



In het achteraanzicht van de cilinderkop zien we rechts de Honeywell-turbo, links de Eaton-compressor (onder de tweede tussenkoeler) die in de dikke U-vormige pijp blaast.

Downsizen met Ultraboost viercilinder

Afscheid van V8 bij Jaguar Land Rover?

Een tweeliter viercilinder die evenveel vermogen levert als een vijf-liter V8, maar dan 35% zuiniger. Dit is het doel dat Jaguar Land Rover zichzelf stelde in het ambitieuze Ultraboost-project. Samen met Lotus en andere partners startten ze daarmee in september 2010. De vierpitter met codenaam UB200 heeft inmiddels proefgedraaid. Haalt hij de doelstellingen?

Jaguar Land Rover (JLR) heeft voor het 'Extreme Downsize Project', zoals ze het noemen, bewust voor een benzinemotor gekozen. Diesels zijn duurder omdat er een kostbare nabehandeling van de uitlaatgassen nodig is (roet- en NO_x-filter). Verder noemt JLR als voordelen van het downsizen van een benzinemotor dat het werkgebied wordt verlegd naar de lagere toerentallen. Daarbij staat de gasklep dan verder open, en dat zorgt voor minder aanzuigverliezen. Nog een paar argumenten: een V-configuratie die wordt verkleind tot een viercilinder in lijn heeft minder wrijvings- en warmteverliezen, en er wordt bespaard op

gewicht en productiekosten.

Volgens JLR ligt de verkleiningsfactor bij de meeste nu verkrijgbare downsizemotoren rond de 40%. Er zijn fabrikanten die mikken op 50%, maar JLR wil naar 60%. Uitgangspunt voor het project is de atmosferische vijf-liter V8 (AJ133) van Jaguar. Die moest tot twee liter worden gekort-wiekt zonder veel aan koppel en/of vermogen in te leveren. Een ander vereiste was een verlaging van het brandstofverbruik met circa 35%. Een hele klus, want de V8 is goed voor 283 kW en heeft een maximumkoppel van 515 Nm bij 3.500 t/min. Daarvan is 400 Nm al beschikbaar bij 1.000 t/min.

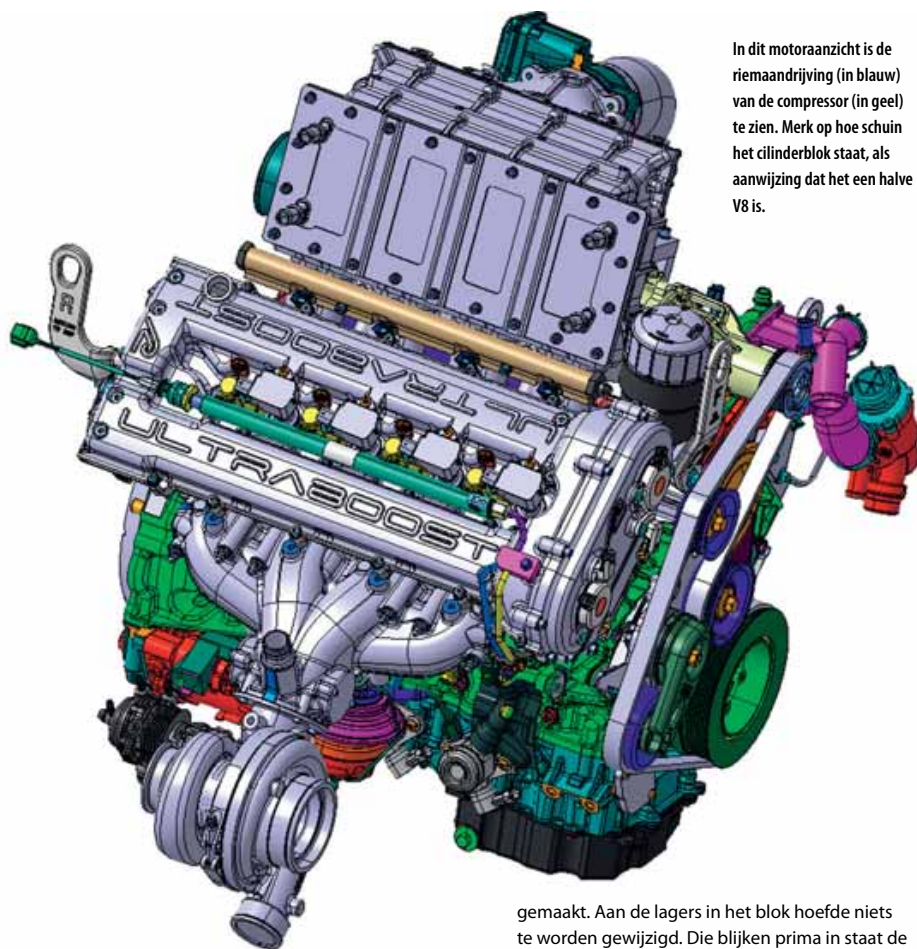
35% minder verbruik?

Bij de vermindering van het verbruik moet een kanttekening worden gemaakt. De motor zelf zou aan die besparing 23% moeten bijdragen, de resterende 12% moet worden verkregen door aanpassingen aan onder meer de versnellingsbak, gewichtsbesparing bij de auto en verlaging van lucht- en rolweerstand. Bij die cijfers wordt uitgegaan van plaatsing in 'een Range Rover-product uit 2010'.

Hier wordt het vanzelfsprekend wat geheimzinnig, wanneer en in welk model JLR de Ultraboost wil inzetten houden ze onder de pet. In 2010 verschenen gefacelifte versies van de Land Rover Discovery en de Range Rover, waarin de 5.0 V8 van Jaguar de plaats innam van de 4.4 V8 die ex-Land Rover-eigenaar BMW leverde. Nu is sindsdien de Range Rover net compleet vernieuwd, dus kunnen we gokken dat een volledig nieuwe vijfde generatie Land Rover Discovery binnenkort de primeur krijgt van deze Ultraboost downsizemotor.

Gehalveerde V8

De Jaguar 5.0 V8 is ook letterlijk de basis van de nieuw ontwikkelde motor. Door er één cilinder-bank af te halen bleef er een viercilinder over. De



In dit motoraanzicht is de riemaandrijving (in blauw) van de compressor (in geel) te zien. Merk op hoe schuin het cilinderblok staat, als aanwijzing dat het een halve V8 is.

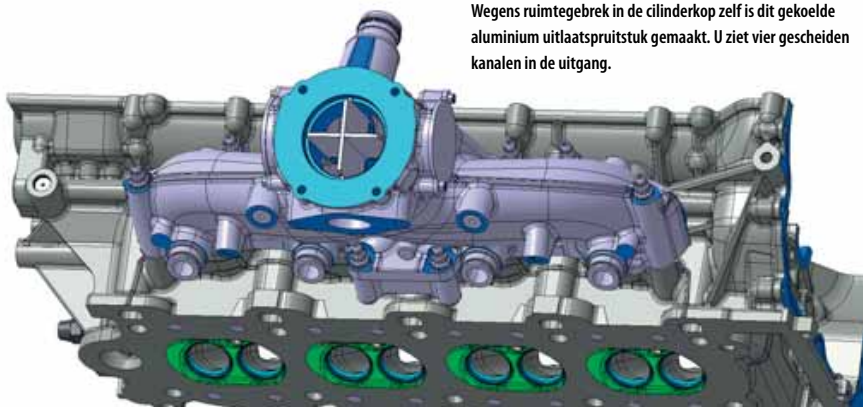
boring werd, door montage van cilinderbussen, verkleind tot 83 millimeter (was 92,5) en de slag is van 93 millimeter naar 92 gegaan. Zo komen we uit op een inhoud van 1.991 cm³. Deze configuratie is een bewuste keuze. Volgens JLR zorgt een kleine boring voor een smaller vlamfront, met minder kans op voortijdige ontsteking buiten dat vlamfront.

Om het koelcircuit in stand te houden werd op de plaats van de verwijderde cilinderbank een bypass

gemaakt. Aan de lagers in het blok hoefde niets te worden gewijzigd. Die blijken prima in staat de krachten die in de viercilinder gaan optreden aan te kunnen.

JLR berekende dat de gemiddelde effectieve druk extreem hoog moest worden, wilden ze het vermogen van de V8 halen. Dat zijn waarden van 32,5 bar bij het hoogste koppel, 26,1 bar bij het maximale vermogen en 25,1 bar bij 1.000 t/min. De maximale cilinderdruk moest op circa 130 bar uitkomen, maar wel onder de voorwaarde dat er een klopvaste verbranding zou zijn. Verder mocht er geen extreem hoge compressieverhouding

Wegens ruimtegebrek in de cilinderkop zelf is dit gekoelde aluminium uitlaatspruitstuk gemaakt. U ziet vier gescheiden kanalen in de uitgang.



zijn. Dat wil zeggen rond de 9,0:1. Ook voor de drukvulling werden waarden vastgesteld. Met een maximale laaddruk tot 3,5 bar zou een specifiek motorvermogen van 142 kW/liter moeten worden gehaald, om aan hetzelfde vermogen te komen dat de 5.0 V8 levert.

Proefmotor UB100

Het project werd uitgevoerd in drie fasen en verdeeld over verschillende werkgebieden. In de eerste fase werd een JLR 5.0 V8 AJ133-motor van de productielijn gepakt en op de testbank gezet. Zijn prestaties, uitlaatgasemissies en het brandstofverbruik dienden als basis voor het verdere project. Stap twee was vervanging van het originele Denso motormanagementsysteem (EMS) door het systeem van Lotus. Dat bleek in staat te zijn om de motor bij deel- en vollast exact dezelfde prestaties te laten leveren als het Denso-systeem en ook hetzelfde brandstofverbruik te realiseren. In deze testfase werd de benchmark voor het brandstofverbruik van de gedownsizede motor vastgesteld. De testen lieten zien dat het Lotus-systeem ook in staat was om directe en meervoudige injectie aan te sturen.

Gelijk met de eerste ontwikkelingsfase werd de basis van de UltraBoost-motor ontworpen en gebouwd. De typeaanduiding werd UB100. Deze motor werd naar de universiteit van Bath (partner in het project) gebracht om met deel twee van de testen te beginnen. De universiteit heeft een speciale testbank voor het regelen van het uitlaatgasrecirculatiesysteem. De hoeveelheid en temperatuur van het uitlaatgas kan daar naar believen worden aangepast.

De UB100 was nog compressor- en turboloos. De drukvulling werd van buitenaf geregeld. Zo kunnen diverse parameters worden getest en exact worden gereproduceerd, en kunnen ook verschillende (door partner Shell geleverde) benzinesamenstellingen worden getest. In een later stadium heeft de motor gedraaid met alleen een turbo en bereikte al meer dan de doelstelling, namelijk 524 Nm koppel.

UB200

Nadat was vastgesteld welke veranderingen er aan het basisontwerp nodig waren, werd de motor omgedoopt tot UB200 en verder getest. De samenstelling van het laadruksysteem kostte veel tijd. De set bestond uit een Honeywell GT30 turbo met tussenkoeler en een Eaton R410 mechanische compressor.

Die laatste zou in eerste instantie door de krukas worden aangedreven met een totale verhouding van 5,6:1. Dat is inclusief een tussenoverbrenging van 2,037:1. De totale overbrengingsverhouding is later, vanwege een te bescheiden koppel in het lage toerengebied, gewijzigd in 5,9:1. Dus een sneller draaiende mechanische compressor. Een tweede tussenkoeler in het koelcircuit en een bypass voor de compressor, maakt het plaatje compleet. >



De UB100-proefmotor op de testbank, zonder compressoren eraan omdat de inlaatdruk extern werd geregeld om daarmee te experimenteren.

Deze opname toont dat de vloeistofgekoelde inlaatluchtkoeler na de compressor nog een experimenteel bouwstuk is. Ook de eerste tussenkoeler na de turbocompressor werkt met vloeistof.



In de testfase werd onderzoek gedaan naar het na-ijf effect van de turbocompressor in combinatie met het sluiten van de bypassklep. Als de bypassklep wordt gesloten nemen de pompverliezen van de motor toe, maar dat zorgt er wel voor dat het toerental van de turbocompressor snel daalt. Een compromis dat moest worden geaccepteerd. Het motormanagementsysteem is intussen zo aangepast dat dit het gehele laadruksysteem met alle bijbehorende regelingen, zoals de koppeling van de compressor en de bypass, kan aansturen.

JLR had het liefst een in de cilinderkop geïntegreerd uitlaatspruitstuk toegepast. Helemaal in de mode, om het uitlaatgas in de kop wat te koelen voor de recirculatie. Dat bleek echter niet mogelijk vanwege de cilinderboring waar men aan vast zat, en de positie van de kopbouten in het AJ133-blok. Het nu toegepaste losse gekoelde spruitstuk stelde JLR wel in staat om te experimenteren met het volledig scheiden dan wel koppelen van de uitlaatkanalen. Na veel experimenten is ook een goede temperatuurhuishouding voor het EGR-systeem ontwikkeld.

lende inlaatpoorten. Vijf daarvan werden verder geanalyseerd en daarvan bleef er uiteindelijk één over. Dat ontwerp werd in een cilinderkop toegepast, maar de vier nog beschikbare koppen werden in reserve gehouden voor het geval dat er toch nog ingrijpende wijzigingen noodzakelijk zouden zijn.

De uitverkoren kop werd bij Lotus op een speciale testbank gezet. De testwaarden werden vergeleken met die van de BMW-cilinderkop. Daaruit bleek dat de Ultraboost-kop bij maximale lichthoogte van de inlaatkleppen een betere 'port flow coëfficiënt' had. Die waarde wordt berekend aan de hand van de diameter van de klep en die van de inlaatpoort.

Ook de 'tumble ratio' (waarde van luchtwervelingen in de cilinder) bleek beter te zijn dan bij BMW. Die eigenschap verhoogt de kwaliteit van de verbranding en verlaagt de kans op kloppen.

BMW-kop als voorbeeld

De UB200 heeft een 'close-spaced asymmetric DI'. Daarbij zit de injector vlak naast de bougie en wordt de brandstof niet in de richting van de luchtstroom ingespoten, maar recht naar beneden.

Voor motoren met directe injectie worden spuitstukken gebruikt waarin veel luchtwervelingen ontstaan. Dit om een goede menging van lucht, brandstof en eventuele recirculatiegassen te hebben op het moment van ontsteking. Tijdens het testen van het inlaatsysteem van de UB200 stond de BMW N20 2.0 turbo (uit de 3 Serie) model. De Engelsen zien deze motor als 'benchmark'. Ook al heeft deze krachtbron een veel lagere gemiddelde cilinderdruk dan de UB200.

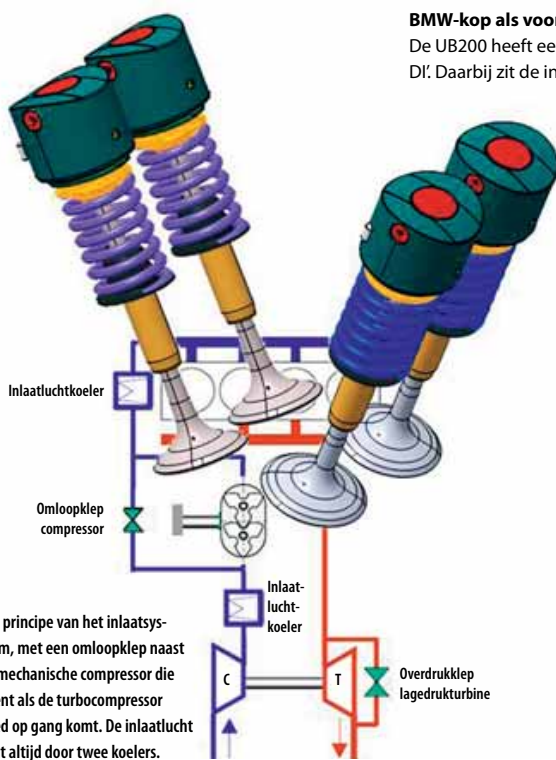
In totaal ontwikkelde JLR een twintigtal verschil-

Missie bijna geslaagd

Na al het voorbereidende werk kan de motor uiteindelijk worden getest. De gemeten verbetering van het verbruik bedraagt 15% terwijl op 23% was gericht. Wat is de oorzaak van dat verschil? JLR heeft daar een verklaring voor. De motor heeft te veel wrijvingsverliezen omdat hij direct is afgeleid van de V8. Zo heeft hij twee injectiepompjes, grote hoofdagers en geen intelligente olie- en koelvloeistofpomp. Qua vermogen zit hij goed in de richting, maar het koppel onder 1.500 t/min is nog voor verbetering vatbaar.

Als je een dergelijke motor in de Range Rover van modeljaar 2013 zou zetten, dan zou die in vergelijking met modeljaar 2010 toch ongeveer 35% zuiniger zijn. Maar dat komt dan mede door het feit dat de nieuwe Range Rover een start-stopstelsel heeft, de zestrapsautomaat is vervangen door een achtrups-exemplaar, en omdat deze SUV 420 kilo lichter is geworden...

Vol spanning wachten we nu het eindresultaat af.



Het principe van het inlaatsysteem, met een omloopklep naast de mechanische compressor die opent als de turbocompressor goed op gang komt. De inlaatlucht gaat altijd door twee koelers.