

Auto & Motor
TECHNIEK

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

VW diesel met piëzo verstuivers sterker en schoner Zwanenzang voor de pomp

Afscheid nemen op het hoogtepunt van je roem, dat ziet menig artiest als ideaal. Het lijkt de alleen door Volkswagen in ere gehouden pompverstuiver te gaan overkomen. Juist nu er met piëzo sturing in de 2.0 TDI een nieuw hoogtepunt is bereikt. Maar vanaf 2007 komt een nieuwe TDI-generatie bij Volkswagen in productie, met common rail inspuiting.



We schrijven dit naar aanleiding van de bij het debuut van de VW Passat al aangekondigde nog hogere ontwikkeling van de viercilinder pompverstuiver diesel. Daarmee komt de nog nieuwe zestienkleps 2.0 TDI van 103 op 125 kW. Deze motorversie komt nu voor de Passat beschikbaar, later ook voor andere modellen bij VW en Audi. Een heel belangrijke stap is de introductie van pompverstuivers met piëzo sturing. Alleen al daardoor is de 125 kW motor werkelijk anders dan de 103 kW versie. Het is geen kwestie van wat extra prestaties met een beetje hogere turbodruk en ander motormanagement. De pompverstuiver diesel blijft mede door zijn nieuwe injectoren bij uitstek geschikt om de komende, nog strengere EU5-uitlaatgaseisen het hoofd te bieden, met zijn nauwkeurig gestuurde inspuiting onder zeer hoge druk.

Toch ziet het er naar uit dat deze huidige ontwikkelingsstap bij Volkswagen de laatste is voor de pompverstuiver diesel, en het lijkt onwaarschijnlijk dat nu nog een andere personenautofabrikant deze inspuitmethode verder gaat ontwikkelen. Pompverstuiver diesels zullen langzaam uitsterven nadat in 2007 drie- en viercilinder common rail TDI's debuten bij VW. Net bekend is dat ook de opvolger voor de grote bestelwagen LT, nu Crafter geheten, volgend jaar met vijfcilinder common rail motoren verschijnt. Terwijl de Transporter T5 drie jaar geleden nog als allereerste de 2.0 TDI met pompverstuivers gegund werd.

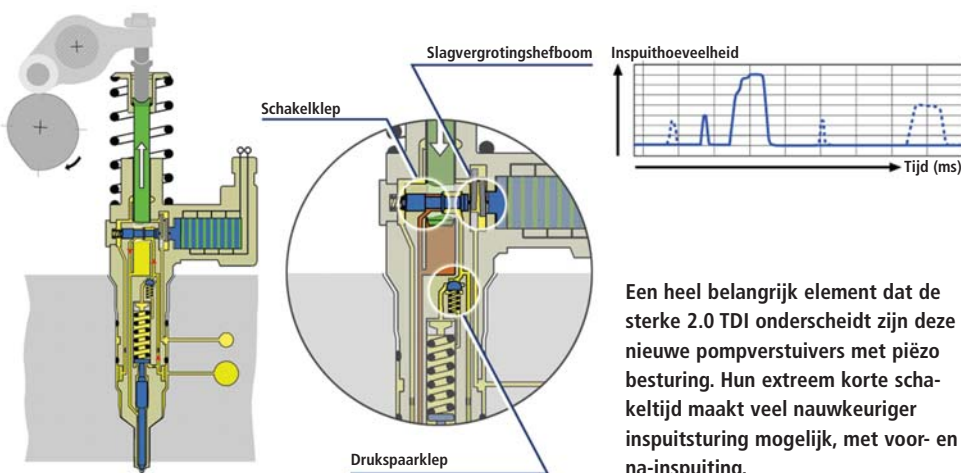
Zonder het allesverhullend sierdeksel bovenop is meteen te zien dat de sterkere uitvoering van de 2.0 TDI aan in- en uitlaatzijde heel anders is dan de 103 kW versie die in 2003 als eerste verscheen. Daarvan zijn er nu al circa een miljoen gebouwd voor de diverse merken van het VAG concern!

Betere injectiesturing

Als argument om van pompverstuivers af te stappen geeft Volkswagen onder meer dat nu

ook common rail systemen hoge inspuitdrukken halen, tot wel 1800 bar. Ook op andere terreinen ontwikkelt de common rail zich, waarmee vooral gedoeld wordt op de intrede van piëzo sturing in plaats van een magneetklep. Zeer nauwkeurige en snelle injectiesturing is noodzakelijk om geluids- en roetontwikkeling van diesels verder te beperken, daarbij vereisen roetfilters apart aanstuurbare na-inspuiting voor regeneratie van het filter wanneer nodig. Kort samengevat betoogt Volkswagen dat de voordelen van de pompverstuiver, voorop diens hoge inspuitdruk, minder groot zijn geworden terwijl de kosten voor verdere ontwikkeling en fabricage hoger blijven dan bij common rail systemen.

Kennelijk wegen de kosten zwaarder dan technische argumenten, nu samen met Siemens nieuwe pompverstuivers zijn ontwikkeld waarin net als bij common rail systemen de magneetklep vervangen is door een bediening met piëzo elementen. Ze leveren tevens een van

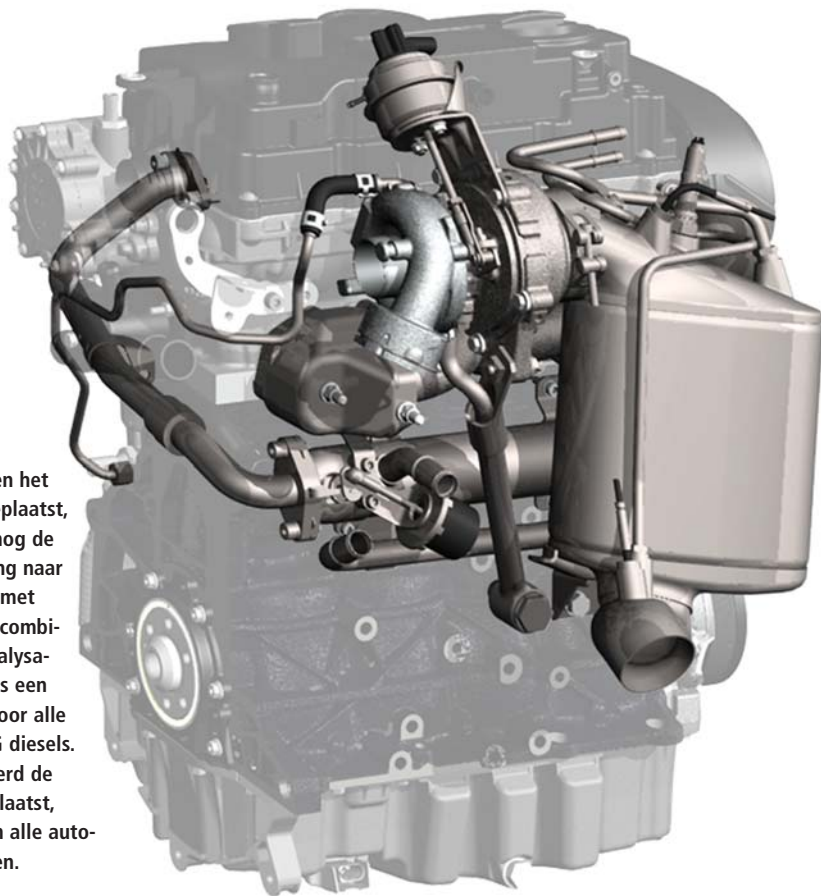


Een heel belangrijk element dat de sterke 2.0 TDI onderscheidt zijn deze nieuwe pompverstuivers met piëzo besturing. Hun extreem korte schakeltijd maakt veel nauwkeuriger inspuitsturing mogelijk, met voor- en na-inspuiting.

verstuiver?



De turbo is nu boven het uitlaatspruitstuk geplaatst, te zien is hier ook nog de gekoelde EGR leiding naar de inlaat. De turbo met direct eraan een gecombineerd roetfilter/katalysator is ontwikkeld als een standaardmodule voor alle 3- en 4-cilinder VAG diesels. Speciaal daarom werd de turbo omhoog verplaatst, zodat die module in alle automodellen kon passen.



2050 naar 2200 bar verhoogde inspuitdruk, met dezelfde voordelen van uiterst snelle en nauwkeurige sturing als common rail inspuiting met piëzo techniek. Onveranderd blijven voordelen zoals snelle drukopbouw en lage vermogensopname spreken voor de pompverstuiver, evenals extra nauwkeurige brandstofdosering omdat deze verstuivers een zeer klein schadelijk volume hebben vergeleken met een common rail. Alleen binnen de pompverstuiver bevindt zich immers brandstof onder hoge druk, niet in leidingen naar de verstuivers.

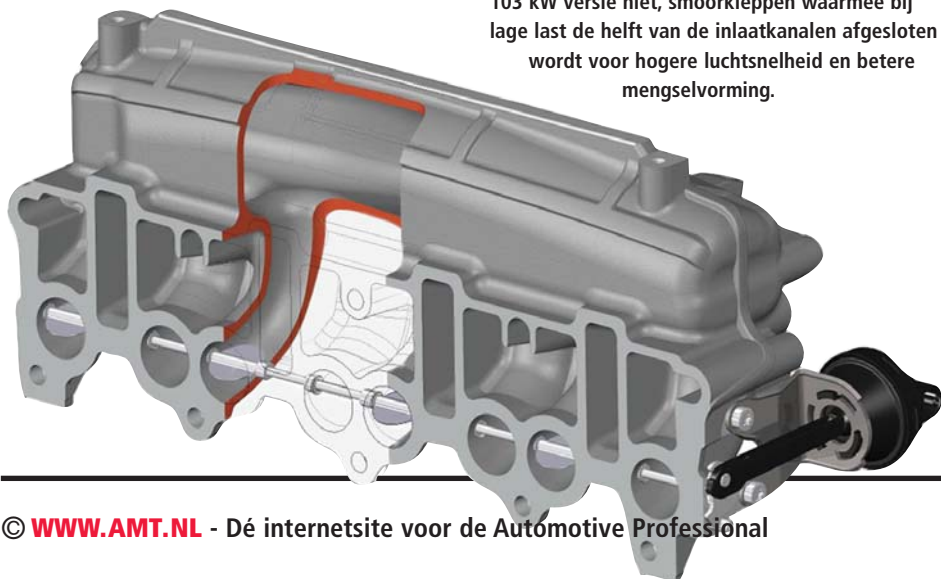
Een voordeel van de permanente druk in een

common rail was dat in principe naar believen met de regelklep in de verstuiver voor-, hoofd- en na-inspuitingen uitgevoerd kunnen worden. Feitelijk kan dat pas werkelijk sinds viermaal sneller schakelende piëzo elementen in plaats kwamen van elektromagnetische klepsturing, zo wordt de besturing snel genoeg om meer dan één voorinspuiting te genereren. En dat kan nu ook met pompverstuivers.

Vernuftige stuursystemen

Voorheen werd in pompverstuivers langs mechanische weg, met een uitwijkplunjer, de voorinspuiting gerealiseerd. Het mechanisch

Nog een onderscheid voor de sterke 2.0 TDI: een inlaatmodule met wervelkleppen. Dat heeft de 103 kW versie niet, smoorkleppen waarmee bij lage last de helft van de inlaatkanalen afgesloten wordt voor hogere luchtsnelheid en betere mengselvorming.



ontwerp van verstuiver en uitwijkplunjer bepaalt een vaste verhouding in tijd en inspuitvolume tussen voor- en hoofdspuiting. In de piëzo gestuurde pompverstuiver wordt direct met de hogedruk schakelklep de voorinspuiting geregeld, waardoor net als bij de common rail vrije keuze ontstaat wanneer en hoeveel voorinspuiting er plaatsvindt. Nog steeds in tegenstelling tot de common rail met verschillende druk bij voor- en hoofdspuiting. De drukgolf die het sluiten van de verstuivernaald na de voorinjectie oproept wordt middels een kogelklepje (drukspaarplep) naar de kamer van de verstuivernaald geleid en vastgehouden. Deze druk werkt op de veerschotel van de veer die de verstuivernaald dicht houdt, zodat de openingdruk van de verstuiver oploopt voor de hoofdspuiting.

Het blijkt dat voor- en hoofdspuiting zo dicht mogelijk bijeen moeten liggen. Dat geeft geleidelijke opbouw van de verbrandingsdruk voor laag geluidsniveau, en vermijdt de roetvorming bij vroege voorinspuiting. Die kan namelijk nog geen volledige verbranding opleveren omdat de temperatuur in de cilinder voor het eind van de compressie nog te laag is, zeker nu een zo laag mogelijke compressieverhouding gezocht wordt om de vorming van stikstofoxiden te bestrijden. Na-inspuiting kan met de piëzo sturing ook vrij gekozen worden, hier geldt evenzeer dat die zo dicht mogelijk bij de hoofdinjectie moet gebeuren. In dit geval omdat anders de diesel niet meer verbrandt, neerslaat in de cilinders en zo verdunning van de motorolie, dus extra slijtage

De PD-solo van Volkswagen

Als een der eersten was Volkswagen (nou ja, dochter Audi met de 100 TDI, in 1989) erbij met moderne directe injectie voor dieselmotoren. De eerste TDI's werkten met roterende injectiepomp, en dat bleef nog zo toen common rail inspuiting verscheen als volgende evolutiefase van de diesel. Totdat in 1998 de TDI met pompverstuivers verscheen als alternatief. Met als centrale argument dat de roterende pomp 1750 bar druk levert en een common rail (destijds) maar 1350, wat VW's motorontwerpers een te grote stap terug vonden. Hogere druk geeft bete-

re, zuinigere en schonere verbranding. Daar bracht de pompverstuiver (PD, Pumpe-Düse) uitkomst met liefst 2050 bar inspuitdruk.

Alleen Bosch, ontwikkelaar van de PD, kon deze inspuitssystemen leveren. En alleen VW gebruikte ze, waarbij voor de veiligheid werd besloten dat Audi zich zou concentreren op common rail inspuiting, zodat VAG niet van één systeem (en leverancier) afhankelijk was, en de ontwikkeling in beide inspuitssystemen kon bijhouden. Ook Siemens VDO stortte zich op injectiesystemen en was Bosch te snel af met de

ontwikkeling van piëzo sturing, eerst voor common rail injectie. Die is essentieel voor de nu noodzakelijke meervoudige dieselinjectie in drie tot vijf fasen. VW zette een samenwerking met Siemens VDO op om ook piëzo sturing voor pompverstuivers te ontwikkelen, er werd samen een VW Mechatronic-fabriek gebouwd die in 2004 zijn eerste pompverstuivers produceerde. Inmiddels besloot de VAG-concernleiding echter dat parallelle ontwikkeling en gebruik van PD en common rail te duur en niet strikt noodzakelijk is. Vanaf 2007 verschijnt een nieuwe generatie

common rail TDI's met drie en vier cilinders, die geleidelijk de PD-aggregaten zal gaan vervangen. De geplande uitbreiding van de Mechatronic-fabriek in het Duitse Stollberg gaat niet door. Het argument is officieel niet bezuiniging, maar zodanige vooruitgang van het common rail systeem dat het bijna net zo hoge inspuitdruk gaat halen als een pompverstuiver, zodat VAG toch kiest voor het meest gangbare (en dus goedkoopste...) systeem. Het eind lijkt in zicht voor de PD in personenauto's.

oplevert.

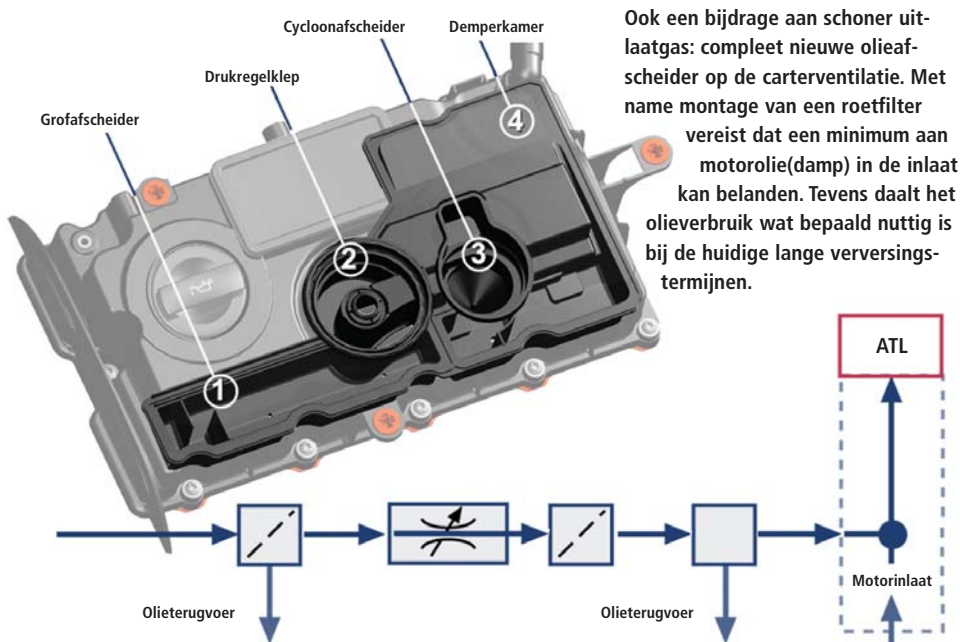
De aansturing van de piëzo elementen kan zelfs zo nauwkeurig gecontroleerd worden dat de inspuiting zelf minder geluid geeft, door geleidelijker drukopbouw in het inspuitventiel. Het wegvallen van de uitwijkplunjer voor de voorinjectie helpt een stukje mee, er wordt een kleinere pompplunjer gebruikt (geen 8 maar 6,35 mm doorsnee), zodat nog eens de ruimte in de verstuiver waar hoge druk ontstaat verkleind wordt. Daarmee daalt met name het geluidsniveau van de stationairloop, een punt waar PD-

motoren zich hoorbaar bleven onderscheiden van common rail diesels, maar dat is met de piëzo pompverstuiver (PPD) verholpen. Naast verhoogde inspuitdruk zorgt een verbeterde turbo voor 22 kW vermogensstijging ten opzichte van de 103 kW 2.0 TDI. Er wordt nu een turbine met variabele geometrie gebruikt, probeert middel om voldoende druklucht bij vol last te hebben maar ook bij lage motorlast. Daartoe werd samen met Garrett een nieuwe variabele turbo ontwikkeld, die bij gelijke grootte door een reeks optimalisaties meer

lucht verplaatst. Turbine- en compressorwiel zijn in vorm verbeterd, en de verstelbare leid-schoepen hebben een gebogen vorm gekregen om nog beter het uitlaatgas naar het turbine-wiel te geleiden. Tot nu toe waren die leid-schoepen recht. Daarnaast is het hele verstel-mechaniek niet meer aan het hete turbinehuis bevestigd maar aan het (oliegekoelde) lagerhuis, en werd de elektrische verstelling verbeterd. Er is nu een elektronische terugmelding in welke stand de verstelling staat, waardoor de verstelling nauwkeuriger geregeld en sneller aangepast kan worden tijdens wisselende motorbe-lasting.

Toch met roetfilter

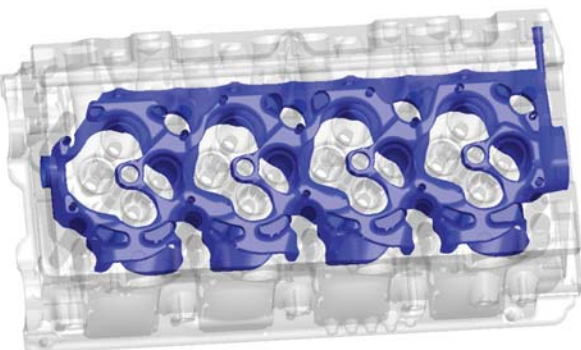
Het ligt voor de hand dat bij de ontwikkeling niet alleen gevraagd werd naar hogere prestaties bij lager specifiek verbruik, maar evenzeer om minimale uitlaatemissies. Daarom verrijkte men de inlaatmodule met wervelkleppen, die mogelijkheid ontstaat immers met vier kleppen per cilinder. Daarbij koos Volkswagen in het oorspronkelijk ontwerp al voor een verdraaide kleppenster (zie de afbeelding elders in dit arti-kel), die zowel aan inlaat- als uitlaatzijde bij elke cilinder een kort en een lang kanaal oplevert. De korte kanalen worden in deze nieuwe motorversie bij lage motorlast door wervelkleppen afgesloten. Verbeterde luchtstroming door de lange kanalen verbetert fors de verbrandingskwaliteit bij lage motorlast, getuige halve-ring van de roet- en CO-CH-emissies. In het algemeen toonden Volkswagens PD-diesels altijd al hoge verbrandingskwaliteit en dus laag emissieniveau. Ze halen zonder filter moei-





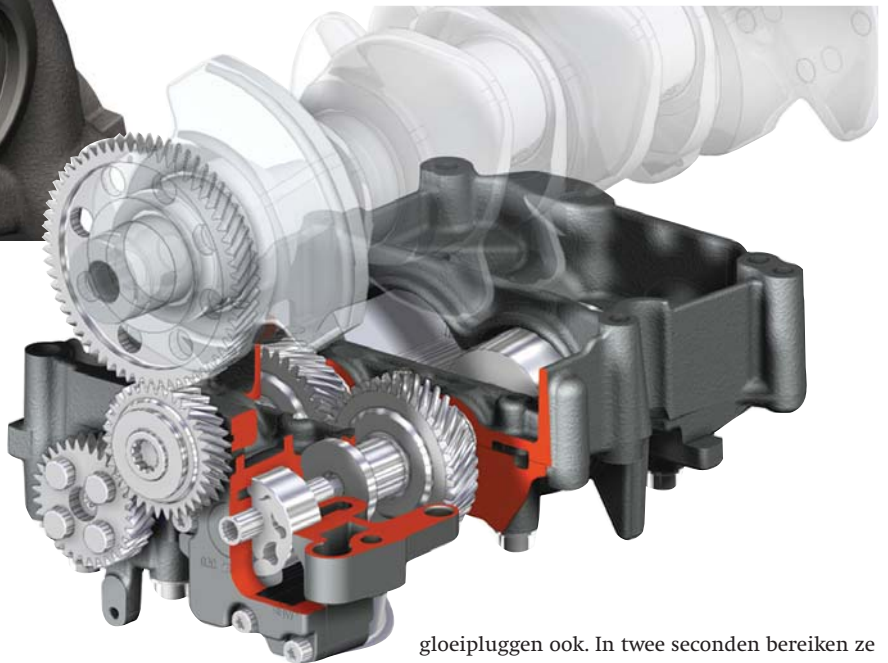
Een nieuwe variabele Garrett turbo (VNT, Variabel Nozzle Turbo) draagt bij aan het extra motorvermogen. Specifiek nieuw zijn gebogen leidschoepen, geoptimaliseerd turbine-wiel en montage van het VNT-deel op het lagerhuis in plaats van op het turbinehuis. Daardoor neemt dit deel minder warmte op en functioneert betrouwbaarder.

teloos EU4-eisen. Toch besloot Volkswagen gezien de publieke stemming rond diesels dat de 125 kW motor standaard een roetfilter moest hebben. En niet alleen deze diesel, men wilde een standaard module hebben van een onderhoudsvrije filter-katalysatorcombinatie voor alle drie- en viercilinder diesels. Daartoe zagen de ontwerpers zich genoodzaakt de turbo omhoog te verplaatsen, zodat onmiddellijk daarachter de combinatie van een roetfilter met katalytische laag geplaatst kan worden. Omdat het filter tevens als oxidatiekatalysator werkt, wat warmte oplevert, en direct uit de turbo het warmst mogelijke uitlaatgas ontvangt brandt het roet vanzelf al weg bij wat hogere motorlast. Zo hoeft niet vaak, alleen bij langdurig rijden op lage motorlast, de roetverbranding op gang gebracht te worden door na-inspuiting van diesel.



De verhoogde motorprestaties vergden een herziene cilinderkop koeling. Het koelkanaaltje rond de verstuiver, middenin de cilinders, is nieuw. Dankzij de modernste giettechnieken konden zulke heel kleine kanaaltjes rond de uitlaatkleppen gemaakt worden. Merk op dat de kleppenster ongebruikelijk gedraaid staat, met een kwart slag. Per cilinder staat één inlaat- en één uitlaatkanaal in de hartlijn van de motor, een bijzonder kenmerk van de 2.0 TDI.

Helemaal in zwang tegenwoordig, een compacte set balansassen onder de krukas volgens het Lanchester systeem. Voorop een van de balansassen zit de oliepomp. Het stijve gietijzeren huis versterkt meteen het motorblok. Er zijn nu geruisarme schuinvertande tandwielen gebruikt voor de aandrijving, de 103 kW diesel heeft nog rechte tandwielen.



Filterhulp

Schoonhouden van het roetfilter vraagt echter om meer maatregelen, er werd ook een nieuwe olieafscheider ontwikkeld voor de carterventilatie. Uit de cilinderkop komt de carterdamp eerst in de gebruikelijke labyrintafscheider, waar grotere oliedruppels op de labyrintwanden blijven hangen. Vervolgens gaat de damp door een regelventiel dat de onderdruk in het carter regelt, daarna scheidt een cycloon waar de damp een snel draaiende beweging krijgt de kleinere oliedruppels af. De carterdamp komt dan in een dempingskamer van de opgedane wervelbeweging tot rust, waarbij nog wat olie neerslaat. Dan pas komt de carterdamp in de motorinlaat, alles bijeen met tweeterde minder meegezogen motorolie dan bij een gewone olieafscheider. Met als doel dat minder motorolie meegaat in verbranding en uitlaatgas, want dat geeft asafzetting in het roetfilter waardoor de levensduur daarvan afneemt.

Nog meer hulp om het roetfilter schoon te houden krijgt de motor van de nieuwste keramische gloei-bougies van NGK, waar de 103 kW motorversie het Beru-snelgloeisysteem heeft. Snel gloeien door de op 7 V berekende bougies met 12 V te voeden kan met de NGK-

gloeipluggen ook. In twee seconden bereiken ze 1000 °C, de keramische stiften komen op constant 1350 °C als de motor loopt en gaan toch zeer lang mee. Daardoor wordt het verantwoord ze ook te activeren voor 'tussengloeien', om bij lage motorlast of afremmen op de motor de verbrandingsgassen heet te houden. Zodat ook dan weinig roet ontstaat, en schoonbranden van het roetfilter niet stopt door te lage temperatuur. Naast een versterkte waterpomp moest de cilinderkopkoeling nog aangepast worden. Hoewel de zestienklepskop toch al een wonder van giettechniek is konden toch nog vanwege de hogere motorbelasting noodzakelijke koelkanaaltjes rond pompverstuivers en uitlaatkleppen toegevoegd worden.

Zo is deze eerste piëzo pompverstuiver diesel helemaal bij de tijd en berekend op de toekomst. Maar die lijkt er niet meer te komen nu Volkswagen deze techniek laat vallen.

Peter Fokker

www.AMT.nl

Dé internetsite voor de Automotive Professional

Zie ook ons Autotechnisch Archief op www.amt.nl, trefwoord Motoren, Volkswagen, 'Volkswagen monteert pompverstuivers op tdi' (1998) en 'Volkswagen 2.0 TDI' (2003); en trefwoord Audi, 'Dieselontwikkelingen bij Audi' (1999).