

Nieuwe 3,0 l V6 turbodiesel van Mercedes-Benz

Zuiniger, schoner en toch krachtiger

De steeds strenger wordende emissie-eisen en de druk om het brandstofverbruik terug te brengen dwingen de autofabrikanten tot het ontwikkelen van nieuwe of herziene motoren. Zo ook Mercedes-Benz, de 3,0 l V6 turbodiesel is sinds 2005 in productie. In 2010 was het dus hoog tijd voor een 'update'. De prestaties namen bij deze diesel fors toe bij toch sterk afnemend verbruik en schonere emissies. AMT zocht uit hoe Mercedes die klus klaarde.

Sinds een jaar is de nieuwe motor in de E- en R-Klasse leverbaar. De BlueTec-versie voor de S-Klasse is er inmiddels ook, andere modellen worden ook voorzien van deze schone uitlaatgastechiek. Wat opvalt, is dat de prestaties fors zijn toegenomen ondanks de schonere uitlaatgassen en het aanzienlijk afgenomen verbruik. Even wat getallen om deze uitspraken toe te lichten. De nieuwe V6 heeft een 18% hoger vermogen, een 22% hoger koppel en verbruikt over de Europese rijcyclus 21% minder brandstof. Nog niet indrukwekkend genoeg? Wat te denken van 195 kW (265 pk) bij slechts 3800 t/min en een hoogste koppel van

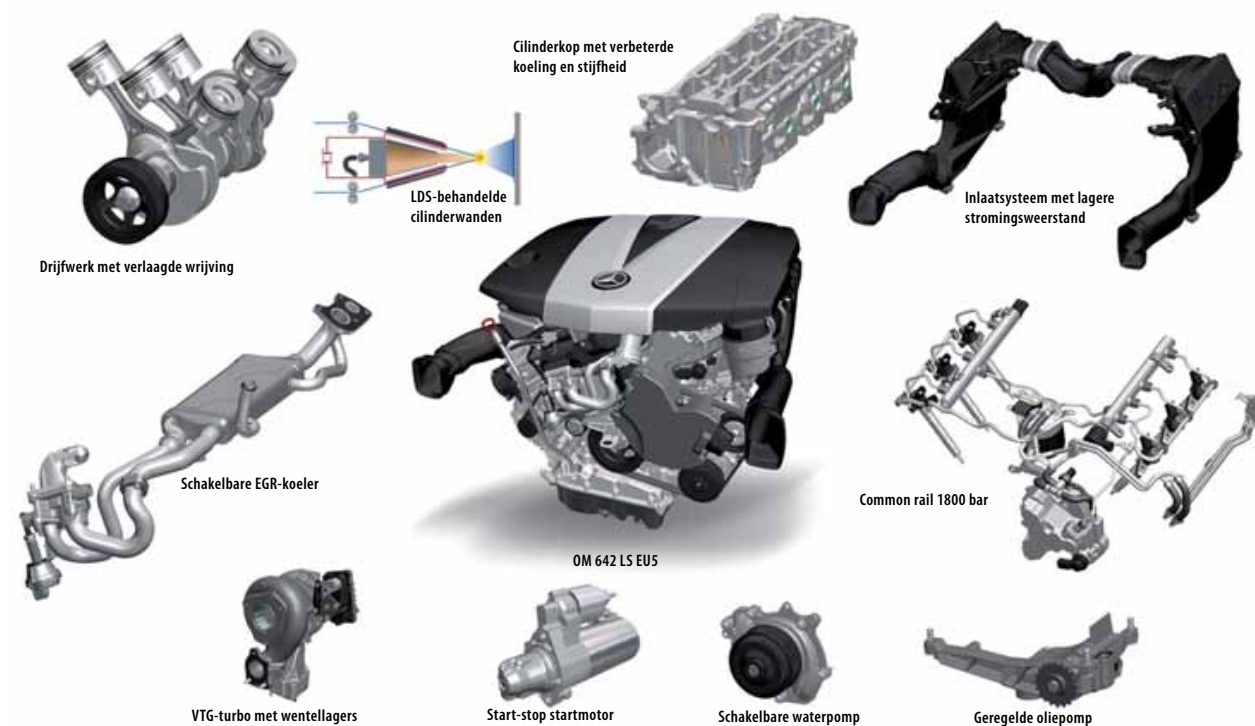
620 Nm vanaf 1600 t/min. Dat koppel betekent dat de hoogste gemiddelde effectieve druk 26,6 bar bedraagt, een bijzonder hoge waarde. Het zal duidelijk zijn dat er aan de motor één en ander is gebeurd om zulke prestaties mogelijk te maken.

Sterker drijfwerk

De nieuwe motor werkt met hogere drukken en temperaturen zodra er prestaties worden gevraagd. De onderdelen die daar het eerst mee te maken krijgen zijn die welke de wanden van de verbrandingskamer vormen. Over de cilinders

en de cilinderkoppen gaat het straks, eerst de zuigers.

Met behulp van een speciale warmtebehandeling wordt de rand van de kom in de zuiger behandeld om scheuren in het materiaal te voorkomen. Scheurvorming treedt op omdat het materiaal zover uitzet dat het plastisch vervormt. Als het daarna afkoelt, krimpt het en daarbij ontstaan zogenaamde haarscheuren. Op den duur 'groeien' die uit tot echte scheuren. Vandaar dat ooit het begrip 'krimpscheur' is ingevoerd. Bij de Mercedes-Benz-zuigers wordt door middel van een lichtstraal het materiaal van de zuigerkom ge-



Overzicht van de belangrijkste technieken die bij de nieuwe V6 zijn gebruikt om de prestaties te verhogen en het verbruik en de emissies te verlagen.

smolten. Daarna volgt een zeer snelle afkoeling met als gevolg dat er heel kleine aluminium-siliciumkristallen ontstaan. De veel fijnere materiaalstructuur verkleint de kans op krimp scheuring. Door deze warmtebehandeling is het mogelijk de vorm van de kom zo te kiezen dat de verbranding optimaal verloopt, met zo min mogelijk 'ruwe' emissies.

De druk op de zuiger wordt via bronzen busen in de zuigerpenogen overgebracht op de zuigerpen. Deze voorziening zorgt voor lagere materiaalspanningen in de zuigerpenogen. De zuigerpen zelf is voorzien van een zeer harde Diamond Like Carbon (DLC) looplaag die voor minder wrijving en slijtage zorgt. Voeg aan dit 'recept' nog een extra hoeveelheid koelolie toe. De nieuwe zuigers kunnen er dankzij alle maatregelen enkele honderdduizenden kilometers tegenaan. De grotere olieopbrengst wordt via een tweetraps oliepomp verkregen en is er dus alleen als het nodig is.

Bijzondere looplaag

Mercedes-Benz is zo overtuigd van de sterkte en de stijfheid van het aluminium motorblok dat ze de ingegoten gietijzeren busen durft weg te laten. In plaats daarvan wordt er voor het eerst bij een diesel een techniek toegepast die sinds 2005 bij de 6,3 l V8 ottomotor van AMG in gebruik is. Het weglaten bespaart 4,2 kg en de nieuwe techniek levert 1,5% besparing van het verbruik op door een verminderde wrijving. De techniek bestaat uit twee bewerkingen. Eerst

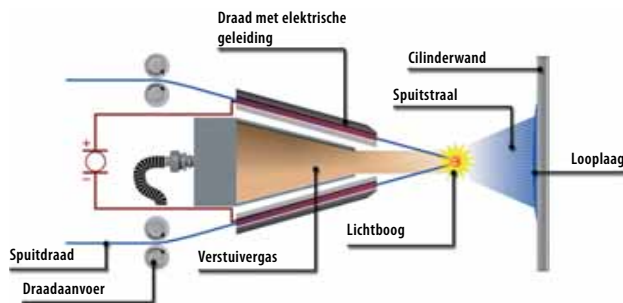
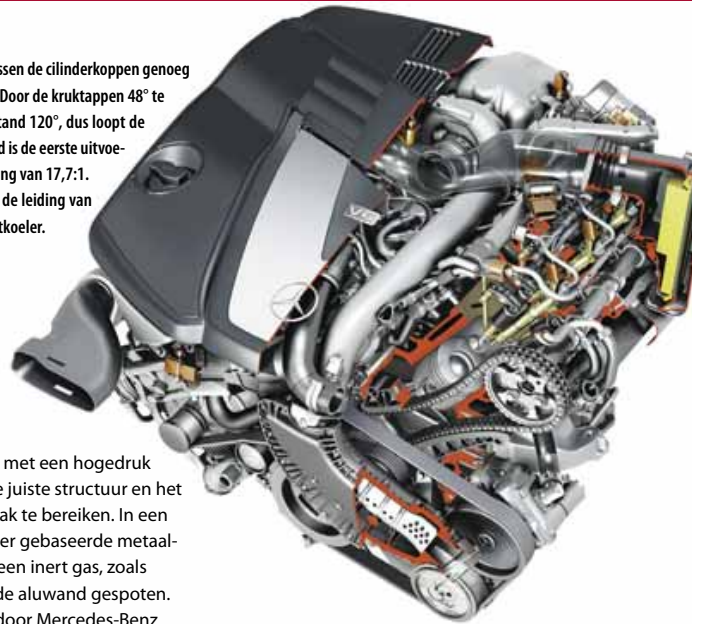
Dankzij de V-hoek van 72° is er tussen de cilinderkoppen genoeg ruimte voor de turbocompressor. Door de krukappen 48° te 'verzetten' is de verbrandingsafstand 120°, dus loopt de motor gelijkmatig rond. Afgebeeld is de eerste uitvoering met een compressieverhouding van 17,7:1. Let op de breedbandresonator in de leiding van de compressor naar de inlaatluchtcoeler.

wordt de alu cilinderwand met een hogedruk waterstraal bewerkt om de juiste structuur en het 'activeren' van het oppervlak te bereiken. In een lichtboog wordt een op ijzer gebaseerde metaaldraad gesmolten en door een inert gas, zoals argon, op de geprepareerde aluwand gespoten. Na afkoelen wordt er een door Mercedes-Benz ontwikkeld fijnhoonproces op los gelaten. Daardoor neemt de structuurhoogte met 50% af. Daardoor blijft er minder olie in de 'poriën' achter en kan de veervoorspanning omlaag. De resultaten zijn: een lager oliegebruik (tot 40%), een lager brandstofverbruik en minder slijtage. Omdat er bij hoge vermogens meer olie wordt rondgepompt, is er een speciale olieafscherming aangebracht die de ventilatieverliezen door de krukwingen verlaagt en schuimvorming van de

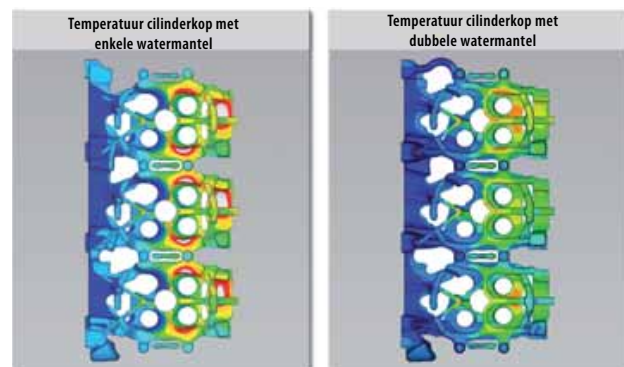
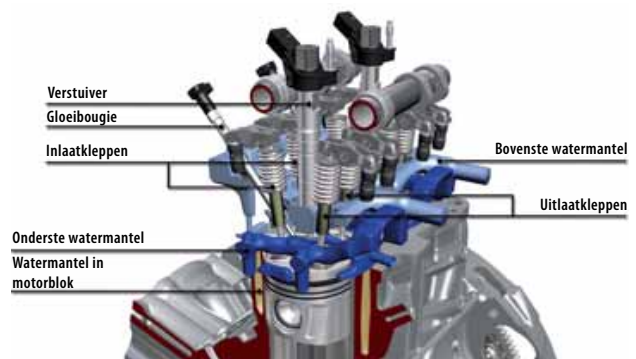
olie beperkt. Bedenk dat schuim samendrukbaar is en dat is op alle hoogbelaste plaatsen in de motor onaanvaardbaar.

Oud en nieuw

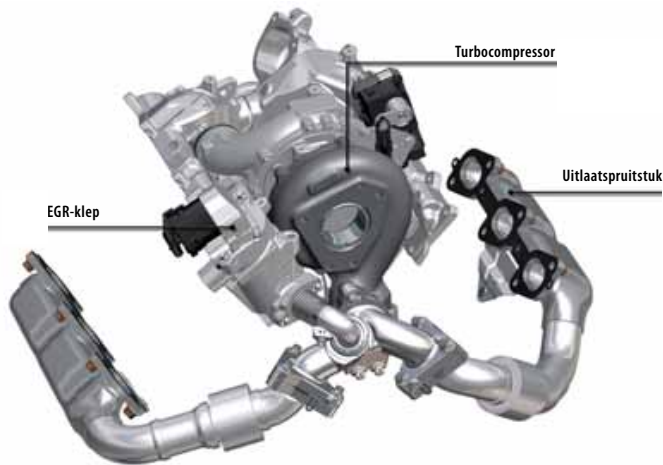
De klepbediening en het kanaalverloop in de cilinderkoppen is gelijk gebleven aan die van de vorige motor. Maar door de hogere warmteontwikkeling in de verbrandingskamers neemt de kans op krimp scheuren tussen de in- en uitlaatklep zit-



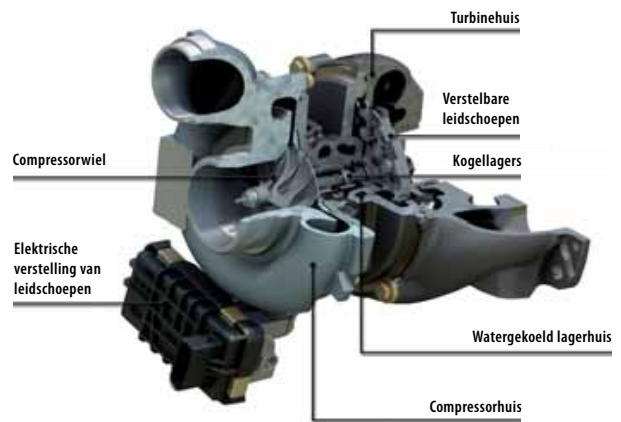
Lichtbogendrahtspritzen, LDS-methode om een op ijzer gebaseerde looplaag op een aluminium cilinderwand te spuiten.



Cilinderkop met enkele of dubbele watermantel. Vergelijk van de temperatuurverdeling.



De uitlaatspruitstukken en de turbocompressor van de 3,0 l V6 diesel.



Honeywell turbocompressor.

tingen toe. Een horizontaal gedeelde watermantel brengt de materiaaltemperaturen met 20° terug tot aanvaardbare waarden. De onderste watermantel koelt door een hoge watersnelheid heel effectief de wanden van de verbrandingskamer. Dit effect wordt bereikt door aangepaste doorstroomopeningen in de koppakking. De tweede of bovenste watermantel heeft een lagere watersnelheid, dat scheelt in waterpompcapaciteit. Bovendien helpt de bovenste watermantel mee om de stijfheid van de cilinderkop te vergroten. Daardoor sluiten de uitlaatkleppen beter af en slijten ze minder. Zowel de kleppen als hun zittingen zijn van hittebestendiger materiaal omdat de uitlaatgastemperatuur is toegenomen.

Warmtemanagement

Eén van de vele eisen op emissiegebied betreft het omlaag brengen van de 'ruwe' uitwerp (vóór de uitlaatgasbehandeling) tijdens het opwarmen. Een andere eis betreft het verlagen van het brandstofverbruik onder deze condities. Mercedes-Benz heeft gekozen voor een waterpomp waarvan de waaier door een pneumatisch bediende 'beker' of 'pot' wordt afgeschermd. Er is dan vrijwel geen aandrijfvermogen nodig, dus wordt er brandstof bespaard. Met stilstaand water warmt met name het motorblok sneller op, de ci-

linderwanden met bijbehorende oliefilm komen vlugger op temperatuur. Ook de zuiger is sneller heet. Al met al neemt de ruwe uitwerp van onverbrande brandstof (HC) en koolmonoxyde (CO) af.

Luchtaanzuiging

Aan beide kanten van de motor zit een luchtfilter, daarna een hittefilm luchtmassameter (HFM), gevolgd door een 'broekstuk' naar de compressorinlaat. Dankzij grotere doorsnedes en beter gevormde kanaalverlopen is de aanzuigweerstand met 33% verminderd. Dat zorgt voor een hoger koppel en vermogen. De luchtmassameters worden anders aangestroomd. Daardoor werken ze nauwkeuriger en zijn ze minder gevoelig voor de vervuiling van de luchtfilters.

Uitlaatgasrecirculatie

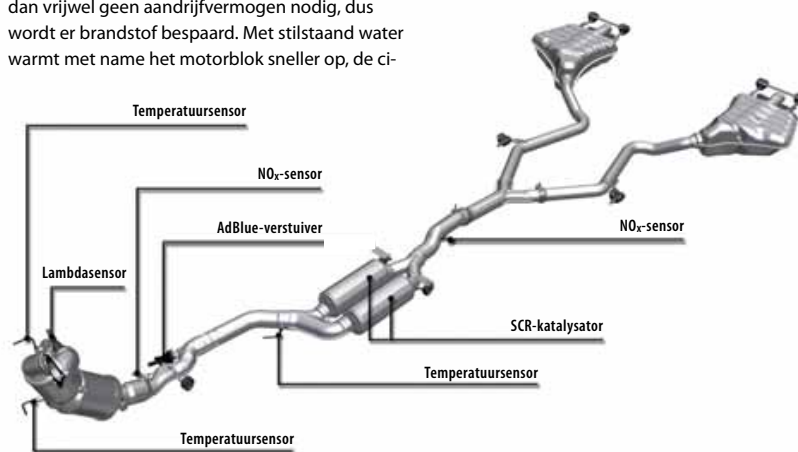
Er is een elektrisch bediende uitlaatgasrecirculatieklep, de EGR-koeler zit in de V en er is een regelklep vóór de plaats waar het uitlaatgas in het inlaatspruitstuk komt. De EGR-koeler heeft een 60% hogere capaciteit om de uitwerp van de stikstofoxiden (NO_x) te beperken. Door middel van een kenvelgestuurde en geïntegreerde bypass wordt

de koelcapaciteit tijdens het opwarmen niet benut zodat de uitlaatgastemperatuur niet te laag is. Daardoor neemt de HC- en CO-uitwerp en de kans op condenswatervorming af.

Uitlaatgasdrukverlaging

Niet alleen het koppel en het vermogen zijn belangrijk voor de acceleratie van een auto. Ook de gaspedaalrespons telt zwaar mee. Bovendien heeft deze respons een sterke invloed op de emissies en het verbruik. De Mercedes-Benz-technici hebben allerlei concepten opnieuw bekeken, dat wil zeggen: de plaats van en het aantal turbocompressoren zijn onder de loep genomen. Toch bleef het monoturboconcept, dus één turbo in de V, gehandhaafd. De turbine is nu goed voor een maximum temperatuur van 860°C. Het turbinewiel heeft een grotere diameter, dat geldt ook voor het compressorwiel. Nadeel hiervan is dat het traagheidsmoment, ofwel vliegwieleffect, is toegenomen. Als eerste past Mercedes-Benz kogellagers toe in plaats van glijlagers. De lagere wrijving ten opzichte van glijlagers zorgt voor een aantal positieve effecten. De turbine-as met wielen is sneller op toeren en bereikt hogere toerentallen. Vooral bij deellast zijn de resultaten opvallend goed. Bovendien is er veel minder koel- en smeerolie nodig, dus is er geen apart koelsysteem voor het lagerhuis meer nodig. Het gewone koelsysteem neemt nu de taak over. Overigens wordt het hoogste turbinetoerental nog steeds door de omtreksnelheid van het compressorwiel bepaald, deze bereikt de geluidssnelheid die bij de optredende temperatuur hoort. Al met al is de acceleratietijd van de auto merkbaar verkort dankzij deze overgang op wentellagers. Omdat de turbine-as zo makkelijk draait, wordt de gewenste EGR-verhouding bij een hogere lambda-waarde, dus bij meer lucht, bereikt. Dat heeft een lagere HC-, CO- en deeltjesemissie plus een lager verbruik, dus ook lagere CO₂-uitstoot, tot gevolg.

De resonatoren in het inlaatsysteem moeten ongewenste geluiden door gastrillingen voorkomen,



Compleet uitlaatsysteem van de S350 Bluetec-motor met einddempers.

ze zijn aangepast aan de nieuwe motor. Zo is het werkzame volume van de meerkamer breedbandgeluiddemper met 20% vergroot zonder de buitenafmetingen te vergroten. De nieuwe demper heeft een tweedelig huis en is gemaakt van temperatuur- en drukbestendige kunststof dat met glasvezel versterkt is.

Aangepaste inspuiting

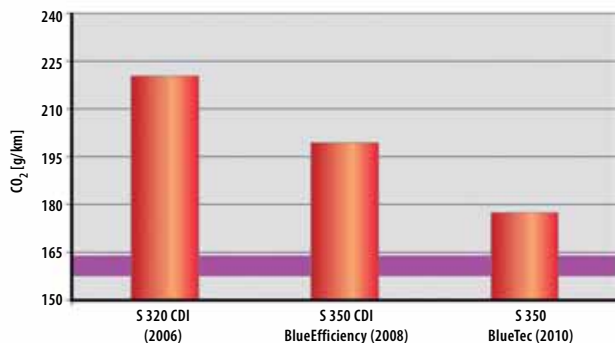
De achtgats piëzovertuivers werken nu met een raildruk tot 1800 bar. Ze zijn zeer betrouwbaar, halen hoge schakelsnelheden en kunnen zeer kleine hoeveelheden met grote nauwkeurigheid opeenvolgend inspuiten. De driepunjer-hogedruk-pomp is, evenals de aandrijving ervan, gelijk gebleven ondanks de hogere inspuitdruk. Door een elektronisch geregelde elektrische brandstofpomp in de tank wordt op een mechanische continu aangedreven pomp bespaard. Dat scheelt in het brandstofverbruik. Met de bestaande sensoren in het brandstofsysteem bleek het mogelijk de elektrische filterverwarming elektronisch te regelen.

Nieuw verbrandingsverloop

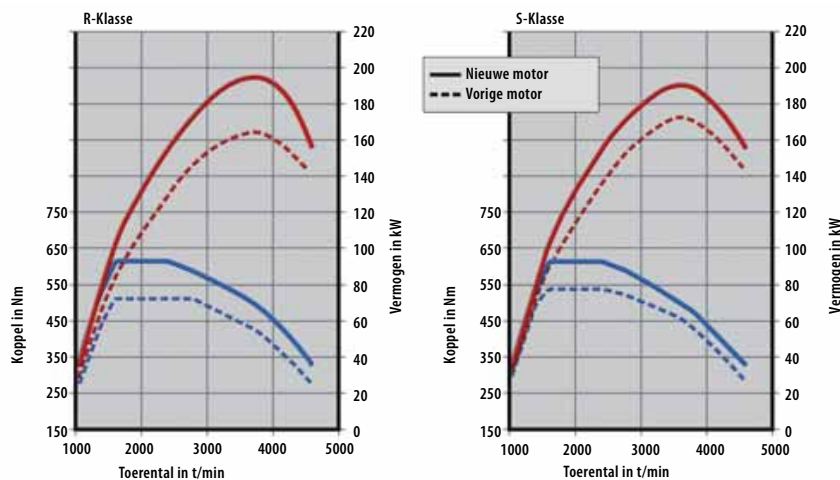
De compressieverhouding is van 17,7 naar 15,5 omlaag gegaan. Daardoor wordt de NO_x-vorming sterk beperkt omdat de verbrandingstemperatuur minder lang boven het niveau komt waarbij NO_x ontstaat. Maar ook de andere emissies, vooral die van de roetdeeltjes, moeten worden beperkt. Het rendement van de verbranding mag niet te sterk dalen omdat anders het brandstofverbruik toeneemt. Het starten moet ook bij strenge vorst probleemloos mogelijk zijn en het verbrandingsgeluid ('nagelen') bij opwarmen mag eigenlijk niet hoorbaar zijn.

De kom in de zuiger heeft door de lagere compressieverhouding een groter volume. De diameter is kleiner geworden. De rondingen van de rand zijn groter, dat heeft een lagere deeltjesemissie als positief gevolg.

Het verstuiverstraalbeeld is aangepast aan de nieuwe vorm van de kom en aan de hogere inspuitdruk. De verstuivers hebben een zo klein mogelijk schadelijk volume onder de naald en zo kort mogelijke gaatjes die een lage stromingsweerstand hebben.



Over de Europese rijcyclus gemeten is de CO₂-uitwerp van de S-Klasse in de loop der jaren aanzienlijk gedaald ondanks de steeds hogere prestaties en de aanzienlijk schonere uitlaatgassen.



Vermogens- en koppelkrommen van de vorige en de nieuwe motoren voor de R-Klasse en de S-Klasse.

Door de lage compressieverhouding zijn de keramische gloeibougies echt nodig. Die komen bij alle noodzakelijke condities in actie, dus niet alleen bij koud weer maar ook op grote hoogte. Dankzij deze gloeibougies is er een (zeer) korte voorgloeitijd nodig en draait de motor na het aanslaan stabiel en rustig. Ook de wervelsnelheid speelt hierbij een grote rol. Die wordt bereikt door het wervelkanaal of te sluiten en alleen het tangentiaalkanaal te gebruiken.

Optimale uitlaatgasbehandeling

Alle nieuwe motoren voldoen aan de Euro 5-emissie-eisen. De BlueTec-uitvoering is zelfs al klaar voor de Euro 6-eisen die pas vanaf 2014 van kracht worden. De roetfilterregeneratie is verder ontwikkeld. Er is een nieuw berekeningsprogramma ontwikkeld om het rendement van het regenereren te verhogen. Daardoor is het mogelijk geworden met kleinere roetfilters toch hetzelfde regeneratie-interval van 1000 km aan te houden.

Een tweetraps uitlaatgastemperatuurregeling houdt de temperatuur nauwkeuriger aan met als resultaat een snellere en zekerder verbranding van het roet. Daardoor blijft de thermische

belasting van het roetfilter en de SCR-katalysator binnen de perken. Bij de Selective Catalytic Reduction (SCR) wordt er AdBlue gebruikt dat in de uitlaatgasstroom wordt ingespoten. De uit AdBlue vrijkomende ammoniak (NH₃) zorgt ervoor dat de stikstofoxiden (NO_x) voor 80% worden omgezet in stikstof (N₂) en waterdamp (H₂O).

Het complete systeem ziet er als volgt uit: bij de motor zitten direct na de turbine een oxikat en een roetfilter, de twee SCR-katalysatoren liggen onder de bodem.

Naast temperatuur- en druksensoren zijn er zuurstof- en stikstofoxidensensoren nodig voor de regeling van het geheel en voor de werking van het OBD-systeem. De BlueTec-uitvoering veroorzaakt een hogere uitlaatgastegendruk en dat kost 5 kW topvermogen. Daar staat een motor met een hoog prestatieniveau en rendement tegenover met 'schone' uitlaatgassen.

Conclusie

Veel ontwikkelingswerk dus, maar dan heb je een motor die er wezen mag. Door het optimaliseren van de 7-traps automaat komen de prestaties volledig tot hun recht. De S-Klasse accelereert nu in 7,1 s tot 100/km/uur, dat is 10% vlugger dan voorheen. Belangrijker is dat de milieubelasting aanzienlijk is gedaald.

Oud en nieuw
Lees het artikel uit AMT februari 2005, om een vergelijking met de vorige motor te maken. U vindt het artikel op ons maandossier www.amt.nl/oktober2011.