

A BMW új négyhengerű dízelmotor-családja

A négyhengerű dízelmotor 2 literes lökettérfogattal a BMW egyik legfontosabb motorváltozata Európában. Az 1-es, a 3-as és az 5-ös sorozatban igen kedvelt a vásárlók részéről. Ezért erre a szegmensre egy teljesen új motort fejlesztettek ki, és átálltak az alumínium forgattyúházra. A csúcsváltozatba piezo common rail befecskendezőrendszert építettek be 2000 bar maximális befecskendezőnyomással.



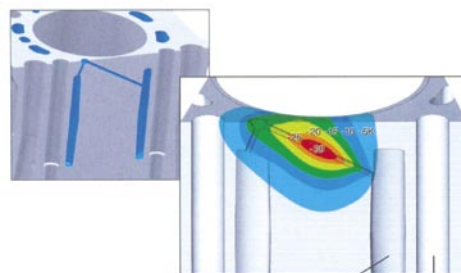
Bevezetés

A fejlesztés kitűzött céljai:

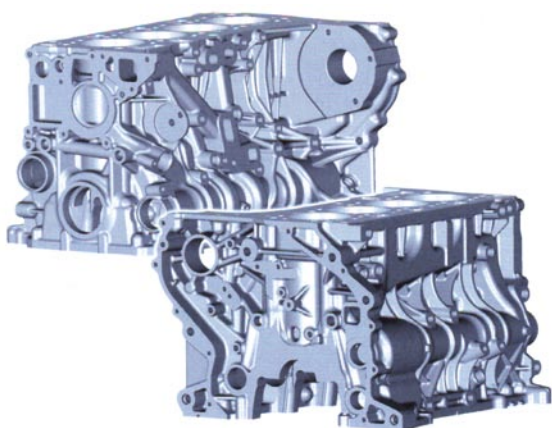
- A fajlagos teljesítmény a „top” változatnál a legkorszerűbb befecskendező- és feltöltőtechnikákkal érje el a 75 kW/l értéket.
- A súrlódási veszteség minimálisra mérséklése súrlódást csökkentő bevonatokkal, valamint a kiegyenlítő tengelyeknél tűgörgős csapágyazás alkalmazásával.
- Start-Stop-Funkció (ASSF) és intelligens generátorszabályozás (iGR) alkalmazása.
- Olajcsere-intervallum növelése igénybevételtől függően 30 000 km-ig.

A motorépítési koncepciók közül kiemelésre érdemes:

- négyszepes technika, hengercentrikusan elhelyezett befecskendezőinjektorokkal,
- a motorvezérlés hajtása a motor lendítőkerék felőli oldalán van,
- az összes aggregát a motor bal oldalára került, biztosítva ezzel a jobb oldalon a szükséges helyet a feltöltő, a kipufogógáz-utókezelő számára. A kétfokozatú feltöltőrendszer nagy helyigénye ellenére az oxidációs katalizátorból és részecskeszűrőből álló komplett kipufogógáz-utókezelő egység motor közeli elhelyezése megoldott.



2. ábra: gáthűtés furata, hőmérséklet-csökkenés mintegy 30 °C



1. ábra: a 2,0 l-dízelmotor homoköntéses forgattyúháza

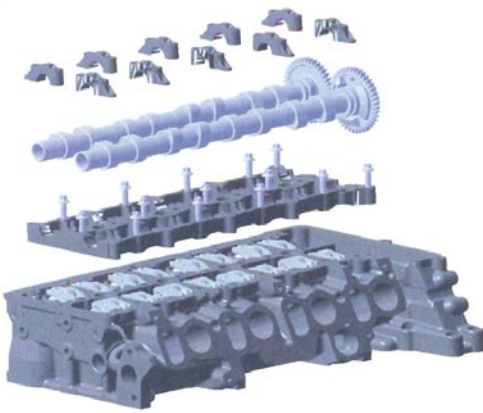
Az alapmotor főbb jellemzői

Az alaphajtóművet 180 bar maximális csúcsnyomásra fejlesztették ki. A 6 és a 8 hengerekéhez hasonlóan, a forgattyúház anyagában itt is átálltak a nagyszilárdságú alumínium-ötvözetre (1. ábra). A célzottan elhelyezett külső ajkakkal, bordákkal a ház merevségét egyenletesebbé tették, és gon-

doskodtak a motorhajtómű-egység nagy sajátfrekvenciájáról.

A hengerhüvelyek anyaga szürkeöntvény, a hengerbe termikusan illesztve. A hengerek közötti gát szélessége 4 mm. A megfelelő hűtés érdekében a két nagyobb teljesítményű fokozatnál a gátba fúrt 1,5 mm átmérőjű, hűtővizet átvezető furattal (2. ábra) sikerült kb. 30 C-fok csökkenést elérni. A forgattyús tengely csapágyazásánál a „Deep skirt” konstrukciót választották szinterezett csapágyfedelelkel, helyzetbe állításuk, pozicionálásuk ugyancsak szinterezett, alakzáró fogazattal történik.

Az olajcsatornák zömét, köszönhetően az automatizált homoköntési eljárásnak, az ún. „core package system”-nek (speciális magkészítés), már eleve beleöntötték a házba,



3. ábra: hengerfej, vezértengelytartó, vezértengelyek

mindez jól látható az 1. ábra metszeti részén. Az alumíniumház 16 kg-mal lett könnyebb, mint a szürkeöntvényből készített.

A hengerfejnél egy önálló vezértengelytartó kerettel növelték meg az alapmotor merevségét (3. ábra). További feladata a vezértengelytartónak az injektortér eltömítése. A hűtőközeg csatornáinak a forgattyúházba és a hengerfejbe integrálásával, sikerült elhagyni a külső csövezést. Az EGR-csatorna egy részét is a hengerfejbe integrálták.

Hengerenként az egyik szívócsatornában a levegő áramlását perdületkeltő csappantyúval érik el (4. ábrán).

A kovácsolt és edzett forgattyústengelyt az előzőkhöz hasonlóan négy ellensúllyal alakították ki, és a tengelyvégre felsajtolta fogaskerékkel hajtják mindkét, a forgat-

tyúházba integrált kiegyenlítőtengety. A szívóoldali meghajtása közvetlen, míg a magasabban elhelyezett kipufogóoldali szereléskor beállítható közvetítőkerék hajtja. A fogaskerekek játékiegyenlítését a BMW által szabadalmaztatott molibdén-szén kötésű fogaskerék-bevonattal oldják meg. A kiegyenlítőtengety kialakításával sikerült a másodrendű tömegterket 85%-ban kiegyenlíteni. A szükséges kiegyensúlyozatlan tömeget geometriai-
lag úgy osztották el, hogy lehetőleg kicsi tehetetlenségi nyomaték keletkezzék, és ezáltal a viszonylag alacsony fogerők pozitívan hatnak a kiegyenlítőtengety akusztikájára. A két tengety azonos kivitelű. A kiegyenlítőtengety magassági eltérését, a 46 mm-t úgy választották meg, hogy a változó tehetetlenségi nyomaték kiegyenlítés 30%-ra adódjon, és mivel a motor hossztengetyre szimmetrikusan kerültek elhelyezésre, semminemű keresztirányú billentés/billenés nem áll fenn. Mint már említettük, a hajtóteljesítmény minimálisra csökkentése érdekében csapágyként tögörgős csapágyakat szereltek be (5. ábra).

A hátul elhelyezett vezérműhajtást, valamint az olajteknőben fekvő olaj- és vákuumszivattyú-egységet a forgattyús tengelyről kettős lánc hajtja. A minél kisebb motormagasság érdekében a vezérművet két részben alakították ki. Az alsó lánc összeköti a forgattyús tengelyt a nagy nyomású szivattyúval, a második lánc a nagy nyomású szivattyúról vezet a szívó-

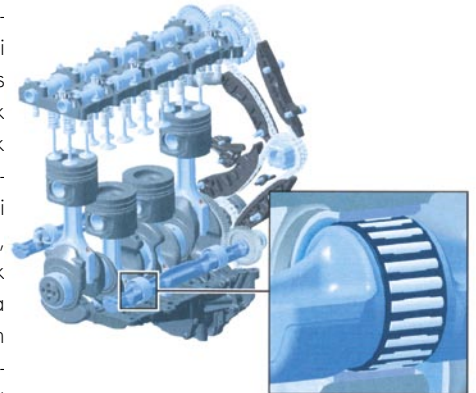
vószelepek vezértengelyéhez. A láncokat egymástól függetlenül feszítik és csillapítják. A kipufogószelepek vezértengelyét a szívószelepek vezértengelyéről hajtják meg ugyancsak szinterezett fogazatú (hézagkiegyenlítés) fogaskerékpárral (6. ábra).

A forgattyúháza szerelt egysége

A cél itt is a kompakt, a könnyű építés és a funkciók integrálása

volt. Jó példa erre az olaj/vákuumszivattyú egység, magába foglalva az alábbi működő egységeket:

- külső fogazású olajszivattyú nyomásszabályozással,
- olajszívócső szűrővel,
- olajfogó-terelő lemez
- egy-szárnylapátú vákuumszivattyú,
- merevítő héjszerkezet.



5. ábra: vezérlés- és kiegyenlítőtengetyhajtás tögörgős csapágyakkal

A hengerfejfedél az olajtömítés, a megkerülő gázvezetés (blow-by) és az olajlecsapátás mellett magába foglalja a befecskendező-rendszer hidraulikus komponenseinek az ágyazását is. A motor habosított anyaggal történő teljes lefedésével sikerült a hengerfejfedélben a légzaj útját teljesen megszakítani.

A 7. ábra mutatja az aggregátok, valamint az EGR-modul motoron történő elhelyezését. A generátort, a kormányrásegítő szivattyút és a klímakompresszort egymás mellett, egy külön aggregátortartóra szerelik. A hatbordás kettős Poly-V-szíjat szabadonfutó ékszíjtárcsával összekapcsolt forgó lengéscsillapítón, valamint a hűtőszivattyún keresztül vezetik.

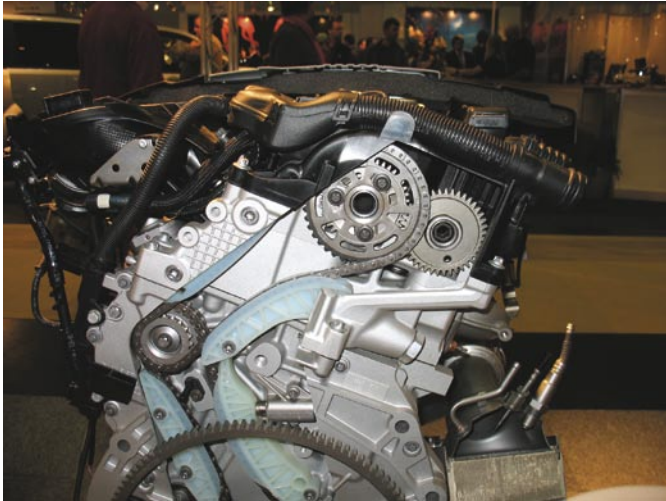
A vákuumszivattyú elhelyezése az olajteknőben kielégítő helyet teremtett a kipufogógáz-visszavezető hűtőjének, hozzáépített kipufogógáz-visszavezető szeleppel és a motor első részén lévő integrált bypass csatornának.

Az aggregátortartó és a nagy nyomású szivattyú között helyezték el az olajmodult, az olajszűrőt, mellette az olajhűtőt.

Az új motorcsalád összes változata szériaszerűen rendelkezik egy motor közeli, katalitikusan bevont, karbantartásmentes dízelrészecske-szűrővel. A 8. ábrán látható



4. ábra: a szívócsatornában az örvénykeltő fojtócsappantyú



6. ábra: a vezérműhajtás a lendítőkerék-oldalon

szenzor folyamatos telíttség-ellenőrzést végez, és a motorvezérlés szükség esetén elindítja a célzott regenerációt.

Keverékképzés

Az alsó (118d) és a közepes (120d) motorteljesítmény számára egy VNT kipufogógáz-turbótöltőt építettek be, turbinaoldalán változtatható vezetőlapátokkal (Variable Nozzle Turbine). A sűrítő átmérője a töltés alsó teljesítményfokozatában 49 mm, a középső változatnál a nagyobb levegőátfolyásnak megfelelően 51 mm. Mindkét változatnál a turbinakerék átmérője 43 mm. Egy öndiagnosztizálásra képes elektromos állító nagy állítóerővel mindkét töltőváltozatnál gondoskodik a pontos és gyors töltőnyomás-szabályozásról, garantáltan csekély hiszterézissel (9. ábra). A választott kialakítással a VNT-technika jó kompromisszumot

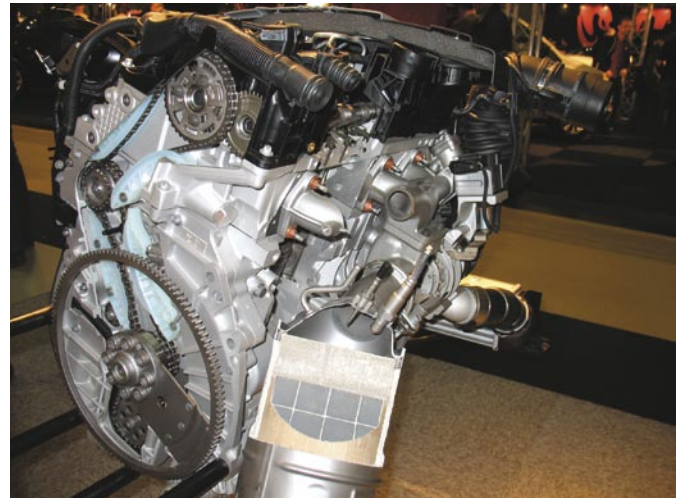
teremt nagy kipufogógáz-tömégáramlás mellett a nagy forgatónyomaték és a jó dinamika között kis motorfordulatszámra és nagyobb teljesítménynél. A maximális töltőnyomás mindkét változatnál kb. 2,6 bar. Az új motorcsalád csúcsváltozatánál (123d) először jött számításba négyhengerű dízel személygépkocsinál a kétfokozatú kipufogógáz-turbótöltő (Variable Twin Turbo, VTT), mely 2004-ben a hathengerű BMW-ben, az 535d-ben már debütált. Összehasonlítva más feltöltőrendszerekkel, mint a mechanikus feltöltéssel történő kombinálás vagy az elektromosan támogatott rendszer, a kétfokozatú feltöltés előnyei – a középnyomásra, a fogyasztásra és a károsanyag-kibocsátásra – a teljes fordulatszám-tartományban érvényesülnek. A kétfokozatú feltöltés-szabályozásának



7. ábra: aggregátok elhelyezése és szíjhajtása

gőz-turbótöltő (Variable Twin Turbo, VTT), mely 2004-ben a hathengerű BMW-ben, az 535d-ben már debütált. Összehasonlítva más feltöltőrendszerekkel, mint a mechanikus feltöltéssel történő kombinálás vagy az elektromosan támogatott rendszer, a kétfokozatú feltöltés előnyei – a középnyomásra, a fogyasztásra és a károsanyag-kibocsátásra – a teljes fordulatszám-tartományban érvényesülnek. A kétfokozatú feltöltés-szabályozásának

ban a beszívott friss levegő közvetlenül a nagy sűrítőn keresztül áramlik a kis sűrítő nagynyomású fokozatába, mielőtt a töltő-levegő-hűtőn keresztül az égéstérbe jut. A kipufogógáz-oldalon a kipufogógáz tömegáramlása kis motorfordulatszámra közvetlenül a kis töltő turbinájára vezetődik a spontán töltőnyomás felépítésére és a dinamikus megszólalási viszonyok javítása miatt. Kis fordulatszámra az átkapcsolási pontig a nagy töltő mint a kis töltő elősűrítője dolgozik (kétfokozatú feltöltés). Mintegy 3000 min⁻¹-nél a kis töltő egyrészt a sűrítő-, másrészt a turbinaoldalán szinkronban lekapcsolódik. Nagyobb fordulatszámra a kis töltő by-pass üzemben fut, mialatt a nagy töltő optimális hatásfokkal, nagy áramlás mellett, nagy töltőnyomást nyújt, igen kedvező fogyasztással. A



8. ábra: motor közeli katalizátor és részecskeszűrő az érzékelőkkel

előtt a hathengereséről vették át. Állítószervként a kompresszor oldalán a bypass, a turbinaoldalán a kipufogógáz-szabályozó-csappantyú és a nagy turbina waste-gate-je. Működtetésük pneumatikus, az elektropneumatikus nyomásátalakítón keresztül (10. ábra). A szabályozás vezérlő értékeként a töltőnyomás szolgál. Az alsó fordulatszám-tartomány-

töltőnyomást a legfelső tartományban az alacsony nyomásfokozat waste-gate-je szabályozza. Az alkatrészoldalon újítás az integrálkönyökek a nagynyomású fokozatba helyezése. A kisebb kipufogógáz-turbótöltő turbinaházát pedig a kipufogógáz-könyökebe integrálták.

Befecskendezőrendszer

Mind a három motorváltozatot a Bosch különböző kialakítású common rail befecskendező-rendszerével szerelik. Egyedül az új fejlesztésű nagynyomású szivattyú azonos mindhárom változatnál.

A bázisváltozat már az elődmotornál ismert mágnesszelepes injektort használja, az aktuális helyhez igazítva 1600 bar



9. ábra: a VNT-töltő az állítóegységgel

maximális befecskendezőnyomással. A injektor jelleggörbéje (platómentes) kialakításával jó akusztikájú és alacsony emissziójú csekély mennyiségű pilot befecskendezést tesz lehetővé.

A közepes teljesítményfokozatúnál piezoinjektort alkalmaznak maximálisan 1800 bar nyomással. Jellemzője, hogy a porlasztót nagy kapcsolási sebességével elérhető a többszörös befecskendezés és tovább csökkenthető a befecskendezett mennyiség.

A csúcsváltozatnál először alkalmaznak 4 hengeres dízel személygépkocsinál piezo common rail befecskendezőrendszert 2000 bar nyomással. A 2000 bar teljesítéséhez szükséges injektormódosításokat és a nagynyomású szivattyút a 11. ábra mutatja.

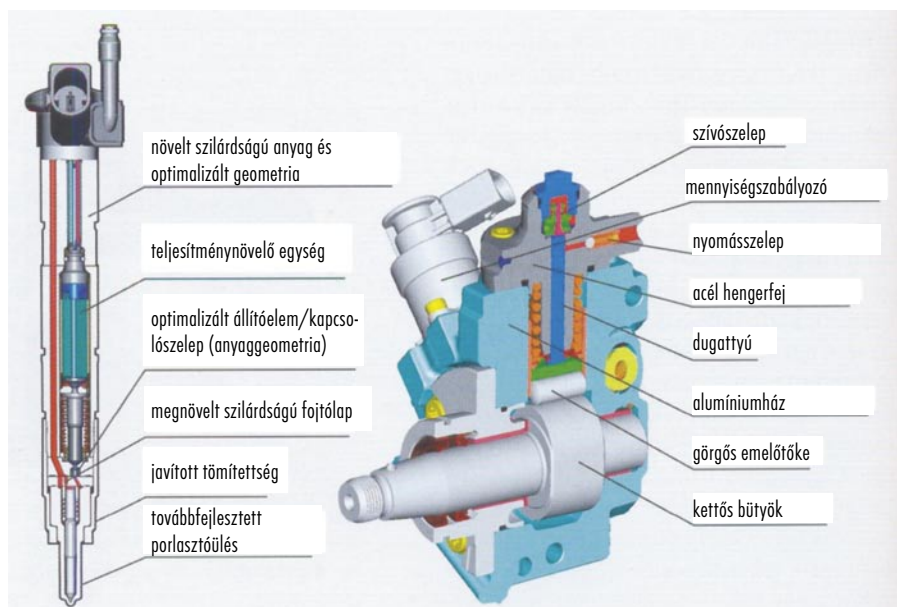
Az új fejlesztésű CP4-es egyhengerű, kétbütökös tengellyel, görgős emelő-

tőkén keresztül, főtengely-fordulatszámmal hajtott nagynyomású szivattyú szívóoldali szabályozással dolgozik, hajtóteljesítmény-igénye a korábbi változatokéhoz képest 20%-kal kisebb. A szivattyúház alumínium, de a kompakt nagynyomású rész nagyszilárdságú acélból készül. A

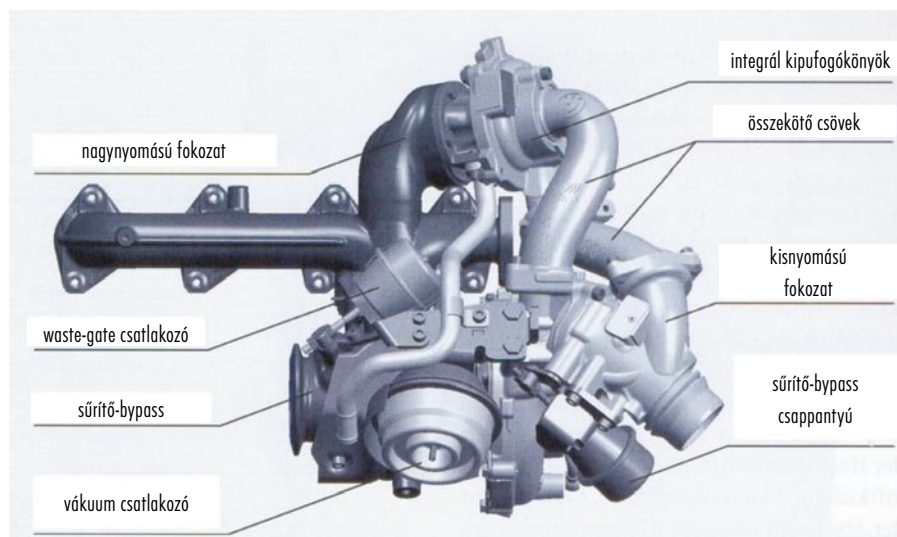
minél kisebb mennyiségű szivattyú a hengerrel szinkronban szállítja a rail-be/az elosztóba az egyenes nyomáslefutás fenntartása érdekében.

Az összes motorváltozatnál az égéstérhez igazított hétylűkű befecskendezőporlasztót használnak, a hidraulikus átfolyási viszonyokban különböző, optimalizált porlasztóüléssel.

A nagy railnyomás szabályozás megfelelősége érdekében, az összes üzemi állapotban - a BMW-nél szokásosan - a nagynyomású szivattyúban hozzáfolyás-szabályozás, a railben pedig nyomásszabályozás van.



11. ábra: 2000 bar-os rendszer injektora és szivattyúja



10. ábra: feltöltő csoport, változtatható Twin-Turbo (VTT)

Motorvezérlés

Új motorvezérlő generációt, a DDE7-et fejlesztettek ki. A legújabb processzorgeneráció pedig a „TRICore 1766”. A fedélzeti funkciók egész sorát integrálták a motorvezérlésbe, mint:

- automatikus start-stop funkció (ASSF),
- intelligens generátorszabályozás (iGR) a fékezési energia felhasználásához toluőzomben,
- kapcsolási pont jelölése (SPA) kézi kapcsolás esetén a fogyasztásra optimalizált fokozatnak a megmutatásával,
- tengelykapcsolóval működtetett klíma-kompresszor,
- szükség szerinti nagynyomású szivattyú hozzáfolyás szabályozás.

DR. PORDÁN MIHÁLY