

Nieuwe MINI Cooper S-motor

Klein turbogeweld

Sinds 2006 worden de door BMW en PSA ontwikkelde motoren gebruikt in vele MINI-, Peugeot- en Citroën-modellen. Na vier jaar zijn er herziene versies van verschenen met een lager verbruik en gunstiger emissies. Bovendien zijn de prestaties toegenomen, vooral bij de motor van het topmodel: de MINI Cooper S. Tijd voor een technische verkenning.

Er zijn nu acht varianten, met een bereik van 55 tot 134 kW. De vrijaanzuigende motoren met VVT en IDI hebben nu ook een kenveldgergelde olie-pomp en een optimale schakelstrategie voor de waterpomp. Dat zorgt voor een lager verbruik. De sterkste TVDI-versie voor de Cooper S heeft 10 kW meer vermogen dan voorheen en een

9% lager verbruik over de Europese rijcyclus. Het is een ingewikkelde motor met Twin-Scroll turbo met overboost, volvariabele klepbediening (VVT) en directe inspuiting (DI). We zullen geen verdere aandacht schenken aan de kleinere 1.4 liter motoren en evenmin aan de 1.6 liter turbomotor die PSA gebruikt. De interessant-

ste motor is die welke in de MINI Cooper S wordt toegepast.

De cilinderkop daarvan heeft nu VVT gekregen en wel de derde generatie ervan, omdat er zo weinig ruimte beschikbaar is. Deze VVT-3 heeft geen aparte sensor voor de positie van de excenteras, meer hierover leest u in AMT 1/2009.

De carterontluchting is verbeterd om de kleinere oliedruppels nog beter op te vangen. Bij deellast gaan de carterdampen (blowby) via boringen in elk inlaatkanaal naar de cilinders. Bij vollast worden de dampen naar de inlaat voor de compressor via een boring aan de aangezogen lucht toegevoegd. Dankzij deze maatregelen blijven de inlaatklep-schotels langer schoon. De benzine komt daar immers niet langs, dus kunnen reinigende toevoegingen hun werk niet doen.

Brandstof besparen

De speciale oliepompe is kenveldgergelde, er is geen overdrukklep meer nodig. Tijdens deellast wordt er daardoor 2,5% brandstof bespaard, 1,5% door het lagere aandrijfvermogen en 1% door het uitschakelen van de oliesproeiers die de zuigerbodem koelen. Het carter en het blok zijn met 4,2 liter 'Leichlauföl' gevuld. Tijdens het olieverversen blijft er ongeveer 0,5 liter in de motor achter, dus gaat er 3,7 liter van deze brandstofbesparende olie in bij het versen.

De poly-V-snaar wordt als voorheen met een speciale torsieverspanarm gespannen. De koelwaterpomp wordt alleen ingeschakeld als de motor op temperatuur is. Dat bespaart 0,9% brandstof over de rijcyclus. Een taktfrequentie levert nog eens 0,3% besparing op. Het duurt nu langer voordat de pomp continu draait.

De nokkenassen hebben elk een hydraulische verstelling om de lengte-as. De uitlaatklep-as drijft



De motor van de MINI Cooper S is een krachtpatser die toch zuinig omspringt met brandstof. Dankzij een turbocompressor, directe brandstofinspuiting, variabele inlaatklepbediening en het beperken van wrijvingsverliezen zijn deze trotse resultaten bereikt. De motor weegt 121 kg en levert 135 kW (184 pk) en 240 Nm uit 1598 cm³.

aan het vrije eind een vacuümpomp aan die voor de rembekrachtiger en de 'waste-gate' bediening (omloopklep van de turbine) de benodigde onderdruk levert. Ook hierop is brandstof bespaard door het werkvolume van de vacuümpomp met 35% te verkleinen. De aircocompressor en de generator zijn op aangegoten steunen bevestigd om de stijfheid te verhogen en gewicht te besparen. De inlaatnokkenas op zijn beurt drijft de 120 bar hogedrukpomp aan. De aluminiumpomp is voor ethanolgebruik geschikt gemaakt door een speciale looplaag op die onderdelen aan te brengen die met alcoholhoudende benzine in contact komen. De pomp is voorzien van een geïntegreerde hoe-veelheidsregelklep. De 7-gatsverstuivers zitten schuin in de kop tussen de inlaatkleppen, de RVS common rail zorgt voor de bevestiging. Om het verbruik over de Europese rijcyclus met 9% te verminderen zijn de volgende maatregelen getroffen: volledig variabele inlaatklepbediening, dubbele nokkenasverstelling, kenveldgeregelde oliepomp, wrijvingsarm drijfwerk en vacuümpomp plus een schakelbare waterpomp. Over de Europese rijcyclus verbruikt de MINI Cooper S nu 5,8 l/100 km, overeenkomend met een uitwerp van 136 g/km CO₂. Zelfs bij een extreem lage belasting die overeenkomt met 2 bar gemiddelde effectieve druk bij 2000 t/min verbruikt de nieuwe motor maar 348 g/kWh, dat is 8,4% lager dan de 380 g/kWh van de vorige motor zonder VVT. Het valt te verwachten dat er ook in de dagelijkse praktijk besparingen worden bereikt in de genoemde orde van grootte, want alle maatregelen werken ook buiten de Europese rijcyclus.

Optimale drukvulling

Om de respons op gaspedaalbevelen te vergroten zijn het uitlaatspruitstuk en het turbinehuis geoptimaliseerd. Dankzij het nikkelhoudende materiaal (Nirisist) van het spruitstuk is 950°C probleemloos toegestaan. De uitlaten van cilinders 1 en 4 en 2 en 3 zijn samengevoegd en monden uit in het turbinehuis. Gietstaal was nodig om de kans op scheuren te verkleinen. Dankzij de Twin Scroll ('tweeling krul') uitvoering komen de uitlaatgassen sterk pulserend op het turbinewiel terecht. Deze puls- of stootdruk vulling zorgt voor het snel op toeren komen van de turbine. Die mag 216.000 t/min, dat is 3600 t/s!, draaien en levert via de compressor genoeg lucht om voor 0,8 bar vuldruk te zorgen. Kortstondig is een verhoging ('overboost') tot 10 bar mogelijk. Al vanaf 1600 t/min is de volledige vuldruk beschikbaar, vandaar dat de respons op gasgeven gelijk is aan die van een motor met een mechanisch aangedreven compressor. Er wordt uitlaatgas afgeblazen via een omloopklep of wastegate zodra de inlaatdruk te hoog wordt. Bij gasloslaten wordt het turbinetoerental hoog gehouden door de inlaatlucht via een omloopklep ('dumpvalve') terug naar de compressorinlaat te leiden. Er is een elektrische waterpomp om de temperatuur van het turbinehuis laag genoeg te hou-



Het is vol in de cilinderkop omdat er naast de directe inspuiting ook ruimte nodig is voor de variabele inlaatklepbediening en de bougies, elk met een eigen bobine.

den om olie-oxidatie te voorkomen als de motor na hoge belasting plotseling wordt stilgezet. Bij deellast is er een hoog percentage restgas in de cilinder. Bij kleine kleplichthoogten zijn er extreme klepentijsduren met laat sluiten van de uitlaatkleppen en vroeg sluiten van de inlaatkleppen nodig. Het vermogen wordt bij deellast geregeld door de traploze verstelling van de kleplichthoogte en het al dan niet vroeger sluiten van de inlaatkleppen. Bij vollast is de vuldrukregeling bepalend voor het geleverde vermogen. Het overschakelen van het ene op het andere regelsysteem volgt koppelneutraal, dus zonder merkbare overgang. De gasklep is er alleen voor noodloop- en diagnosefuncties. Tijdens het draaien regelt de stand van de gasklep de tankontluchting op 50 mbar drukverschil met de buitenluchtdruk.



Er wordt een kenveldgestuurde oliepomp toegepast die het gewenste olievolume regelt zonder overdrukklep. Dat bespaart aandrijfvermogen en levert dus een lager brandstofverbruik op. De pomp wordt door een ketting aangedreven.

Op het vrije eind van de inlaatnokkenas zit de tweepunjer hogedruk inspuitpomp die voor maximaal 120 bar druk zorgt. Er is een directe ontsteking en een selectieve klopregeling die de mate van voorontsteking én de vuldruk regelt.

Gunstige emissies

De 135 kW motor voldoet aan de Euro 5, de ULEV 11 en de Japanse Green Star Label-eisen. Dat betekent dat de motor wereldwijd inzetbaar is. Daar komt nog bij dat er, dankzij de lambda=1 regeling, geen bijzondere eisen aan de benzine worden gesteld wat het zwavelgehalte betreft. De beste prestaties en verbruik worden gehaald op RON 98 benzine, wat geen wonder is, gelet op de compressieverhouding van 10,5:1 en een vuldruk van maximaal 1 bar. >



Om de turbine snel op toeren te krijgen, wordt er puls- of stootdruk vulling toegepast. De uitlaatgassen van cilinders 1 en 4 en die van 2 en 3 worden gescheiden naar het turbinehuis gevoerd en komen via aparte kanalen op het turbinewiel terecht. Dit type turbo wordt met 'Twin-Scroll' aangeduid, letterlijk vertaald: tweeling krul.

Er is een speciale strategie ontwikkeld voor het snel opwarmen van de driewegkatalysator. Het gaat om een combinatie van zeer laat openen van de uitlaat- en inlaatkleppen, tweetraps inspuiting, laat ontstekingsstijdstip en een verhoogd stationair toerental.

Dankzij de flexibiliteit van het verbrandingsverloop van de nieuwe TVDI motor is er op tal van manieren invloed op de emissievorming uit te oefenen. Er is ook nog drukvulling en VVT. 'Masking' en 'Phasing', respectievelijk afschermen van een deel van de inlaatklepspleet en het wijzigen van de kleplichtkromme van de inlaatkleppen, zorgen ervoor dat zowel de 'swirl' als de 'tumble', dat wil zeggen de gasbeweging om de hartlijn van de cilinder als de koprolwervel, sterk verhoogd worden. Daardoor blijft het verbrandingsverloop stabiel, ook als er veel restgas in de cilinder achterblijft. De koprolwervel blijft ook bij grote kleplichthoogtes behouden en bepaalt daardoor het verbrandingsverloop bij vollast.

De hogedruk inspuiting werkt met een tweetraps inspuiting die via 7-gatsverstuivers de brandstof fijn genoeg vernevelt om roetvorming tot een minimum te beperken. De verbrandingskamervorm en de zuigerbodem met speciaal gevormde kom zorgen ervoor dat de ruwe emissies van schadelijke gassen beperkt blijven.

De katalysator heeft een lage tegendruk en is pal na de turbine geplaatst om hem zo snel mogelijk op te warmen. De kat is voorzien van een grenslaag met katalysatoren die niet snel hun werking verliezen bij hoge temperatuur. Bijzonder is de zeer snel opwarmende lambdasonde die al 6 seconden na de start het mengsel op $\lambda=1,05$ heeft ingeregeld. Daardoor loopt de motor ook rustig en is er geen secundaire luchtinjectie nodig.



Via een wrijvingsrol wordt de waterpomp aangedreven. Als een elektromagneet bekrachtigd wordt, wordt de rol van de snaar afgesteld. Zo kan de waterpomp worden uitgeschakeld. Een excenterveer zorgt voor de benodigde aanlegdruk als de elektromagneet onbelast is. In het carter is de kettingaandrijving naar de olie pomp te zien.

Slimme computer

Er is een nieuwe ECU toegepast met een kortere rekentijd en een groter geheugen. Daardoor zijn de snellere lambdasensor, de verbeterde antiklopregeling en de geregelde olie pomp mogelijk geworden. Uiteraard wordt ook de VVT elektronisch geregeld. Voor de juiste stand van de excenteras wordt een apart programma gebruikt. Om de aandrijfassen zijn Hallsensoren aangebracht die een draairichtingsafhankelijk signaal aan de ECU doorgeven. Voor minder geld wordt dezelfde nauwkeurigheid en snellere verstelling bereikt.

Downsizing ten top

De nieuwe motor bereikt zijn hoogste koppel al bij 1600 t/min en houdt de 240 Nm vast tot



Vanaf de inlaatkant is de positie van de verstuivers goed te zien. De vorm van de zuigerbodem is aangepast aan het verloop van de inspuitsralen. De krukas heeft vier grote en vier kleine contragewichten om het gewicht te beperken.

5000 t/min. Dus koppel onderin als een diesel en toeren draaien als een benzinemotor. Dankzij een kortstondig verhoogde inlaatdruk wordt het hoogste koppel met 20 Nm verhoogd. Dat levert een hoogste gemiddelde druk van 20,5 bar op. BMW omschrijft de effecten van de drie hoofdcomponenten van de nieuwe motor als volgt: door de Twin-Scroll turbo vrijwel geen turbovertraging, door de VVT een laag verbruik bij hoge prestaties en door de DI een snelle respons mede door de hoge compressieverhouding die dankzij DI mogelijk is.

Anders bekeken: deze 1.6 liter turbomotor levert het vermogen en koppel van een vrijaanzuigende 2.4 liter benzinemotor. Over downsizing gesproken! Ook Saab gaat er mogelijk van profiteren...


WWW.AMT.NL

Meer BMW/PSA-motortechniek

In 2006 lanceerden BMW en PSA gezamenlijk ontwikkelde motoren, die toegepast worden in vele MINI-, Peugeot- en Citroën-modellen. Geïnteresseerd in meer techniek van deze motoren? Bekijk het in het maandossier www.amt.nl/oktober2010.

De common rail houdt de verstuivers op hun plaats. Voor een MINimale wrijving zijn de zuigers voorzien van een looplaag. De bijzondere vorm zorgt voor een hoge stijfheid bij een laag gewicht.