

Auto & Motor
TECHNIEK

© **WWW.AMT.NL** - Dé internetsite voor de Automotive Professional

Bougies vernieuwen straks overbodig

Vonken voor het leven

Ooit was de bougie zo'n aantrekkelijke fastmover. Maar dankzij nieuwe materialen en technieken houden bougies steeds langer stand. De 'levensduurbougie' komt al in zicht. Moderne bougies zijn 'high-tech' en montage van een verkeerd type kan u duur komen te staan. Tijd voor een lesje bougie-techniek.



FOTO: DENSO

Het leek onmogelijk, maar het is nu een feit: bougies die de levensduur van de motor meegaan. Er zijn bougies ontwikkeld, die onder Amerikaanse rijomstandigheden maar liefst 320.000 km meegaan. Het geheim schuilt in de toepassing van een bijzondere iridium legering.

Het tweede nieuws (sinds het laatste bougie-artikel in AMT 12 1998) is dat bougies met platina op beide elektroden steeds vaker als eerste montage worden gebruikt. Levensduren van 100.000 km in Europa en 160.000 km in de VS zijn daarmee mogelijk.

Het derde nieuws is dat de halfglijvonkbougies inmiddels een vaste plaats hebben veroverd als vervangingsbougie.

Axiale of radiale vonk
Laten we eerst even stilstaan bij de opkomst van de glijvonkbougie. Een 'conventionele bougie' heeft één massa-elektrode. Deze elektrode zorgt voor een axiale of een radiale vonk, afhankelijk van de stand van het uiteinde van de

elektrode. De Duitse literatuur spreekt van een dak- of een zij-elektrode. Bij een radiale vonk is de massa-elektrode kort. Dat is gunstig voor de warmte-afvoer en de stijfheid. Dat laatste houdt verband met de kans op trillen en afbreken van de elektrode tijdens het optreden van detonatie bij een hoog toerental.

Deze bougies kunnen elektroden van verschillende materialen hebben. Het goedkoopst is een nikkellegering met een 2,4 of 2,5 mm dikke centrale elektrode die een koperkern heeft. Champion past de koperkern ook toe bij de massa-elektrode om de warmte beter te kunnen afvoeren. NGK volgt dit voorbeeld inmiddels ook bij de bougies voor de Audi turbobenzinemotoren.

Vonk-garantie
Vanwege de risico's met het oververhitten van de katalysator, door het wegvallen van de vonk bij één of meer cilinders, is de glijvonkbougie ontwikkeld. Bij dit type bougie moet de vonk eerst over het

porcelein kruipen voordat deze overspringt naar één of meer zij-elektroden.

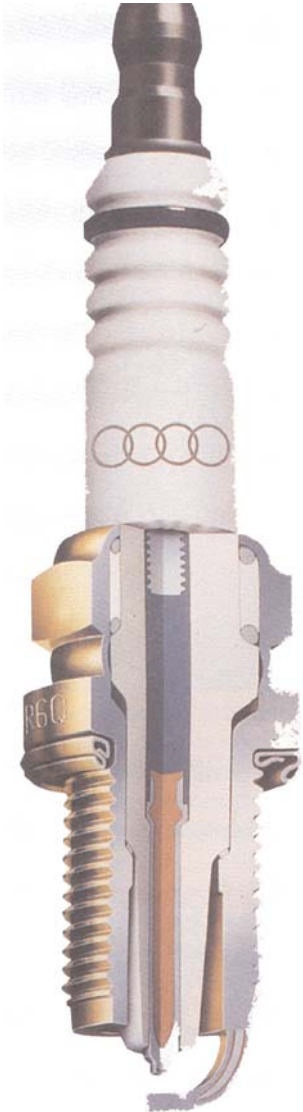
Als er roet door een onvolledige verbranding op de isolatorneus zit, wordt dit verbrand en zal er dus een zelfreiniging optreden. Dit type bougie voorkomt ontstekingsmissers en dat is gunstig voor de katalysatorlevensduur en de emissies. Als er meerdere massa-elektroden zijn, neemt de levensduur met een factor 2 toe.

De automobiefabrikanten kiezen in toenemende mate voor een half- of semiglijvonkbougie. Daarbij zijn de twee of meer massa-elektroden iets langer en steekt de centrale elektrode verder uit de isolatorneus dan bij een 'volledig' glijvonkbougie het geval is. De vonk heeft nu een keuze uit twee trajecten: óf eerst via de isolator óf rechtstreeks overspringen naar de massa-elektrode. Deze bougies zorgen voor betere koude starteigenschappen dan de volledig-glijvonkbougie. De prijs is laag, de levensduur ligt tussen de 40.000 en 60.000 km.

Emissie-controle

Met de komst van steeds strengere emissie-eisen en de controle erop via het On Board Diagnose (OBD) systeem en de komende koude start emissie-test bij min 7°C wordt de bougie steeds belangrijker. Als de vonk niet of gebrekkig overspringt, is de kans groot dat de emissie-eisen niet worden gehaald. Om ervoor te zorgen dat de vonk gedurende lange tijd op een hoog kwaliteitsniveau blijft, zijn er edelmetaalbougies nodig.

De centrale-elektrode moet namelijk dunner worden om de ontstekingsspanning laag te houden. Bij moderne motoren neemt de compressieverhouding toe, er wordt uitlaatgasrecirculatie (EGR) gebruikt en een krachtige werveling. Deze factoren, plus het willen draaien op arme mengsels, vragen om een hogere ontstekingspanning. De elektrodenafstand verkleinen kan niet, want dat beïnvloedt het starten en draaien op arme mengsels nadelig.



Voor de 1.8 en 2.7 liter turbomotoren gebruikt Audi deze NGK bougie met een centrale elektrode met platina punt en een massa-elektrode met koperkern, ook voorzien van een platina punt.

FOTO: NGK

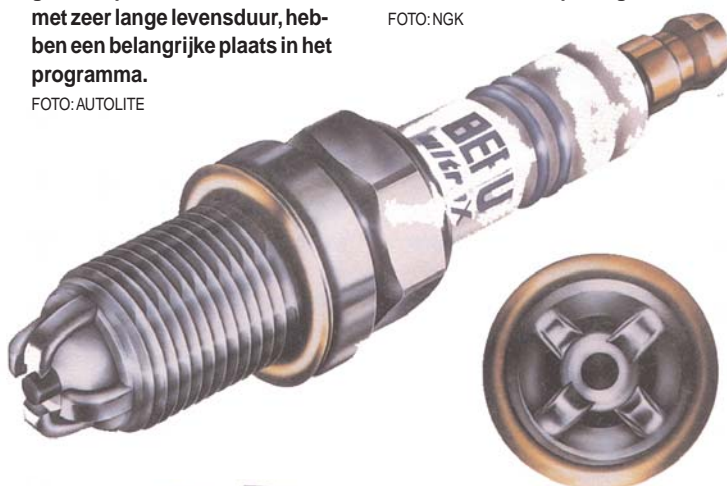
Sinds 1982 zijn er bougies met een 0,7 of 0,8 mm dikke centrale elektrode in gebruik die van een platina punt voorzien zijn. De dak-elektrode heeft ook een platina punt en is meestal puntvormig uitgevoerd om het benzine-luchtmengsel zo min mogelijk in de weg te zitten. Om een zo lang mogelijke levensduur te halen bleek bij de modernste motoren dat de centrale platina elektrode een diameter van 1,1 mm moest hebben, dan is 160.000 km (in de VS) haalbaar.

Toekomst voor iridium
Denso besloot een onderzoek te starten naar het gebruik van andere edelmetalen om de levensduur en/of de prestaties van de bougies te vergroten. Er is een iridium le-



Autolite bougies zijn bekend als originele Ford bougies. Sinds kort wordt de Benelux-distributie door Holland Java en P&M Autoparts ter hand genomen. Vooral de bougies met platina elektroden, dus met zeer lange levensduur, hebben een belangrijke plaats in het programma.

FOTO: AUTOLITE



Het meest opvallende aan deze Beru Ultra X bougie is dat de vier massa-elektroden twee aan twee op ongelijke hoogte boven de isolatorneus zitten. Daardoor kan de vonk zowel rechtstreeks (tussen twee lange elektroden) als via de neus, dus als glijvonk, naar alle vier de elektroden overspringen.

FOTO: BERU

gering ontwikkeld die een centrale elektrode van 0,7 mm mogelijk maakt. Daarmee is het doel bereikt, namelijk een verdubbeling van de levensduur tot 320.000 km.

Er is ook een bougie ontwikkeld met een 0,4 mm iridium elektrode, die dezelfde levensduur heeft als een platina bougie. Deze bougie heeft een buitengewoon prestatieniveau, hetgeen blijkt uit de eerste toepassing bij de Ducati 996 Su-



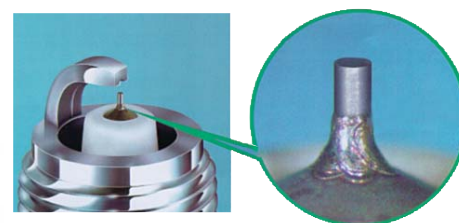
Zowel de glijvonkbougie, hier met vier massa-elektroden, als de platina bougie met 0,8 mm centrale elektrode zijn volgens NGK uitermate geschikt voor benzinemotoren met directe inspuiting.

FOTO: NGK



Beru levert deze bougie voor de Porsche GT1. Opvallend zijn de twee korte massa-elektroden die de warmte snel kunnen afvoeren. Het gaat hier om een 'koude' bougie, vandaar dat de isolatorneus diep verscholen is.

FOTO: BERU

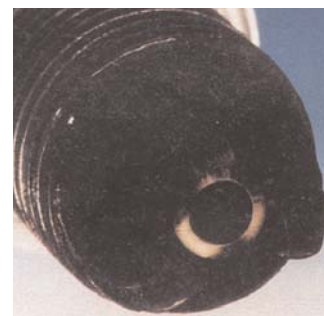


Denso heeft op het uiteinde van de centrale elektrode een 0,4 mm puntje van een iridium legering gelast met behulp van een laserstraal.

FOTO: DENSO

perbike van Fogarty in 1998. Inmiddels gebruikt ook Honda deze bougie voor de nieuwste V-twin.

Omdat de centrale elektrode zo dun is, ontstaat er een krachtig spanningsveld dat ervoor zorgt dat de vonk bij een betrekkelijk lage spanning kan overspringen. Er blijft dus een reservespanning in het ontstekingsysteem over, die gebruikt kan worden als het mengsel arm is of de dichtheid van het mengsel hoog is. Dat laatste komt voor bij accelereren. Het is daarom van groot belang om edelmetal-bougies (Pt of Ir) te gebruiken als er bobines met een dubbele uitgang worden toegepast. De bougie in de cilinder waarin de verbranding plaatsvindt, krijgt immers een lagere spanning toegevoerd omdat er spanning verloren gaat die nodig is om de andere bougie in de uitlaatslag te laten vonken. Bovendien draait de polariteit om en dat heeft weer invloed op de benodigde overslagspanning, het kan wel 40% schelen. Aangezien de elektronen van negatief naar positief stromen, is er een lagere spanning nodig als de centrale elektrode negatief is. Dat komt doordat de cen-



Deze foto laat op treffende wijze het zelfreinigende effect van de glijvonkbougie zien. Het roet op de isolatorneus is keurig weggebrand. Dit voorkomt ontstekingsmissers.

FOTO: BERU

trale elektrode heter is dan de massa-elektrode.

Allerlei edelmetalen zijn bij het Denso onderzoek betrokken geweest, we kennen ze al van de katalysatorstechniek: platina, rhodium, palladium en iridium. Dit laatste metaal wordt door Mitsubishi gebruikt in de DeNOx katalysator voor de DI benzinemotoren.

Bij bougies met platina elektrode wordt er tot 20% iridium ge-

bruikt om een slijtvaste legering te maken. Denso gebruikt 10% rhodium als legeringselement bij het iridium. Het gaat namelijk niet alleen om het smeltpunt van het materiaal, maar ook om het bestand zijn tegen oxidatie. Iridium smelt pas bij 2447°C, platina bij 1769°C, rhodium was nodig om het oxideren van iridium tegen te gaan.

De grootste problemen deden zich voor bij de fabricage van de dunne draden en het bevestigen ervan op de centrale elektrode. Dat zal ook NGK wel weten, want zij maken tevens bougies met een iridium legering op de centrale elektrode. Het puntje is 0,6 mm dik.

Betere prestaties

Voor een prijs die slechts weinig boven die van een dubbele platina bougie ligt, leveren iridium bougies aanzienlijk betere prestaties. De Denso 0,7 mm iridium bougie heeft na 100.000 km de halve elektrodanafstandsvergroting van een 1,1 mm platina bougie en er is een 5 kV lagere ontstekingsspanning nodig. Dat heeft bijvoorbeeld tot gevolg dat de iridium bougie een lucht-benzinemengsel van 16:1 nog goed ontsteekt, de platina bougie komt tot 15,5:1.

De 0,4 mm iridium bougie zorgt voor een goede koude start en een betrouwbare ontsteking tijdens accelereren. Behalve door de lage benodigde vonkoverslagspanning speelt hierbij ook mee dat de eerste moleculen die gaan branden niet zo snel worden uitgedoofd als bij dikkere elektroden het geval is. Daardoor komt de verbranding eerder op gang.

Conclusie: bougies met platina elektroden worden steeds vaker toegepast omdat ze 160.000 km in de VS en 100.000 km in Europa meegaan. Het is thans mogelijk een bougie te maken die onder VS omstandigheden in een automotor 320.000 km meegaat. Het gebruikt materiaal (iridium) kan, met een halvering van de levensduur, bijzondere verbrandingstechnische prestaties leveren als de centrale elektrode 0,4 in plaats van 0,7 mm bedraagt.

Paul Klaver

Bougiekabels en -stekkers zijn kwetsbaar!

Storingen aan het ontstekingsstelsel worden meestal veroorzaakt door het onjuist lostrekken van kabels en stekkers. Er zijn speciaal-gereedschappen ontwikkeld om de vaak zeer vast zittende rubberdoppen los te trekken. Om te kunnen begrijpen wat er zoal mis kan gaan, moeten we de constructie van de kabels nader bekijken.

Alle hoogspanningskabels moeten meer dan 40 kV kunnen doorleiden met zo min mogelijk verlies. Ze moeten sterk zijn en bestand zijn tegen olie, vetten, zuren, vocht en hoge temperaturen. Bovendien mogen ze geen elektromagnetische storingen veroorzaken.

Er zijn drie soorten hoogspanningskabels: weerstandskabels, reactantiekabels en koperkernkabels. De weerstandskabels bestaan uit een met koolstof geïmpregneerde glasvezel kern. Het zijn vooral de Japanse en Amerikaanse motorfabrikanten die deze kabels toepassen. Het glasvezel zorgt voor de mechanische sterkte. De reactantie- of zelfinductiekabels kenmerken zich door een spiraalgewijs opgewonden roestvaststaalen draad, deze kabels worden door de Franse auto-industrie toegepast. Het is de Duitse industrie die bij de koperkernkabels blijft. Elk van deze kabels heeft eigen voor-

en nadelen. De weerstandskabels zijn makkelijk en goedkoop te maken, ze zijn tamelijk stevig en zorgen voor een goede elektro-magnetische verdraagzaamheid EMV. De koperkernkabels hebben dure aansluitingen en zijn daarom moeilijk te fabriceren. Ze zijn het sterkst en zorgen voor een goede EMV ondanks dat ze een lage elektrische weerstand hebben. De reactantie kabels zijn het beste wat EMV betreft en houden hun kwaliteit het langste. Ze zijn tamelijk duur om te fabriceren en ze zijn niet zo stevig als de andere kabels.

Monteer juiste kabels

We zien steeds meer kabels- in allerlei kleuren, die van siliconenrubber gemaakt zijn omdat deze van -60°C tot +200°C bruikbaar zijn. Aan de buitenkant is zeker niet te zien wat voor type kabel het is. Wees voorzichtig met het vervangen, de kabel heeft een grote invloed op de ontsteking en de storingen van elektronische apparatuur. Niet voor niets wijzen de kabelfabrikanten erop dat spanningsverlies tot overslaan (wegvallen van een vonk) kan leiden, met een gesmolten katalysator als gevolg. Soms is een verhoogd brandstofverbruik het gevolg van het gebruik van onjuiste kabels omdat er te weinig spanning op de bougies komt te staan. Het OBD systeem zal een foutmelding geven als het overslaan ernstige vormen aanneemt.

Ontstoringen

Voor het ontstoringen worden er bij het gebruik van koperkernkabels speciale bougiestekkers gebruikt. Om een kern van glasvezels zit een weerstandsdraad die slechts 20 tot 60 micron dik is en uit enkele honderden wikkelingen bestaat. De weerstand is met de metalen buitenhuls verbonden.

Bij de reactantiekabels is de ontstoringweerstand over de hele kabel verdeeld, kritisch is de afhankelijkheid van de lengte en het verloop van de kabels. Soms is een ontstoringstekker nodig om de EMV laag te houden.



Bougiestekkers, zoals deze van Beru, zijn complexe stukjes techniek. De RVS huls dient ter versteviging en ontstoring. Binnenin zit een met glasvezels versterkte weerstand voorzien van een isolerende siliconenmantel.

FOTO: BERU



Beru levert directe ontstekingen onder meer voor de viercilindermotoren van Mercedes-Benz. De bobine zit op de bougie, kwetsbare bougiekabels zijn er dus niet.

FOTO: BERU



De Franse autofabrikanten gebruiken meestal dit type bougiekabel dat met 'reactantie' wordt aangeduid. De ontstoring wordt bereikt door een RVS draad die om een ferromagnetisch siliconenhuls is gewikkeld, die op zijn beurt om een glasvezelkern is aangebracht. Om de RVS draad zit een siliconenisolatie voorzien van een glasvezelmantel. De buitenmantel bestaat weer uit siliconenrubber.

FOTO: BERU

De weerstand van de glasvezelkern met koolstof bedraagt 15 tot 30 kOhm/meter en zorgt voor een goede EMV.

Directe ontsteking

Het zal gezien de kwetsbaarheid van de hoogspanningskabels en de aansluitingen geen verbazing wekken dat steeds vaker de bobines rechtstreeks op de bougies worden geplaatst. De toekomst met DI benzine-motoren, al dan niet met turbo- of mechanische compressor, zal nog hogere eisen stellen aan de ontsteking. Het antwoord is er al: directe ontsteking met edelmetaalbougies. Die combinatie is goed voor de hele levensduur.

Praktische tips voor bougie-montage

Schoonmaken en afstellen

Gebruik geen staalborstels voor edelmetaalbougies. Ze mogen onder een lage druk en kortstondig in een bougie reinigingsapparaat worden schoongemaakt. Verbuig alleen de massa-elektrode met speciaal gereedschap. Bedenk dat bougies met Nikkel elektroden van 2,4 mm ongeveer vijf maal sneller 'wegbranden' dan edelmetaal elektroden. Gebruik bougies dus niet te lang zonder correctie van de elektrodenafstand. Als deze te groot wordt, kan de vonk weg blijven. Dat bemoeilijkt het starten, zorgt voor inhouden bij accelereren en kan voor oververhitting van de katalysator zorgen omdat de onverbrande benzine daar verbrandt.

Warmtegraad en type

Het is verstandig om dezelfde bougie te gebruiken die de autofabrikant in de motor heeft geplaatst. Toch wijzen de bougiefabrikanten op hun aanbevelingslijsten, die alternatieven vermelden. Daarbij speelt de prijs een grote rol. Ga niet zelf experimenteren, want een verkeerd type bougie kan voor een gat in de zuiger of een gesmolten katalysator zorgen. Bij auto's met OBD2 systemen kunnen er storingsmeldingen ontstaan als er van het origineel afwijkende bougies worden gebruikt. Bij dit diagnosesysteem wordt onregelmatig draaien door ontstekingsmissers onmiddellijk als fout gemeld.

Niet te vast draaien!

De bougiefabrikanten zijn het eens over het niet smeren van de schroefdraad en het gebruik van hoekverdraaiing voor het vastzetten. Toch geven sommige autofabrikanten op dat er wél een smeermiddel moet worden toegepast. Let daarbij op de voorschriften voor het vastzetten. Bij de hoekverdraaiingsmethode zit de bougie altijd op de juiste wijze vast. Als er met een aanhaalmoment wordt gewerkt, zal een gesmeerde schroefdraad voor een (veel) te hoog koppel in de bougie zorgen. Denso zegt: als er toch gesmeerd wordt, dan 2/3 van het voorgeschreven aanhaalmoment gebruiken.

Omdat de afdichtingen verschillend van constructie zijn, zijn de opgegeven hoekverdraaiingen niet voor elke merk gelijk. Bougies eerst handvast zetten. Vervolgens geven de diverse fabrikanten de volgende adviezen:

Bosch:

10 t/m 18 mm bougies nieuw: 90°, gebruikt: 30°, conische zitting: 15°.

Denso:

10 t/m 18 mm bougies nieuw: 90°-180°, gebruikt: 72°-90°, conische zitting: 22,5°.

NGK:

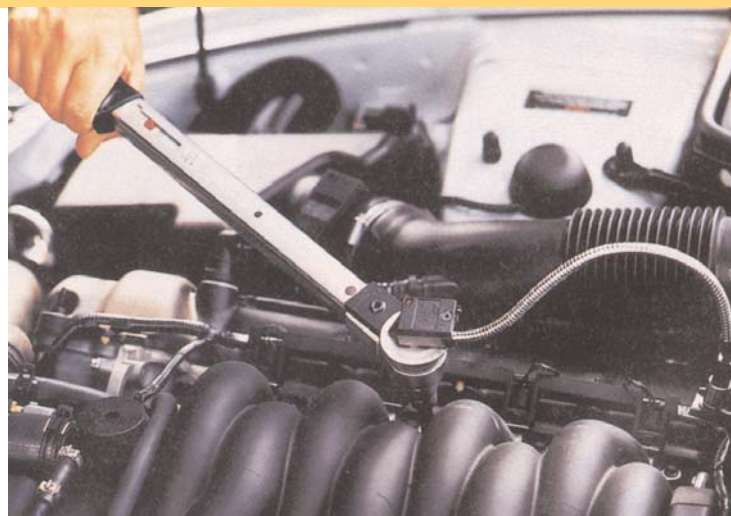
10 t/m 18 mm bougies nieuw: 180°-240°, gebruikt: 30°-45°, conische zitting: 22,5°.
8 mm bougies nieuw: 120°, gebruikt: 30°

Kwaliteit wordt duur betaald

Als we de prijs van een standaard-bougie met nikkelelektrode op 100% stellen, komt een type met 0,7 mm platina elektrode op 275%. Een bougie met een 1,1 mm platina elektrode én platina op de massa-elektrode komt op 480%. Eenzelfde bougie maar nu met radiale vonk en twee zij-elektroden komt op 540%. Een bougie met 0,7 mm iridium op de centrale elektrode en een platina schijfje op de dakvormige massa-elektrode moet 595% kosten. Anders gezegd: deze bougie is 6x zo duur als een standaard 14 mm bougie.

Kijken we naar de levensduur onder gunstige Europese condities dan bedragen die hooguit: 40.000 km voor de standaard bougie, 60.000 km voor de enkelvoudige platina bougie, 100.000 km voor de beide dubbele platina bougies en waarschijnlijk 200.000 km voor de iridium bougie. Uit deze door Denso verstrekte gegevens blijkt dat als de iridiumbougie de dubbele levensduur haalt van de platina exemplaren, de prijs per kilometer heel dicht bij die van de stan-

daard bougie ligt. Dan rekenen we nog niet het arbeidsloon mee. Bij sommige auto's en motorfietsen moet er flink gesleuteld worden om de bougies te vervangen! Toch wordt de vooruitgang duur betaald. Als een motor twee platina bougies per cilinder heeft, kosten alle acht bougies van een 4-cilinder ongeveer f 350,- (incl. BTW), zonder arbeidsloon. Als het lukt om de iridium bougies de hele levensduur te laten meegaan, is het vervangingsprobleem opgelost. Niet leuk voor de werkplaats, wel voor de klant.



Het meten van de hoekverdraaiing in plaats van het aanhaalmoment geeft een betere garantie dat de bougie goed vast en niet té vast zit.

FOTO: STAHLWILLE



Deze iridium-bougie van Denso haalt de dubbele levensduur van een platina exemplaar. Ze kosten weliswaar een vermogen, maar vervanging is straks wellicht niet meer nodig!

FOTO: JAN LIEFTINK

Bougies kunnen u veel vertellen

Maar liefst 95% van alle storingen met bougies zijn te wijten aan het te vast aandraaien. Er zijn zelfs monteurs die de pneumatische wielmoersleutel hebben gebruikt om bougies mee vast te zetten! Het te vast aandraaien kan tal van gevolgen hebben, zowel voor de bougie als de cilinderkop. Als de bougie inwendig zijn warmte niet meer kwijt kan, wordt de centrale elektrode zo heet dat er voortijdige ontsteking optreedt. Een gat in de zuiger is dan het gevolg. U treft hier diverse afbeeldingen aan van overige bougieproblemen, de tekst bij de foto's verklaart wat er precies aan de hand is. Het uiterlijk van een bougie vertelt veel over de conditie van de motor.



Normaal bougiegezicht. Lichtgekleurde isolatorneus, weinig asafzetting op de centrale elektrode. Geen thermische overbelasting, bougie met de juiste warmtegraad.

FOTO: BOSCH



Er is een sterke asafzetting opgetreden. De as is uit de smeerolie en / of de brandstof afkomstig en kan door gloeien voor voortijdige ontsteking zorgen.

FOTO: BOSCH

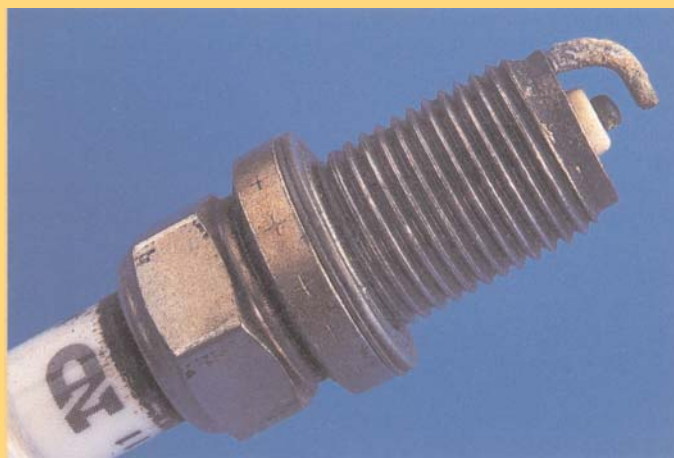


Als een standaard bougie te lang dienstdoet, treedt er een forse slijtage op van de centrale elektrode. Vooral tijdens het optrekken valt de vonk weg omdat de grote elektrodenafstand een te grote secundaire spanning vraagt. Dit kan een thermische overbelasting van de katalysator tot gevolg hebben.

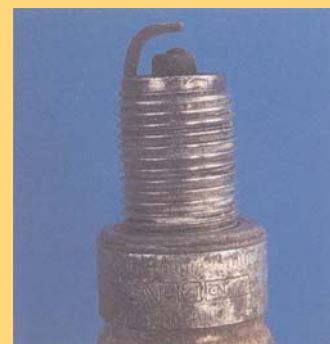
FOTO: BOSCH



De redenen voor het breken van de isolatorneus liggen bij een onzorgvuldige behandeling van de bougie. Er kan een scheurtje ontstaan tijdens het op onjuiste wijze verstellen van de elektrodenafstand of tijdens het optreden van detoneren.



De meeste problemen met bougies ontstaan door te hard aandraaien. Met deze bougie is zo lang doorgereden dat er lekkage tussen de isolator en het metalen huis is ontstaan. Omdat het huis is uitgerekt door het hoge aandraaikoppel, zit de isolator los. Let op de geplette afdichting. De kans is groot dat er door oververhitting van de bougie schade ontstaat, misschien ook aan de zuiger.



Deze bougie heeft waarschijnlijk meer dan 80.000 km in de motor gezeten. Er is sprake van een verregaande slijtage, de bougie had al lang vervangen moeten worden.



Om de isolator van een bougie ontstaat een elektrisch veld dat vuil aantrekt. Hoe hoger de spanning hoe sterker het veld. Het verschijnsel heet: 'corona stain' (kransvormige vlekken) en heeft niets te maken met lekkage maar met statische elektriciteit.



Uit de bruinrode aanslag op de bougie blijkt dat er iets mis is met de brandstof. De tank van de motorfiets bleek verroest te zijn. De kans is groot dat het fijne stof voor een arm mengsel zorgt. Daardoor ontstaan er nieuwe problemen zoals oververhitting van de bougie of de zuiger.

Deze bougie heeft veel droge roetaanslag, maar vonkt nog wel. Zodra de aanslag nat is, blijft de vonk weg.

FOTO'S: JAN LIEFTINK, M.M.V. DENSO

