

BMW N47 dízelmotor

1. rész

A BMW 2007 márciusában vezette be az N47-es kódú, 2 literes, 4 hengerű dízelmotort, ami a 8 éven át gyártott M47-et váltotta le. Az alapkoncepció nem sokat változott, de módosítottak a befecskendezésen, a hengerfejek két részből áll, a motorblokk pedig alumínium lett. A szerkezeti módosításokon kívül a segédberendezések és mellékajátások is átalakultak.

Az újítások a tüzelőanyagfogyasztás-csökkentést és teljesítménynövelést szolgálják. Eleinte két teljesítményszintben volt elérhető: a 118d-ben található 105 kW-os N47D20U0 kódú és a 120d-ben és 320d-ben található 130 kW teljesítményű N47D2000 kódú motorral. Később megjelent egy két turbófeltöltős változat is, ami 150 kW teljesítmény leadására képes, motorkódja: N47D20T0. A motor tulajdonságai alapján sikerre született, de ezt beárnyékolta a 2011. márciusig gyártott motorok visszahívása vezérműlánc-problémák miatt. Folytatásos cikkünk első részében a motorcsalád főbb szerkezeti elemeit vesszük górcső alá.

Motorblokk

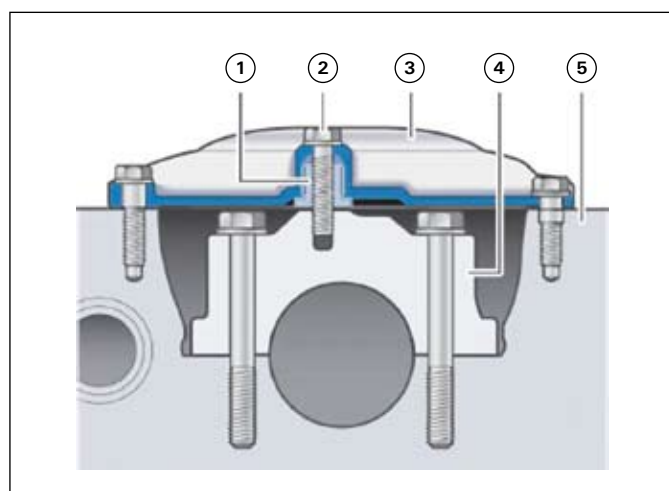
Az N47 blokkja teljesen új fejlesztés, alumíniumötvözetből (AlSi8-Cu3) készült és „closed-deck” kialakítású. Azért választották a felül zárt megoldást, mert nagyobb merevséget biztosít, mint a nyitott kialakítás, ezáltal csökkenthető a hengerdeformáció és a vibráció. Az alumíniumötvözetek hátránya ugyanis a kisebb merevség, de

a BMW mérnökei a tömegcsökkentést tartották elsődlegesnek, a merevséget pedig merevítőhéj segítségével és konstrukciós megoldásokkal javították. Az könnyűfém blokknak azonban a tömegén kívül más előnyei is vannak: jó a hővezetése, a kémiai ellenálló képessége és könnyebben megmunkálható, mint az öntöttvas. A kiegyenlítő tengelyek integráltak, a hűvelkek szürkeöntvényből készültek és termikus eljárással helyezték őket a blokkba. Költségi szempontok miatt a nyomás alatt lévő olajfuratok nagy részét előre öntötték. A forgattyúház alján található az előbb említett merevítőhéj, amely a 3 középső főtengelycsapágnál van felerősítve a blokkra. Felszereléskor (1. ábra) először a távtartót kell becsavarozni a héjba. Fontos, hogy teljesen be legyen csavarva, ellenkező esetben ugyanis fennáll a héj sérülésének veszélye. A távtartó betekerése után a héjat a blokkon kell rögzíteni, majd a távtartót a csapágyfedél irányába meghúzni. Ezután kell rögzíteni a héjat a csapágyfedélhez. Ez a rendszer nagy merevséget biztosít, emellett olajterelő és olajvezető funkciót tölt be, valamint az olaj- és vákuumszivattyú is csatlakozik rá.

Műszaki adatok		
Motor kód	N47D20UO	N47D2000
Hengerűrtartalom [cm ³]	1995	1995
Hengerelrendezés	4 soros	4 soros
Gyújtási sorrend	1-3-4-2	1-3-4-2
Szelepek száma hengereként	4	4
Furat/löklet [mm]	84/90	84/90
Max. teljesítmény [kW]	105	130
Max. teljesítmény fordulatszáma [min ⁻¹]	4000	4000
Max. nyomaték [Nm]	300	350
Max. nyomaték fordulatszáma [min ⁻¹]	1750-2750	1750-3000
Sűrítési arány	16,0	16,0
Szívószelep-átmérő [mm]	27,2	27,2
Kipufogószelep-átmérő [mm]	24,6	24,6
Főtengely-nyugvócsapágy átmérő [mm]	55	55
Hajtórúdcsapágy-átmérő a főtengelyen [mm]	50	50
Motorirányítás	DDE7.0	DDE7.1

Forgattyús tengely

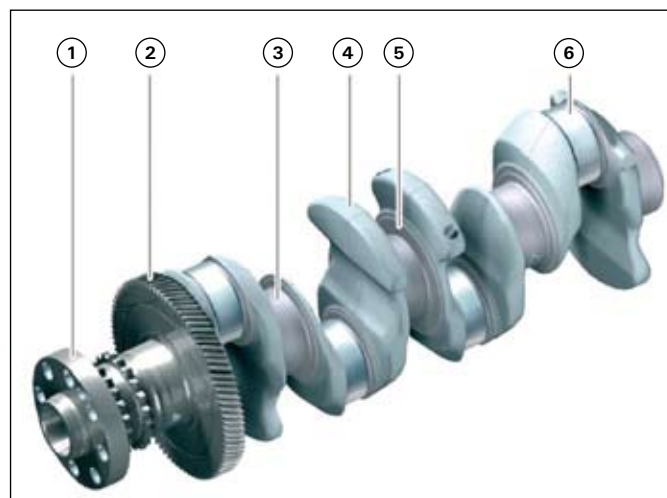
A forgattyús tengelyt szemügyre véve (**2. ábra**) két érdekességet is találhatunk. Az egyik, hogy páratlan számú ellentömeg található rajta, a másik, hogy a vezérműlánc a kihajtóoldalon található. Azért alkalmaztak 5 ellentömeget, mert a kiegyenlítő tengelyeket hajtó fogaskerék elfoglalja az egyik sonka helyét. Az ellentömegeket úgy alakították ki, hogy ne csak a forgó, hanem az oszcilláló



1. ábra: a héj felszerelése. 1 – távtartó, 2 – főtengelycsapágyház-csavar, 3 – merevítőhéj, 4 – főtengelycsapágy alsó háza, 5 – forgattyús ház

tömegekről egy részét is kiegyenlítsse. A tengelyt kovácsolással formálják alakra, melynek nagy előnye az öntött tengelyekhez képest, hogy jobb merevségi és rezgési tulajdonságokkal rendelkezik, ami-re az alumíniumblokk miatt szükség is van. Az elődnek megfele-

lően minden henger forgattyúja két oldalról csapágyazott, ezért 5 főtengelycsapágy található, de az M47-tel ellentétben az N47-nél a 3. csapágy látja el a támszapály szerepét (a kedvezőbb hőtágulási viselkedés miatt), amely tengelyirányban rögzíti a főtengelyt. A csapágyak számozása értelemszerűen a kihajtás fele növekszik. A csapágycsészék trimetál típusúak, azaz 3 különböző anyagból készült rétegből állnak: acél támszapóhéj, átmeneti réz-alumínium ötvözet és fehérfém bélés. A fehérfém ón vagy ólomötvözet, amely a tulajdonságai javítására kis mennyiségben rezet, nikkelt, kadmiumot is tartalmazhat. A járművekben óntötvözeteket alkalmaznak, mivel jobb a teherbíró- és korrózióálló képessége, az ólomötvözeteket a motorolaj savtartalma megtámadja. A fehérfémek lágyak, ezért jó a beágyazóképeségük, a bejáródási hajlamuk alkalmazkodó-képességük, a szükségfutási tulajdonságaik, de kis szilárdságuk miatt tömör csapágyak nem készíthetők belőlük. A főtengely alsó csapágyházainak pontos illeszkedése a felső részhez elengedhetetlen a megfelelő működéshez, ezért általában illesztőcsapokkal

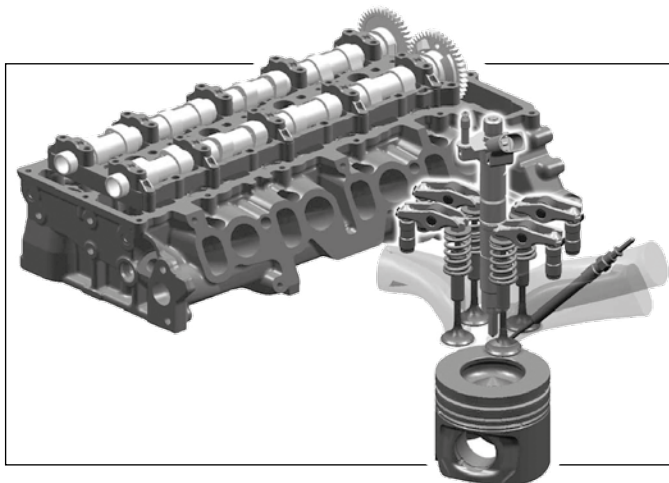


2. ábra: a forgattyús tengely. 1 – kihajtás a váltó irányába, 2 – kiegyenlítő tengelyeket hajtó fogaskerék, 3 – főtengelycsapágy, 4 – kiegyenlítő súlyok, 5 – főtengelytámszapály, 6 – hajtórúdcsapágy

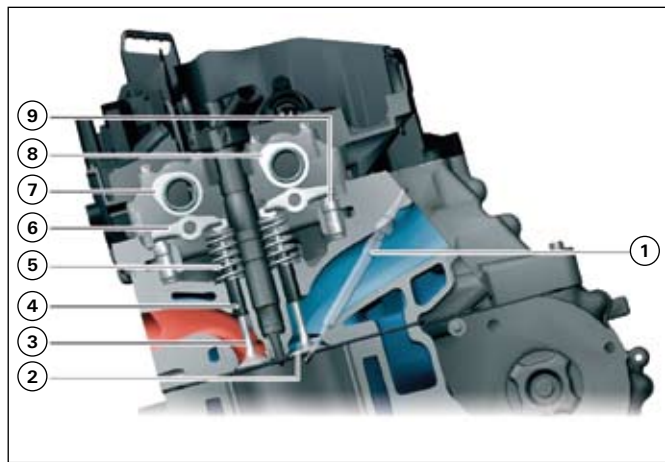
vagy hornyokkal látják el őket, ha azonos anyagból készülnek, akkor lehetséges az is, hogy (akárcsak a hajtórudakat) repesztéssel eltörik. A BMW egy új technológiát fejlesztett ki a pozicionálásra, amit először az M67TU kódú motorban alkalmaztak. A gyártás során olyan mintát munkálnak az érintkező felületekre, amely a főtengelycsapágy csavarjainak meghúzásakor hossz- és keresztirányban is pozicionálják és támszapják az alsó csapágyházat. A főtengely tulajdonságait táblázatban összesítettük.

A főtengely adattáblája

Anyag	37Cr4By
Gyártás	kovácsolás
Főtengelycsapágy-átmérő [mm]	55
Hajtórúdcsapágy-átmérő [mm]	50
Csapok elékelése [°]	180
Ellentömegek száma	5
Főtengelycsapágyak száma	5
Támszapály helye	3

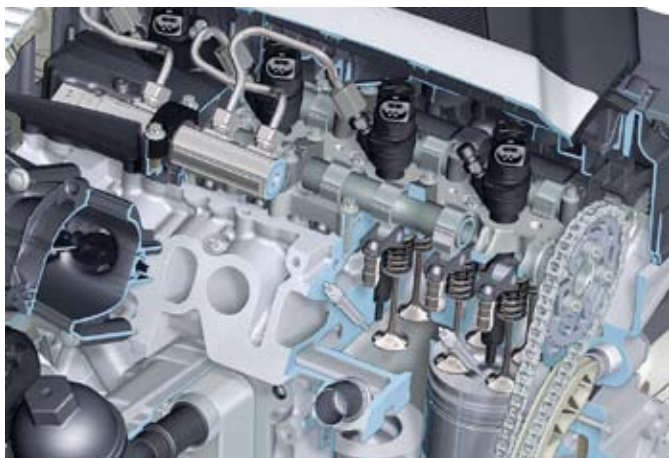


motorfordulatszám és -terhelés tartományban játszik nagy szerepet. A két kipufogójárat a hengerfejben egyesül. A vezérműtengelyek külön egységben találhatóak a könnyebb szerelhetőség érdekében. Ez a tartó $AlSi_9Cu_3(Fe)$ ötvözetből készült. A vezérműtengelyek a Presta-módszer szerint kialakított kompozittengelyek (**5. ábra**), melyek egy csőtengelyből, a bütykökből és a fogaskerékből állnak. Így 40%-os tömegcsökkenést értek el a hagyományos tengelyekhez képest, ami fogyasztás-csökkenést, kedvező rezgési és zajkibocsátási tulajdonságokat biztosít. A tömegcsökkenésen kívül nagy előnye, hogy minden részének a feladatának legjobban megfelelő anyagból készülhet és gyártása is gazdaságosabb. A Presta-módszer lényege, hogy hengerléssel létrehozunk egy szélesebb csőrészt a csatlakozásnál, és radiális irányú profillal látják el, amely segítségével a megfelelő helyzetben helyezhetők rá a



4. ábra: a hengerfej és az égéstér metszeti képe. 1 – izzítógyertya, 2 – szívószelep, 3 – kipufogószelep, 4 – szelepvezetés, 5 – szeleprugó, 6 – görgős hím, 7 – kipufogószelep-vezérműtengely, 8 – szívószelep-vezérműtengely, 9 – hidraulikus szelephézag-kiegyenlítő

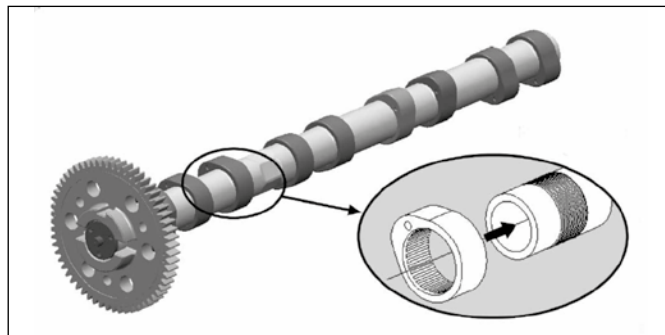
bütyökgyűrűk és a fogaskerék, úgy hogy azután ne tudjanak elmozdulni. A vezérműtengely-érzékelőt a szívószelep-vezérműtengely fogaskerekébe integrálták, és erre a fogaskerekre csavarozható fel a lánckerék is. A tengelyek szerelésekor a fogaskerekeken található jelek megfelelő beállítására kell ügyelni (**6. ábra**). A vezérműtengely bütykei a görgős hímával vannak kapcsolatban. A hímát teljesen újratervezték, így 14%-kal könnyebb lett elődjénél. A hidraulikus szelephézag-kiegyenlítő működését a **7. ábra** mutatja be: amikor a bütyök lenyomja a hímát, hogy nyissa a szelepet, akkor erőt fejt ki a 2-es számú dugattyú 10-es számmal jelölt félgömb végére. Ennek az erőnek hatását tompítja a



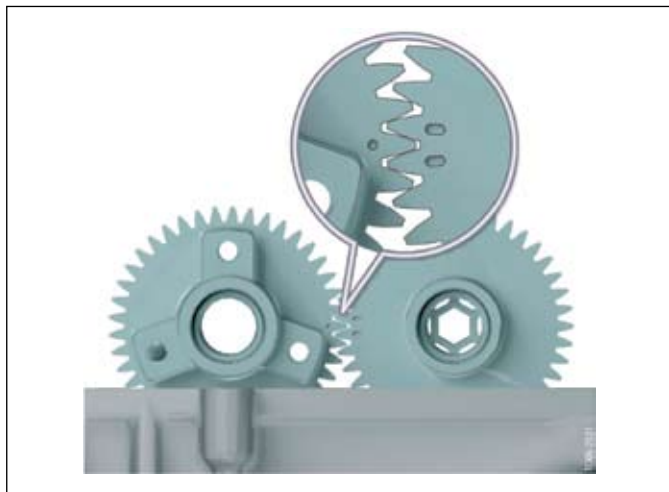
3. ábra: a hengerfej (beszerelt vezérműtengelyekkel) és a szívószelep és kipufogójáratok, szelepmechanizmusok és a befecskendező

Hengerfej

A hengerfej (3. és 4. ábra) két darabból készült, anyaga $AlSi7MgCu0.5$. Az N47 hengerfejének érdekessége, hogy tartalmazza az EGR-járatokat és a szelepek a henger tengelyével párhuzamosan helyezkednek el. A korszerű dízeleknek megfelelően a két szívócsatorna eltér egymástól: az egyik egy úgynevezett „swirl csatorna”, melynek kis fordulaton van nagy szerepe, amikor a beszívott levegő a hengertérben nem tud elég nagy turbulenciát létrehozni, ebben segít a „swirl csatorna” kialakítása, ami révén nagyobb turbulencia érhető el, ezzel javítható a károsanyag-kibocsátás. A másik csatorna tangenciális csatorna, ami nagy



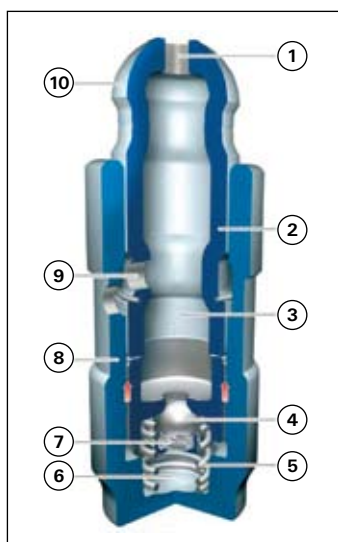
5. ábra: az N47 Presta módszerrel kialakított kompozit vezérműtengelyei



6. ábra: a vezérműtengely-fogaskerekeken található jelek, melyeket szereléskor figyelembe kell venni

6-os számmal jelzett olajkamra, az állandó nyomású hengerben (8). A folyamat során nagyon kevés olaj távozik a dugattyú és a henger között. Ezt az ábrán a piros nyilak jelölik. Azzal, hogy olaj távozik a kamrából, csökken az ellenerő, és a szelepnitási löket során előfordulhatna, hogy a fej (10) és a himba között megszünik a kapcsolat. Ennek elkerülésére csavarrugót (5) alkalmaznak, ami felfele nyomja a dugattyút (2). Ez vákuumhatást fejt ki a nyomáskamrában (6), amely eredményeként a 4-es számú szelepgolyó elmozdul az ülékéről, mivel a nyomáskülönbség legyőzi a 7-es szeleprugó erejét, így a kamra ismét feltölthető olajjal a tartályból (3). Amikor a nyomáskamra eléri a legnagyobb térfogatát, a vákuumhatás megszűnik, a nyomás kiegyenlítődik és a szelepgolyó ismét letömit. Minden szelepnitáskor és -záráskor ez a folyamat játszódik le. A **8. ábrán** egy beszerelt állapotban lévő szelep látható. Az N47 szívószelepei monometal szelepek, azaz egy anyagból készültek, a kipufogószelepek azonban bimetal szelepek, vagyis a szeleptányér és a szár más anyagból készült. A tányérnak nagy hőterhelhetőségűnek kell lennie, ezért nikkelötvözetből ($\text{NiCr}_{20}\text{TiAl}$) készül, a szárnál pedig a mechanikai terhelés a meghatározó.

A hengerfejszavart 5 lépésben kell meghúzni: 70 Nm, 180 fokkal visszaereszt, 50 Nm, 120 fok, 120 fok.

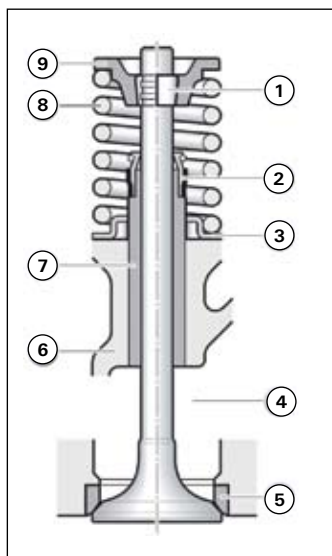


7. ábra: a hidraulikus szelephézag-kiegyenlítő metszeti képe és működése.

- 1 – furat,
- 2 – dugattyú,
- 3 – olajtér,
- 4 – szelepgolyó,
- 5 – dugattyúrugó,
- 6 – nyomáskamra,
- 7 – szelepgolyórugó,
- 8 – nyomáshenger,
- 9 – olajellátás,
- 10 – félgömbfej

Hajtórúd és dugattyú

A hajtórúd C70-es anyagból készült süllyesztékes kovácsolással. A dugattyúcsaphoz csatlakozó kis szem nem állandó szélességű, felfele szűkül, vagyis trapéz alakú a keresztmetszete. A trapéz alaknak köszönhetően elhagyható az olajozófurat a kis szemnél, ezáltal a szilárdsági tulajdonságok nem romlanak a hagyományos kialakításhoz képest. Az alsó szemet a szerelhetőség érdekében töréssel történő eljárással választják szét. A törési eljárás nagy előnye a nagyon pontos illeszkedés- és hogy nem igényel utómegmunkálást, viszont ha szereléskor nem jól párosítják őket össze, vagy fordítva próbálják összeilleszteni, akkor megromlódik a törési felület, és a csapágy nem a megfelelő pozícióban lesz. Ilyen esetben a hajtórúdat cserélni kell. Az N47 hajtórúdcsavarjait minden bontás után újakra kell cserélni. A BMW előírja, hogy a csapágyhézagot műanyag szállal (Plastigauge1) mérjük meg, ehhez a régi hajtórúdcsavarokat használjuk. Az új csavarokat két lépésben 20 Nm + 70 fok kell meghúzni.



8. ábra: szelepbeépítés.

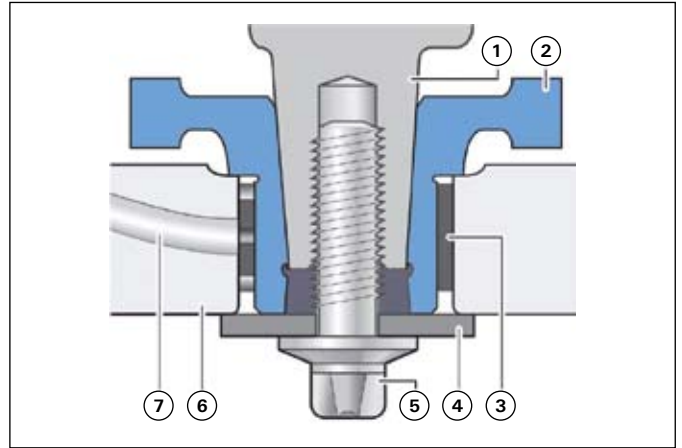
- 1 – szelepek,
- 2 – szelepszár-szimmering,
- 3 – alsó szeleprugó-tányér,
- 4 – szívó/kipufogó csatorna,
- 5 – szeleplék,
- 6 – hengerfej,
- 7 – szelepvezetés,
- 8 – szeleprugó,
- 9 – felső szeleprugó-tányér

A BMW minőség iránti elkötelezettségét mutatja, hogy 25 csoportba sorolják a legyártott hajtórúdatokat a tömegük szerint: 5 csoportra a kis szem tömege és 5 csoportra a nagy szem tömege alapján is ± 2 g toleranciával. Így elérhető, hogy az egy motorba épített hajtórúdatok ± 4 g-on belül vannak.

A dugattyú (**7. ábra**) alumínium-szilícium ötvözetből készült, mint a többi BMW dízelmotorban és hasonlít az elődben (M47TU2) alkalmazott dugattyúra, de a kompressziómagassága és a teljes hossza is nagyobb.

Kiegyenlítő tengelyek

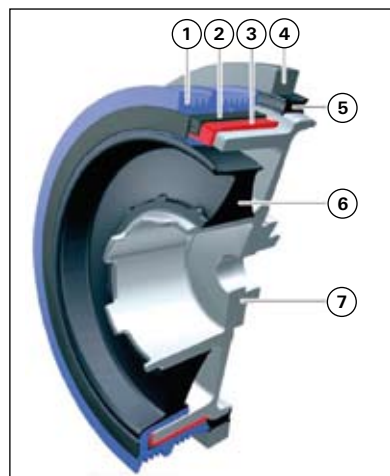
Manapság egyre nagyobb szerepet kap a tervezés során az akusztika és vibráció, a legkisebb zavaró tényezőt is próbálják kiszűrni, ezért az olyan prémiummárkánál, mint a BMW, presztízsjelentőséggel bír az autó NVH (Noise-Vibration-Harshness) értéke. Ennek jegyében az N47 második dízelmotorja a BMW palettáján, amelyeket kiegyenlítő tengellyel szereltek, ráadásul az M47-tel ellentétben a tengelyt integrálták a blokkba (**9. ábra**). Jól látható, hogy a tengelyek fogaskerekeinek átmérője fele a hajtó fogaskerék átmérőjének, tehát a másodrendű erőket hivatottak kiegyenlíteni. Ahhoz, hogy xDrive hajtásláncú modelleknél is alkalmazhatók legyenek, a tengelyeket a motor eleje felől lehet ki- és beszerelni. A rögzítést a **10. ábra** mutatja. A fogaskerekek oldható (kú-



10. ábra: a kiegyenlítő tengelyek fogaskerekeinek rögzítése. 1 – kiegyenlítő tengely, 2 – fogaskerék, 3 – persely, 4 – alátét, 5 – csavar, 6 – forgattyús ház, 7 – olajozójárat

Lengéscsillapító- hosszbordásszíjtárcsa

A főtengely terhelésének és a hajtáslánc többi elemének kímélése érdekében a vibráció csökkentését a kiegyenlítő tengelyeken kívül a kettős tömegű lendkerék és a lengéscsillapítóval ellátott főtengelyszíjtárcsa végzi. A kettős tömegű lendkerekekről már sokszor esett szó, ezért most az egyre jobban terjedő szíjtárcsamegoldást szeretném részletezni, mivel ez az alkatrész az idősebb járműveken nem igényelt karbantartást, viszont a lengéscsillapító kivitelek ma már egyre inkább a kettős tömegű lendkerékre hasonlítanak. A 11. ábrán az automata váltóval szerelt modellekben alkalmazott tárcsa látható: az agyrész (7) és az inerciagyűrű (4) között található a vulkanizált csillapító, amely egy kis relatív szögelfordulást tesz lehetővé, ezzel csökkentve a főtengely vibrációját és a szíjjal hajtott segédberendezések terhelését. A szíjtárcsa sem mereven kapcsolódik az agyhoz, mivel egy leválasztó gumi van köztük, amely a csillapítónál nagyobb elmozdulást engedélyez. A tárcsa siklócsapágy-ágyazású az agyon. A manuális vagy kézi váltóval szerelt modellekben alkalmazott szíjtárcsa eltér ettől (12. ábra)! Azok a tárcsák szabadonfutóval rendelkeznek, ami eredményeképp a járásegyenetlenségéből adódó lengések teljesen kiszűrhetők, amikor a motor egy cikluson belül éppen féküzemben van és lassítaná a tárcsát. Ezzel is csökkenthető az alkatrészek terhelése. A két tárcsa ránézésre is megkülönböztethető, mivel az automata váltóhoz szerelt tárcsa 1 csavarral van a főtengelyre rögzítve, a szabadonfutós pedig 4-gyel.



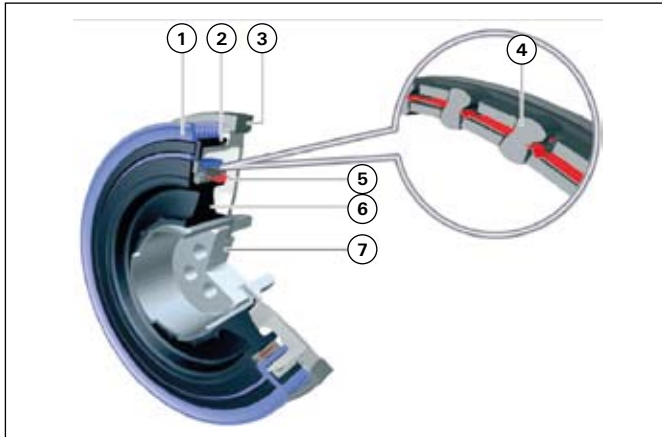
11. ábra: az automata váltóval szerelt modellekben alkalmazott lengéscsillapító.

- 1 – szíjtárcsa,
- 2 – vulkanizált réteg,
- 3 – siklócsapágyazás,
- 4 – inerciagyűrű,
- 5 – csillapítógumi,
- 6 – elválasztógumi,
- 7 – agy



9. ábra: az előddel ellentétben az N47 kiegyenlítő tengelyeit a forgattyús házba integrálták

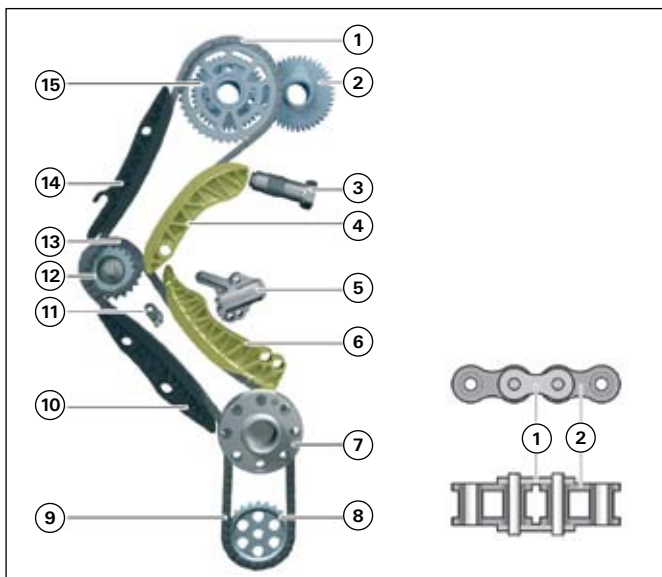
pos illesztés csavarkötéssel) illesztéssel kapcsolódnak a tengelyekhez, hogy könnyen kivethetők legyenek kis szerelőnyílásokon is, annak ellenére, hogy forgattyús házba integrálták őket. Az ágyazáshoz tengelyenként két görgőscsapágyat alkalmaztak, melyek kenését a motorolaj szolgálja olajozófuraton keresztül. Ahhoz, hogy a tömegérők kiegyenlítése megtörténjen, a két tengelynek egymással szemben kell forognia, ezért az egyik tengely egy forgásirány-fordító fogaskeréken keresztül kapcsolódik a főtengelyen elhelyezett meghajtó kerékhez.



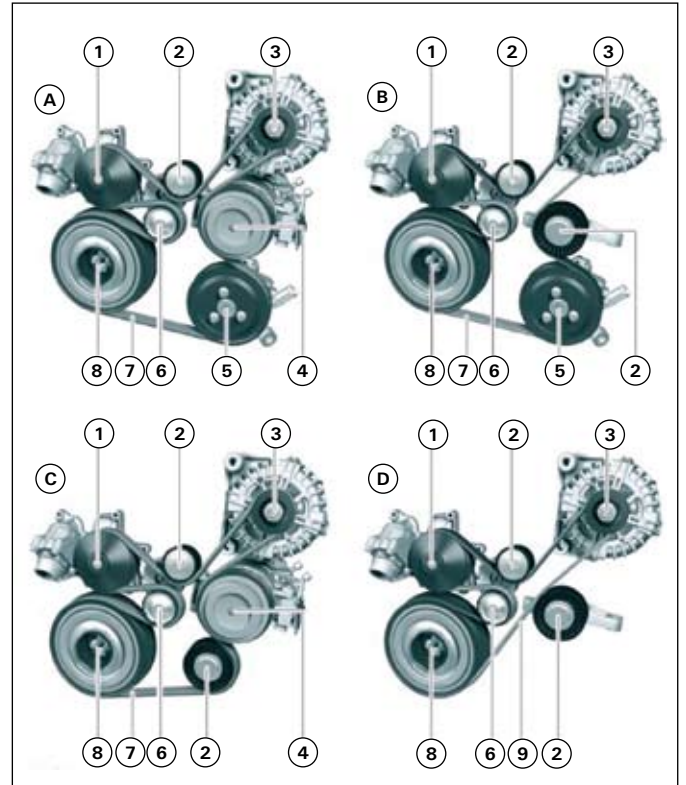
12. ábra: a kézi váltóval szerelt modellekben alkalmazott lengécsillapító. 1 – szíjtárcsa, 2 – vulkanizált réteg és siklócsapaggy, 3 – inerciagyűrű, 4 – bilincs, 5 – szabadonfutó, 6 – csillapítógumi, 7 – agy

Lánchajtás

Amint már a bevezetőben is említettem, ez a motor egyik kényes pontja. A **13. ábrán** látható a lánchajtásrendszer. Sok ügyfél tapasztalhatja, hogy alig 100 ezer km megtétele után hangos kaparó, súrlódó zaj hallatszik a motorból, ami az utastérből is hallható. Az ok a lánckerék kopása és a lánc nem megfelelő futása a vezetőkön. A visszahívások két esetre oszthatók: az első eset a 2007. 03. 01-től 2009. 01. 05-ig gyártott N47, N47DKO, N47S kódú motorok esetén a forgattyús tengely a csapágycsészékkel (11 21 7 803 479) együtt cserélendő, emellett még cserélendő: olajszivattyút hajtó lánc, alsó lánc, nagynyomású CR-szivattyú lánckerék, fogaskerék a kiegyenlítőtengelyekhez, felső lánc, felső feszítő és vezetősín.



13. ábra: a vezérműlánc és hajtásrendszere. 1 – felső lánc, 2 – kipufogószelep-vezérműtengely fogaskerék, 3 – felső láncceszítő, 4 – felső feszítősín, 5 – alsó láncceszítő, 6 – alsó feszítősín, 7 – forgattyús tengely, 8 – olaj/vákuumpumpa lánckerék, 9 – olaj/vákuumpumpát hajtó lánc, 10 – alsó vezetősín, 11 – olajozófúvóka, 12 – nagynyomású tüzelőanyagszivattyú-lánckerék, 13 – alsó lánc, 14 – felső vezetősín, 15 – szívószelep-vezérműtengely lánckerék



14. ábra: lehetséges szíjhajtás-kialakítások. **A** – klímakompresszor és hidraulikus szervoszivattyú esetén, **B** – hidraulikus szervoszivattyúval és klímakompresszor nélkül szerelve, **C** – klímakompresszorral és elektromos kormány szervóval szerelve, **D** – klímakompresszor nélkül és elektromos kormány szervóval szerelve, 1 – hűtőfolyadék-szivattyú, 2 – vezetőgörgő, 3 – generátor, 4 – klímakompresszor, 5 – hidraulikus szervoszivattyú, 6 – feszítőgörgő, 7 – két oldalon bordázott poly-V szíj, 8 – lengécsillapító, 9 – egy oldalon bordázott szíj

Ha 2009. 01. 05 és 2011. 03. 01. között gyártott motorról (N47, N47DKO, N47S, N47T) van szó, vagy a forgattyústengelyt már 2009. 01. 05 után gyártottra cserélték, akkor a következő alkatrészek cseréje szükséges: alsó lánc, nagynyomású CR-szivattyú lánckerék, felső lánc, felső feszítő és vezetősín.

A 2011. március után gyártott motorok módosított vezetősínekkel jöttek le a futószalagról, így azoknál már nem fordult elő ez a probléma.

A hosszbordás szíj és a segédberendezések

A segédberendezések (generátor, hűtőfolyadék-szivattyú, klímakompresszor és szervoszivattyú) hajtására poly-V szíjat alkalmaznak. Ha a jármű klímakompresszorral van szerelve, akkor (és csak akkor!) mindkét oldalán bordás szíjat használnak, mivel így kompaktabb lehet a szíjhajtás (minden segédberendezés egy oldalon van, nagyobb a tervezői szabadság és elhagyható egy terelőgörgő is. A jármű felszereltségétől (légkondicionáló, elektromos kormány szervó) függően 4-féle kialakítás lehetséges (**14. ábra**). Jól látható, hogy az egyik oldalán bordázott szíj esetében eggyel több vezetőgörgőt kell alkalmazni. A Z-típusú szíjfeszítő minden esetben ugyanott helyezkedik el a terheletlen oldalon. 350 N feszítőerőt produkál és súrlódásból származó csillapítással rendelkezik.

(Folytatjuk)

ŐRI PÉTER