

Auto & Motor
TECHNIEK

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

Winst voor berijder én milieu

Koreaanse dieselevolutie

Met alle aandacht voor elektrisch rijden en alternatieve brandstoffen, zou je haast vergeten dat ook de 'traditionele' verbrandingsmotor nog volop ontwikkelingspotentieel heeft. Een treffend bewijs hiervoor leveren Hyundai en Kia, die met vereende krachten een nieuwe dieselmotor ontwikkelden. De resultaten mogen er zijn!

De nieuwe Hyundai-Kia-diesel komt eerst als 2.2 liter op de markt. Met 66 kW/l en 200 Nm/l zijn zowel het specifiek vermogen als het specifiek koppel zeer hoog voor een dieselmotor met slechts één turbocompressor. In oude en voor velen vertrouwde termen levert de R-2.2 motor ruim 197 pk en bedraagt de maximale effectieve druk 25,0 bar. Daarmee worden de sportieve prestaties van de Santa Fe en Sorento op een hoger niveau gebracht. Het bijzondere daarbij is dat het akoestisch comfort ook verbeterd is, terwijl het brandstofverbruik lager uitvalt. Wat de emissies betreft, wordt er aan de Euro 5-eisen voldaan. Het is de bedoeling dat

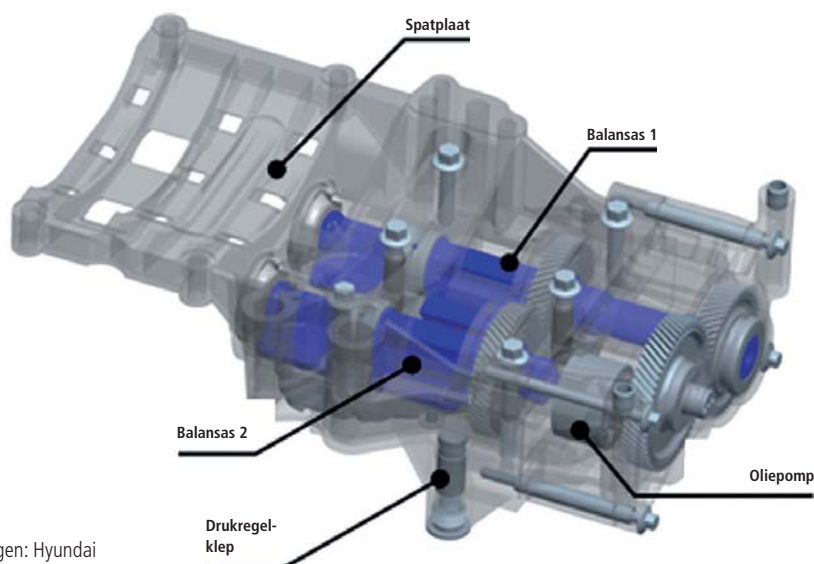
een 2.0 liter uitvoering van deze motor in de nieuwe Hyundai ix35 zijn debuut maakt.

Zonder DeNO_x-systeem

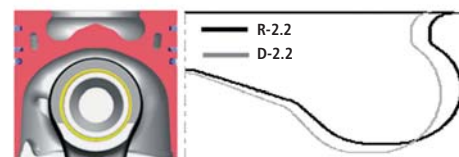
Volgens Hyundai-Kia hebben de brandstofcel-, waterstof- en puur-elektrische-aandrijving nog (veel) tijd nodig, ook vanwege de op te bouwen infrastructuur. De dieselmotor is zuinig en heeft dus een lage CO₂-uitwerp, gemeten over de Europese rijcyclus. De dieseltechniek is ver ontwikkeld, en moderne inspuitsystemen zijn voor een aanvaardbare prijs verkrijgbaar. De nieuwe R-motor zal niet alleen de oudere D-2.0 en D-2.2 liter motoren vervangen, maar

De Hyundai-Kia-technici zijn er in geslaagd een turbodieselmotor te ontwikkelen die hoge prestaties levert en aan de Euro 5-emissie-eisen voldoet. Het is een 2.2 liter viercilinder met een vermogen van 145 kW en een koppel van 436 Nm die in de Hyundai Santa Fe en Kia Sorento wordt toegepast.

ook de A-2.5 liter en J-2.9 liter aflossen. Op basis van de nieuwe motor kan er door het veranderen van de boring x slag-maten een nieuwe vermogens- en koppelreeks worden

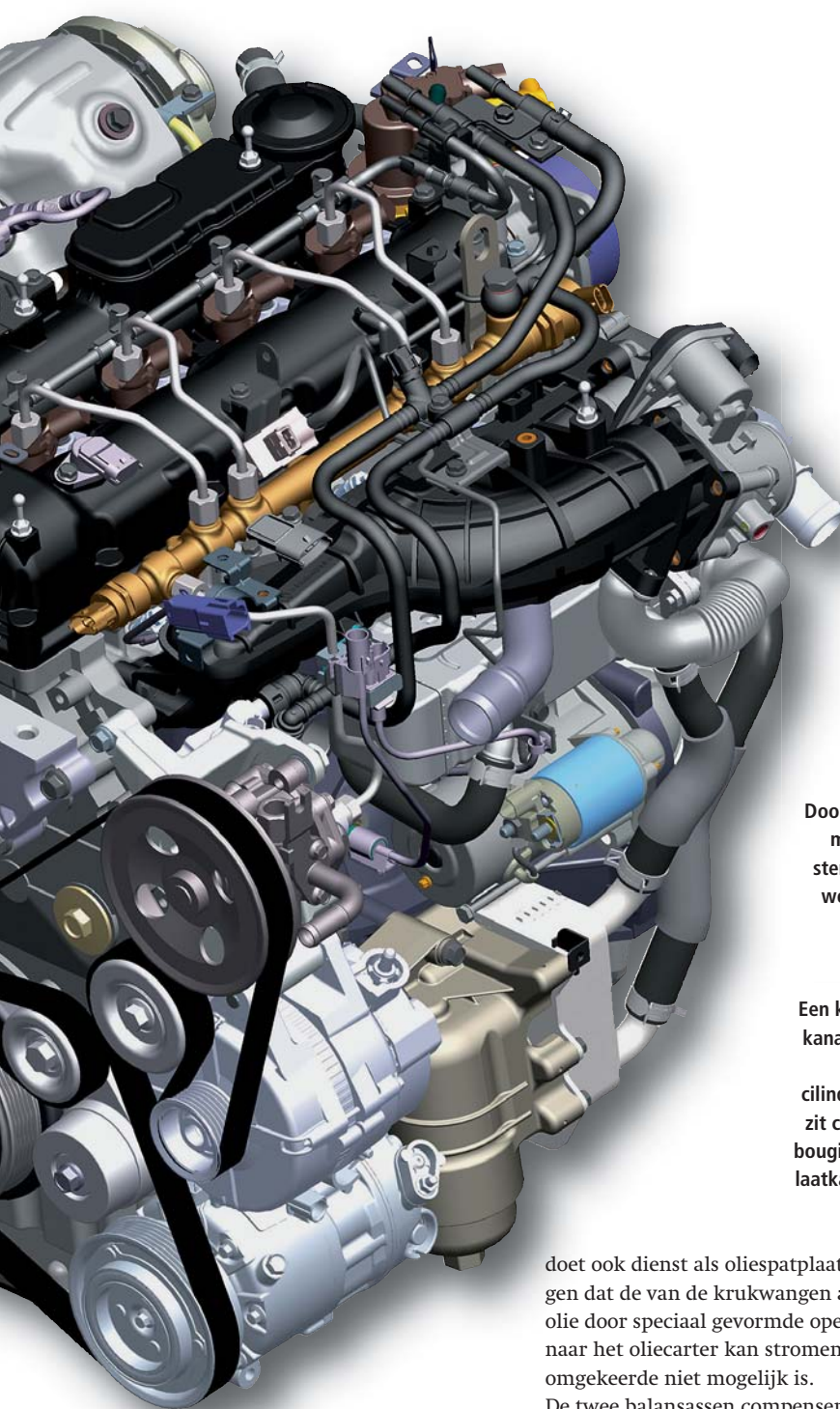


Een aluminium gietstuk sluit het motorblok aan de onderkant af. De balansassen worden door de krukas aangedreven. De oliepompe heeft een eigen aandrijving om het toerental laag te houden.



Doorsnede van de zuiger van de vorige D-2.2 en de nieuwe R-2.2 motor met de contouren van de zuigerkom vergroot weergegeven. De diameter is groter en de kom minder diep dan voorheen om te voorkomen dat de brandstofstralen de wand raken.

Tekeningen: Hyundai



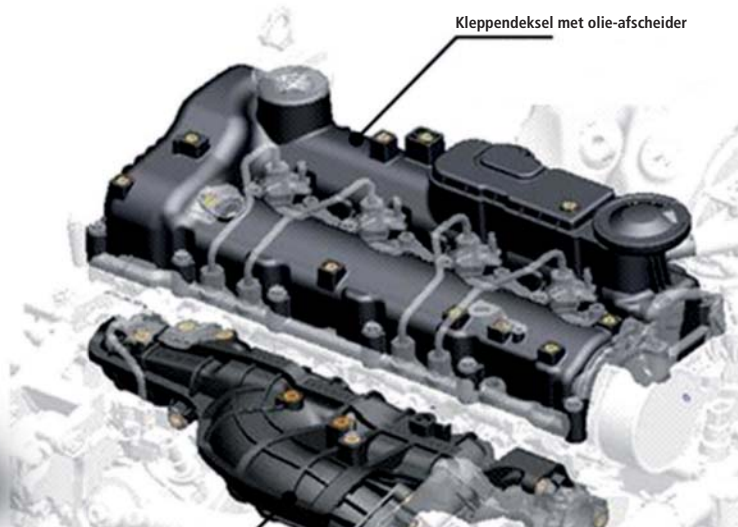
opgebouwd om auto's van klein tot groot van een moderne aandrijfbron te voorzien. De technici kregen nog meer huiswerk mee: de Euro 5-emissie-eisen moesten worden gehaald zonder DeNO_x-systeem, het roetfilter moest onderhoudsvrij zijn en de onderhoudstermijn zo lang mogelijk. Al met al bepaald geen eenvoudige opgave!

Twee balansassen

Een dunwandig gietijzeren motorblok met een gesloten dek (Closed Deck) en laag doorlopende zijkanten (Deep Skirt, ofwel lange schorten) vormt de basis van de dieselmotor. De torsie- en buigstijfheid van het blok worden nog vergroot door een aluminium ondercarter. Daarin zijn twee secundaire balansassen en de oliepompaandrijving geplaatst. Het ondercarter

doet ook dienst als oliespatplaat, dat wil zeggen dat de van de krukwangen afgeslingerde olie door speciaal gevormde openingen wel naar het oliecarter kan stromen, maar dat het omgekeerde niet mogelijk is.

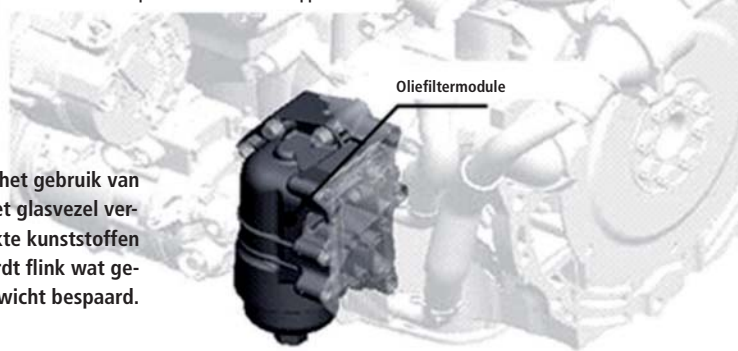
De twee balansassen compenseren de vrije massakrachten voor 80%. De motorsteunen zorgen ervoor dat ongewenste trillingen, die bromgeluiden veroorzaken, worden gedempt. Het drijfwerk, waaronder de zuigers, drijfstan-gen en krukas, is helemaal ontworpen voor de hoge topdruk van 185 bar en een zo laag mogelijke wrijving. Dat laatste is bereikt door uitgekende afmetingen en spelingen van de lagers en een zo laag mogelijke voorspanning van de zuigerveren. Daarbij moet er een goed compromis worden gevonden tussen de doorblaaas (blow by) en het olieverbruik. Dat is bij een dieselmotor lastiger dan bij een vrij-aanzuigende ottomotor omdat de verbrandingstemperatuur en de topdruk aanzienlijk hoger zijn. Het is van het grootste belang de motor zo snel mogelijk te laten inlopen en daarbij niet al te voorzichtig te werk te gaan.



Inlaatspruitstuk met wervelkleppen

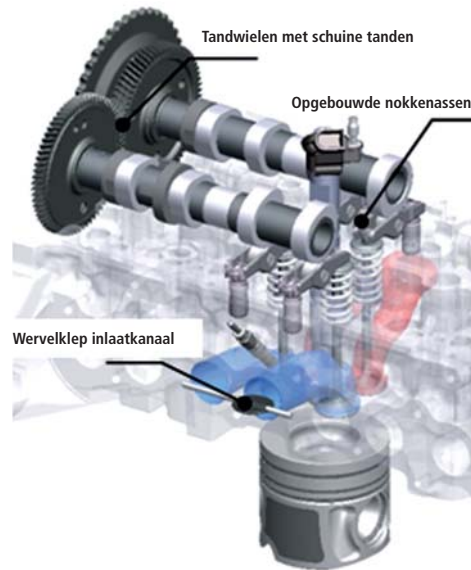
Kleppendecksel met olie-afscheider

Door het gebruik van met glasvezel versterkte kunststoffen wordt flink wat gewicht bespaard.



Oliefiltermodule

Een klep in het inlaatkanaal regelt de wervelsnelheid in de cilinder. De verstuurder zit centraal, de gloei-bougie is tussen de inlaatkanaalen geplaatst.



Tandwielen met schuine tanden

Opgebouwde nokkenassen

Wervelklep inlaatkanaal

Wrijvingsarme distributie

De aluminium cilinderkop is voorzien van twee opgebouwde nokkenassen die gekoppeld zijn door middel van tandwielen met een geruisarme schuine vertanding. De kleppen worden bediend door geoptimaliseerde rollenslepers met hydraulische stelplunjers, een inmiddels welbekende techniek.

De distributie gaat in twee trappen. Eerst wordt de hogedruk-inspuitpomp aangedreven. Van daaruit zorgt een tweede ketting voor de aandrijving van de uitlaatkrukken. Deze ketting ligt voor de eerste, zodat de lengte van het mo-

MOTOREN

Nieuwe 2.2 liter Hyundai-Kia dieselmotor

torblok beperkt blijft. Het zijn allebei 3/8" hulzenkettingen, dus met een steek van ongeveer 9,5 mm. Mede dankzij uitgekiende smering is de wrijving 20% lager dan die van de distributie van de vorige motor, die slechts één bovenliggende nokkenas heeft.

Akoestisch gezien vormt het oplopen van een ketting op een kettingwiel een probleem, er ontstaan ongewenste geluiden. Door het distributiedeksel een speciale vorm te geven, bleek het mogelijk de bijgeluiden voldoende te dempen.

Slimme modules

Een moderne motor moet veel hulpapparatuur aandrijven. De Hyundai-technici hebben niet alleen de plaats van de apparatuur geoptimaliseerd, maar ook het functioneren ervan. Een lange poly-V-snaar met geleide- en spanrollen zorgt voor de aandrijving die vanaf het vrije eind van de krukas plaatsvindt. Daar zorgt een torsietrillingsdemper voor een zo gelijkmatig mogelijke aandrijving, dus zonder al te grote hoekversnellingen bij elke verbranding. Er is ook ruime aandacht besteed aan de kosten, het gewicht en de levensduur van alle hulpapparatuur.

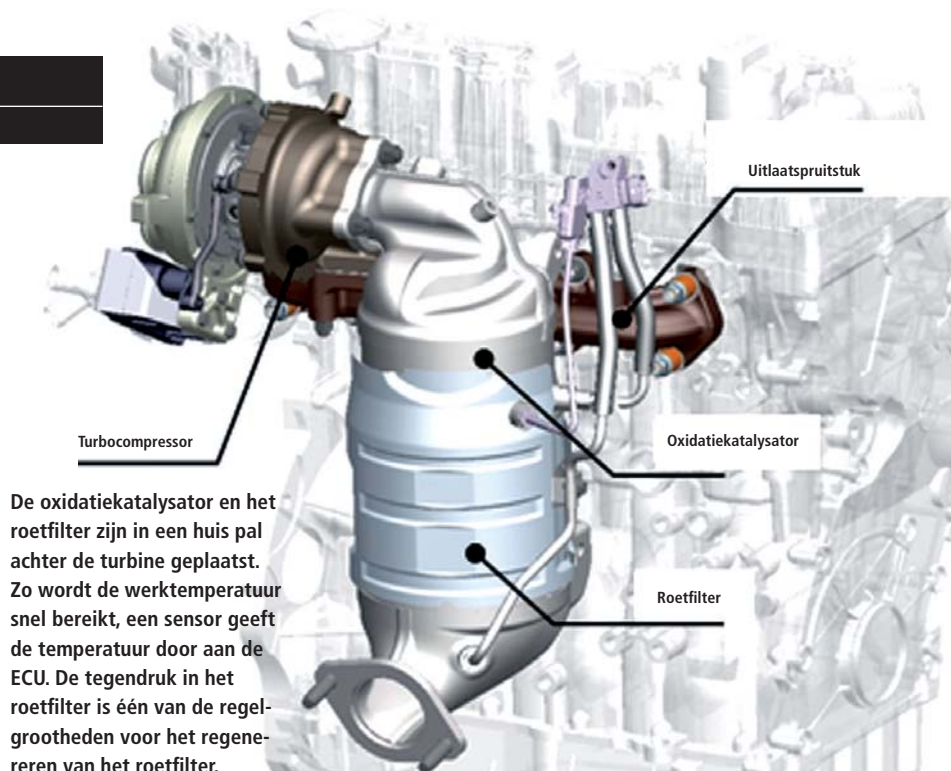
Vooraf in verband met recycling zijn enkele onderdelen van glasvezelversterkt kunststof gemaakt. Het betreft het kleppendeksel, het inlaatspruitstuk en de oliefiltermodule. Het samenvoegen van onderdelen tot een module is niet beperkt tot het oliefilter, ook het gasklep-huis is opgenomen in het inlaatspruitstuk en de olie-afscheider in het kleppendeksel.

Uitgekiende verbranding

Het verbrandingssysteem is behoorlijk gewijzigd ten opzichte van de vorige motor. Zo is de zuigerkom ondieper en voorzien van een grotere diameter om de compressieverhouding van 17,3 naar 16,0 te verlagen. Extra pluspunt van de grote diameter is dat de vrije lengte van de brandstofstralen groter is, dus raakt de brandstof de wand niet of nauwelijks.

Er is een veel hoger luchtverbruik om het sterk toegenomen vermogen mogelijk te maken. Bovendien vindt er meer uitlaatgasrecirculatie plaats. Al met al wordt op deze manier zowel de roetvorming als de NO_x-productie beperkt gehouden. Op de loer liggen de problemen met een te hoge koolmonoxide (CO) en koolwaterstof (HC) uitworp tijdens het opwarmen van de motor en gedurende het regenereren van het roetfilter.

De nieuwe motor heeft een geheel andere kanaalopstelling en -verloop dan zijn voorganger. Daardoor is een veel hoger volumetrisch rendement mogelijk, wat resulteert in een fors toegenomen vermogen. Het tangentiaal geplaatste inlaatkanaal en het spiraalvormig verloopende



De oxidatiekatalysator en het roetfilter zijn in een huis pal achter de turbine geplaatst. Zo wordt de werkt temperatuur snel bereikt, een sensor geeft de temperatuur door aan de ECU. De tegendruk in het roetfilter is één van de regelinggrootheden voor het regenereren van het roetfilter.

wervelkanaal liggen nu parallel in de kop. Een wervelklep in het wervelkanaal regelt de intensiteit van de wervel die door het 'slakkenhuis' boven de klepzitting wordt gevormd. Vooral bij kleine kleplijthoogten treedt er nu een veel sterkere luchtwerveling in de cilinder op, die de mengselvorming en de temperatuurverdeling in de cilinder sterk verbetert.

Piëzoverstuivers en bijzonder management

Het is Bosch die de derde generatie piëzoverstuivers met maximaal 1800 bar inspuitdruk le-

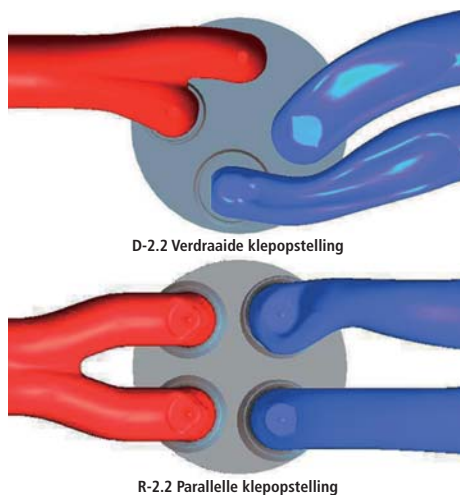
vert. Dankzij snelle, meervoudige inspuitingen wordt de deeltjesuitworp beperkt en het verbrandingsverloop akoestisch gunstig beïnvloed. Via de 8-gats verstuiers kan er genoeg brandstof naar binnen om de bijna 200 pk vermogen te leveren.

De verstuiers hebben gaatjes van 134 µm om voor een goede menging en dus lage ruwe emissies te zorgen. De gaatjes zijn 0,75 mm lang. Zo wordt dichtzitten door koolafzetting voorkomen, want de temperatuur van de brandstof blijft laag genoeg.

Hyundai-Kia gebruikt een open regelkring ('Open Loop'), vooral om de ruwe NO_x-uitstoot bij forse acceleratie te beperken. Met snelreagerende stelmotoren op de EGR-klep en op de verstelbare leidschoepen van de turbine, is het mogelijk snelle belastingwisselingen mogelijk te maken zonder nadelig effect op de emissies. Het uitlaatgas dat voor de recirculatie wordt gebruikt, gaat eerst door een kanaal in de cilinderkop om af te koelen en vervolgens door een U-vormige platenkoeler met geringe tegendruk. Er is een omloopklep (by-pass valve) die ervoor zorgt dat het uitlaatgas niet door de koeler gaat. Het blijft dus warm in de cilinder, waardoor de ruwe HC/CO-emissie tijdens het warmdraaien laag blijft en de oxidatiekatalysator snel op werkt temperatuur komt. De motoren die in minder krachtige voertuigen worden gebruikt, krijgen een EGR-koeler met minder lamellen, dat is kostenbesparend.

Regeneratie van het roetfilter

De oxidatiekatalysator die de HC en CO moet omzetten in water (H₂O) en kooldioxide (CO₂) is vlak voor het roetfilter (Diesel Particulate Fil-



Bij de vorige D-2.2 motor waren de inlaat- en uitlaatkanalen ongeveer 45 graden verdraaid. Bij de nieuwe R-2.2 motor staan de kanalen parallel met rechtsboven het wervelinlaatkanaal met het slakkenhuis.

ter of DPF) geplaatst, direct na de turbine. Bij de vorige motor was het roetfilter onder de bodemplaat aangebracht met als nadeel dat het opwarmen te lang duurt.

Bijzonder is dat de celstructuur van het roetfilter asymmetrisch is: de inlaatkanalen hebben een groter oppervlak dan de uitlaatkanalen. De as die na het verbranden tijdens het regenereren ontstaat, kan nu over een veel groter oppervlak worden verdeeld. Dat heeft een langere levensduur van het roetfilter tot gevolg.

Volgens Hyundai-Kia is de verschilddrukmeting over het roetfilter (dus het drukverschil voor en na het filter) te onnauwkeurig om het moment van regenereren te bepalen. Er is een aanvulling nodig. Door middel van een computerprogramma dat onder andere het rijgedrag verwerkt, worden er correctiefactoren bepaald die het moment van regenereren mede bepalen. Er is op basis hiervan een kenvelgestuurd temperatuurmodel ontwikkeld.

De ongecontroleerde regeneratie baarde veel zorg. Als er op de motor wordt afgeremd terwijl er een regeneratie aan de gang is, wordt er veel zuurstof toegevoerd. Er is uitgebreid testwerk gedaan om in deze situatie piektemperaturen te voorkomen. Niet alleen een te hoge temperatuur van het keramiek is ongewenst (omdat het materiaal smelt), ook een te groot

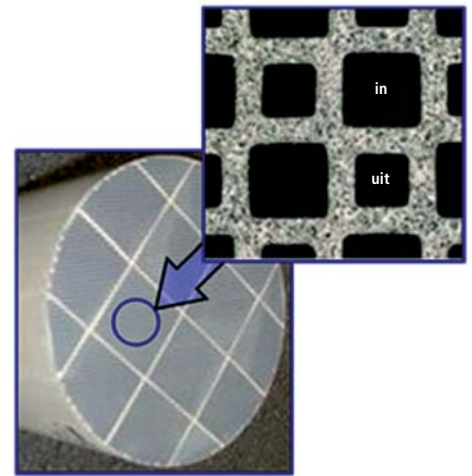
temperatuurverloop van heet naar koud moet vermeden worden. Dan is immers de kans op scheuren groot, met als gevolg: uitbrokkelen van het substraat. Uiteindelijk komt er dan van de roetfiltrering niet veel terecht en/of blijft de tegendruk te hoog. Dat heeft ook tot gevolg dat de turbo niet goed meer werkt en de motorprestaties teruglopen.

Volgens Hyundai-Kia is het nu goed gesteld met het regenereren van het roetfilter, ook de regeneratie-intervallen zijn langer dan aanvankelijk het geval was.

Winst op alle fronten

De prestaties van de SUV's liggen dankzij de nieuwe motor op een veel hoger niveau. Daarbij speelt de zestrapsautomaat met speciale stationairregeling en een accumanagement ook een rol van betekenis. Zeker als het om 8% lager verbruik in de Europese rijcyclus gaat. De prestatiewinst is fors. De voorganger D-2.2 leverde 114 kW en 343 Nm, de nieuwe R-2.2 is goed voor 145 kW en 436 Nm. De 0 tot 100 acceleratie verloopt bijna 2 seconden sneller, het gemiddeld verbruik nam af van 7,0 naar 6,5 l/100 km en de CO₂-uitstoot van 185 naar 171 g/km.

De technici zien met voldoening terug op hun ontwikkelingswerk en beschouwen het als een



Om zoveel mogelijk as te kunnen opslaan, zijn de inlaatkanalen van het roetfilter aanzienlijk groter dan de uitlaatkanalen. Zo wordt een lange levensduur gehaald met een betrekkelijk klein filtervolume.

'demonstratie van de dieselontwerpbekwaamheden van Hyundai-Kia'. Niet duidelijk is hoe er zal worden voldaan aan de toekomstige Euro 6-emissie-eisen. Ga er maar van uit dat daar al aan gewerkt wordt. ●

Paul Klaver