură o cale pentru fluxul electricității. Însă prin aplicarea unei tensiuni suficient de mari, energia electrică forțează particulele cu sarcină negativă (electronii) din atomi să se deplaseze între atomi. Atomii neutri din punct de vedere electric sunt transformați în atomi cu sarcină electrică, denumiți „ioni” și, din această cauză, acest proces de transformare este denumit „ionizare” (Fig. 6.3).



Tensiunea trebuie să crească suficient de mult pentru a ioniza aerul, ceea ce permite electronilor negativi să treacă prin spațiul dintre electrodul central și electrodul de masă

Fig. 6.3 Ionizarea aerului în spațiul dintre electrozii bujiei cu scânteie

Pentru a furniza suficientă energie pentru a ioniza aerul, este nevoie de o tensiune înaltă, în general între 10 kV și 40 kV, însă la anumite motoare este nevoie de o tensiune de chiar 45 kV. Ionizarea aerului generează o cale conductoare pentru energia electrică, care apoi generează scânteia de temperatură ridicată în spațiul dintre electrozi, care la rândul ei aprinde amestecul de aer / carburant. Scânteia în sine poate atinge temperaturi de peste 10.000°C, însă descărcarea nu va dura mai mult de o miime de secundă.

În timpul acestei scurte descărcări, structura scânteii este extraordinar de complexă și este formată din diferite faze și niveluri de tensiune, prezentate în Fig. 6.4.

Fluxul de electricitate (chiar și în spațiul dintre electrozii bujiei cu scânteie) este un flux de electroni cu sarcină negativă. Fluxul de electroni este mai ușor de generat pe o suprafață mai fierbinte. Scânteia este generată prin forțarea electronilor să se deplaseze de la electrodul central mai fierbinte spre electrodul de masă mai rece, ceea ce înseamnă că sistemul de aprindere generează o scânteie cu tensiune negativă. Așadar, tensiunea necesară de 10–40 kV este o tensiune negativă. Din acest motiv, tensiunile de la punctele „b” și „c” din Fig. 6.4 sunt negative.

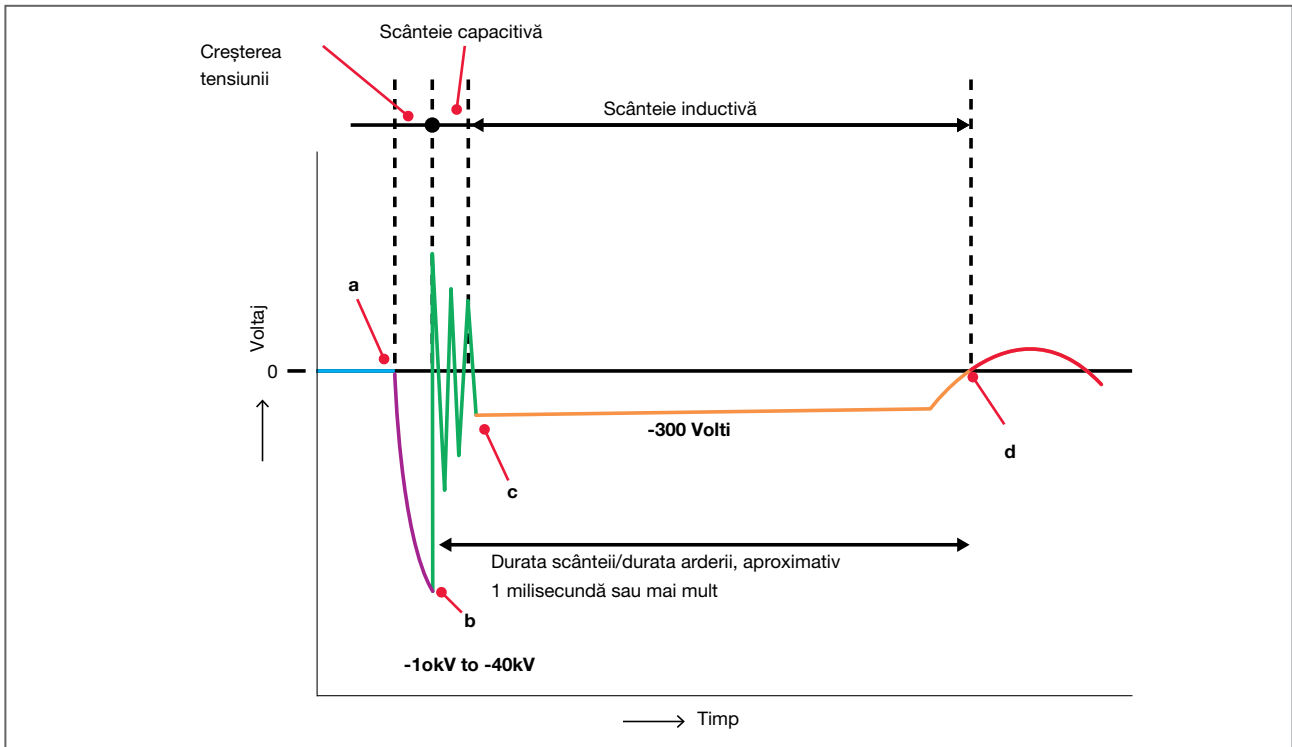


Fig. 6.4 Diferitele faze și tensiuni la generarea și menținerii scânteii

1. În momentul în care alimentarea cu curent a înfășurării primare a bobinei de aprindere se întrerupe (punctul „a”), în înfășurarea secundară se induce o înaltă tensiune în creștere (negativă), care se transmite bujiei cu scânteie.
2. În punctul „b”, tensiunea crește la 10–40 kV sau la o valoare mai mare pentru a genera scânteia între electrozii, moment în care se ionizează aerul.
3. La începutul descărcării, între punctele „b” și „c”, scânteia este inițial generată de energia electrică stocată în circuitul secundar. În această fază, denumită scânteia capacitivă, curentul este de mare tensiune, însă scânteia este de scurtă durată.
4. Odată generată scânteia, faza cu durată mai lungă a scânteii apare între punctele „c” și „d”, cu o tensiune de descărcare de aproximativ 300 V. Această fază a scânteii (denumită scânteie inductivă) este generată de energia electromagnetică din bobină, în care curentul se reduce treptat odată cu scurgerea energiei stocate. Scânteia continuă timp de aproximativ o miime de secundă până la punctul „d”, în care nu mai rămâne suficientă energie pentru a menține scânteia și descărcarea se încheie.

6.5. Condiții de operare ce afectează voltajul unei bujii cu scânteie

În secțiunea 6.4 s-a explicat că tensiunea furnizată de bobina de aprindere va crește până când are capacitatea de a ioniza aerul în spațiul dintre electrozii bujiei. Principali doi factori care afectează tensiunea necesară sunt dimensiunea spațiului dintre electrozii bujiei cu scânteie și forma și dimensiunea electrozilor, însă și condițiile de operare influențează tensiunea necesară. Câteva dintre aceste condiții pot fi gestionate prin construcția bujiei cu scânteie, iar altele nu. Dacă tensiunea necesară poate fi redusă, înseamnă că bobina de aprindere este supusă unei solicitări mai mici și, ceea ce este mai important, riscul rateurilor scade.

Spațiul dintre electrozii bujiei cu scânteie
Tensiunea necesară pentru a genera scânteia crește proporțional cu creșterea spațiului dintre electrozii bujiei cu scânteie (Fig. 6.5). Dacă spațiul este mai mare, înseamnă că trebuie ionizată o cantitate mai mare de aer, ceea ce necesită o tensiune mai mare.

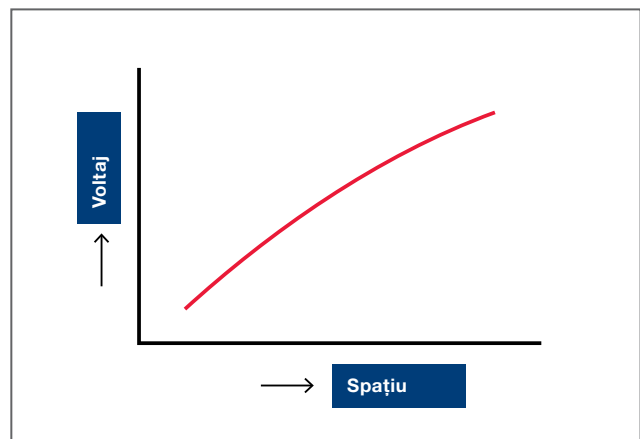


Fig. 6.5 Condiții de operare ce afectează voltajul unei bujii cu scânteie

Forma și dimensiunea electrozilor

Ionizarea aerului în spațiul dintre electrozii bujiei cu scânteie este mai facilă dacă ionizarea este mai concentrată. Există doi factori principali ai construcției electrozilor care contribuie la concentrarea ionizării, acestea fiind forma și dimensiunea electrozilor.

Cel mai important factor este forma electrozilor (Fig. 6.6), având în vedere că descărcarea energiei electrice de la o muchie tăioasă generează o ionizare mai concentrată a aerului. Dacă electrozii se uzează, muchiile se rotunjesc, tensiunea necesară fiind astfel mai mare.

Electrozii mai mici au o suprafață mai mică, ceea ce, în mod similar,

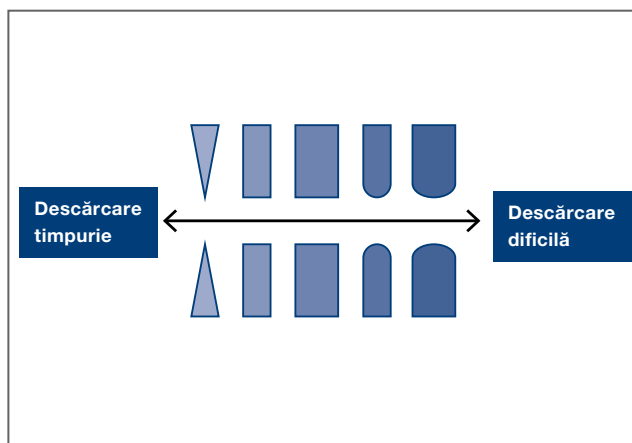


Fig 6.6 Formele de electrozi care asigură o descărcare electrică mai facilă sau mai dificilă

duce la a o ionizare mai concentrată a aerului, fiind nevoie astfel de o tensiune mai scăzută.

Temperatura electrozilor

Tensiunea necesară pentru a genera scânteia scade odată cu creșterea temperaturii electrozului (Fig. 6.7). Din cauza faptului că temperatura electrozului crește proporțional cu turația motorului, tensiunea necesară se reduce.

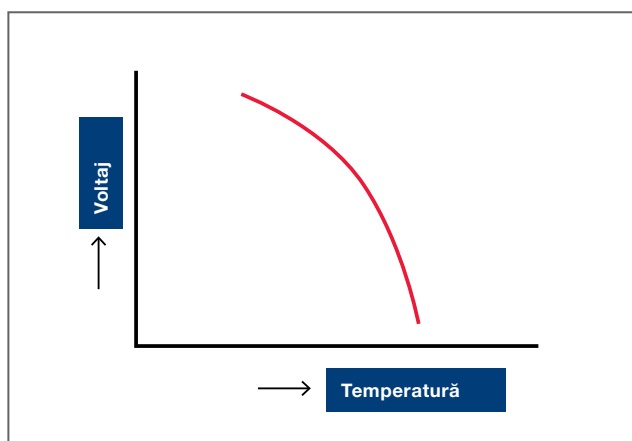


Fig. 6.7 Tensiunea necesară pentru a genera o scânteie este mai mică dacă crește temperatura electrozilor

Presiunea de comprimare

Tensiunea necesară pentru a genera scânteia crește proporțional cu presiunea de comprimare (Fig. 6.8). La presiuni mai mari vor fi mai multe molecule ale amestecului de aer / carburant în spațiul dintre electrozii bujiei cu scânteie care trebuie ionizate și, din această cauză, tensiunea necesară pentru a realiza ionizare este mai mare.

Dacă motorul este supus la sarcini mai mari, în camera de combustie pătrunde o cantitate mai mare de amestec de aer / carburant, ceea ce duce la creșterea presiunii, necesitând o tensiune mai mare.

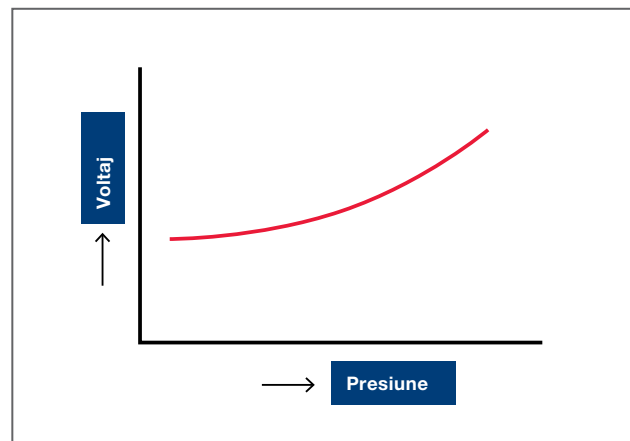


Fig. 6.8 Tensiunea necesară pentru a genera o scânteie este mai mare dacă crește presiunea de comprimare

Raporturile de comprimare mari și turbocompressoarele care devin din ce în ce mai răspândite la motoarele moderne duc și ele la creșterea presiunii de comprimare, ionizarea necesitând o tensiune mai mare în acest caz.

Raportul aer / carburant

Carburantul, în special în formă lichidă, este mai ușor de ionizat ca aerul. Amestecurile aer / carburant mai bogate sunt, din acest motiv, mai ușor de ionizat și necesită o tensiune mai scăzută decât amestecurile aer / carburant sărace.

Anumite motoare sunt concepute să funcționeze cu amestecuri sărace la sarcini reduse, sistemul de aprindere trebuind să fie capabil să furnizeze o tensiune mai mare.

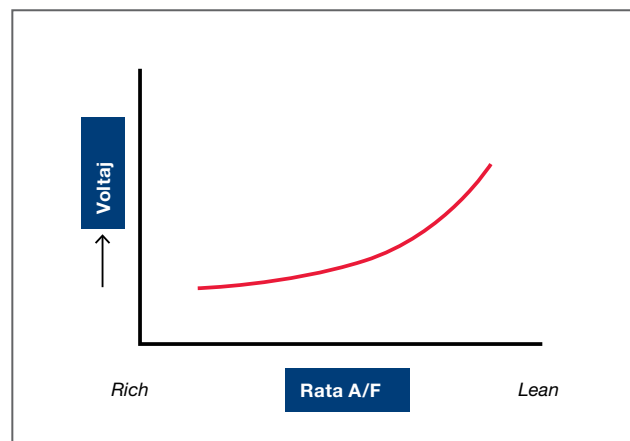


Fig. 6.9 Tensiunea necesară pentru a genera o scânteie este mai mare la amestecuri aer / carburant mai sărace

Temperatura amestecului aer / carburant

Tensiunea necesară pentru a genera scânteia scade odată cu creșterea temperaturii amestecului aer / carburant (Fig. 6.10). La temperaturi mai ridicate, moleculele de aer devin mai vibrante, facilitând ionizarea, iar tensiunea necesară este mai mică.

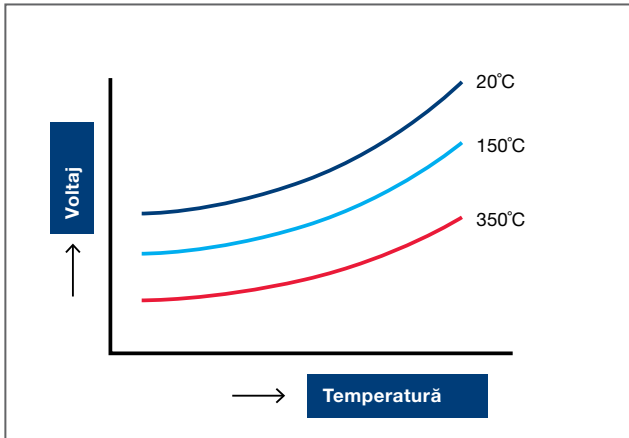


Fig. 6.10 Tensiunea necesară pentru a genera o scânteie este mai mică dacă crește temperatura amestecului aer / carburant

Umiditate

Odată cu creșterea umidității scade temperatura electrozilor, tensiunea necesară pentru ionizare fiind și în acest caz mai mare (Fig. 6.11).

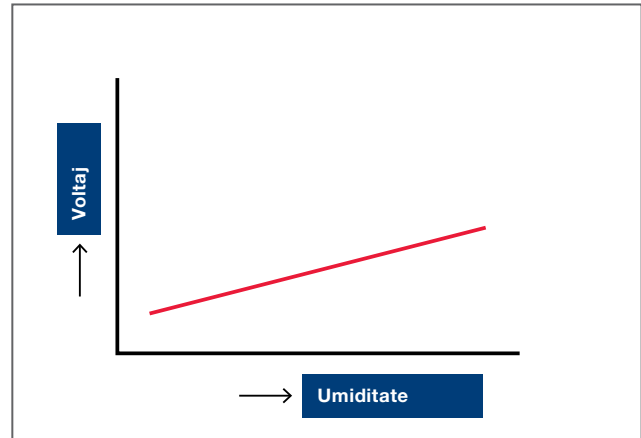


Fig. 6.11 Tensiunea necesară pentru a genera o scânteie este mai mare dacă umiditatea este mai mare

AVANTAJUL DENSO

Soluția DENSO

Pentru a depăși problemele asociate cu tensiunile din ce în ce mai mari care sunt necesare pentru a genera o scânteie, DENSO produce o gamă de bujii cu scânteie cu electrozi mai mici fabricați din metale prețioase precum iridiul.

Anumite bujii cu scânteie DENSO din iridiu sunt fabricate cu un electrod central mic, precum cel de iridiu de 0,4 mm, în timp ce la gama de bujii cu scânteie SIP electrodul de masă este și el mai mic.

La electrozii mai mici tensiunea necesară este mai mică, iar iridiul oferă o suprafață rezistentă la temperaturi mai mari și mai rezistentă la uzură.

Gama de bujii cu scânteie DENSO face posibilă schimbarea bujiilor cu scânteie cu specificații standard montate în numeroase vehicule cu unele mai moderne, astfel încât tensiunea necesară pentru aprindere devine mai mică și facilitează sarcina sistemului de aprindere și îmbunătățește chiar randamentul motorului.

Bujia DENSO SIP



6.6. Intervalul de căldură

Bujia cu scânteie este expusă unei călduri semnificative generată de procesul de combustie, dar și căldurii generate de scânteia dintre electrozi. Din acest motiv este important ca să fie dispersată suficientă căldură pentru ca bujia cu scânteie să se răcească până la o temperatură de operare acceptabilă. Dacă nu este răcită suficient, bujia cu scânteie va deveni prea fierbinte și va cauza pre-aprindere. Dacă este răcită prea mult, bujia cu scânteie nu va putea atinge temperatura necesară pentru a arde depunerile cauzate de combustie, ceea ce poate duce la ancrasarea bujiei. Măsura în care bujia cu scânteie dispersează căldura sau se răcește se numește „intervalul de căldură” al acesteia.

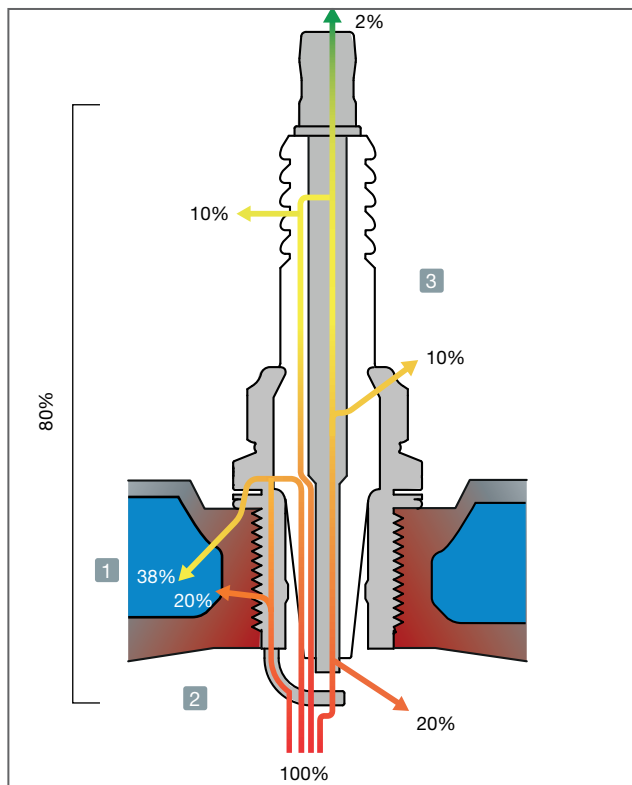


Fig. 6.12 Dispersarea căldurii de la bujia cu scânteie

Dispersarea căldurii sau răcirea

Ilustrația din Fig. 6.12 prezintă modul în care căldura absorbită de bujia cu scânteie este dispersată prin lichidul de răcire al motorului (1). Căldura rămasă se dispersează prin cantitatea proaspăt admisă de amestec de aer / carburant (2), precum și prin carcasa bujiei și izolația față de aerul ambiental (3).

Alegerea intervalului de căldură corespunzător

Există limite ale temperaturii între care bujiile cu scânteie funcționează fiabil și eficient. Bujia cu scânteie va funcționa corespunzător doar dacă temperatura electrodului său central este între aproximativ 500°C și 950°C.

Temperatură de autocurățare

În anumite condiții de operare precum pornirea la rece, combustia incompletă poate genera mici particule de carbon care se pot depune pe vârful izolației bujiei cu scânteie. Dacă se montează o bujie cu scânteie adecvată, electrodul central trebuie să atingă o temperatură de peste aproximativ 500°C, la care depunerile vor arde și pe izolație nu vor apărea noi depuneri.

Din acest motiv, această limită de temperatură inferioară este denumită „temperatura de autocurățare”.

Dacă temperatura electrodului rămâne sub temperatura de autocurățare, acumularea depunerilor de carbon poate furniza o cale electrică între izolație și carcasa bujiei. Acest lucru va limita sau împiedica apariția scânteii între electrozi.

Temperatura de pre-aprindere

Atunci când temperatura electrodului central ajunge la cel puțin 950°C, electrodul devine atât de încins încât poate provoca pre-aprinderea (vezi secțiunea 5.2).

Bujii cu scânteie cu interval de căldură scăzut sau ridicat

Noțiunile de interval de căldură scăzut sau ridicat se referă la condițiile de operare și nu la temperatura efectivă a bujiei. Bujiiile cu interval de căldură scăzut oferă o disipare redusă a căldurii și de aceea pot fi denumite „bujii fierbinți”, fiind mai adecvate pentru condiții de operare cu temperaturi scăzute. Bujiiile cu interval de căldură ridicat oferă o disipare mai mare a căldurii și de aceea pot fi denumite „bujii reci”, fiind mai adecvate pentru condiții de operare cu temperaturi ridicate.

Exemplele din Fig. 6.13 prezintă diferitele lungimi ale vârfului izolației utilizate pentru a produce trei tipuri de bujii cu scânteie cu intervale de căldură diferite.

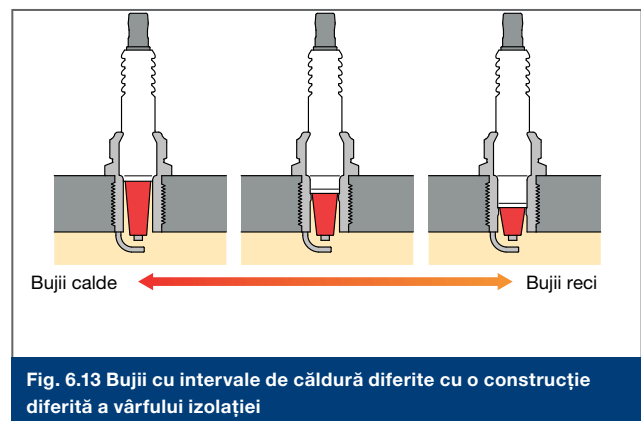


Fig. 6.13 Bujii cu intervale de căldură diferite cu o construcție diferită a vârfului izolației

Bujii cu scânteie cu interval de căldură scăzut (fierbinți)

Bujiile cu scânteie cu interval de căldură scăzut au un vârf de izolație lung. Vârful lung asigură o cale lungă pentru transmiterea sau dispersarea căldurii către carcasa bujiei, reducând astfel dispersarea căldurii și determinând creșterea facilă a temperaturii electrodului central. La motoarele la care căldura generată de combustie este mai redusă o bujie cu un interval de căldură scăzut se va încălzi și va atinge temperatura de autocurățare rapid, prevenind astfel acumularea carbonului pe izolație.

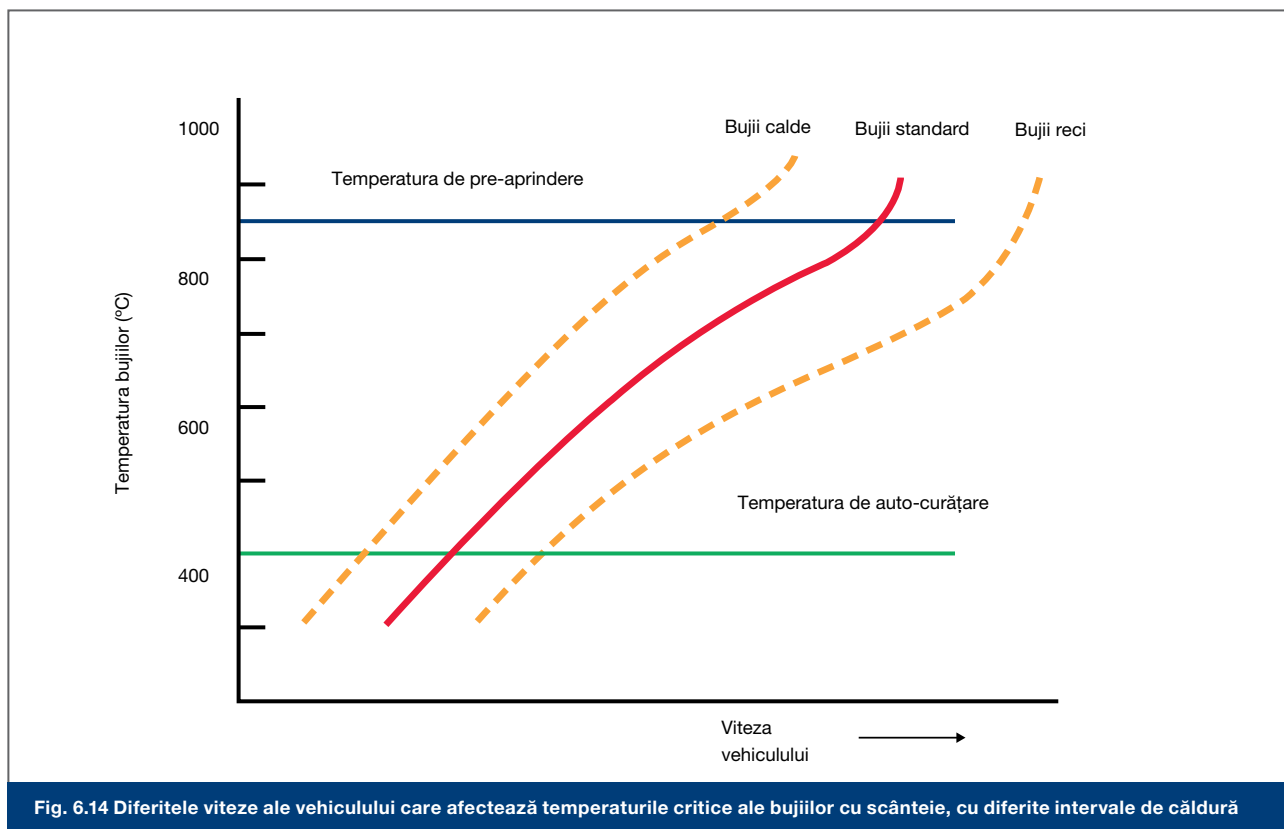
Bujii cu scânteie cu interval de căldură ridicat (reci)

Față de bujiile cu scânteie cu interval de căldură scăzut, acestea au un vârf de izolație scurt. Vârful mai scurt asigură o cale mai scurtă pentru căldură, aceasta dispersându-se mai rapid. Temperatura electrodului central nu crește atât de ușor. Însă, din cauza faptului că bujiile cu scânteie cu interval de căldură ridicat sunt montate pe motoare în care căldura generată de combustie este mai mare, căldura provenită în urma combustiei va determina izolația să atingă temperatura de autocurățare.

Bujiile cu scânteie cu interval de căldură ridicat sunt concepute pentru motoare de mare turație, de înaltă performanță. Atunci când motorul este modificat astfel încât să ofere o putere mai mare și o performanță superioară, pentru gestionarea temperaturilor de combustie constant mai ridicate ar putea fi nevoie de o bujie cu interval de căldură mai ridicat (mai rece) (vezi secțiunea 9.6).

Alți factori care afectează intervalul de căldură necesar

Intervalul de căldură al bujiei cu scânteie este afectat direct de temperaturile din camera de combustie, astfel că modul în care este condus vehiculul, dar și greutatea și dimensiunile vehiculului influențează sarcina la care este supus motorul și astfel și temperaturile de combustie. Graficele din Fig. 6.14 prezintă relația dintre viteza vehiculului și temperaturile critice (temperatura de autocurățare și pre-aprindere) în cazul bujiilor cu scânteie cu interval de căldură scăzut și ridicat.



6.7. Cum poate fi afectată producerea și dezvoltarea flăcării

Producerea și creșterea flăcării

Atunci când se generează scânteia la electrozii bujiei cu scânteie, temperatura ridicată a scânteii inițiază un mic nucleu de flacără cu amestecul de aer / carburant arzând (vezi secțiunea 5.1). Căldura generată de nucleul de flacără (aproximativ 3.000°C) aprinde următorul strat de amestec de aer / carburant. Flacără crește inițial în spațiul dintre electrozii bujiei cu scânteie, extinzându-se apoi în afara acestui spațiu, continuând ca o flacără autoîntreținută în întreaga cameră de combustie. În situația ideală, frontul flăcării crește cu un ritm constant și uniform, arzând treptat, dar rapid întreaga cantitate de amestec de aer / carburant. Creșterea uniformă a flăcării depinde de forma camerei de combustie, turbulența și amestecul de aer / carburant din camera de combustie.

Însă creșterea uniformă a flăcării este imposibil de realizat, deoarece nu este posibilă crearea unei camere de combustie cu formă perfectă care să conțină supapele, bujia cu scânteie și, opțional, injectorul. Creșterea flăcării poate fi întreruptă sau obstrucționată parțial, flacără putându-se chiar stinge din cauza dispersării căldurii de la flacără la o suprafață rece.

Turbulența contribuie la expunerea întregii cantități de amestec la frontul flăcării, ceea ce facilitează arderea întregii cantități de amestec de aer / carburant din camera de combustie.

Înăbușirea flăcării și temperatura electrozilor

Înainte ca flacără să devină autoîntreținută, la generarea inițială a nucleului de flacără acesta este foarte aproape de electrozii care au o temperatură mai scăzută decât flacără. Această temperatură mai scăzută atrage căldura de la nucleul de flacără. Efectul de răcire poate duce chiar la stingerea flăcării, denumit și efectul de „înăbușire”.

Din cauza faptului că electrozii reci absorb mai multă energie termică de la flacără decât electrozii fierbinți, construcția bujiei cu scânteie și a electrozilor trebuie să permită electrozilor să rețină suficientă căldură pentru a reduce efectul de înăbușire.

Efectul de înăbușire poate fi redus prin construcția bujiei cu scânteie; forma electrozilor și spațiul dintre electrozii bujiei au un efect semnificativ asupra înăbușirii flăcării.

Înăbușirea flăcării poate apărea și atunci când creșterea frontului flăcării este aproape de pereții camerei de combustie. Dacă motorul este rece (de exemplu după pornirea la rece), suprafețele cu temperatură scăzută din cilindru pot înăbuși (parțial) flacără (vezi secțiunea 5.3).

Forma electrozilor. Exemplele din Fig. 6.15 ilustrează modul în care un electrod mai mare va atrage mai multă energie termică de la nucleul de flacără din cauza masei și suprafeței mai mari. Dacă se utilizează un electrod central mai mic, care are o masă mai mică și o suprafață mai mică, acesta va atrage mai puțină căldură de la nucleul de flacără, reducând astfel posibilitatea înăbușirii flăcării. Utilizarea unui electrod de masă mai mic va avea același efect de reducere a înăbușirii flăcării.

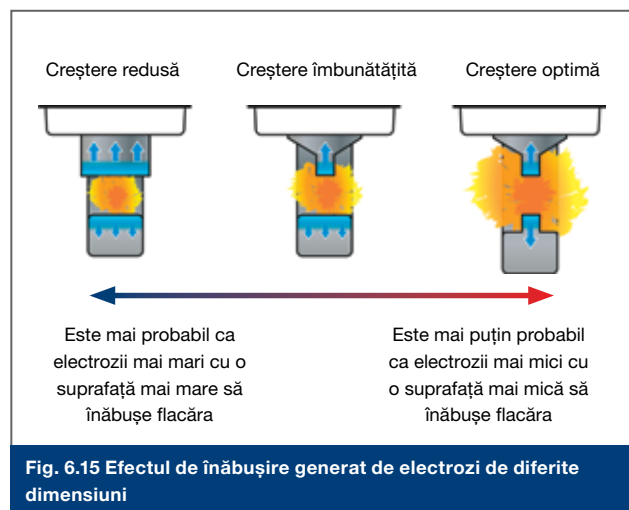


Fig. 6.15 Efectul de înăbușire generat de electrozi de diferite dimensiuni

Spațiul dintre electrozii bujiei cu scânteie. Dacă spațiul dintre electrozii bujiei cu scânteie este mic (Fig. 6.16), electrozii sunt aproape de nucleul de flacără, facilitând dispersarea căldurii de la flacără la electrozi, ceea ce rezultă într-un efect de înăbușire mai mare. Dacă spațiul dintre electrozii bujiei este mai mare, se reduce interferența în generarea flăcării.

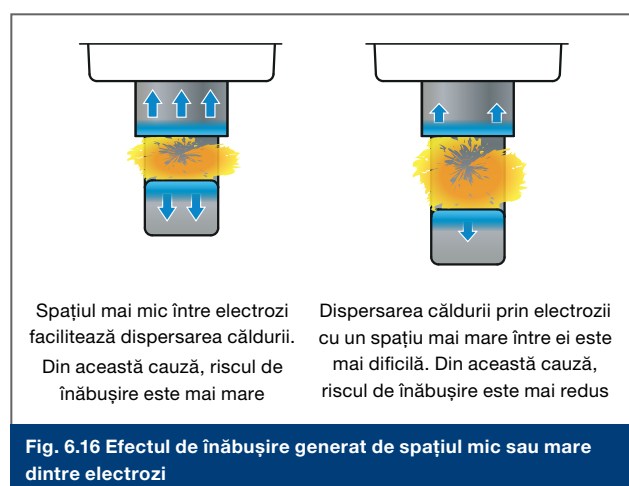


Fig. 6.16 Efectul de înăbușire generat de spațiul mic sau mare dintre electrozi

AVANTAJUL DENSO

DENSO produce o gamă de bujii cu scânteie cu electrozi de diverse forme și dimensiuni care contribuie la reducerea efectului de înăbușire în diverse condiții de exploatare a motoarelor.

Aceste construcții diferite sunt prezentate în capitolul 7.

7. TEHNOLOGIILE DENSO: ÎMBUNĂȚIREA PERFORMANȚEI BUJIEI CU SCÂNTEIE

7.1. Dezvoltarea DENSO

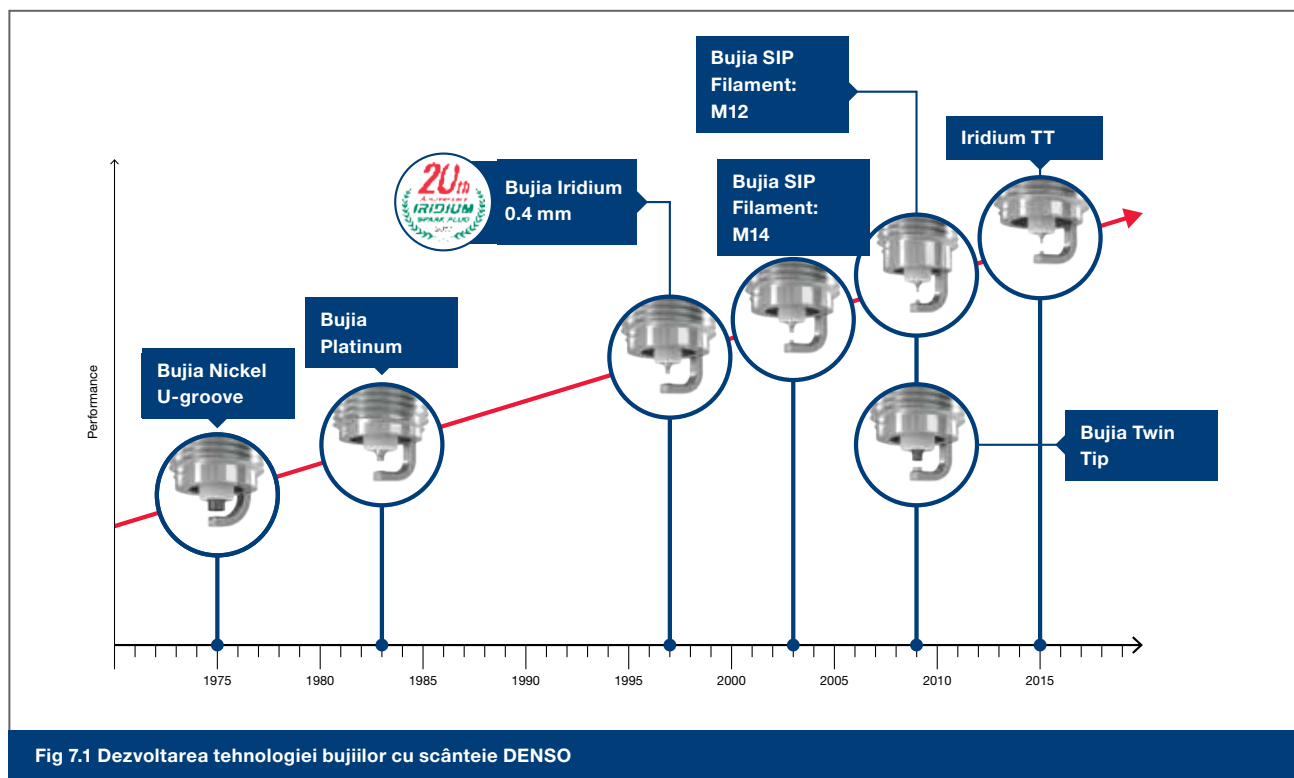
DENSO are o istorie îndelungată în producția de bujii cu scânteie, unele dezvoltări rămânând unice pentru DENSO iar altele fiind adoptate la nivel universal în piața bujiilor cu scânteie. În 1960, DENSO a demarat producția de bujii cu scânteie cu miez de cupru pentru autovehicule și motociclete. Pentru o performanță îmbunătățită, electrodul de tip U-groove a fost patentat în 1972 și apoi, lansat în piață în 1975. Pentru a extinde durata de viață a bujiilor cu scânteie, cele cu „dublu-platină” au fost lansate în anul 1983. Mai apoi, în 1997, DENSO a lansat bujia Iridium Power, cu cel mai mic electrod din Iridiu, chiar și până în ziua de azi.

Dezvoltarea bujiei Super Ignition (SIP) poate fi văzută ca una dintre cele mai importante dezvoltări în ceea ce privește o

aprindere mai bună. Tehnologia SIP a dus la dezvoltarea bujiilor Nichel TT (în 2009) și Iridium TT (în 2015) ce au fost special create pentru piața Aftermarket.

Trendul în creștere al motoarelor tot mai mici a dus și la dezvoltarea unor bujii cu scânteie cu un filament mai lung, dar mai îngust, ca și exemplu fiind cel de 12mm. Cu cât acest filament este mai îngust, cu atât mai mult spațiu poate fi alocat unei admisii mai largi sau a unor supape de evacuare mai mari.

Aceste bujii cu scânteie mai mici, ca și cele produse de DENSO, trebuie să furnizeze cel puțin aceeași performanță ca și cele tradiționale, de dimensiuni mai mari; dar într-o asamblare compactă.



AVANTAJUL DENSO

Defecte zero

DENSO a setat standardele tehnologiei pentru bujiile cu scânteie încă din 1959. Toate gamele de bujii au fost dezvoltate în interiorul companiei și fabricate în fabrici proprii la nivel mondial, certificate IATF 16949 – cu un standard de „zero defecte”. Livrăm aceeași calitate înaltă atât producătorilor OEM, cât și pentru piața Aftermarket, garantând performanța optimă a motorului de fiecare dată.

7.1. Dezvoltarea DENSO	42
7.2. Materialele electrozilor	43
7.3. Materialele electrozilor centrali	44
7.4. Electrozii de masă	45
7.5. Alte tehnologii folosite la bujiile cu scânteie DENSO	47
7.6. Trenduri viitoare	48

7.2. Materialele electrozilor

Poziționarea electrozilor unei bujii cu scânteie în camera de combustie îi expune la temperaturi și presiuni extreme, precum și la schimbări rapide de temperatura și presiune. Cu toate acestea, chiar și sub aceste condiții dure de operare, electrozii trebuie să furnizeze o scânteie de intensitate mare și sigură pentru milioane de cicluri de combustie și multe zeci de mii de kilometri. (până la 180.000 de km pentru anumite tipuri de bujii cu scânteie)

Tabelul afișat în Fig 7.2., evidențiază calitățile diferite ale unor materiale; Nichelul (de regulă aliaje din Nichel), Platina și Iridiul fiind cele mai utilizate metale în procesul de producție de către DENSO.

Deși tabelul înfățișează faptul că Platina are cea mai bună rezistență la oxidare dintre cele 3 materiale, Iridiul este cel care oferă per general cea mai bună performanță datorită punctului ridicat de topire, precum și datorită durității și rezistenței sale.

	Iridiu (Ir)	Platină (Pt)	Nichel (Ni)	Aur (Au)	Argint (Ag)
Punctul de topire (°C)	2454	1769	1453	1063	960
Duritate (kgf/mm ²)	112	14	68	13	13
Forță (μΩ · cm)	5.3	10.6	6.8	2.3	1.6
Duritate (HV ; 20°C)	240	40	160	25	26
Rezistența la oxidare	+	++	+	++	++

Fig 7.2 Dezvoltarea tehnologiei bujiilor cu scânteie DENSO

Punctul de topire

Datorită temperaturilor înalte și a căldurii întâlnite pe parcursul combustiei și a descărcării electrice, materialele folosite la electrozii trebuie să aibă un punct de topire ridicat pentru a preveni topirea materialului din care este făcut electrozul.

Duritate

Materialele mai dure furnizează o scânteie mai performantă și durabilitate îmbunătățită pe termen lung, îndeosebi în condiții grele de condus care măresc sarcina fizică asupra electrozilor bujiei cu scânteie.

Rezistența la oxidare

Rezistența la oxidare, în special la temperaturi ridicate, este critică pentru reducerea uzurii electrozilor.

Iridiul nu are o rezistență excelentă la oxidare, însă prin crearea unui aliaj cu Rوديul, acesta capătă o rezistență similară cu cea a platinei.

Rezistența electrică

Metalele au în general o rezistență electrică foarte scăzută care nu afectează de principiu curentul sau tensiunea ce creează scânteia. Dar pe parcursul vieții unei bujii cu scânteie, materialele electrozilor trebuie să-și păstreze rezistența electrică scăzută, chiar și atunci când electrozii sunt expuși unor condiții dure de operare.

7.3. Materialele electrozilor centrali

Dezvoltarea continuă a motoarelor pe combustie, în special în privința creșterii puterii, a reducerii consumului de combustibil și a emisiilor, a rezultat în temperaturi ridicate de combustie, presiune crescută în cilindru, precum și o îmbunătățire generală a eficienței combustiei. Pentru a veni în suportul acestor dezvoltări, bujiile cu scânteie DENSO au evoluat de asemenea pentru a furniza scânteie de energie ridicată.

Designul îmbunătățit al electrozului central include un diametru mai mic (Fig 7.3), lucru posibil prin utilizarea unor metale mai durabile care permit ca tensiuni mai scăzute să genereze nivele de energie similare sau chiar mai mari.

Prin folosirea unor electrozi centrali (și de masă) mai mici, se reduce foarte mult blocarea flamei produse în timpul aprinderii și a combustiei; reducând în același timp și transferul căldurii, inclusiv efectul de călire.

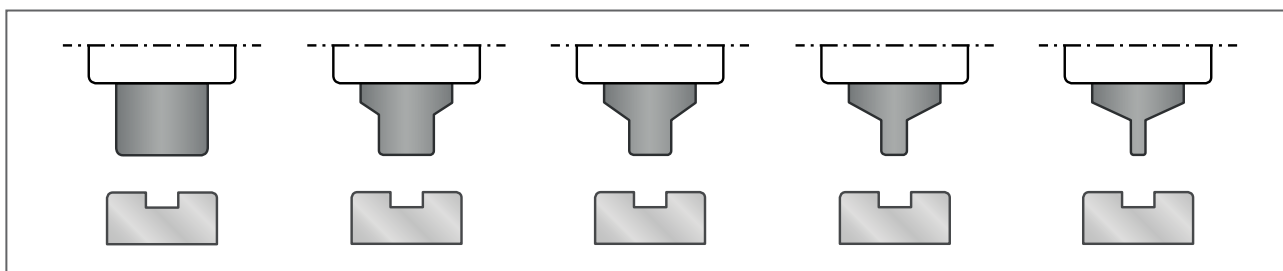


Fig 7.3 Exemple de diferite tipuri și dimensiuni ale electrozilor centrali

Electrodul central din Nichel

Pentru mulți ani, bujiile cu scânteie DENSO au fost produse cu electrozi centrali din Nichel cu o grosime de 2.5 mm (Fig 7.4). Tipul standard de electrozi din Nichel sunt foarte rezistenți și accesibili și încă sunt folosiți și în ziua de azi.

Electrodul central din Platină

Platina este folosită în electrozii centrali datorită rezistenței sale la temperaturi ridicate. Un vârf din platină este sudat electrozului și datorită rezistenței sale la temperaturi ridicate, permite ca diametrul electrozului să fie redus la 1.1 mm (Fig 7.5), menținând totuși o durată de viață mai îndelungată decât bujiile cu scânteie din Nichel. Electrozii centrali din Platină au fost foarte populari în anii '80 și '90 pentru performanța lor excelentă, dar de atunci, au fost înlocuiți treptat de electrozii superiori din Iridiu.



Fig 7.4 Electrod Nichel – 2.5 mm diametru



Fig 7.5 Electrod Platină – 1.1 mm diametru

AVANTAJUL DENSO

Bujiile cu scânteie DENSO Iridium au cea mai mare concentrație de Iridiu din piață, în proporție de aproximativ 90% Iridiu și 10% Rhodiu. De multe ori, alți producători de bujii cu scânteie își promovează bujiile ca fiind de Iridiu, însă acestea sunt de fapt dintr-un aliaj de Platină, ce conține doar un procentaj scăzut de Iridiu. Acest amestec nu permite obținerea de electrozi foarte fini și asta poate cauza o durată de viață mai scurtă.

Electrodul central din Iridiu

Electrozii centrali din Iridiu DENSO conțin un aliaj din Iridiu ce are cel mai mare grad de Iridiu din piață. Datorită tehnologiilor de producție patentate de către DENSO, compania este capabilă să producă electrozi cu diametre de până la 0.7 mm, 0.55 mm și chiar un electrod patentat cu 0.4 mm. (Fig 7.6)

Iridiul este materialul cel mai dur și mai rezistent la temperaturi ridicate ce a fost vreodată folosit la producția bujiilor cu scânteie, însă bujii realizate strict din Iridiu nu pot avea o rezistență suficientă la oxidarea la temperaturi ridicate. De aceea, DENSO a dezvoltat un aliaj din Iridiu și Rhodiu pentru a îmbunătăți această rezistență la oxidare. Noul aliaj este un material patentat DENSO.

Iridiul este un material foarte dur. În trecut, sinterizarea era singurul proces de producție posibil și disponibil. Însă, acest tip de producție este unul foarte costisitor și impune o serie de restricții la formă și dimensiuni, ceea ce înseamnă că nu putea fi folosit la producerea de bujii cu scânteie. DENSO a reușit însă să dezvolte o tehnologie care să permită topirea și prelucrarea Iridiului, fiind astfel posibilă producția de electrozi centrali din Iridiu. Acești electrozi sunt apoi securizați printr-un proces de sudură cu laser.

Cu aceste tehnologii noi, DENSO a fost primul care a produs bujii cu scânteie ce au electrozi din Iridiu.

Datorită punctului de topire ridicat și a rezistenței la coroziune, Iridiul este folosit în acest moment în arii unde se impune o tehnologie de ultimă generație, precum industria medicală, aerospațială, dar și în industria bijuteriilor.

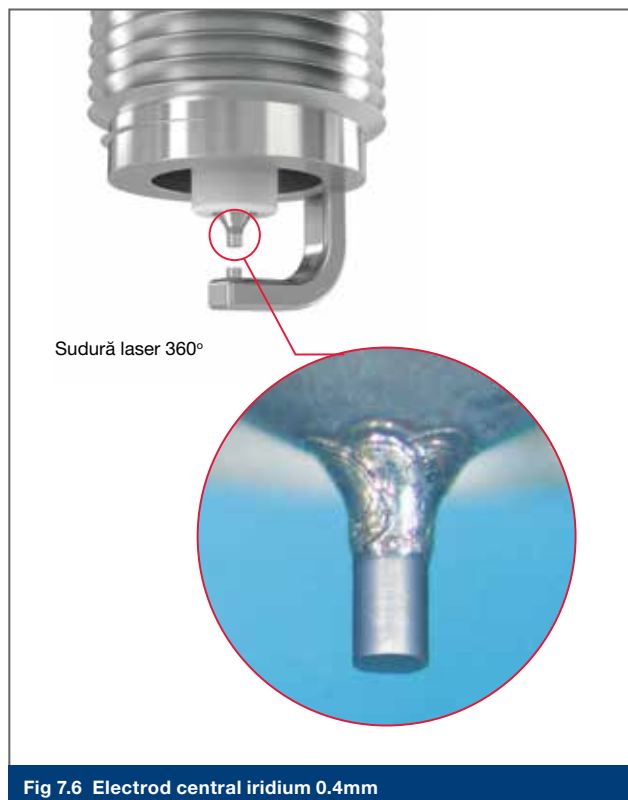


Fig 7.6 Electrod central iridium 0.4mm

7.4. Electrodul de masă

Electrodul de masă, fiind expus la nivelul camerei de combustie, trebuie să reziste la temperaturi foarte ridicate și fluctuații extreme de temperatură. Acesta are o influență vitală asupra performanței scânteii produse, precum și asupra procesului de combustie și a performanței generale a motorului. Asemenea electrodului central, electrodul de masă reprezintă cheia pentru asigurarea unei durate mai mari de viață a bujiei; de aceea, DENSO a dezvoltat o serie de tehnologii folosite pentru electrodul de masă.

Tehnologia U-groove

Electrodul DENSO de tip U-groove (Fig 7.7) adăugă muchii electrodului central, reducând astfel tensiunea necesară. Totodată furnizează mai mult spațiu pentru un volum suplimentar de amestec aer/ carburant în apropierea scânteii, ceea ce ajută în cazul aprinderii unor amestecuri mai slabe. Energia de aprindere este mai mare, reducând astfel depunerea de carbon și obținându-se o performanță mai bună a accelerației.

Electrodul cu formă conică

Folosindu-se electrodul de formă conică (Fig 7.8) se reduce dimensiunea electrodului, ceea ce duce și la reducerea efectului de călire și îmbunătățește aprinderea.



Fig 7.7 Electrodul de tip U-groove



Fig 7.8 Electrodul cu formă conică

Descărcarea de suprafață pentru motoarele rotative

Bujiile cu scânteie ce au descărcarea de suprafață (Fig 7.9) sunt folosite îndeosebi la motoarele rotative în cazul în care electrozii de masă convenționali nu se potrivesc în camera de combustie. Scânteia apare între electrodul central și muchia interioară a electrodului de masă.



Fig 7.9 Descărcarea de suprafață pentru motoarele rotative

Electrozii laterali

Acest design al bujiei cu scânteie (Fig 7.10) oferă performanță optimă pentru utilizarea în cazul motoarelor cu injecție directă, unde amestecul de aer/ carburant poate fi foarte bogat în proximitatea bujiei cu scânteie, rezultând astfel în depunerea de carbon. În timpul unei funcționări normale, scânteia este generată între electrodul principal și cel de masă; dar în cazul apariției depunerilor, scânteia se transferă electrozilor laterali, arzând carbonul rezultat. (Fig 10.3)



Fig 7.10 Electrozii laterali

Bujia cu descărcare de tip „semi-surface”

Folosind acest tip de descărcare, se îmbunătățește capacitatea de aprindere și rezistența la depuneri (Fig 7.11). Muchia interioară a carcasei acționează într-un fel similar electrozilor laterali. În momentul în care depunerile de carbon previn apariția scânteii de-a lungul electrodului de masă, această muchie oferă o cale alternativă pentru producerea scânteii, permițând totodată să fie arse depunerile de carbon pe măsură ce acestea apar; într-un final, scânteia fiind generată prin electrodul de masă normal.

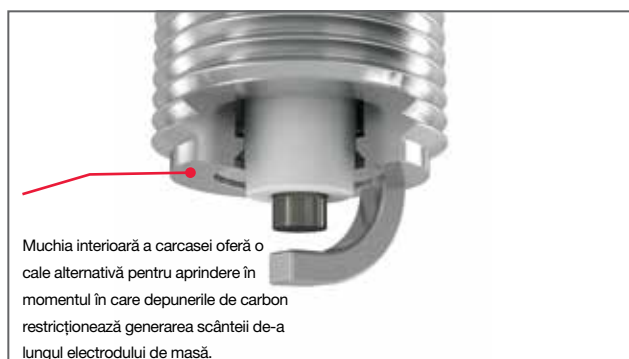


Fig 7.11 Bujia cu descărcare de tip „semi-surface”

Electrozii multipli

Pentru bujiile din Nichel, durata de viață poate fi cu ușurință prelungită prin adăugarea unor electrozi de masă adiționali. Acest tip de bujii cu scânteie DENSO este disponibil în versiunea cu 2 sau 3 electrozi, fiind o soluție eficientă de reducere a costurilor pentru creșterea duratei de viață a bujiilor cu scânteie (Fig 7.12). Cu toate acestea, electrozii multipli nu sunt benefici pentru o combustie performantă. Aplicarea unui vârf din platină pe electrodul de masă este metoda preferată pentru o durată de viață mai lungă a bujiei.



Fig 7.12 Electrozii multipli

Chip din platină al electrodului de masă

Platina este foarte rezistentă împotriva coroziunii și poate rezista schimbărilor bruște de temperatură. Crește și durata de viață a unei bujii cu scânteie, fără a afecta performanța aprinderii. Întotdeauna sunt combinați cu electrozi centrali din Platină sau Iridiu (Fig 7.13)

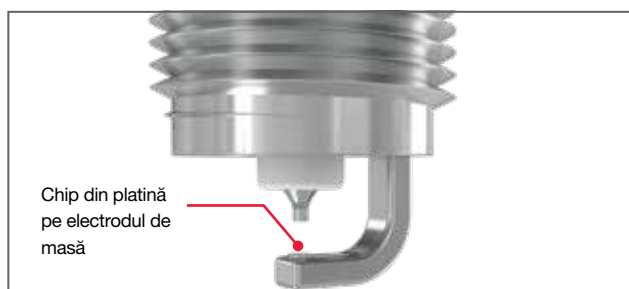


Fig 7.13 Vârful de platină al electrodului de masă

Bujia de tip Super Ignition (SIP)

Introdus de către DENSO în 2003, electrodul de masă al acestei bujii revoluționare din Iridiu este realizat conform tehnologiei DENSO și are o formă de ac cu un diametru de 0.7-1.0 mm. Acest electrod cu diametru mic furnizează o reducere drastică a efectului de călire și permite creșterea flăcării fără restricții. Este întotdeauna combinat cu electrozi centrali din Iridiu (Fig 7.14)



Fig 7.14 Bujia de tip Super Ignition (SIP)

7.5. Alte tehnologii folosite la bujiile cu scânteie DENSO

Rezistorul

Prin adăugarea unui rezistor 5k. între terminal și electrodul central, am creat o bujie ce produce mai puțin „zgomot” electro-magnetic în timpul aprinderii. Cu un număr în creștere al dispozitivelor electronice din mașini, toate modelele noi auto vin echipate cu acest rezistor ca și standard. (Fig 7.15) Acesta nu afectează tensiunea și doar reduce curentul de vârf, automat și zgomotul electro-magnetic, fără să afecteze performanța scânteii.



Fig 7.15 Rezistorul

Bujii extinse

Prin extinderea electrozilor (Fig 7.16), scânteia este poziționată mai aproape de centrul camerei de combustie. Poziționarea centrală a scânteii poate avea beneficii pentru motoarele cu aprinderea greoaie, precum motoarele cu compresie scăzută ce tind să opereze în condiții de temperaturi mai scăzute. Calea dintre electrod și carcasă fiind mai lungă, acest tip de bujie cu scânteie este disponibilă doar în cazul unor intervale de căldură scăzută.



Fig 7.16 Bujii extinse

Învelișul bujiei

Un înveliș extins permite ca poziția scânteii să fie extinsă. (Fig 7.17) Acest tip de bujie intră mai adânc în camera de ardere; putând astfel să gestioneze mai ușor temperaturile ridicate și ieșirile de putere. Este disponibil în intervale mai ridicate de căldură decât bujiile cu scânteie cu electrozi extinși.

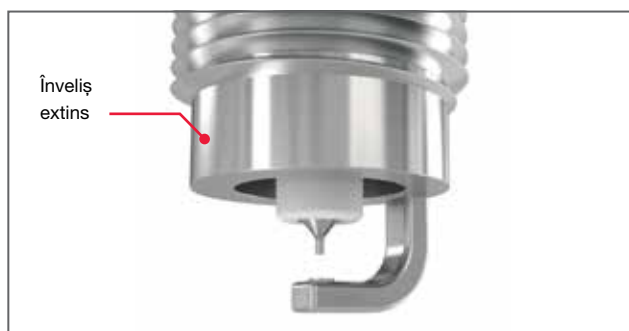


Fig 7.17 Învelișul bujiei

Element de etanșare conic

Bujiile cu elementul de etanșare de formă conică sunt doar pentru vehiculele Non-Japoneze unde nu se folosesc garnituri (Fig 7.18). De regulă, folosirea unor bujii cu sau fără garnituri rămâne strict la decizia producătorului de motoare.



Fig 7.18 Element de etanșare conic

7.6. Trenduri viitoare

Perspectiva generală

În acest moment, peste 75% din mașinile noi pe benzină folosesc bujii cu scânteie Iridium (Fig 7.19). Ne așteptăm ca acest procent să crească pe măsură ce legislația cu privire la emisiile generate se înăsprește.

Pentru a obține niveluri mai scăzute de CO₂, producătorii auto trebuie să găsească metode prin care să mărească eficiența combustiei motoarelor. În cazul motoarelor pe benzină, acest lucru se poate obține prin aplicarea unor tehnologii precum reducerea dimensiunii motoarelor, introducerea de EGR și amestecuri mai slabe. Deși aceste tehnologii aflate în dezvoltare au fost menționate și în secțiunea 5.5, merită să menționăm din

nou efectele pe care le au asupra designului bujiilor cu scânteie, precum capacitatea acestora de a rezista la tensiune mai mari de 45KV.

Fig 7.20 arată o previziune generală a trendurilor în combustia motoarelor pentru a respecta legislația EU cu privire la emisiile auto, ratele de compresie și EGR până în anul 2025.

Ca și dezvoltator principal și inventator de tehnologii automotive, DENSO va rămâne un pion principal al designului motoarelor pe combustie, pentru a se asigura că produsele sale continuă să ofere suport nevoilor de creștere a eficienței motoarelor, a puterii generate și a reducerii emisiilor rezultate.

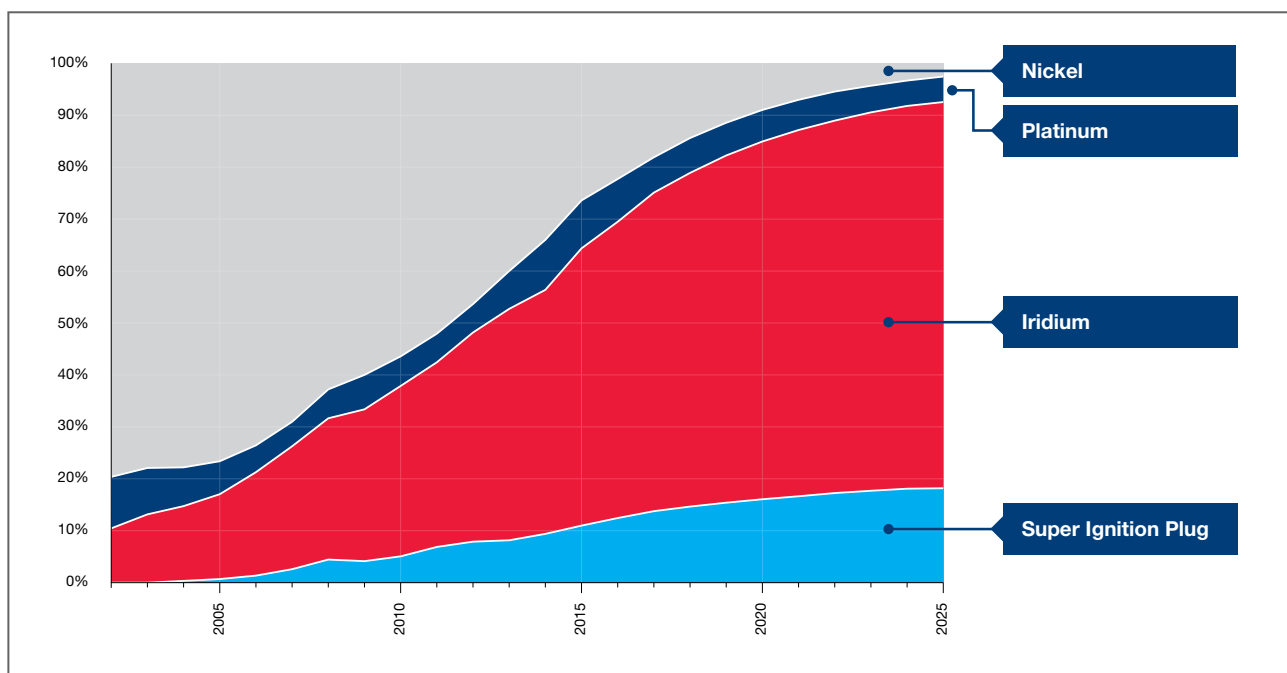


Fig 7.19 Cota de piață pentru diverse tipuri de bujii cu scânteie (previziuni până în 2025)

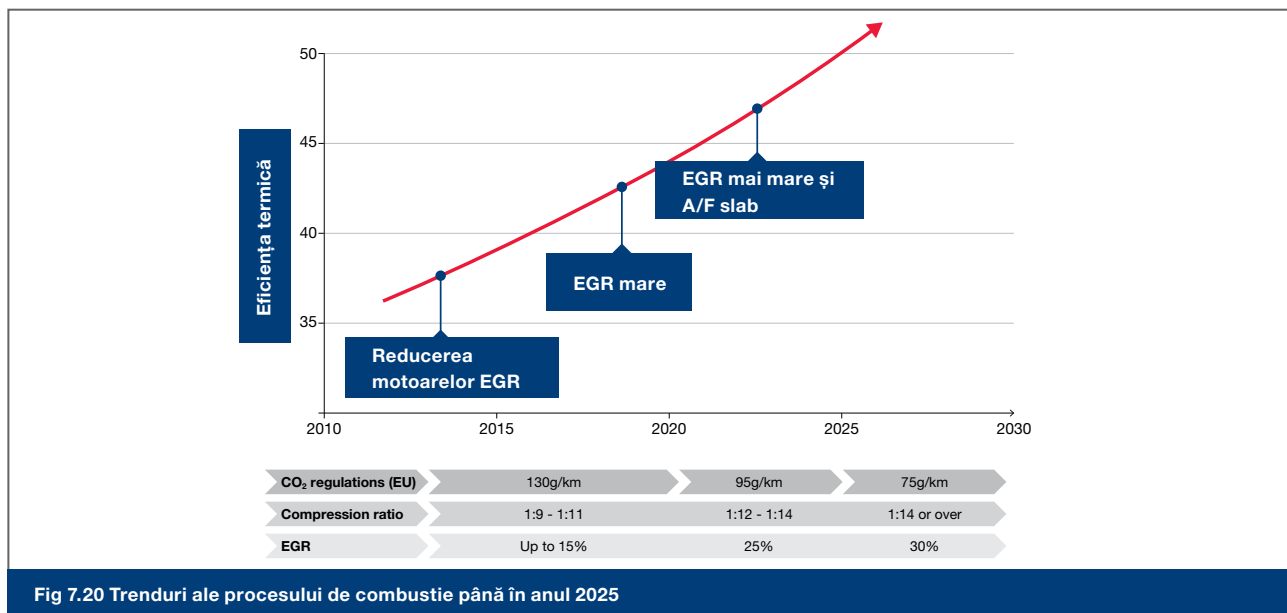


Fig 7.20 Trenduri ale procesului de combustie până în anul 2025

Reducerea dimensiunilor motoarelor

De mult timp, producătorii auto au dezvoltat motoare mai reduse în dimensiuni dar la fel sau chiar mai performante prin folosirea de turbine. Un motor mai redus în dimensiuni are o serie de provocări, printre care ambalarea (Fig 7.21). Într-un cap de cilindru mai mic, rămâne necesară fixarea a 4 supape mari, a bujiilor cu scânteie și a injectoarelor de combustibil, fiind necesar și spațiul aferent canalelor de răcire pentru a menține ansamblul la temperatura dorită. O soluție este folosirea bujiilor cu scânteie înguste cu filet lung, deja folosite cu succes în cazul motocicletelor. Iar acum, sunt folosite și în cazul autoturismelor.

Reducerea dimensiunilor și creșterea puterii vin la pachet cu o presiune mai ridicată în cilindru, fie din cauza turbocompresorului sau a ratelor ridicate de compresie. Dar presiunile ridicate fac dificilă sarcina de ionizare a aerului și crearea scânteii (vezi secțiunea 6.4 pentru mai multe informații cu privire la precesul de ionizare). Pentru a depăși această problemă, sunt necesare tensiuni mai ridicate ale scânteii, chiar și peste 45kV.

EGR ridicat

Odată cu creșterea ratei de compresie și a temperaturilor de combustie, riscul de detonare se mărește. Pentru a evita acest lucru, rata de EGR (recirculare a gazelor de evacuare) este

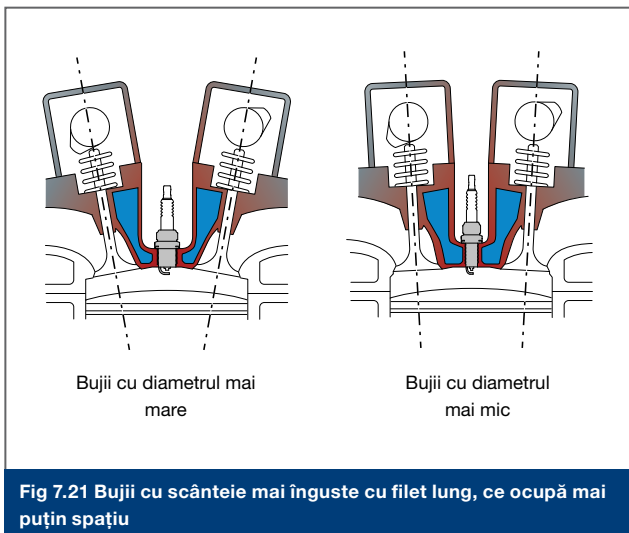


Fig 7.21 Bujii cu scânteie mai înguste cu filet lung, ce ocupă mai puțin spațiu

crescută, ceea ce ajută la scăderea temperaturilor de combustie; contribuind și la amestecarea aerului și a carburantului din camera de combustie.

Acest flux îmbunătățit, în special la viteze mai mari, are tendința de a îndepărta scânteia de la electrozi, ceea ce creează un arc mai lung, expus la mai mult amestec de aer/ combustibil, îmbunătățind implicit și capacitatea de aprindere (Fig 7.22). Însă pentru a preveni disiparea scânteii, un curent mai ridicat este necesar din partea bobinei de inducție pentru a susține arcul creat.

Cu toate acestea, odată ce fluxul de gaze scade, de regulă la viteze mai mici, amestecul rezultat poate fi mai greu de aprins. Pentru a depăși această problemă, scânteia ar trebui să dureze mai mult pentru a mări expunerea acesteia la amestecul de aer/ carburant și de a îmbunătăți din nou aprinderea.

Astfel, bobina de inducție va trebui să fie capabilă să genereze mai multă energie bujiei cu scânteie pentru a susține arcul mai lung sau de a-l susține pe termen mai lung.

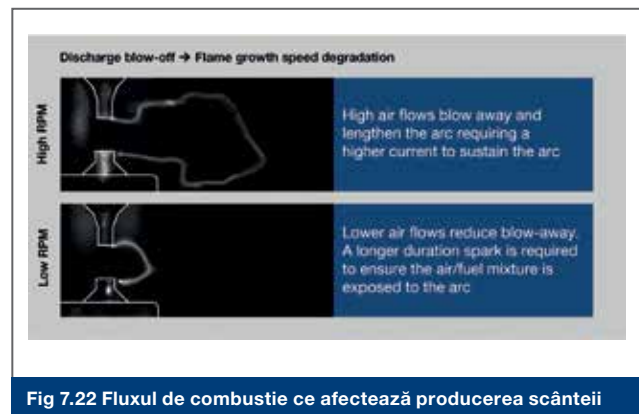


Fig 7.22 Fluxul de combustie ce afectează producerea scânteii

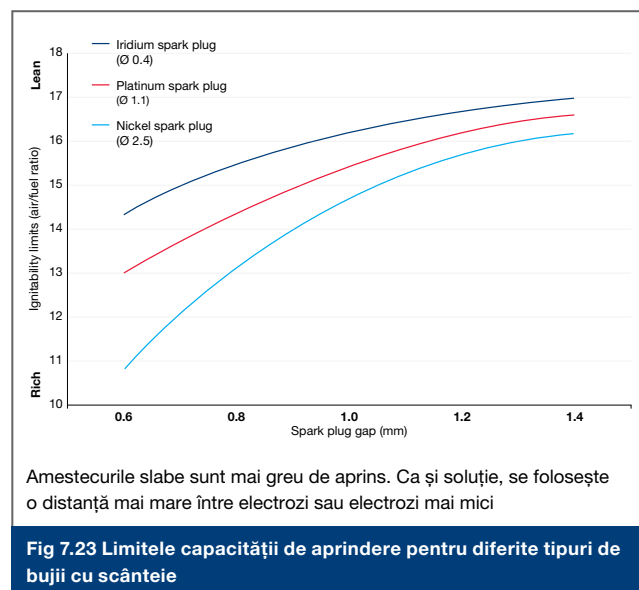
Unitatea de măsură a energiei este Joule (J); energia produsă de o bobină de inducție este în aria de 30 către 80 mJ (millijoule, 1 mJ = 1/1000th J). Cu toate acestea, pentru a menține tensiunile ridicate necesare, este de așteptat ca energia produsă să depășească 200 mJ.

Rata amestecului slab de aer/ carburant

Deși amestecurile slabe rezultă în temperaturi mai ridicate de combustie, ele pot de fapt să îmbunătățească eficiența motorului. Acestea cresc și emisiile Nox, care mai apoi necesită tratamentul gazelor de evacuare. Totodată, necesită și o scânteie de aprindere mai puternică. Cu ratele de aer/ carburant la nivel lambda 2 (rata aer/ carburant de aprox 30 la 1) sau chiar mai mult, dezvoltarea bujiilor cu scânteie va continua să asigure generarea celei mai bune scânteii sub cele mai dure condiții.

Fig 7.23 arată capacitatea de aprindere a amestecului de aer/ carburant atunci când bujiile cu Nichel, Platină sau Iridiu sunt folosite cu distanțe diferite între electrozi.

Bujiile cu scânteie Iridium oferă cea mai bună performanță și pentru a garanta o aprindere optimă, electrozii fini pe bază de Iridiu (precum cei produși de DENSO) vor deveni standardul industriei.



Amestecurile slabe sunt mai greu de aprins. Ca și soluție, se folosește o distanță mai mare între electrozi sau electrozi mai mici

Fig 7.23 Limitele capacității de aprindere pentru diferite tipuri de bujii cu scânteie

8. GAMA DENSO

8.1. Prim montaj

Cei mai importanți producători de motoare și vehicule aleg DENSO pentru performanța și fiabilitatea produselor sale. Bujii de prim montaj DENSO pot fi regăsite în cazul autovehiculelor de orice tip. Ele sunt exact ca și bujiile cu scânteie originale sau sunt echivalente directe DENSO.

Gama include bujii cu scânteie Nichel, Platinum, Iridium și SIP, fiind disponibile pentru aplicații generale auto sau moto, dar și pentru domeniul maritim, agricol și motoare mici.

Nichel

Bujiile cu scânteie DENSO Nichel cuprind un electrod de masă cu tehnologia patentată U-Groove pentru o performanță îmbunătățită a aprinderii (Fig 8.1). Această tehnologie a fost inventată de DENSO iar în anii 1970 a fost percepută ca fiind cea mai bună tehnologie disponibilă. Producătorii de vehicule ce lucrează cu DENSO pentru bujiile lor originale au adoptat imediat această tehnologie pentru folosirea în cadrul portofoliului lor.

Tehnologia DENSO pentru bujiile cu scânteie poate acoperi un interval crescut de căldură, comparativ cu alți producători, ceea ce permite existența unei game consolidate cu mai puține coduri de produs și mai puțin stoc.

DENSO folosește tehnologia U-Groove pentru multe din bujiile cu scânteie cu un singur electrod de masă.

Bujiile cu scânteie DENSO Nichel pot fi regăsite la modelele Toyota Aygo-Citroën C1-Peugeot 107 (2005) cu motorul de 1 litru 1KR-FE, alături de multe alte vehicule monovolum.



Toate codurile de produs DENSO sunt disponibile online:

www.denso.ro/catalogul-electronic-denso

Platinum

Bujiile cu scânteie Platinum au devenit populare în anii 1980, furnizând o performanță superioară motorului. Cu o cerere în creștere de emisii mai scăzute, a fost necesară înlocuirea tehnologiei Nichel cu o bujie cu specificații mai bune.

Bujiile cu scânteie Platinum, cu o durată de viață mai lungă, conțin atât un electrod central din Platină, cât și un chip de Platină pe electrodul de masă (Fig 8.2)

DENSO și-a schimbat recent focusul de la dezvoltarea bujiilor cu Platină la cele din Iridiu, superioare ca și performanță. Platina este încă folosită la electrozii de masă pentru bujiile cu scânteie moderne datorită rezistenței sale la coroziune.

Bujiile cu scânteie DENSO Platinum pot fi regăsite și la modelul din 2010, Lexus LFA, cu motor V10.



Fig 8.1 Electrocul de masă DENSO U-Groove

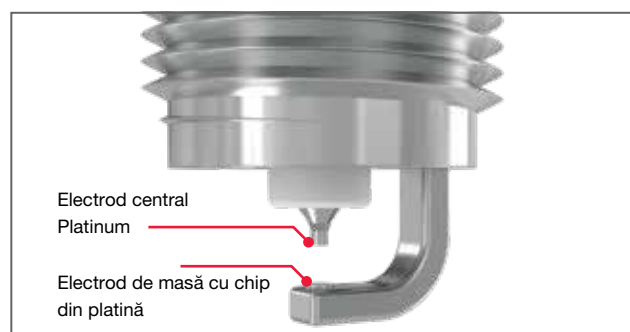


Fig 8.2 Electrocul de masă cu chip din Platină

8.1. Prim montaj	50
8.2. Twin Tip	52
8.3. Iridium Power	53
8.4. Iridium Racing	54

Iridium

DENSO, ca și pionier al producției bujiilor cu scânteie Iridium, a patentat cel mai subțire electrod central disponibil în piață, de 0.4 mm, și modul de securizare prin sudare cu laser 360o (Fig 8.3)

Bujia cu scânteie Iridium nu este doar trainică, ci și foarte precisă. Ea va aprinde amestecul de aer/ carburant exact la momentul potrivit, conform specificațiilor sistemului de management al motorului.

Combinat cu un chip de Platină pe electrodul de masă (Fig 8.3), bujiile Iridium pot rezista o viață întreagă de utilizare, rezultând costuri de întreținere mai scăzute.

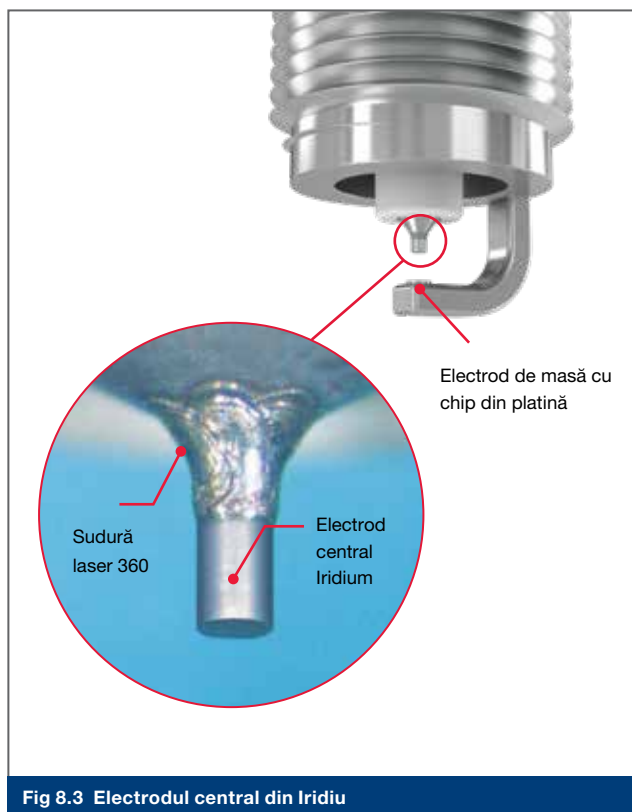


Fig 8.3 Electrodul central din Iridiu

Bujiile Iridium OEM DENSO pot fi găsite la modelul din 2015, Volvo XC60 3.0 T6 AWD, și multe alte modele Volvo. Apoi, în Aftermarket au fost lansate bujiile Iridium TT pentru motoarele Volvo, oferind aceeași performanță superioară și fiind produse pe aceeași linii de producție.

Super Ignition

Tehnologia Super Ignition a fost introdusă în gamele premium de bujii cu scânteie pentru a reduce emisiile de evacuare la vehiculele premium. În acest moment, este cea mai bună tehnologie disponibilă a bujiilor cu scânteie, având în componență un electrod central din Iridiu și un electrod de masă din Platină. Centrul vine în diametre de 0.55 mm sau 0.7 mm, pe când electrodul de masă are un diametru de 0.7 mm sau 1.0 mm.

Electrodul de masă de tip ac, din Platină, oferă o durată de service excelentă, reducând tensiunea necesară și oferind un spațiu mai mare pentru flacără, eliminând practic efectul de călire.

Bujia DENSO Super Ignition Plugs FXE20HR11 poate fi găsită la modelul din 2007 Nissan Qashqai, printre alte modele premium. Pentru aceste aplicații, există și o echivalență Iridium TT, ce respectă specificațiile acestui tip de motor.

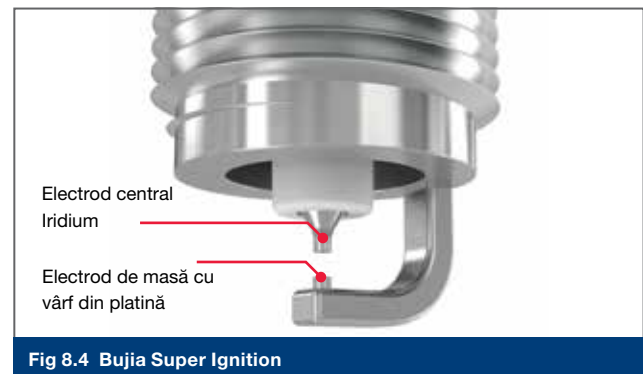


Fig 8.4 Bujia Super Ignition

8.2. Twin Tip

Este deja explicat în capitolele anterioare faptul că pentru a obține performanțe superioare, cu excepție făcând durata de viață a bujiilor, electrozi mai mici ai bujiilor cu scânteie vor oferi cea mai bună performanță. Aceștia au un câmp electric mai concentrat, reducând tensiunea necesară. Cu cât suprafața și masa este mai mică, se reduce efectul de călire și permite o creștere nerestricționată a flăcării.

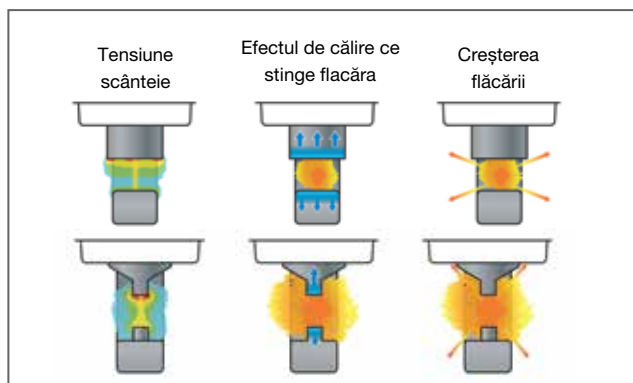


Fig 8.5 Beneficiile unor electrozi mici

În condițiile în care mărimea electrozilor se reduce, se va reduce implicit și durata de viață a bujiei cu scânteie. DENSO a dezvoltat însă niște materiale unice pentru a se asigura că durata de viață nu va fi afectată, chiar și în cazul unor electrozi mici.

Ulterior experienței și a succesului obținut cu bujiile SIP, ce au electrozi centrali și de masă foarte înguști, DENSO a dezvoltat 2 tipuri de bujii Twin Tip ce folosesc electrozi mici, fără a reduce durata de viață a lor; și de fapt, această durată de viață este de multe ori mai extinsă. Ele pot fi folosite ca și alternative la bujiile cu scânteie originale, sau poate chiar și ca upgrade. Gama DENSO Twin Tip este una consolidată și permite ca un număr scăzut de coduri de produs să acopere majoritatea vehiculelor în uz.

Nickel TT

Nichelul este un material relativ ieftin folosit la electrozii bujiilor cu scânteie; cu toate acestea, pentru a avea o durată de viață mai îndelungată, electrodul central are un diametru de 2.5 mm. Dacă se dorește un electrod de masă mai mic, ar fi necesară sudarea un vârf adițional, fapt ce ar crește considerabil costurile de producție și ar reduce durata de viață a bujiei.

Bujia DENSO Nickel TT (Fig 8.6) folosește un aliaj patentat ce conține Nichel, Silicon, Yttriu și Titan (Ni-Si-Y-Ti). Compusul are proprietăți similare cu cele ale Nichelului dar este cu 80% mai rezistent la oxidare și cu 40% mai rezistent la uzura cauzată de scânteie.

Prin utilizarea acestui aliaj special, se pot folosi electrozi mai subțiri de 1.5 mm în diametru, ce au aceeași durată de viață ca și cei standard, de 2.5 mm, din Nichel. Adicional, noul aliaj reduce mult costurile de producție, eliminând procese foarte costisitoare.

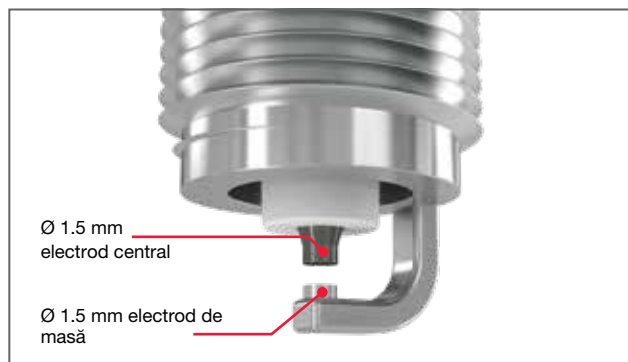


Fig 8.6 Bujia cu scânteie DENSO Nickel TT

Totodată, nefiind la fel de scump ca metale precum Platina și Iridiul, aliajul are un raport calitate-preț foarte bun pentru consumatorul final.

With two electrodes of 1.5 mm in diameter, Nickel TT spark plugs are able to provide a similar performance similară cu cele oferite de bujiile cu Platină, însă la prețul unei bujii standard în Nichel.

Datorită electrozilor săi mici și a performanței superioare în utilizare, bujiile Nickel TT pot înlocui cu succes multe alte bujii cu aceeași formă, îmbunătățind totodată eficiența motorului. Prin aplicarea unor tehnologii avansate, specificațiile diferite de la multe bujii cu scânteie pot fi acoperite prin folosirea unui număr mult mai scăzut de coduri de produs.

Iridium TT

Prin combinarea conceptului de bază al bujiilor Nickel TT și SIP, DENSO și-a dezvoltat și mai mult tehnologia pentru a produce Iridium TT, bujie devenită etalon în industrie. Tehnologia SIP

Aliajul Ni-Si-Y-Ti și electrodul central cu proeminențe, folosite la bujiile cu scânteie Nickel TT, sunt patentate de către DENSO

combinată cu un electrod central din Iridiu cu un diametru de 0.4 mm, face ca această bujie unică să depășească din punct de vedere tehnologic orice altă bujie din piață.

Noua bujie cu scânteie Iridium TT (Fig 8.6) combină tehnologia SIP cu electrodul central din Iridiu, patentat DENSO, cu un diametru de 0.4 mm și un electrod de masă din Platină, tip ac, cu un diametru de 0.7 mm. Iridium TT este cea mai performantă bujie disponibilă în piață în acest moment, deținând și cea mai lungă durată de viață. În același timp, ea contribuie la reducerea emisiilor de evacuare și a consumului de combustibil.



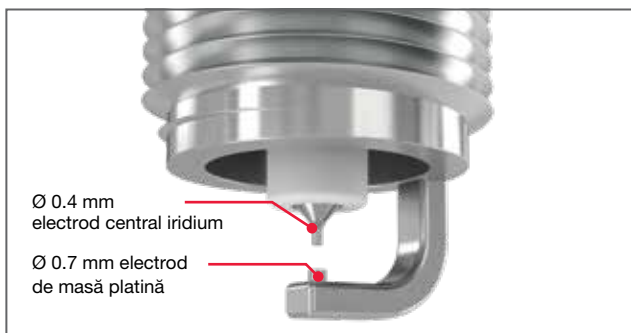


Fig 8.7 DENSO Iridium TT spark plug

Electrodul central de 0.4 mm este produs prin utilizarea aliajului patentat din Iridiu, ce conține cea mai ridicată cantitate de Iridiu din piață și are un punct de topire foarte ridicat. Aceste caracteristici au permis miniaturizarea electrodului central Iridium TT, ce a contribuit la scăderea tensiunii necesare și la o performanță de aprindere mult îmbunătățită. (vezi secțiunea 7.3 pentru mai multe informații cu privire la electrozii centrali din Iridiu)

8.3. Iridium Power

Pe când Iridium TT este cea mai bună opțiune pentru mașini, Iridium Power este cea mai bună opțiune pentru motocicletele. Având același electrod central fin de 0.4 mm din Iridiu (Fig 8.7), Iridium Power performează mai bine decât aproape orice bujie cu scânteie de pe piață. Este capabilă să facă față unor viteze ridicate, devenind astfel bujia perfectă pentru motocicletele și mașini tunate de mare performanță.

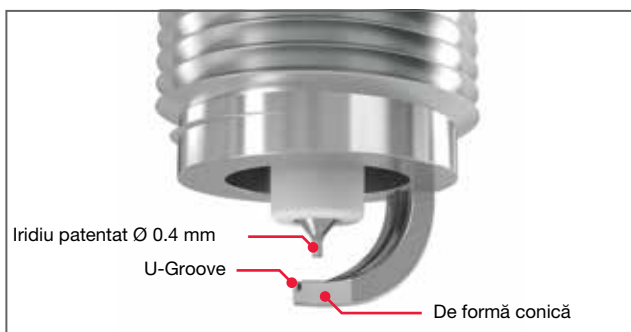


Fig 8.8 Bujia cu scânteie DENSO Iridium Power

Bujiile cu scânteie Iridium Power sunt disponibile într-o selecție largă de intervale de căldură, fiind astfel o gamă de bujii potrivită pentru o serie largă de aplicații.

Datorită performanței sale superioare, bujia Iridium TT poate înlocui multe alte bujii cu scânteie diferite. Acest fapt permite ca gama de produs să fie una consolidată, acoperind aproape orice vehicul. În acest moment, gama cuprinde 19 coduri de produs, o alternativă optimă pentru aproape toate bujiile Nickel, Platinum, Iridium și SIP.

Bujiile Iridium Power sunt potrivite pentru motoare puternice, de viteză, precum cele folosite la motocicletele, mașini de curse, snowmobile și jet skiuri.

Electrodul ultra-fin din Iridiu cu un diametru de 0.4 mm

Folosind electrodul central patentat din Iridiu de 0.4 mm, tensiunea necesară a fost scăzută și performanța de aprindere îmbunătățită.

Electrodul de masă U-Groove și electrodul de formă conică

Electrozii de masă Iridium Power pot fi produși folosind tehnologia U-Groove, ce a fost aplicată feței interioare a electrodului. Acest lucru conferă un volum mare pentru formarea flăcării iar muchiile adiționale reduc tensiunea necesară. Tehnologia oferă o performanță excelentă, fără să fie necesară mărirea distanței dintre electrozi.

Vârful electrodului de masă are o formă conică, ceea ce reduce aria ce intră în contact cu flacăra. Totodată, acest tip de electrod are o masă redusă, ce reduce sarcina cauzată de vibrație și încălzirea de căldură pe electrod; bujia poate astfel să facă față unor condiții mai grele de condus.

Nu toate bujiile cu scânteie Iridium Power cuprind tehnologiile U-Groove și/ sau au forma conică.

IRIDIUM POWER®

8.4. Iridium Racing

Bujiile cu scânteele Iridium Racing sunt recunoscute de către șoferii și echipele de curse pentru fiabilitatea, durabilitatea și performanța lor.

Acestea sunt proiectate specific (Fig 8.9) pentru a respecta condițiile înalte impuse de motoarele de curse și condițiile dure din motorsport. Aceste condiții duc la producerea în mod constant de temperaturi și presiuni ridicate pe parcursul combustiei; așa că designul bujiilor Iridium Racing se focusează pe rezistența acestora în cadrul unor condiții de funcționare extreme.

Pentru lumea motorsport, economia de combustibil nu este o preocupare primară; pentru a produce puterea necesară, amestecuri bogate de aer/ carburant sunt folosite, ceea ce va duce la crearea accelerată de depuneri de carbon pe bujie, îndeosebi în decursul condițiilor mai lejere de condus. Tocmai de aceea, bujiile Iridium Racing trebuie să ardă rapid depunerile de carbon, pentru a preveni defectarea.

Adițional, electrozii folosiți în cazul bujiilor standard au proeminențe în interiorul camerei de combustie; în cazul motoarelor de racing, acest lucru ar duce la deteriorare. Bujiile Iridium Racing folosesc niște electrozi aproape plați, la nivel cu carcasa bujiei.

Deoarece aceste bujii sunt construite strict pentru utilizarea în curse de viteză, ele nu sunt potrivite în cazul unor condiții de drum normale, fără sarcina specifică condusului în motorsport. Chiar și motoarele tunate ușor, nu vor putea să producă temperaturile sau presiunile necesare care să permită bujiilor Iridium Racing să acționeze eficient. Pentru motoare mai puțin pretențioase, pentru utilizarea de zi cu zi, bujiile Iridium Power reprezintă cea mai bună soluție.

Electrozii ce intră în camera de combustie, au de regulă o aprindere și performanță mai bună. Cu toate acestea, datorită ratelor mari de compresie, a presiunilor și temperaturilor întâlnite la motoarele foarte performante de curse, nu există o nevoie stringentă pentru acest tip de electrozi. În plus, ținând cont de expunerea la temperaturile ridicate de combustie, un electrod de masă lung nu va putea disipa în mod optim căldura și va deveni prea fierbinte. Cu cât este mai mare nivelul de performanță al unui motor, cu atât este mai mică nevoia pentru electrozi mai lungi.

Fernando Alonso în mașina Hybrid Toyota Gazoo Racing câștigător al cursei de 24 ore de la Le Mans 2018



Electrod Iridium, ultra-fin, cu diametru de 0.4 mm

Cu electrodul din Iridiu, ultra-fin, de 0.4 mm, bujiile Iridium Racing conferă o performanță superioară a aprinderii.

Electrodul de masă de 0.8 mm, din platină

Comparativ cu aliajul din Nichel folosit la bujiile cu scânteele convenționale, punctul ridicare de topire al Platinei reduce problemele legate de topirea sau uzura electrodului de masă. The platinum tip is welded onto the electrode and gapped without bending the electrode thus reducing residual stresses caused by manufacturing processes, and therefore increasing durability and reliability.

Izolator racing

Folosind un izolator specific curselor de viteză, rezistența acestuia a fost mărită cu aprox. 20%.

„Buzunarul” de curățare

Deoarece depunerile de carbon pot reduce eficiența bujiilor cu scânteele, un mic „buzunar” a fost deschis în jurul vârfului, între electrodul central și izolator. Acesta permite descărcării electrice să ardă carbonul și depunerile create, pentru a păstra performanța bujiei cu scânteele.

Înveliș din silicon

La începutul unei curse, o rată a startului datorată depunerilor de carbon poate fi de-a dreptul fatală. Pentru a preveni această situație, izolatorul a fost acoperit cu un silicon rezistent la apă, în vederea izolării împotriva umezelii și a carbonului.

Șanfrenul de pe suprafața carcasei

Pentru a îmbunătăți toleranța împotriva condițiilor extreme de combustie, șanfrenul de pe suprafața carcasei bujiilor a fost lărgit. Gazele din amestecul aer/ carburant sunt ghidate acum departe de izolator, prevenind astfel depunerile de carbon.

IRIDIUM RACING®

DENSO Kobelco SARD RC F, câștigător al cursei din 2016 Super GT 500



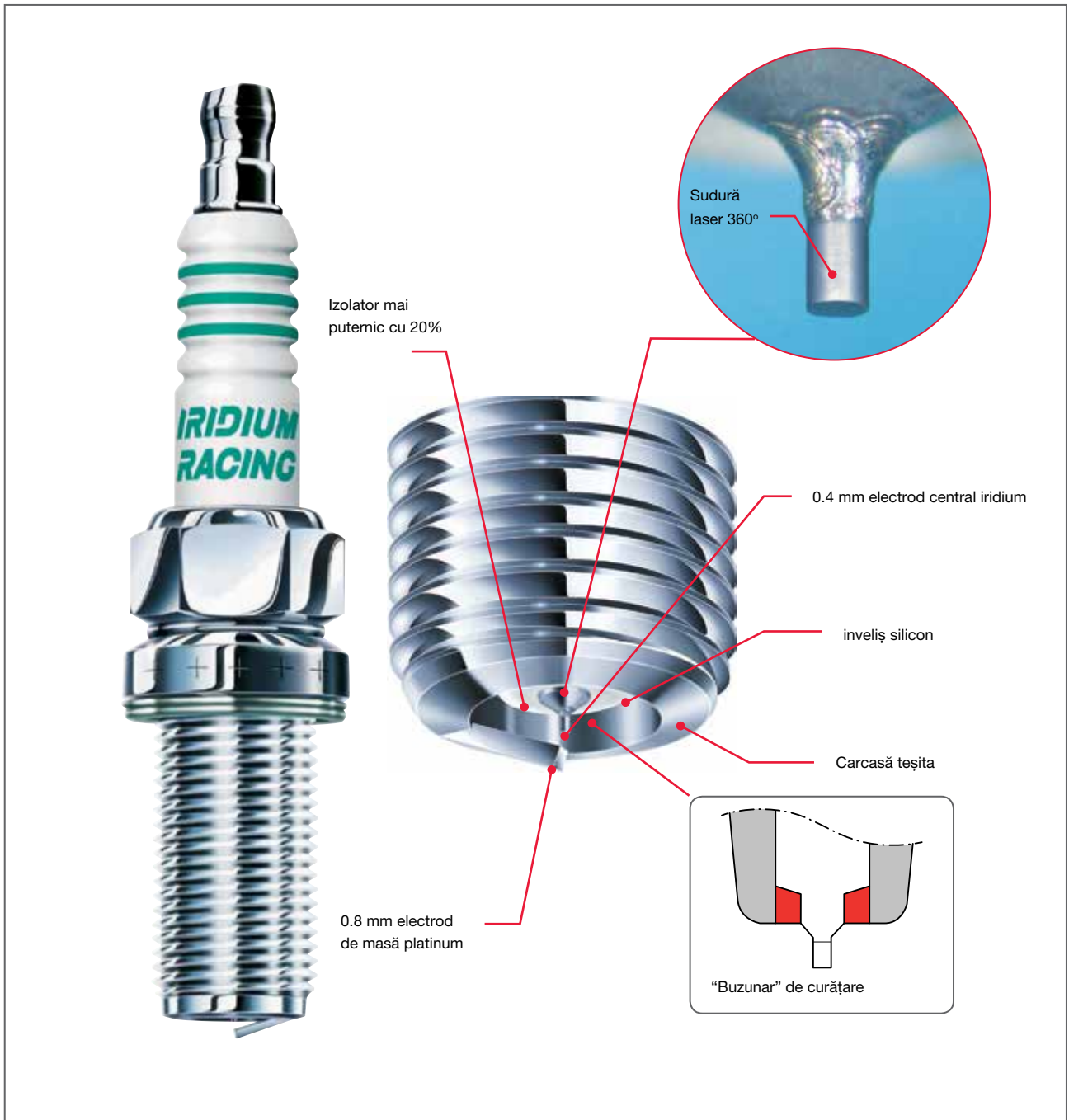


Fig 8.9 DENSO Iridium Racing

Polestar Cyan Racing, campion mondial WTCC 2017



Subaru BRZ în seriile Super GT



9. MODERNIZEAZĂ-ȚI BUJIILE CU SCÂNTEIE

9.1. De ce ar trebui înlocuite bujiile cu scânteie?

Sunt multe motive pentru a face acest pas către o performanță de aprindere mai bună. Fie că vorbim de obținerea puterii maxime pentru cursele de viteză sau poate doar pentru îmbunătățirea economiei de combustibil la condusul de zi cu zi. Sau pentru a porni mai ușor dimineața. Indiferent de motiv, gama de bujii DENSO vă oferă posibilitatea de upgrade pentru aproape toate vehiculele.

Catalogul electronic DENSO listează atât bujiile standard, cât și opțiunile de upgrade pentru majoritatea vehiculelor, inclusiv motocicletele.

Acesta poate fi accesat la: www.denso.ro/catalogul-electronic-denso

Principalele beneficii ale unui upgrade

Beneficiile principale obținute de pe urma unui upgrade sunt listate în secțiunile următoare; dar, pe lângă îmbunătățirea puterii motorului și a cuplului, pot fi observate și îmbunătățiri notabile în modul de rulare al motorului, la pornire, la operarea pe vreme rece și la economia de combustibil... toate acestea pe lângă beneficiile ascunse ale emisiilor reduce.

Suplimentar, upgradeul la o bujie cu scânteie cu specificații superioare, poate ajuta la evitarea rateurilor ocazionale la aprindere în cazul condusului la relanti sau sub sarcină. Pentru acele vehicule ce folosesc bujiile cu scânteie standard din Nichel, upgradeul la bujii cu Iridiu va oferi o performanță de aprindere superioară, obținută de regulă la tensiuni mai scăzute. Tensiunea inițială mai scăzută va produce o uzură mai mică a bobinei de inducție și mai multă energie va rămâne în bobină, ceea ce permite sistemului de aprindere să performeze mai bine în condiții de funcționare mai grele.



Pentru a găsi cea mai bună bujie cu scânteie pentru aplicații GPL/ GNC, verificați catalogul electronic DENSO:

denso.ro/catalogul-electronic-denso/

GPL/ GNC

Pentru vehicule care au fost convertite pentru a funcționa pe GPL sau GNC, beneficiile unui upgrade pot fi chiar mai vizibile din cauza dificultăților sporite de a aprinde aceste gaze, care necesită o tensiune de aprindere mai mare (Secțiunea 9.5). Temperaturile de combustie ale GPL/ GNC fluctuează mai mult decât în cazul motoarelor pe benzină, contribuind astfel la o durată de viață mai scăzută cu 30%! Prin schimbarea bujiilor cu Nichel cu bujiile Iridium, performanța motorului va fi îmbunătățită iar intervalele de schimb ale bujiilor vor fi extinse.

Beneficiile tehnologiei bujii cu scânteie moderne

Un factor important de luat în calcul este avansul tehnologiei bujiilor cu scânteie din perioada recentă. Multe vehicule mai noi au fost echipate din fabrică cu bujiile Iridium, ce sunt mult mai eficiente decât modelele anterioare de bujii cu scânteie. Deși se pot schimba bujiile vechi cu niște bujii ce au aceleași specificații, ar fi mult mai benefică montarea unor bujii superioare (precum cele Iridium TT DENSO) ce îmbunătățesc procesul de aprindere și performanța motorului.

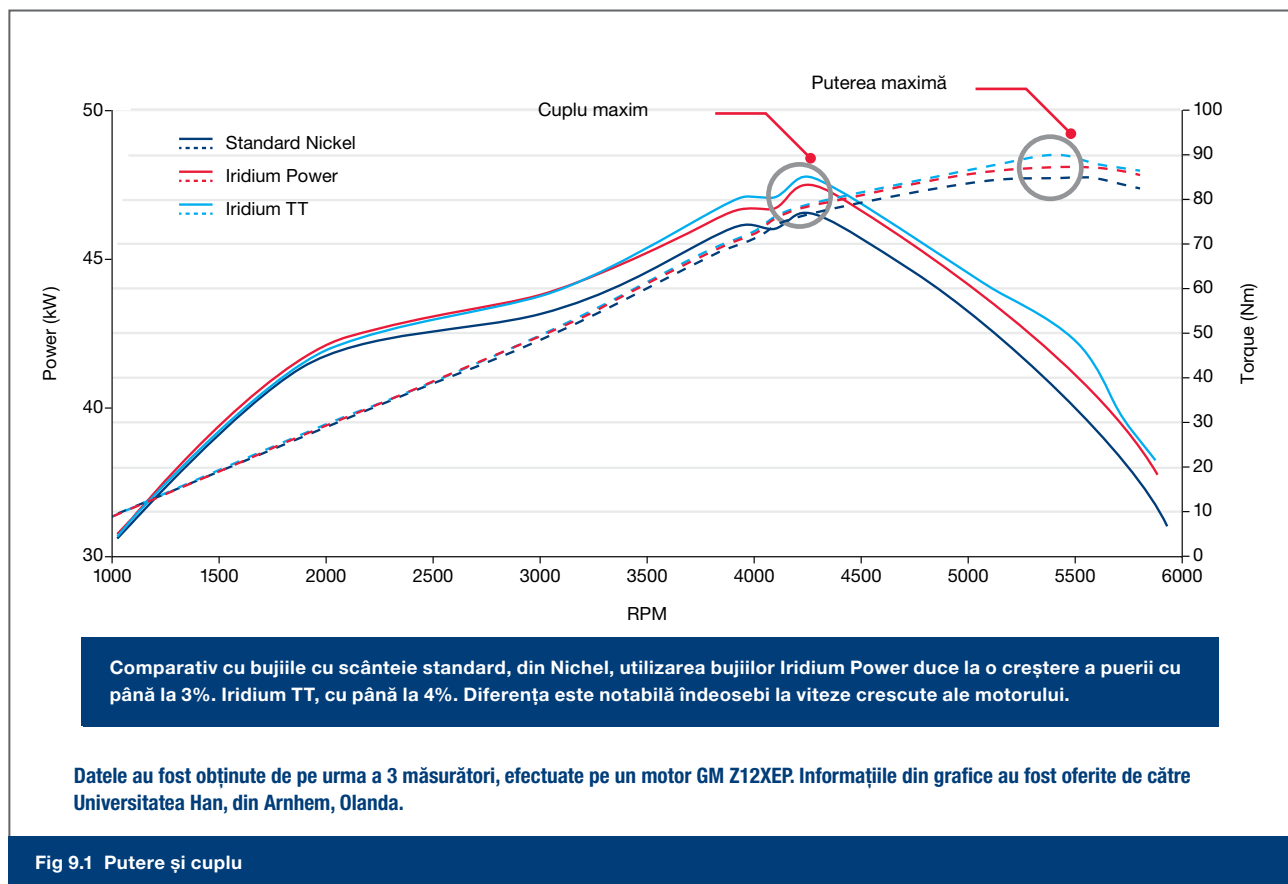
Beneficiile unui upgrade sunt strâns legate de tipul standard de bujii cu scânteie utilizate. De exemplu, în momentul schimbării bujiilor cu Nichel cu bujii Iridium, o diferență notabilă poate fi măsurată. Cu toate acestea, în momentul trecerii de la Iridium la SIP, diferența va fi mult mai mică.

9.1. De ce ar trebui înlocuite bujiile cu scânteie?	56
9.2. Puterea motorului	57
9.3. Economia de carburant și emisii	58
9.4. Mersul la relanti, rateurile de motor și pornirea	59
9.5. Mașinile cu GPL și GNC	60
9.6. Tuningul și cursele de viteză	61

9.2. Puterea motorului

La trecerea de la bujii cu scânteie din Nichel la cele din Iridiu, se pot observa creșteri măsurabile ale puterii motorului și a cuplului. Graficele din Fig 9.1 ilustrează îmbunătățirile ce pot fi obținute din folosirea bujiilor Iridium Power și Iridium TT, comparativ cu bujiile cu scânteie standard din Nichel. Folosirea bujiile Iridium Power a dus la o creștere a puterii de până la 3% iar în cazul Iridium TT, s-a notat o creștere de până la 4%, lucru notabil la viteze mari ale motorului.

Bujiile cu scânteie DENSO Iridium dețin avantajul electrozilor subțiri, electrodul de masă având 0.7 mm în diametru iar electrodul central, 0.4 mm. Acest tip de electrozi reduc considerabil efectul de călire, comparativ cu electrozii mai mari din Nichel. Flacăra este capabilă în acest caz să crească mai rapid, arzând în mod eficient combustibilul și oferind o combustie optimă ce produce mai multă putere.

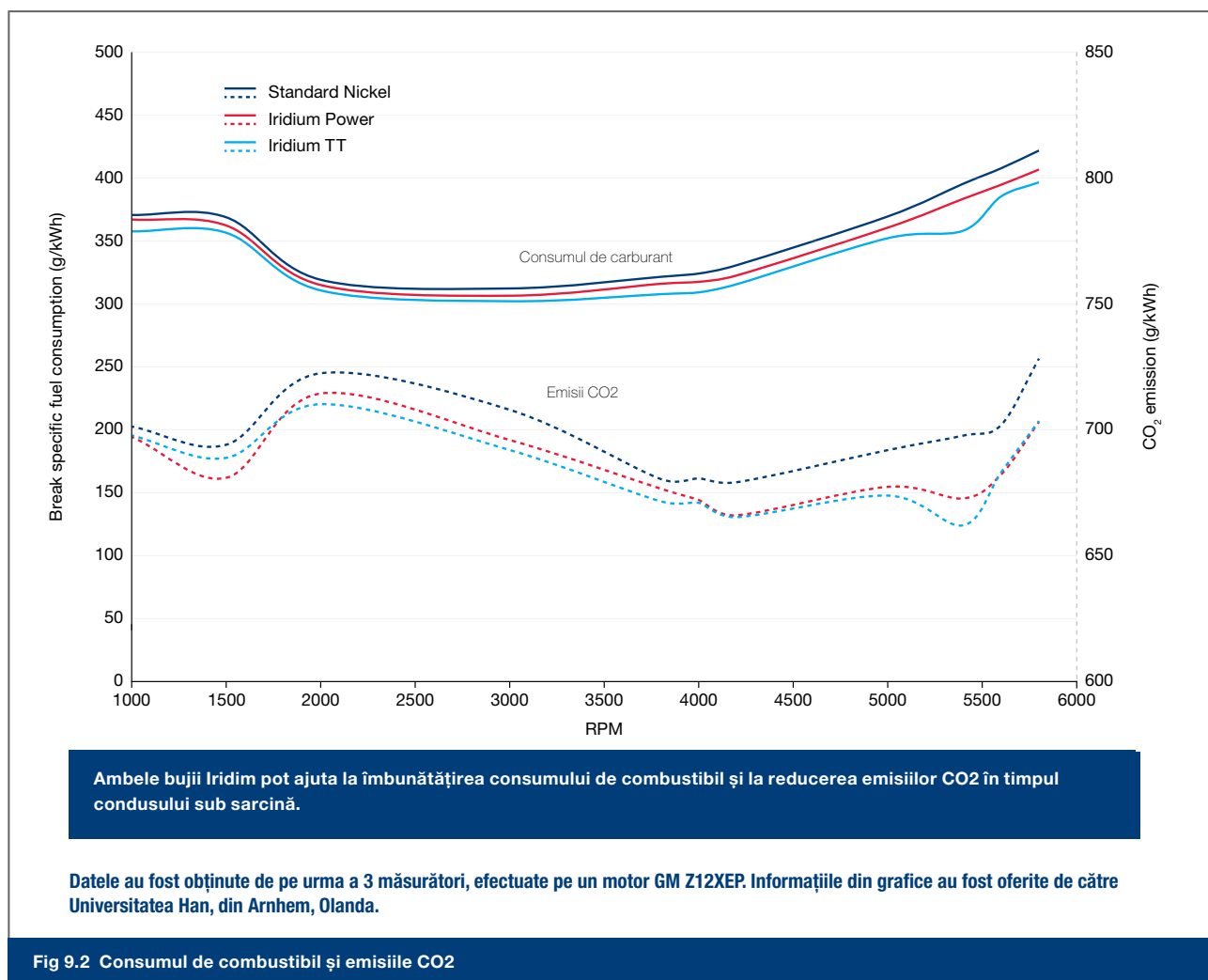


9.3. Economia de carburant și emisii

Upgradeul de la bujiile cu scânteie Nichel la cele Iridium poate permite utilizarea carburantului într-un mod mai eficient în timpul accelerării sau a condusului sub sarcină. Graficele din Fig 9.2 fac din nou o comparație a bujiilor Iridium Power și Iridium TT cu cele standard, din Nichel. Acestea înfățișează faptul că eficiența îmbunătățită a consumului de carburant a fost obținută pentru aceeași cantitate de energie produsă de către motor (kWh)

Astfel, mașina va accelera mai rapid, folosind aceeași cantitate de combustibil, permițând eliberarea mai rapidă a accelerației și economisirea combustibilului.

Acest consum redus de combustibil necesar producerii aceleiași performanțe a vehiculului, rezultă în emisii scăzute de CO₂. Din cauza faptului că combustibilul este ars mai eficient în timpul combustiei din motor, și nu în etapa de evacuare, alte emisii dăunătoare sunt de asemenea reduse.



9.4. Mersul la relanti, rateurile de motor și pornirea

Problemele mersului la relanti

Motoarele cu combustie internă sunt proiectate să livreze putere; cu toate acestea, motoarele merg destul de mult în gol și nu generează nici o putere în roți. Pentru a menține economia de carburant și emisiile scăzute în timpul mersului în gol, viteza este setată la un nivel scăzut al RPM; însă, în acest timp, cantitatea de aer și combustibil din interiorul camerei de combustie este și ea foarte scăzută, fapt ce duce la o aprindere dificilă a amestecului de aer/ combustibil, și mai departe au loc rateuri ale motorului și o funcționare improprie la mersul în gol.

Unii producători de motoare acceptă o rată a rateurilor de până la 30% (mai ales în cazurile de motoare cu 4 sau mai mulți cilindri). Viteza mai mică la relanti rezultă în emisii mai scăzute decât un mers în gol la viteze mai mari, fără rateuri ale motorului.

Prin upgradeul la o bujie cu scânteie mai performantă, precum este Iridium TT, aprinderea îmbunătățită datorată electrozilor mai mici va reduce șansa de rateuri ale motorului, ceea ce ajută motorul să funcționeze fără probleme. Automat, mai puțin carburant va fi irosit în evacuare, ceea ce înseamnă că emisiile de hidrocarburi și monoxid de carbon vor scădea. Pe măsură ce motorul funcționează mai lin, viteza de mers în gol va scădea, reducând suplimentar consumul de carburant și emisiile aferente.

Diferențe majore la mersul în gol pot fi notate în cazul motoarelor cu 1,2 sau 3 cilindri, îndeosebi la motocicletele cu motoare V2.

Problemele la pornire

Aceleași probleme care apar la mersul în gol, pot apărea și la pornirea motorului datorită vitezei foarte scăzute a motorului. Există și mai puțin amestec de aer/ carburant în camera de combustie în timpul pornirii, toate suprafețele sunt încă foarte reci și fluxul de aer scăzut, ce determină din nou ca aprinderea să fie mai dificilă. Dar o problemă suplimentară apare deoarece tensiunea bateriei scade în timpul pornirii, ceea ce reduce abilitatea bobinei de inducție să producă tensiunea și energia necesară aprinderii. Această problemă este mai vizibilă la sistemele mai vechi de aprindere, ce nu pot mări perioada dwell pentru a compensa tensiunea scăzută din baterie. Dar chiar și la sistemele moderne de aprindere, dacă motorul se pornește greu (și astfel continuă să reducă tensiunea bateriei) sau dacă tensiunea bateriei este deja scăzută înainte de pornire, abilitatea sistemului de aprindere de a genera o scânteie bună va fi de asemenea scăzută.

Pornirea poate fi îmbunătățită prin montarea unor bujii superioare, precum Iridium TT, ce necesită o tensiune mai mică și oferă o performanță ridicată a aprinderii.

Câteva din bujiile cu scânteie Iridium Power, din gama „rece”, vin direct cu o distanță între electrozi de 1.1 mm, ca și standard. Pentru unele motocicletele (mai ales cel mai vechi), sistemul de aprindere nu e capabil să genereze o tensiune suficientă pentru crearea unei scânteie într-un spațiu atât de mare. În aceste cazuri excepționale, distanța dintre electrozi poate fi redusă la 0.8 mm; fiți foarte atenți în momentul modificării acestei distanțe la bujiile din Iridium. Folosiți întotdeauna echipamente speciale, pentru evitarea distrugerii electrodului central fin.

Performanța îmbunătățită a aprinderii la mersul în gol Fig 9.3. arată rezultatele unei testări la viteza de mers în gol, comparând bujiile din Nichel produse de către DENSO și 2 dintre competitorii săi, alături de o comparație între DENSO Nickel TT, Iridium Power și Iridium TT.

Rezultatele inițiale indică unghiul după TDC (unghiul mort superior) în momentul arderii a 50% din combustibil. (unghiul E50) În cazul unui competitor, este ars 50% din combustibil la 20° după TDC, ceea ce înseamnă că pistonul a coborât destul de mult în cilindru. Expansiunea gazelor și creșterea presiunii, cauzate de combustie, nu vor crea astfel efectul maxim asupra pistonului.

Cu toate acestea, folosind bujiile DENSO Iridium TT, arderea combustibilului în proporție de 50% este obținută la aproximativ 12° după TDC, ceea ce înseamnă că pistonul este mai aproape de TDC și creșterea presiunii va avea un efect mult mai mare asupra pistonului. Ca și efect, folosirea unei bujii Iridium TT permite o eficientizare a combustiei, îmbunătățind totodată și pornirea.

Graficele arată și o reducere a emisiilor de hidrocarburi (HC) produse în timpul combustiei (HC 6) atunci când bujia DENSO Nickel TT este folosită; aceste nivele ale HC fiind și mai reduse în cazul folosirii bujiilor Iridium TT. Reducerea emisiilor de HC sunt obținute îndeosebi datorită reducerii procentajului de rateuri ale motorului, care este aproape de 0% când sunt utilizate bujiile cu scânteie DENSO Nickel TT, față de 25% în cazul unui competitor și când se folosesc bujiile Iridium Power sau Iridium TT, rateurile de motor sunt eliminate complet

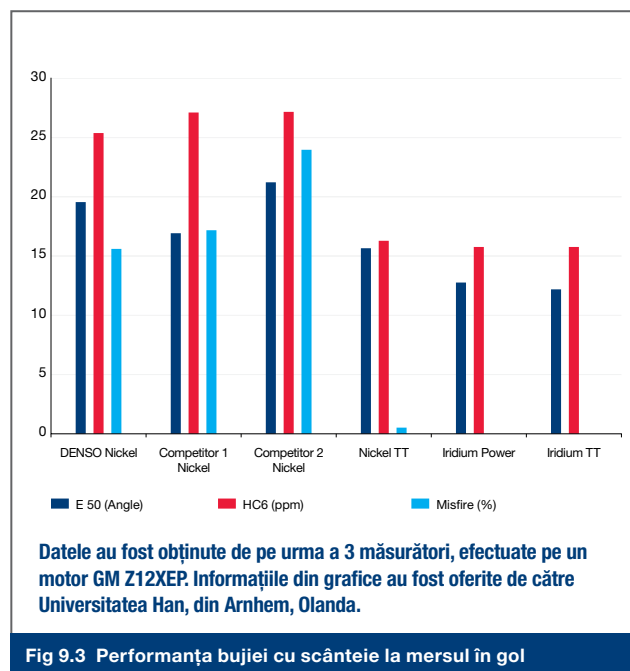


Fig 9.3 Performanța bujiei cu scânteie la mersul în gol

9.5. Mașinile cu GPL și GNC

Aprinderea amestecului de aer/ combustibil în cazul GPL-ului sau a GNC-ului este mult mai dificilă decât în cazul benzinei. Iar asta se datorează faptului că GPL-ul sau GNC-ul sunt injectate ca și gaz, pe când benzina este injectată în formă lichidă. Gazele necesită o tensiune mai ridicată de ionizare pentru a produce scânteia. Totodată, ocupă mai mult spațiul decât un lichid, așa că există mai puțin spațiu pentru aer proaspăt, în interiorul camerei de combustie; și acest lucru reduce cantitatea de molecule de aer/ combustibil din jurul electrozilor. Ca și rezultat, există un ris mai crescut de rateuri ale motorului.

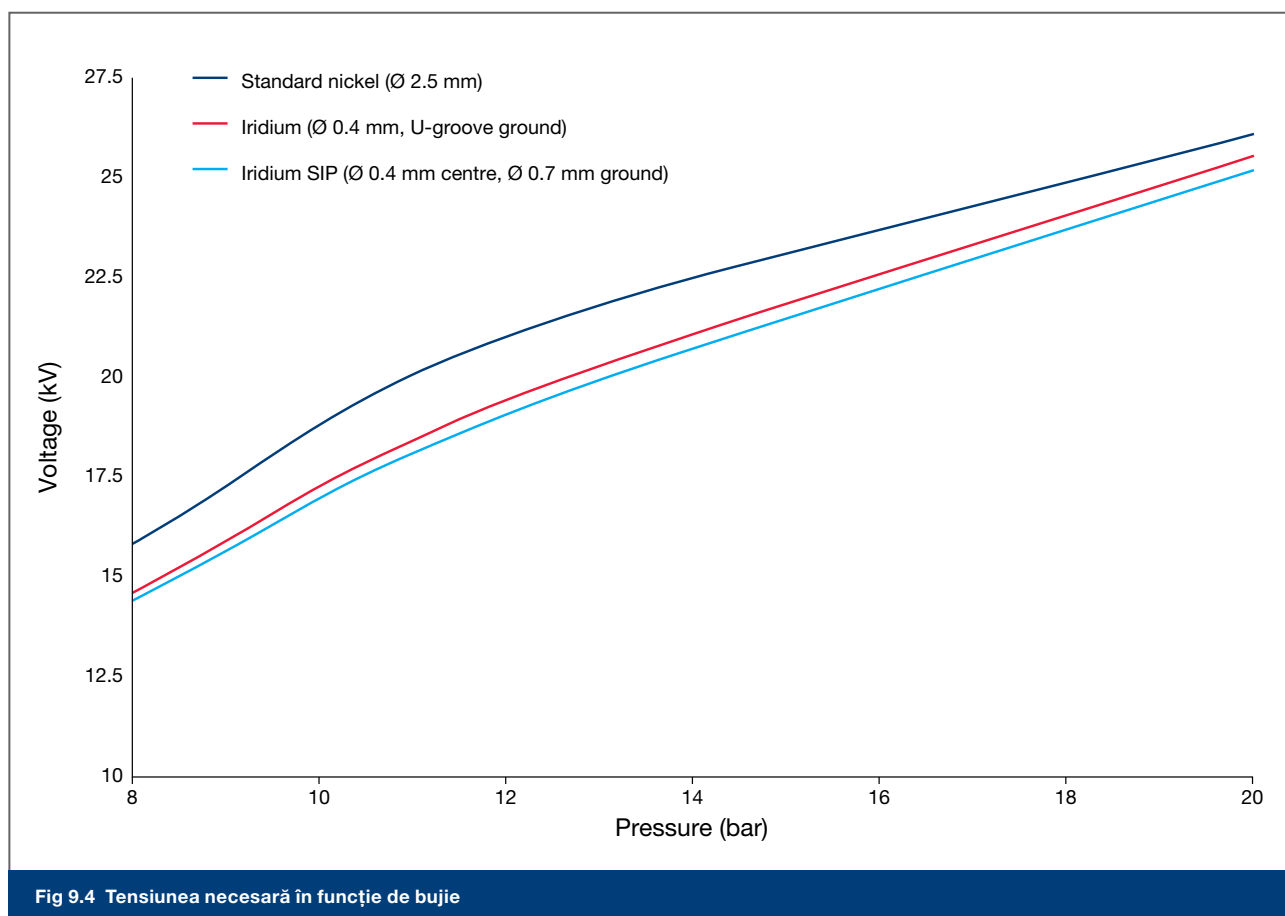
Tensiunea ridicată necesară aprinderii GPL/ GNC aplică o sarcină mai mare asupra bobinei de inducție și a bujei cu scânteie. De aceea, în multe cazuri, o bujie cu scânteie ce are o distanță mai mică între electrozi va fi folosită pentru a reduce tensiunea necesară, însă acest lucru reduce și performanța aprinderii. O metodă alternativă de a reduce sarcina la care e supusă bobina de inducție și bujia este să se utilizeze bujii cu electrozi subțiri, precum bujiile din gama DENSO Iridium, care necesită tensiuni mai scăzute și permit utilizarea unor distanțe mai mari între electrozi.

În cazul unor aplicații ce implică motoare cu turbocompresoare, distanța ar putea necesita să fie redusă la 0.8 mm.

GPL/ GNC ard la temperaturi mai ridicate decât benzina, ceea ce rezultă în fluctuații mai mari de temperatură în timpul ciclurilor motorului. Acestea vor reduce durata de viață a bujiilor cu până la 20-30%; însă utilizarea bujiilor cu scânteie Iridium vor îmbunătăți durata de viață, reducând per total costurile aferente.

Pentru a găsi cea mai bună bujie cu scânteie pentru aplicații GPL/ GNC, verificați catalogul electronic DENSO:

denso.ro/catalogul-electronic-denso/



9.6. Tuningul și cursele de viteză

Când un motor este tunat pentru a produce cea mai mare putere posibilă, vă veți dori o bujie cu scânteie pe măsura performanței motorului (secțiunea 8.3 și 8.4). La selecția bujiei potrivite, trebuie luate în considerare câteva aspecte.

Ca și punct de pornire, dimensiunile bujiei trebuie să corespundă capului de cilindru și, în multe cazuri, bujia originală folosită pe motor poate fi luată ca li referință.

Tipurile de bujii cu scânteie

Bujiile îmbunătățite, precum DENSO Iridium Power, performează foarte bine în majoritatea cazurilor. Acestea măresc capacitatea de aprindere și oferă rezultate fiabile la utilizarea pe orice vehicul. În multe cazuri, bujia DENSO Iridium Power este bujia ideală, în special atunci când o mașină sau motocicletă este folosită în regim normal, cu ieșiri ocazionale pe circuit.

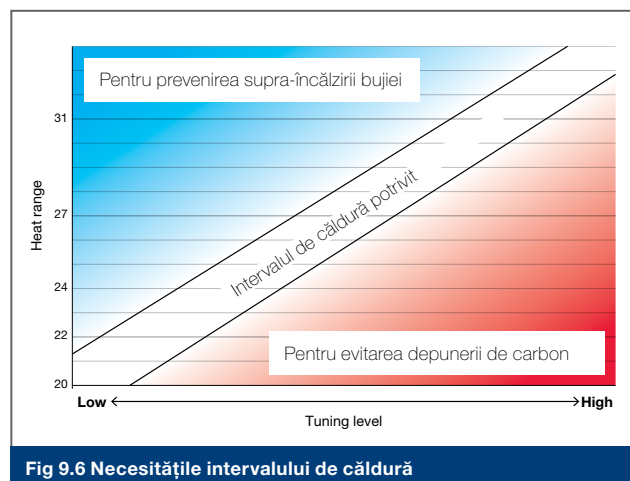
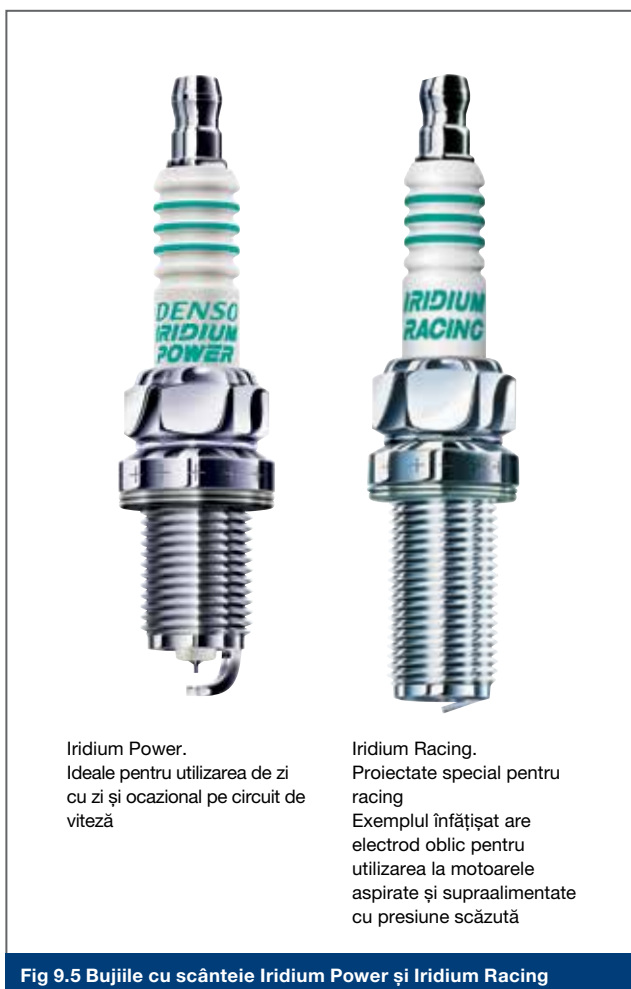
Când un motor este tunat și setat pentru utilizarea doar pe circuit, este necesară utilizarea unor bujii dedicate curselor de viteză: DENSO Iridium Racing. Bujiile racing sunt produse din materiale mai dure, rezistând mai bine vârfulor de presiune ridicată din motor. Acestea sunt echipate cu un electrod central în Iridiu și electrod de masă din Platină, pentru a conferi cea mai fiabilă

aprindere disponibilă pe piață. Bujiile cu scânteie Iridium Racing sunt de 2 tipuri: de tip oblic sau tip plat (Fig 9.5). Tipul oblic are un electrod de masă oblic, folosit în mod ideal în cazul motoarelor aspirate și motoarelor supraalimentate cu presiuni de până la 1.3 bari (19 psi)

Cele de tip plat, cu un electrod de masă plat, sunt proiectate pentru utilizarea la motoare echipate cu sisteme Nox, supuse la presiuni foarte ridicate.

Intervalul de căldură

Un motor ce generează multă putere înseamnă și faptul că se generează temperaturi mai ridicate în camera de combustie. Ca și rezultat, intervalul de căldură al bujiilor trebuie să fie ales în mod conform, deoarece motoarele mai puternice necesită bujii aflate într-un interval mai ridicat de căldură (Fig 9.6). Dar modul în care este condus un vehicul este și el un factor important, deoarece motoarele folosite în mașinile de stradă nu ating aceleași temperaturi cu vehiculele utilizate pe circuite de viteză. Astfel, un motor folosit pe mașini de stradă, va folosi bujii cu interval de căldură mai scăzut. În unele cazuri, o gamă de bujii „reci” este mai indicată pentru sezonul de iarnă pentru porniri mai bune.



Dacă aveți nevoie de ajutor în alegerea bujiilor cu scânteie potrivite, inginerii DENSO vă stau cu plăcere la dispoziție. Aflați mai multe informații pe website-ul DENSO. denso-am.ro



10. FAQ, INSTALARE ȘI DEPANARE

10.1. Întrebări frecvente

Cum aleg bujia cu scânteie potrivită?

Sunt mulți factori de luat în considerare precum: dimensiunea, intervalul de căldură sau proeminențele bujiei. Cel mai ușor mod de a identifica bujia potrivită este prin intermediul catalogului electronic DENSO. Acesta vă permite să găsiți piesele corecte DENSO, pe baza mărcii și modelului, sau prin referință încrucișată.

Ce bujie cu scânteie ar trebui să folosesc pentru GPL?

Motoarele GPL și GNC necesită o performanță mai crescută din partea unei bujii cu scânteie decât motoarele pe benzină, iar gama TT face față acestei cerințe. Pentru mai multe informații, vedeți Capitolul 9, secțiunea 9.4.

Ar trebui să modific spațiul dintre electrozi?

Bujiile cu scânteie DENSO sunt produse cu un spațiu predefinit. În cazul bujiilor din Nichel, mai ales la motociclete, spațiul poate avea nevoie de ajustare. Folosiți întotdeauna echipamentul special pentru distanțare pentru a modifica spațiul. Nu încercați să modificați spațiul în cazul bujiilor din Platină, Iridiu sau cele din gama TT, pentru că puteți deteriora electrozii subțiri.

Ce înseamnă pre-aprinderea?

Pre-aprinderea apare în momentul în care amestecul din aer/carburant se aprinde înainte ca să apară scânteia. Acest lucru se poate întâmpla datorită suprafeței fierbinți din camera de combustie. Mai poate avea loc din cauza:

- (1) Unui vârf supra-încălzit al bujiei cu scânteie
- (2) Supapei de evacuare, dacă nu este suficient de răcită
- (3) Depunerilor de carbon ce sunt active de la un ciclu de combustie anterior.

See section 5.3 for more information on pre-ignition.

Ce este detonarea motorului?

Detonarea motorului apare de regulă ca și rezultat al pre-aprinderii. În locul unei arderi progresive, amestecul de aer/carburant explodează necontrolat. Această detonare poate fi chiar fatală pentru bujie și poate cauza defecțiuni majore la motor. Vezi secțiunea 5.3 pentru mai multe informații.



Pentru a identifica bujia potrivită, verificați catalogul electronic DENSO:

denso.ro/catalogul-electronic-denso/

The screenshot shows the DENSO website's search interface. It features a navigation bar with 'DENSO' and various menu items like 'PRODUCTS', 'SERVICES', 'E-CATALOGUE', etc. Below the navigation bar, there are three main search sections: 'SELECT VEHICLE TYPE' with icons for car, van, and motorcycle; 'SEARCH BY VEHICLE' with a 'REG NUMBER' search box and dropdowns for 'Find your vehicle' (make, model, year); and 'FIND YOUR PRODUCT' with a search box for 'DENSO part number, OE, Competitor' and a 'Search by product' dropdown menu. A small image of a car is shown on the right side of the search results area.

Fig 10.1 Selecția de vehicule din catalogul electronic DENSO

Spark Plugs							
kW	Engine Codes	Notes	Application years	Part number	TT	Iridium LPG/CNG	Qty of Fit
50	1KR-FE		07/05-05/11	+ K16HR-U11	+ KH16TT	+ IKH16TT	3

Fig 10.2 Rezultatele obținute prin intermediul catalogului electronic

Cât de des ar trebui să schimb bujiile cu scânteie?

În general, intervalul de schimb este indicat de producătorul vehiculului. Bujiiile DENSO urmăresc același interval. Când se face upgrade al bujiilor, intervalul se poate modifica.

În cazul GPL/ GNC, durata de viață a bujiilor se va reduce cu 25-30%. Se recomandă verificarea regulată a bujiilor și înlocuirea lor când acestea devin viciate

Ar trebui să aplic vaselină pe filamentul bujiei?

În cazul în care s-ar aplica vaselină pe filamentul bujiei, există șanse mari ca bujia să fie strânsă prea tare când se aplică forța recomandată și asta poate dăuna bujiei. Suplimentar, vibrațiile produse pot cauza ca bujia să slăbească. De aceea, DENSO recomandă să nu fie utilizat lubrifiant pentru filamentul bujiei.

Doar în anumite cazuri excepționale (precum unele stivitoare pe GPL) o cantitate mică de vaselină poate fi necesară. Oricum, în acest caz bujia va fi livrată fiind lubrifiată. (vezi secțiunea 10.2)

Care este diferența dintre electrozii laterali și electrozii de masă multipli?

În cazul motoarelor cu injecție directă, amestecul de aer/ carburant din preajma bujiei poate fi foarte bogat, ceea ce cauzează depunerea de carbon pe izolatorul din ceramică. Carbonul poate crea o cale alternativă a energiei electrice, de-a lungul izolatorului (Fig 10.3a), rezultând rateuri ale motorului.

Prin adăugarea de electrozi laterali (Fig 10.3b), scânteia este ghidată de la izolator către lateralul electrozului, prevenind rateurile motorului. Când combustia începe în apropierea electrozilor laterali, căldura generată va arde depunerile de carbon. În timpul ciclului următor, izolatorul va fi curat și scânteia va apărea între electrozidul central și electrozidul de masă principal.

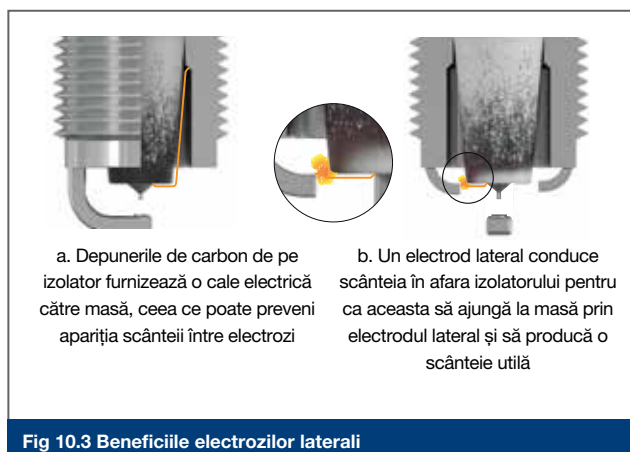


Fig 10.3 Beneficiile electrozilor laterali

La ce creștere a performanței mă pot aștepta când fac un upgrade al bujiilor?

Când se trece la bujii Iridium TT sau Iridium Power, puterea motorului poate crește cu până la 5%. Cu toate acestea, depinde de motor. Motoarele moderne sunt deja echipate cu bujii cu scânteie performante, așa că diferențele nu sunt mari. În principal, îmbunătățirile țin de o pornire mai bună și o funcționare mai lină a motorului. Vezi capitolul 9 pentru mai multe informații legate de subiect.

Pot înlocui o bujie cu electrozi multipli cu o bujie cu un singur electrod de masă?

Varianta cu electrozi multipli este preferată de unii producători auto datorită duratei extinse de viață a electrozilor de masă adiționali (Fig 10.4). Este o soluție foarte eficientă din perspectiva costurilor pentru a crește intervalul de schimb, fără folosirea de metale prețioase.

Bujiile cu scânteie cu electrozi multipli sunt optimizate pentru o durată de viață mai lungă decât pentru performanță. Înlocuirea acestora cu bujii ce au un singur electrod va îmbunătăți performanța, în condițiile unei scăderi a duratei de viață a noilor bujii cu un singur electrod.

În schimb, înlocuirea cu bujii din Iridiu, precum DENSO Iridium TT, va duce la o durată chiar mai mare de viață comparativ cu bujiile cu electrozi multipli. În același timp, va rezulta o performanță superioară.

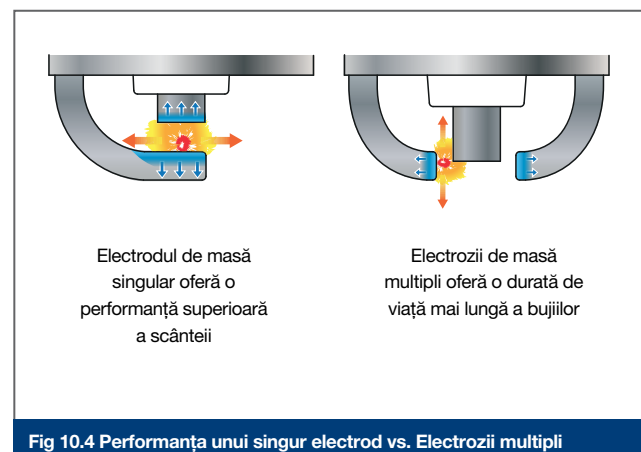


Fig 10.4 Performanța unui singur electrod vs. Electrozii multipli

10.2. Instalarea corectă a bujiilor cu scânteie

Îndepărtarea bujiilor cu scânteie vechi

Pentru acele sisteme de aprindere ce au cabluri – fire conectate la bujiile cu scânteie, cablurile trebuie deconectate de la bujie prin scoaterea protecției izolatoare ce acoperă bujia, și nu prin tragerea directă a secțiunii subțiri a firelor. În unele cazuri, când bujia este plasată mai adânc în cilindru, o unealtă specială pentru scoaterea bujiei ar putea fi necesară. Totodată, verificați condiția în care se află firele bujiilor pentru crăpături, spărturi sau contaminări ce pot cauza pierderea tensiunii înalte de la bujie. Înlocuiți aceste fire dacă e cazul.

Dacă bobinele de inducție sunt localizate direct pe bujiile cu scânteie, apelați la orice instrucțiune specială pentru îndepărtarea acestora, aplicabilă specific vehiculului în cauză.

Înainte de demontarea bujiei vechi, asigurați-vă să îndepărtați urmele de ulei, nisip sau alți contaminatori pentru ca aceștia să nu intre în interiorul motorului când se înlocuiește bujia. Folosiți o cheie cu dimensiunea corectă, specifică bujiei în cauză.

Instalarea, cuplul și unghiul de strângere

Cele mai multe bujii pentru motoare moderne sunt livrate cu distanța dintre electrozi deja setată; cu toate acestea, dacă distanța necesită reglare, folosiți o unealtă specială, destinată acestui lucru. Fiți foarte atenți la distanțarea electrozilor de la bujiile din Iridiu sau Platină; electrozii se pot deteriora.

Asigurați-vă că noua bujie cu scânteie este aliniată corect cu gaura de fixare a bujiei și fixați-o cu mâna până se așează complet.

Ideal, folosiți o cheie dinamometrică pentru a strânge bujia la cuplul indicat (precum în graficul de cuplu din Fig 10.5). Dacă o cheie dinamometrică nu este disponibilă, folosiți unghiul recomandat de strângere.

Este foarte important să se folosească cuplul corect de strângere în momentul instalării bujiilor cu scânteie. Dacă nu se aplică un cuplu suficient, scurgerile apărute pot cauza o pierdere a presiunii din camera de combustie, îndeosebi în timpul ciclurilor de aprindere/combustie. Dacă se aplică un cuplu prea mare, carcasa se poate deforma, ceea ce afectează disiparea căldurii și chiar se poate ajunge la crăparea izolatorului din ceramică.

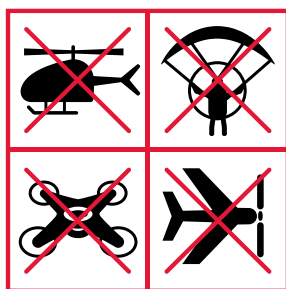
Reconectați bobinele de inducție sau firele bujiilor cu scânteie, asigurându-vă că sunt așezate corect pe terminalul bujiei.

DENSO nu recomandă folosirea unui lubrifiant pentru filamentul bujiilor, deoarece acest lucru poate rezulta în strângerea excesivă a bujiei și pierderea etanșeității. Doar în cazuri excepționale se va folosi un lubrifiant, iar DENSO va livra bujiile pre-lubrificate, gata de utilizare și montaj.

Garanția unei bujii cu scânteie se pierde dacă nu se aplică cuplul corect de strângere.

Filament	Tipuri de aplicații	Cuplu recomandat	Unghiul recomandat	
			Bujie nouă	Bujie uzată
M8	All types	8 – 10 Nm	1 turn	1/12 turn
M10	Types other than shown below	10 – 15 Nm	1/3 turn	1/12 turn
M10	UFE, IUH, VUH, VNH types	10 – 15 Nm	2/3 turn	1/12 turn
M10	Stainless gasket type (end with “S”)	10 – 15 Nm	3/4 turn	1/12 turn
M12	All types	15 – 20 Nm	1/3 turn	1/12 turn
M14	All types other than shown below	20 – 30 Nm	1/2 turn	1/12 turn
M14	Stainless gasket type (end with “S” or “G”)	20 – 30 Nm	2/3 turn	1/12 turn
M14	Taper seat all types	20 – 30 Nm	1/16 turn	1/16 turn
M18	All types	30 – 40 Nm	1/4 turn	1/12 turn

Fig 10.5 Cupluri și unghiuri de strângere



ATENȚIE! MĂSURI DE PRECAUȚIE

>Este interzisă utilizarea bujiilor cu scânteie DENSO în motoarele oricărui tip de aeronave, inclusiv în cele ale avioanelor, elicopterelor, planelelor și dronelor. Bujiiile cu scânteie DENSO nu sunt proiectate și fabricate pentru aeronave: utilizarea lor poate duce la producerea unor accidente aviatice cauzate de funcționarea necorespunzătoare a motorului.

>Este interzisă utilizarea bujiilor cu scânteie DENSO listate în catalogul nostru în motoarele generatoarelor și a pompelor de căldură cu gaz ale sistemelor de aer condiționat. Aceste bujii cu scânteie nu sunt proiectate și fabricate în acest scop. O astfel de întrebuințare a lor poate duce la producerea unor accidente ce includ oprirea producerii de energie sau de căldură. Pentru bujiile de co-generare DENSO, special concepute pentru generatoare (motoare pe gaz), este disponibil un catalog separat. Pentru mai multe informații vă rugăm să contactați reprezentantul local DENSO.

>Este interzisă utilizarea bujiilor cu scânteie DENSO pentru sistemul de igniție al arzătoarelor pe gaz. Bujiiile cu scânteie DENSO comercializate nu sunt proiectate și fabricate în acest scop. O astfel de utilizare a lor poate duce la defectarea sistemului de igniție sau a deteriorării echipamentului, pe fondul supraîncălzirii.

10.3. Depanarea

Sunt câteva simptome legate de aprindere care pot să se datoreze inițial defectării bujiilor cu scânteie; cu toate acestea, multe din aceste simptome pot fi cauzate de alte sisteme sau probleme ce afectează funcționarea bujiei. Când aceste probleme apar, în primul rând trebuie să vă asigurați că folosiți bujiile corect pentru acel tip de motor și că bujiile se află încă în perioada lor de viață. Verificați condiția în care se află electrozii și eventualele crăpături sau defectiuni ale izolatorului.

Următoarea listă evidențiază câteva din problemele legate de aprindere ce pot fi diagnosticate prin analizarea electrozilor, a izolatorului și a carcasei (proces denumit și „Citirea” bujiei cu scânteie)

Funcționare normală

Aspect: Depuneri gri-deschise și eroziune ușoară a electrozului

Depuneri de carbon

Aspect: Uscat, depuneri negre de carbon pe izolator și electrod

Rezultat: Pornire slabă, rateuri ale motorului, îndeosebi în momentul accelerației și condiții grele de drum.

Cauze posibile: Amestec aer/ carburant excesiv de bogat, folosirea unor bujii prea „reci”. Pentru vehicule mai vechi sau vehicule cu carburator, simptomele pot fi cauzate de o aprindere întârziată sau diferite defecte ale carburatorului.

Depuneri de plumb

Aspect: Depozite gălbui sau un înveliș lucios pe izolator

Rezultat: Rateuri de motor la accelerații bruște sau condiții grele de drum, dar fără efecte adverse sub condiții normale de funcționare.

Cauze posibile: Folosirea unei benzine cu un conținut ridicat de plumb. Supra-încălzirea

Supra-încălzirea

Aspect: Un izolator extrem de alb cu depuneri negre, și eroziune prematură sau chiar topirea electrozului.

Rezultat: Pierderea de putere în special la viteze mari

Cauze posibile: Strângerea slabă a bujiei, motor răcit insuficient, folosirea de bujii prea „calde”, detonări severe. Pentru vehicule mai vechi, setarea aprinderii poate fi mult prea în avans.

Pre-aprindere

Aspect: Un electrod central sau de masă, topit sau ars.

Normal



Depuneri de carbon



Depuneri de plumb



Supra-încălzire



Pre-aprindere



Depunere



Aspectul unei bujii cu scânteie poate indica anumite defecțiuni legate de motor, sistem de alimentare sau aprindere. Totuși, țineți cont de faptul că este normal să existe pete de coroziune, mai ales la folosirea unei tensiuni crescute.

Fig 10.6 Diagnosticul defectelor prin analiza aspectului bujiei cu scânteie