

**Auto & Motor**  
**TECHNIEK**

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

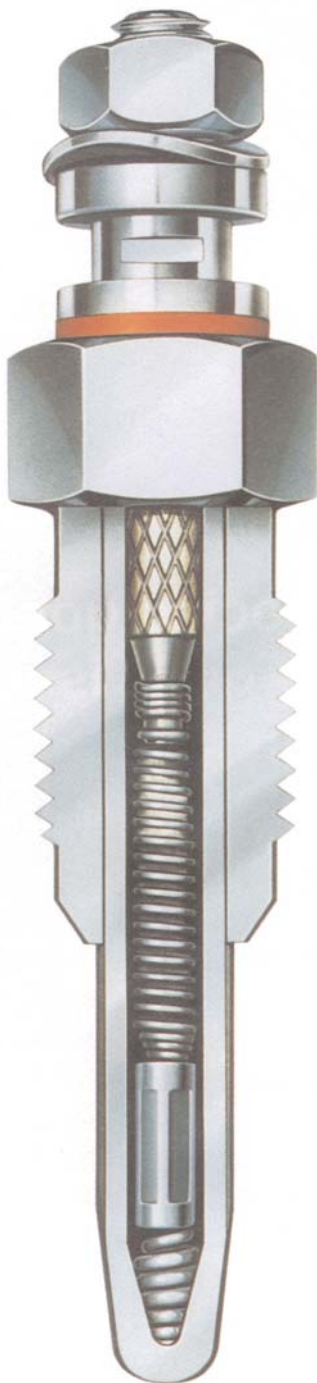
### Gloeibougie versnelt het opwarmproces

# Hartverwarmende starthulp

Voor een vlotte koude start is het noodzakelijk de verbrandingskamer van de dieselmotor voor te verwarmen. Moderne gloeibougies versnellen niet alleen het startproces, maar blijven ook na de start actief om geluid en emissies te verminderen. AMT verdiepte zich in de ontwikkelingen en geeft tips voor storingsdiagnose en montage.

Bij zelfontbranders, als de dieselmotor, is een minimale luchttemperatuur in de cilinder nodig om de ingespoten brandstof te laten verdampen en verbranden. Tussen de 800 en 850°C is vereist om de dieselmotor optimaal te laten werken. Deze compressie-eindtemperatuur wordt echter niet onder alle bedrijfsomstandigheden gehaald. De verbranding verloopt in dat geval niet optimaal hetgeen geluid- en emissietechnische problemen veroorzaakt. Zo zal een koude dieselmotor moeilijk aanslaan en op toeren komen, terwijl er witte of blauwe rook uit de uitlaat komt en de motor de bekende dieselgeluiden ('het nagelen') laat horen.

Dankzij het verwarmen van de lucht in het inlaatsysteem of in de verbrandingskamer verdwijnen de hiervoor genoemde verschijnselen en worden ook de ongewenste emissies aanzienlijk verminderd. Niet alleen het gehoor, maar ook



**De opbouw van een Champion gloeibougie blijkt uit deze doorsnede. De gloeispiraal en de PTC weerstand zijn duidelijk te zien.**

FOTO: CHAMPION

het milieu vaart er wel bij als een dieselmotor snel start en meteen mooi rond loopt.

Bij de kleinere dieselmotoren worden gloeibougies gebruikt om het gewenste resultaat te bereiken. Bij de grotere dieselmotoren zorgt een vlamstartstelsel voor de benodigde voorverwarming van de inlaatlucht.

Vele soorten gloeibougies Er zijn gloeibougies, ook wel gloeikaarsen of gloeistiften genoemd, met uitwendige en inwendige gloeispiralen. De typen met een uitwendige gloeispiraal worden gebruikt om de inlaatlucht van de motor op te warmen. Soms wordt er brandstof mee ontstoken zodat er heel veel warmte wordt ontwikkeld, tot 25 kW aan toe. Dergelijke vlamstartsystemen worden bij dieselmotoren voor vrachtauto's toegepast.

In dit artikel hebben we het voornamelijk over zogenoemde staafgloeibougies met een inwendige gloeispiraal. Deze gloeibougies worden overigens niet alleen in de verbrandingskamer gebruikt, maar ook om het koelwater op te warmen. Dieselmotoren, vooral die met directe inspuiting, voeren zo weinig warmte af naar het koelwater dat dit na de koude start voor problemen zorgt omdat de kachel slechts langzaam opwarmt. Alfa Romeo, Fiat, Renault en Volkswagen bijvoorbeeld gebruiken een drietal gloeibougies om het koelwater snel op te warmen.

Elektronische regeling Aanvankelijk werden er alleen maar gloeibougies met uitwendige gloeispiraal toegepast. Deze zijn echter te groot voor de moderne DI dieselmotoren. Daarom worden er tegenwoordig uitsluitend staafgloeibougies gebruikt. Deze werken in het begin alleen als voor-gloe- en startbougies, later kwam



**Bosch levert een nieuw type gloeibougie, de Duraterm Chromium. Uit de naam blijkt dat er een nikkel-chroom legering wordt gebruikt die voor een tweevoudige levensduur van de gloeistift zorgt. In vier seconden wordt een tiptemperatuur van 1050°C bereikt.**

FOTO: BOSCH



**De Beru SR5 gloeibougie met een gloeispiraal en een regelweerstand ingebed in magnesium-oxyde. Het uiteinde (de tip) is tot vier millimeter verschaald.**

FOTO: BERU



FOTO:BERU

Van links naar rechts is de ontwikkeling van gloeibougies weergegeven. De uitwendige gloeispiraal wordt ingebouwd en de stiften zijn steeds slanker uitgevoerd.

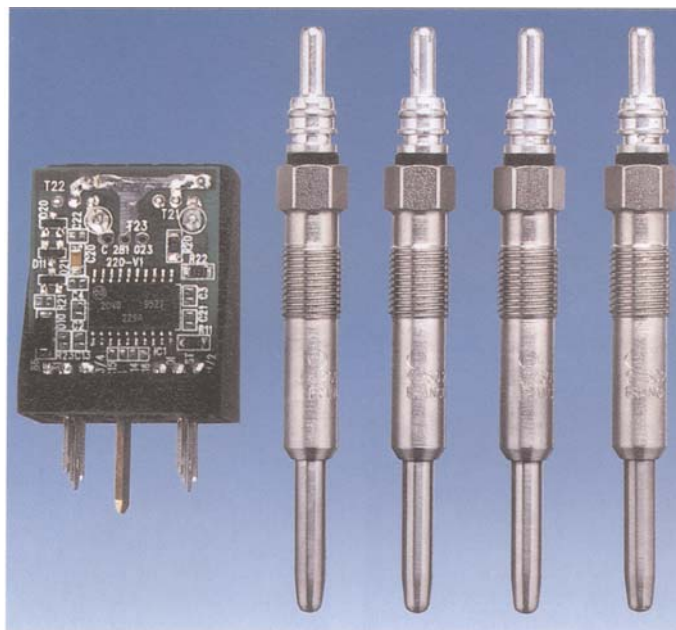


De uiteinden van een keramische (links) en een stalen gloeibougie (rechts) vertonen een duidelijk verschil in temperatuurverloop.

FOTO:BERU

daar een nagloeifunctie bij. Oudere gloeibougies hebben slechts één gloeidraad, de nieuwere uitvoeringen hebben een gloeidraad en een weerstandsdraad.

Tegenwoordig zijn er elektronisch geregelde snelgloeibougies die in enkele seconden op temperatuur zijn en tot een bepaalde koelwatertemperatuur nagloeien. Sommige van deze gloeibougies zijn niet meer voorzien van een stalen huls, maar hebben een keramisch uiteinde. De toekomst is aan volle-



Het allernieuwste op het gebied van gloeibougies is deze Bosch Rapi-term met een keramische tip. Binnen één seconde zit deze elektronisch geregelde starthulp op een temperatuur van 1200°C.

FOTO:BOSCH

dig elektronisch geregelde gloeibougies die zo snel op temperatuur komen dat het eigenlijke voorgloeien vervalt. Deze gloeibougies worden individueel aangestuurd om zodoende per cilinder een optimale start- en warmdraaikarakteristiek te bereiken.

#### Snelle werking

Aan de hand van één van de meest toegepaste gloeibougies kan worden beschreven wat er zoal bij komt kijken om een moderne gloeibougie optimaal te laten wer-

ken. In overleg met de motorenfabrikant wordt de positie van de gloeibougie in de verbrandingskamer bepaald. Het gaat er om dat de ingespoten brandstof op het hete oppervlak van de gloeibougie verdampst en dan tot verbranding overgaat. Om dit startproces op gang te brengen, komt de gloeibougie snel op 1050°C. Bij 0°C duurt dat 3 seconden, bij -5°C 5 seconden en bij -10°C 7 seconden. Zodra de motor met starten begint, koelt de gloeiende punt af. Om deze tip toch op 850°C te kunnen houden is er be-



NGK heeft een nieuwe generatie keramische gloeibougies ontwikkeld die binnen ongeveer 5 seconden 1400°C bereiken. De levensduur is met een factor 5 toegenomen en bedraagt daarmee nu de levensduur van de motor.

FOTO:NGK



De ontwikkeling van gloeibougies is ook duidelijk aan de afmetingen te zien. Van rechts naar links: gloeibougie voor een voorkamerdieselmotor, een moderne DI 8V motor en een DI 16V motor.

FOTO:BERU

hoorlijk wat energie nodig, met andere woorden: het stroomverbruik is hoog. Dat stelt hoge eisen aan de accu want die moet ook veel energie leveren aan de startmotor. Van daar dat een gering energieverbruik hoog op het verlanglijstje staat van de motorfabrikant.

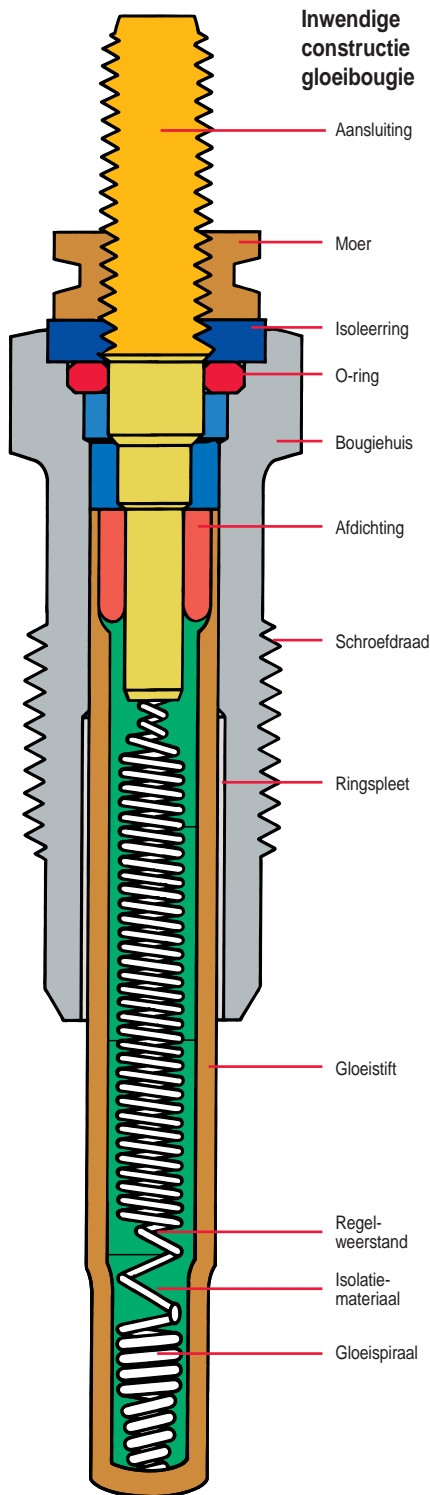
Bij DI personenautodiesels is er weinig plaats voor de gloeibougie. Daarom is de tipdiameter inmiddels tot slechts 4 mm terugge-

# ONDERDELEN

## Ontwikkeling en gebruik van gloeibougies

bracht en steekt de tip slechts 3,5 mm diep in de verbrandingskamer. Zodra de motor loopt, moet de sto-

rende invloed op de wervelingen in de verbrandingskamer zo gering mogelijk zijn. Vandaar ook de minimale afmetingen van de tip.



Deze tekening laat een doorsnede zien van een Beru SR5 staafgloeibougie.

### Zelfregelend

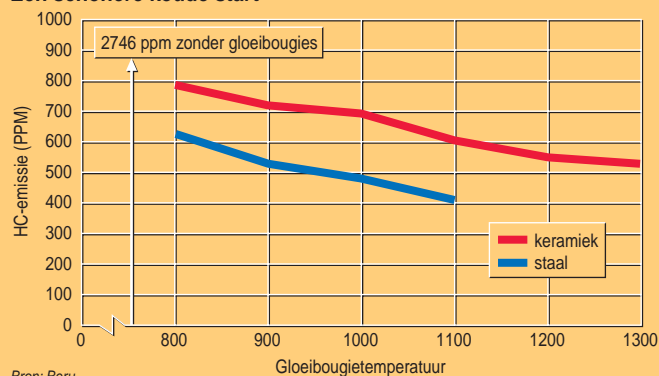
De huidige staafgloeibougies zijn zelfregelend. Dat wil zeggen dat de gloeidraad de stroom krijgt toegevoerd via een weerstand met een positieve temperatuur coëfficiënt, PTC genoemd. Aanvankelijk bestond deze PTC weerstand uit vrijwel zuiver nikkel, tegenwoordig wordt een kobalt-ijzerlegering toegepast. Dit materiaal heeft bij 1000°C een tweemaal zo hoge weerstand als eenzelfde weerstandsdraad van nikkel. Het modernere weerstandsdraad staat de fabrikant van gloeibougies toe een hogere stroom bij het aanzetten mogelijk te maken. Daardoor wordt de tijd tot 1050°C verkort zonder dat er risico bestaat op doorbranden, omdat de PTC weerstand de stroomtoevoer naar de gloeispiraal beperkt.

Zowel de gloeispiraal als de PTC weerstand worden afgestemd op de eigenschappen van de betreffende motor. Dat alleen al is voldoende reden om altijd de juiste gloeibougie te monteren.

### Nagloeien na de start

Het is gebruikelijk dat de gloeibougie 'aan' blijft, ook als de mo-

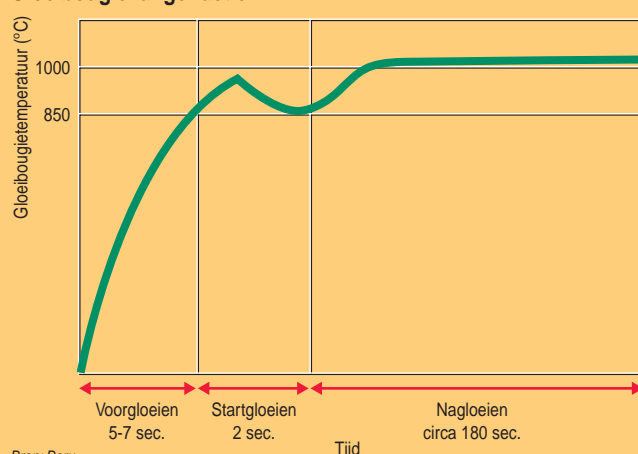
### Een schonere koude start



Bron: Beru

De uitwerp van onverbrande koolwaterstoffen bij -20°C is bij het gebruik van conventionele keramische gloeibougies hoger dan bij de stalen Beru SR5 gloeibougies het geval is. De oorzaak zit in het verschil in warmtegeleiding en warmtecapaciteit tussen de gebruikte materialen.

### Gloeibougie langer actief



Bron: Beru

Bij moderne gloeisystemen vindt er voor-, start- en nagloeien plaats. Daardoor neemt de deeltjes-emissie met ongeveer 40 procent af.

tor eenmaal loopt. Dat vermindert de witte en blauwe rook uit de uitlaat die het gevolg is van een onvolledige verbranding van de brandstof door een te lage tempe-

ratuur in de verbrandingskamer. Door het nagloeien wordt de rookontwikkeling tijdens het opwarmen met ongeveer de helft teruggebracht. Door de lage tempe-

## Testen van gloeibougies

Het testen van gloeibougies moet volgens Beru tussen de 75.000 en 100.000 km plaatsvinden, met een tester duurt dat enkele minuten. Er zijn sneltesters voor gloeibougies op de markt (bijvoorbeeld van Beru en Facom) die testen zonder uitbouwen mogelijk maken. Als blijkt dat de gloeibougies in orde zijn, moet ook de stroomtoevoer worden gecontroleerd. Let er daarbij op dat de stroomsterkte in het begin wel 30 A kan bedragen. Na 20 seconden daalt de stroomsterkte bij de moderne snelgloeibougies tot 7 à 10 A. Bij oudere gloeibougies zal de stroomsterkte na 20 seconden nog 10 tot 15 A bedra-

gen. Bij sommige auto's kan met de tester via de aansluiting op het voorgloeirelais worden getest, zie de gebruiksaanwijzing bij de tester. Het meten met een gewone multimeter is niet zinvol omdat deze daarvoor niet is bedoeld. Wie niet opziet tegen wat sleutelwerk kan ook de verstuiers demonteren, het gloeisysteem aanzetten en kijken hoe de gloeibougies gloeien. Deze praktijkmethode zal op den duur niet zinvol meer zijn omdat de systemen volledig elektronisch geregeld worden en dan een eigen diagnosesysteem hebben. Bovendien gaat er heel wat tijd en dus geld in zitten.



Facom heeft een testapparaatje voor gloeibougies ontwikkeld, DX10 genoemd. Het moet op de accu worden aangesloten. Nadat de aansluitdraad is verwijderd, kan de gloeibougie met de elektrode worden doorgemeten.

FOTO: FACOM

# Beoordeling van defecte gloeibougies

Bij een slecht starten- de dieselmotor zijn de gloeibougies al snel verdacht. Wanneer na démontage blijkt dat de uiterlijke staat van de gloeibougie verre van volmaakt is, verdiep u dan altijd in de oorzaak. Voorkomen is immers beter dan herhaaldelijk genezen. We geven hier een aantal van de veel voorkomende defecten weer.

FOTO'S: BERU

ratuur in de verbrandingskamer ontstaat er ook een groot ontstekingsuitstel. Als de brandstof dan toch verbrandt, is de drukstijging per krukgraad erg hoog hetgeen als 'nagelen' te horen is. Nagloeien helpt om dit karakteristieke dieselgeluid te verminderen. Bij veel van de moderne dieselmotoren blijven de gloeibougies nagloeien tot het koelwater op een temperatuur van 60°C is gekomen, dat is ongeveer drie minuten na de start.

Omdat er voor dit nagloeien toch een elektronische regeling moest komen, verloopt ook het voorgloeien via zo'n moderne regeling. Zowel de voorgloeitijd als de nagloeitijd worden dus afhankelijk van de motortemperatuur geregeld.

Een bijzonder probleem dat zich bij de ontwikkeling van deze snelgloeibougies voordeed is dat er bij het voorgloeien ongeveer 11 Volt beschikbaar is, terwijl er na het aanslaan kortstondig een spanning van wel 15,5 Volt kan ontstaan. Er gaat in dat geval een te hoge energie naar de gloeispiraal die vervolgens doorbrandt omdat de lopende motor de gloeiende tip niet meer afkoelt. Dit probleem vraagt om

## Kortsluiting door slechte fabricage

Sommige defecten zijn een gevolg van inferieure kwaliteit van de gloeibougie. Bij dit type heeft er (bewerkings)olie in het magnesium-oxyde poeder gezeten, waardoor er een kortsluiting tussen de regelweerstand en de stift is ontstaan. Dit is puur een gevolg dus van een slechte fabricage



## Stiften met plooiën en holtes

De uitwendige staat van een defecte gloeibougie kan u veel vertellen. Bij stiften die plooiën of holtes vertonen, is de regelweerstand onderbroken door:

- te hoge spanning, bijvoorbeeld door gebruik van start-hulpkabels;
- te lange stroomtoevoer door hangend relais;
- ontoelaatbaar lang nagloeien bij lopende motor;
- verkeerde gloeibougies (niet geschikt voor nagloeien).

Hoe kunnen deze schades worden voorkomen:

- starthulp alleen met 12 V boordspanning, dus start-hulp zonder lopende motor;
- test het systeem;
- vervang het relais;
- gebruiken van de juiste gloeibougies.



## Stiften gesmolten of weggebrand

Wanneer de gloeistift is gesmolten of weggebrand, is er vrijwel altijd sprake van oververhitting. Mogelijke oorzaken zijn:

- te vroege inspuiting;
- vervuilde of versleten verstuivers;
- nadruppelende verstuivers;
- motorschade zoals zuigervreters, klepbreuk;
- vastzittende zuigerveren.

Hoe is deze oververhitting te voorkomen:

- inspuitstip afstellen;
- de verstuivers schoonmaken of vervangen;
- straalbeeld van de verstuivers controleren.



## Tip van de stift is beschadigd

Ook een relatief kleine beschadiging van de stift is meestal een gevolg van oververhitting. Dit kan gebeuren door:

- te vroege inspuiting. Daarbij zijn de gloeispiraal en de regelweerstand oververhit geraakt, de regelweerstand wordt bros en breekt.
- de ringspleet tussen de stift en het huis is te klein geworden. Er vloeit teveel warmte weg van de stift, de regelweerstand blijft te koud, er blijft een te hoge stroom lopen, de gloeispiraal wordt te heet.

Mogelijk maatregelen om deze defecten te voorkomen:

- Controleer het inspuitstelsel, vooral het inspuitmoment;
- Voorgescreven aanhaalmoment aanhouden, geen olie of vet op schroefdraad.

## Vocht in de gloeibougie

Belangrijk bij de fabricage van een gloeibougie is dat het isolatiepoeder goed wordt gedroogd. Als het isolatiepoeder vochtig is, ontstaat er namelijk een hoge druk in de stift. Deze zwelt op of barst open.



een hoge mate van kwaliteit, zowel bij de fabricage en de gebruikte materialen als wat betreft de afstemming op de motor.

Het kan nog sneller  
Het streven van de motorfabrikanten is erop gericht het starten zonder voorgloeien mogelijk te maken, de gloeibougies de levensduur mee te laten gaan, ze nog slanker te maken, het stroomverbruik te verminderen en ze geschikt te maken voor On Board Diagnose systemen opdat ze individueel continu kunnen worden gecontroleerd op hun goede werking.

Om aan deze wensen te kunnen voldoen, zijn er nog snellere gloei-

bougies ontwikkeld. Bosch heeft bijvoorbeeld een nieuw type met keramische neus, de Rapiterm. Binnen één seconde bereikt het composiet-keramiek een temperatuur van 1200°C. Een eigen regelapparaat zorgt voor een juiste gloeitijdregeling die ook tussen-gloeien mogelijk maakt als de temperatuur in de verbrandingskamer te ver daalt. Deze keramische gloeibougie heeft een uitwendige verwarmingslaag die in een rechtstreeks contact is met de lucht en de brandstof in de verbrandingskamer. Elke afkoeling of opwarming wordt vrijwel onmiddellijk elektronisch gecompenseerd zodat de tiptemperatuur maar zeer weinig varieert. Het stroomverbruik blijft tot het hoogst noodzakelijke be-

perkt, precies datgene wat de motorfabrikanten willen. In de loop van volgend jaar gaan één of meer Duitse autofabrikanten dit type gloeibougie monteren.

Dat geldt overigens ook voor het Beru Instant Start System (ISS) dat eveneens van een volledig elektronische regeling voorzien is die de nieuwste gloeibougies individueel aanstuurt. Er is geen PTC weerstand nodig, de toegevoerde energie wordt elektronisch geregeld. Met behulp van een vermogens-halfgeleider voor elke gloeibougie wordt door middel van pulsbreedte modulatie de stroomsterkte aangepast. Via een diagnosesysteem worden de eigenschappen van elke gloeibougie gecontroleerd en worden eventuele storingen gemeld.

## Draai ze niet te vast

Zorg er altijd voor dat het juiste type gloeibougie wordt gebruikt. De schade aan de motor kan zeer ernstig zijn als de gloeibougie defect raakt. Let er vooral op of de gloeibougie geschikt is voor een nagloeisysteem als dat bij de betreffende motor aanwezig is. Gloeibougies moeten schoon en zonder smeermiddel worden gemonteerd. Het is van groot belang dat het juiste aanhaalmoment wordt ge-

bruikt: bij M10 schroefdraad is dat 12-18 Nm en bij M12 schroefdraad 25-30 Nm als de motorfabrikant geen aanhaalmoment opgeeft. Het alternatief is om 30° hoekverdraaiing te gebruiken nadat de gloeibougie handvast is gemonteerd. De moer van de elektrische aansluiting mag evenmin te vast worden gezet: bij M4 schroefdraad tot 2 Nm, bij M5 schroefdraad tot 3 Nm.



Hier is de aansluiting afgebroken, doordat de moer van de stroomtoevoerdraad te vast werd gezet. Zet een M5 moer met maximaal 3 Nm vast zonder olie of vet en een M4 moer met 2 Nm.

FOTO:BERU



Door gebruik van verkeerd gereedschap is de zeskant beschadigd. De vervorming veroorzaakt kortsluiting tussen het huis en de ronde moer. Werk daarom vooral met een passende sleutel en gebruik het voorgeschreven aanhaalmoment zonder olie of vet.

## Ombouwsets voor oudere motor

Het is bij veel auto's mogelijk oudere voor- en startgloeibougies, dus met één gloeispiraal, te vervangen door de moderne voor-, start- en nagloeibougies. De voordelen zijn dat het voorgloeien nog maar 5 tot 7 seconden duurt, de emissies met 40 procent afnemen, er vrijwel geen witte of blauwe rook ontstaat en dat het 'nagelen' sterk afneemt. Deze ombouwsets zijn te gebruiken bij DI dieselmotoren zoals die tot zo ongeveer vijf jaar geleden zijn ge-

bouwd. De meegeleverde relais regelen het gloeiproces optimaal. De ombouwsets zijn vooral zinvol als de aanwezige gloeibougies vervangen moeten worden.

**Beru levert vervangingssetjes voor dieselmotoren. Er zitten verstuivers, isoleerplaatjes, gloeibougies en gloeitijdregelapparaten in. De nieuwe gloeibougies zijn geschikt voor het nagloeien en vervangen de oude voorgloeibougies. En dat is dus gunstig voor het milieu en het gehoor.**

FOTO:BERU



De nieuwe gloeibougie komt in twee seconden op 1000°C, volgens Beru is dat snel en hoog genoeg. Bovendien blijven de kosten van de ontwikkeling en fabricage beperkt omdat er van bestaande technologie gebruikt wordt gemaakt. Beru blijft daarom bij het Inconel stalen omhulsel, omdat uit vergelijkende metingen is gebleken dat de conventionele keramische gloeibougie na het starten voor een hogere HC uitwerp zorgt. Beru heeft het staalconcept verder ontwikkeld door de wanddikte van de neus van 1 naar 0,75 mm terug te brengen en de gloeidraad te optimaliseren. Het energieverbruik van het ISS is nog maar de helft van het huidige systeem met SR5 gloeibougies. Daarbij is het ISS voor 6 Volt spanning ontworpen om ook als de spanning tijdens het starten naar 8 Volt daalt, de juiste energie toe te kunnen voeren. De huidige SR5 gloeibougie werkt met een 11 Volt spanning en valt daarom terug in temperatuur tijdens het starten. Het Beru ISS zorgt er voor dat DI dieselmotoren zelfs bij -25°C onmiddellijk starten, vervolgens stabiel en rustig stationair draaien en zelfs meteen belast kunnen worden.

Staal of keramiek? De meningsverschillen over staal of keramiek zullen dus nog voort-

duren, ook al omdat een andere gloeibougiefabrikant (NGK) al jaren keramiek toepast bij haar snelgloeiende type. De toekomstige dieselmotoren voor personenauto's hebben een lagere compressieverhouding om aan de steeds strenger wordende emissie-eisen te kunnen voldoen. Daardoor nemen de startproblemen toe. Dat heeft NGK aangezet tot het ontwikkelen van een nieuwe generatie keramische gloeibougies. Deze zorgen voor een snelle start omdat ze in korte tijd (ongeveer 5 seconden) hun maximale temperatuur van 1400°C bereiken. Deze hoge temperatuur compenseert de lagere compressie-eindtemperatuur. Met metaalbougies zijn dergelijke hoge temperaturen niet haalbaar. Omdat deze gloeibougie in ongeveer 2 seconden op 1000°C is, start de dieselmotor ook bij -25°C zonder voorgloeien probleemloos. De levensduur van de gloeibougie is gelijk aan die van de motor zelf.

Samenvattend kan worden vastgesteld dat de gloeibougiefabrikanten bepaald niet stilzitten. Ze stellen de motorfabrikanten in staat aan toekomstige emissie-, geluids- en comforteisen te voldoen. Met behulp van de elektronica zijn er gloeisystemen ontwikkeld die vele nieuwe mogelijkheden bieden.

Paul Klaver