

A gázolajszűrés

A modern dízeladagoló-rendszerek legfélelmetesebb ellensége a szennyezés az olajban. Az adagolószivattyúk, a nagynyomású tápszivattyúk, a porlasztók illesztett, egymáson elmozduló alkatrészei, a vezérlőelek és a záróelemek – szelepek – alaktűrésének szigorodása a befecskendezési nyomások növekedésének következménye. A korábnál szorosabb illesztések a gázolaj mechanikus szennyezettségével, ezen belül a kiszűrődő részecske szemcseméretével szemben támaszt újabb követelményeket.

Ha az illesztési hézag összemérhető a szemcsemérettel, akkor a szemcse a felületek közé bejutva, beékelődve csiszolóhatást tud kifejteni, koptatja az egymáson elmozduló felületeket. A nagy sebességgel áramló részecskék a kis záróelem (szelep) emelkedés megnyitotta résekben szintén erodálják a felületeket. A kopás és a felületi sérülések miatt a rendszer nyomástartása már nem lesz megfelelő, és ez praktikusán az adagolás működésképtelenségét jelenti. A gázolaj szennyezettségéből származó jótállási és szavatossági problémák, az alkatrészcsere javítás komoly anyagi terhei sürgetően hívják fel a figyelmet a gázolajszűrés aktuális kérdéseire.

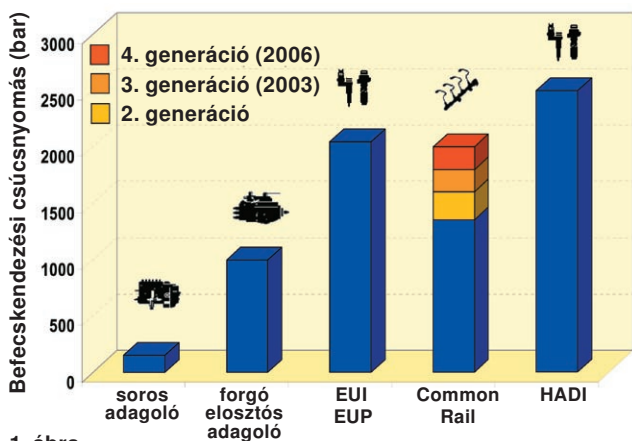
Ennek elkerülése érdekében a gyártók kisebb illesztési résméreteket állítanak be. A rendszer lényegesen érzékenyebb lesz a tömítés csökkenésére, a nyomásvesztésre. A nagyobb nyomással a korábbi vezérlőrés-méretek – szelepemelések, átömlési keresztmetszetek – is kisebbek lettek, így a rajtuk nagy sebességgel átáramló, koptató részecskékkel szennyeződött gázolaj vezérlőel-, illetve szeleplülék-erodáló hatása megnövekszik.

A láttelep

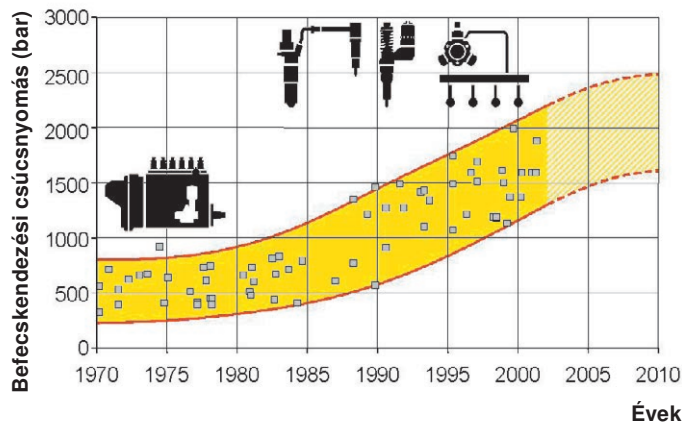
A közös nyomásterű (CR) Bosch, Siemens vagy Delphi, illetve a PD adagolórendszerű motor nehezen indul, majd nem is indul. Ma már a szerelők is tudják, hogy ennek egyik oka lehet a belső „vérzés”, a rendszer belső tömítetlensége, néhány esetben a belső finomszűrő eltömődése. Tehát a tüzelőanyagba kerülő mechanikai szennyezettség okozta a bajt. A kritikus alkatrészeket fénymikroszkóppal megvizsgálva is látjuk a bajt. Képeink (3–18. fotóábrák) felületi bemarádásokat, vezérlőel- és tömítőfelület-erodálást mutatnak. A felületi sérüléseket a mechanikai szennyeződés és a gázolaj nem kielégítő kenőképessége egyaránt okozhatja! A megszoruló alkatrész el is törhet (16. ábra). A képekért köszönet a Benedeczki Műhelynek és a Diesel-Hon Bt.-nek, a további képeket szakirodalmi forrásokból vettük át. A kopásra

Az adagolási nyomás, nevezetesen a porlasztócsúcsnál ébredő csúcshőmérséklet, illetve rendszerhőmérséklet (hol melyik a jellemző), az egyes befecskendező-rendszereknél különböző, mint azt az 1. ábra mutatja. Jellemző azonban, hogy a

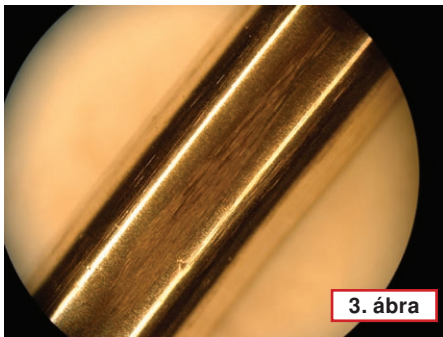
korszerű idővezérlésű rendszereknél – generációról generációra – növekvő nyomással kell számolnunk (2. ábra). A nyomás növekedésével nő az illesztett felületek között elszivárgó gázolaj mennyisége, így a munkaterék névleges nyomása is csök-



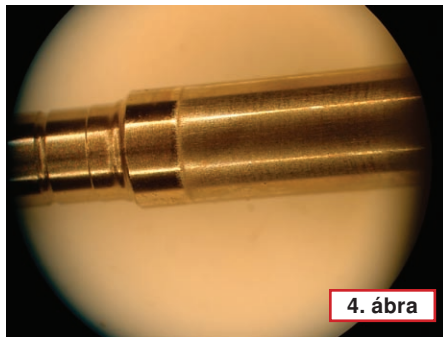
1. ábra



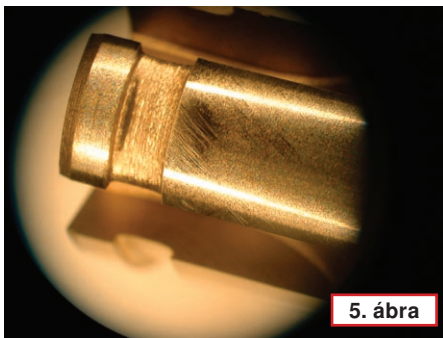
2. ábra



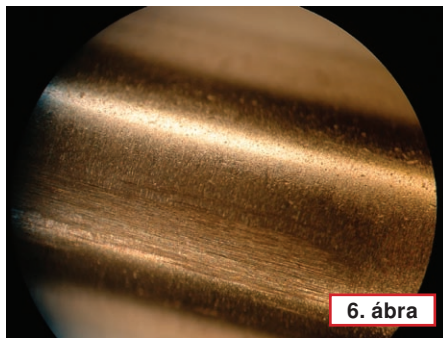
3. ábra



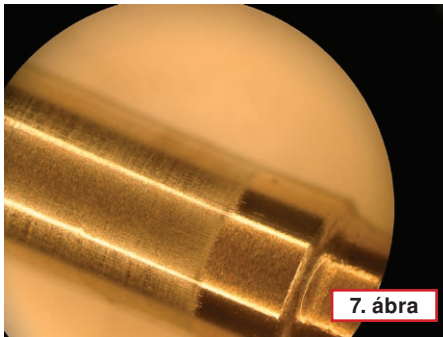
4. ábra



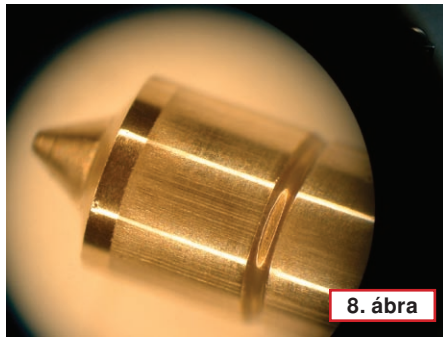
5. ábra



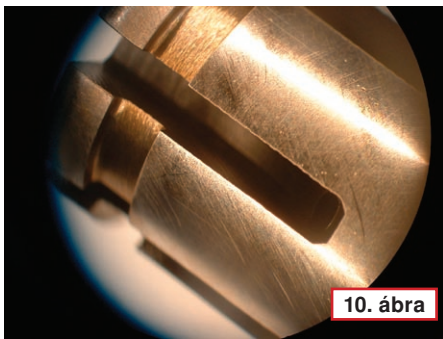
6. ábra



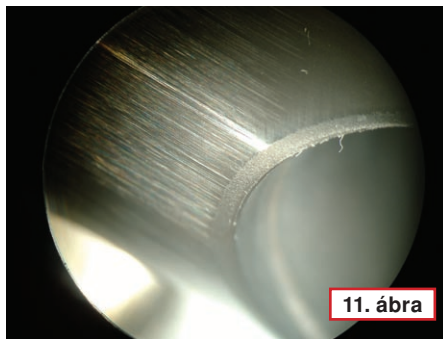
7. ábra



8. ábra



10. ábra



11. ábra



13. ábra

A vezérlőlél és a dugattyúvég közötti részen jól látható a nem megfelelő minőségű üzemanyag okozta felületi kenődés és korrózió



14. ábra

Üzemanyag-szennyeződés. Mély karcok a felületen

és erózióra kényes helyeket, a Bosch CR porlasztó golyós szelepeinek tömítetlenség szempontjából kritikus ülékét (19. ábra és a 17. ábra középső képe), továbbá a Delphi porlasztó kopás szempontjából kritikus vezérlőszelepét (20. ábra) fókuszon külön is bemutatjuk.

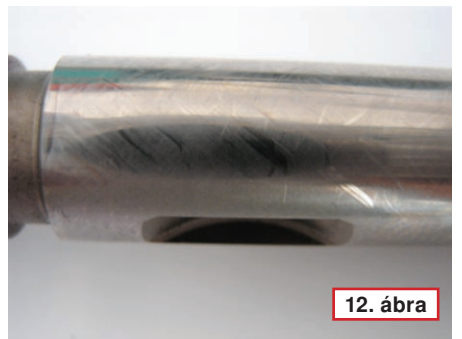
Mi okozza a bajt?

A tüzelőanyag-gyártókat a tüzelőanyag minőségi előírásai szigorúan kötik, ezek sorában találjuk meg a még megengedhető összes mechanikai szennyeződésre vonatkozó határértéket is. Természetesen a kopás szempontjából nemcsak a részecske mennyisége, hanem méret szerinti eloszlása is nagyon fontos. A 21. ábra egy kúti gázolajban lévő részecskeszennyeződés tartalmát mutatja (egy olyan államból, melynél ennek határértékére nem ügyelnek). Milliliterenként több millió részecskét tartalmaz az adagolóra veszélyes szemcseméretből.

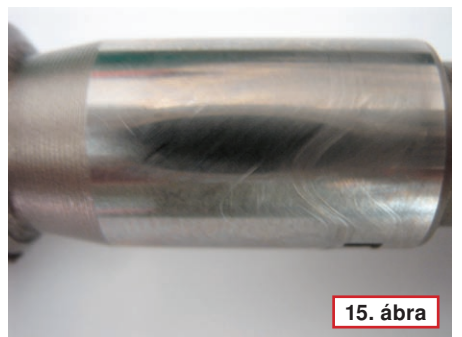


Szennyezett üzemanyag

9. ábra



12. ábra



15. ábra



16. ábra: adagolóelem-törés

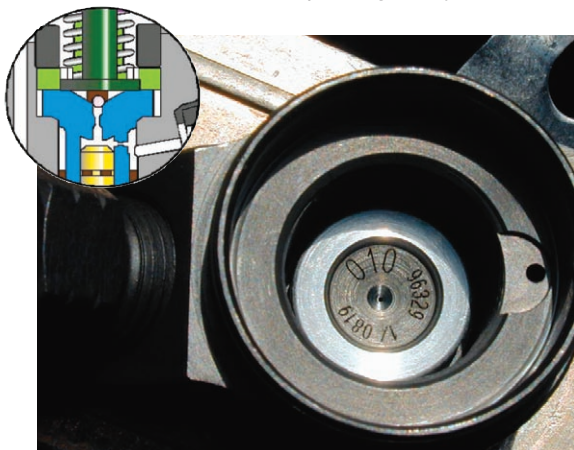
A modern adagolórendszerekben az 5 μm alatti méretű szemcsék okoznak kárt, így jobbára a 3–5 μm -es tartományban (ma már alsó határként szóba jön a 2 μm -es érték is) kell jó hatásfokú szűrést elérni. Az olajipari szakemberek meglátása szerint elég elnagyolt az a vélemény, miszerint a kopásból eredő adagoló-meghibásodásokért a gázolaj rossz kenőképessége okolható. A tapasztalatok alapján a meghibásodások jelentős része inkább a nem megfelelő szűrésre vezethető vissza. A nagynyomású rendszerekben, az injektorokban kimutatható kopás miatti meghibásodások annak ellenére keletkeznek, hogy a vizsgált gázolajok kenőképessége messzemenően kielégítik mind a szabvány, mind pedig az autógyártók igényeit a 400 mikron alatti HFRR értékkel. [A HFRR (High Frequency Reciprocating Rig) – automatizált laboratóriumi minősítő eljárás, mely kenőanyagok és kenőképességgel is rendelkezni szükséges anyagok – például a gázolaj – minősíti.] Tehát, ha nem a kenőképesség hiánya



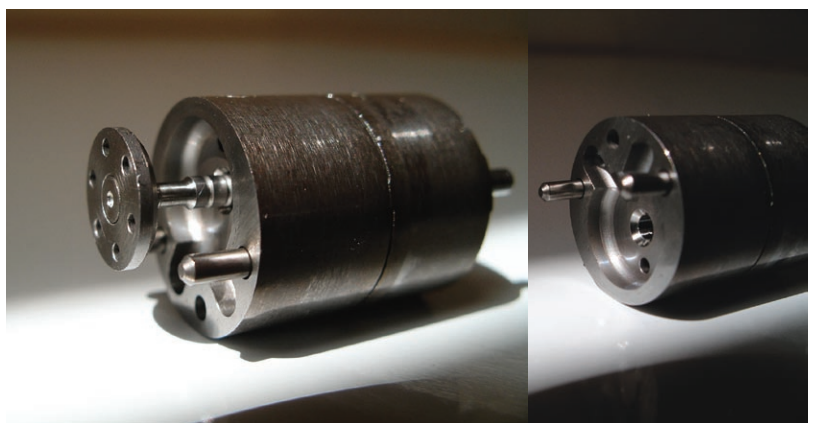
17. ábra



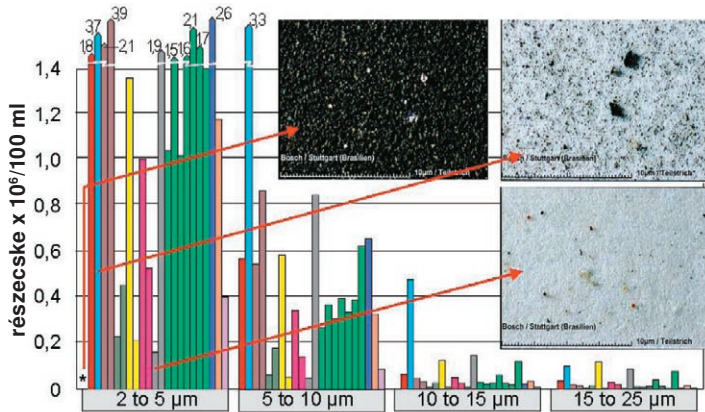
18. ábra



19. ábra: BOSCH common rail porlasztó



20. ábra: DELPHI common rail porlasztószabályzó-szelep



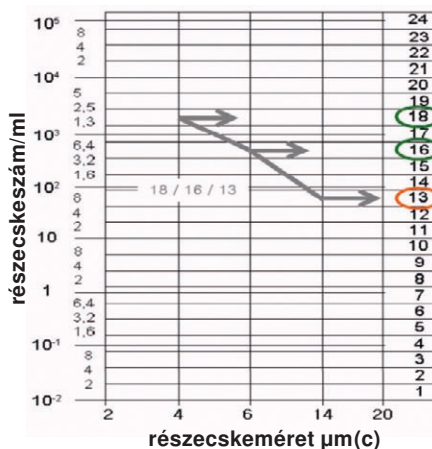
21. ábra: egy nem fejlett motorizációjú országból származó nagy mechanikus részecskeszennyezésű küti gázolaj jellegzetes részecskeméret-eloszlása

a meghibásodás oka, akkor olyan jellemzőt kell találni, mely valóban okozható a dízel adagolórendszerben kialakult meghibásodásokért. A WWFC (World-Wide Fuel Charter) 4., legújabb kiadásában (várható megjelenés 2006.) az autógyártók egy új minőségi elvárást fogalmaztak meg a tüzelőanyagok mechanikai szennyezésével szemben: ez a részecskék méreteloszlás szerinti darabszámát írja elő. [A vizsgálati módszert az ISO 4406 (elektronikus részecskeszámítás – µm(c)) és 4407 (mikroszkóp alatt, szemmel történő részecskeszámítás) tartalmazza.] A vizsgálata során a tüzelőanyagok részecskeszennyezettségét vizsgálják kisebb mint 1,5 mikronos szűrő segítségével is. Tudásunk szerint a mai forgalomban lévő legjobb, több rétegű üzemanyag-szűrők sem tudnak elfogadható hatásokkal a 3–4 µm szűrési határ alá menni. Ezért a 0–3 µm tartományba eső részecskék akadálytalanul kerülhetnek be az adagolórendszerbe és okozhatnak kopást az injektorokban.

A világ autógyártó szövetségei közül a sokan (ACEA, Alliance, EMA, JAMA és támogatóan sokan mások, köztük az OICA is) kezdeményezik és fogadják el a motorhatóanyagokra vonatkozó követelményeket. Az előírások gyűjteménye a WWFC World-Wide Fuel Charter. A WWFC 3. kiadásának (2002. december) előírása szerint a gázolaj összes részecskeszennyezése – a gyártói kibocsátásánál – nem lehet több mint 10 mg/liter. Az unió EN590 motorikus gázolaj szabványában, s így a nemzeti szabványokban is ez az érték 24 mg/liter, de a gyakorlatban a finomítók többsége ma már teljesíti a 10 mg/litert.

Ez az alábbiakat jelenti:

„13” – a 14 µm(c) vagy nagyobb méretű részecske darabszáma 60 ± 20 darab között legyen egy milliliter gázolajban,
 „16” – a 6 µm(c) vagy nagyobb méretű részecske darabszáma 480 ± 120 darab között legyen egy milliliter gázolajban,
 „18” – a 4 µm(c) vagy nagyobb méretű részecske darabszáma 1900 ± 600 darab között legyen egy milliliter gázolajban.



22. ábra: WWFC 4. kiadása szerint a gázolajban megengedett mechanikai szennyezés méreteloszlása

A problémát elsősorban nem a tüzelőanyag-gyártó által bevitt szennyeződés jelenti, ha az tényleg csak annyi, amennyit előírnak.

[De ne menjünk el ilyen gyorsan a dolog mellett, és egy kételyünket hadd vessük fel! A részecske-szemcseméret szerinti összetétel még nem, csak az össz tömeg az, amit előírnak, így az adagolórendszerben kopást előidéző 2–5 µm-es szemcsék

Az érvénybe lépés előtt álló WWFC 4. kiadása a gázolajban a mechanikai szennyeződést – mint arról már szó volt – szemcseméret szerint mennyiségre (darabra) korlátozza. A 22. ábra a határérték-diagramot mutatja. Az előírás 18/16/13 kódot ad meg a szennyezés mértékére.

számáról szinte semmit sem tudunk. Vajon az össz tömegbe a kritikus méretűeket belemérik, bele tudják-e egyáltalában mérni?]

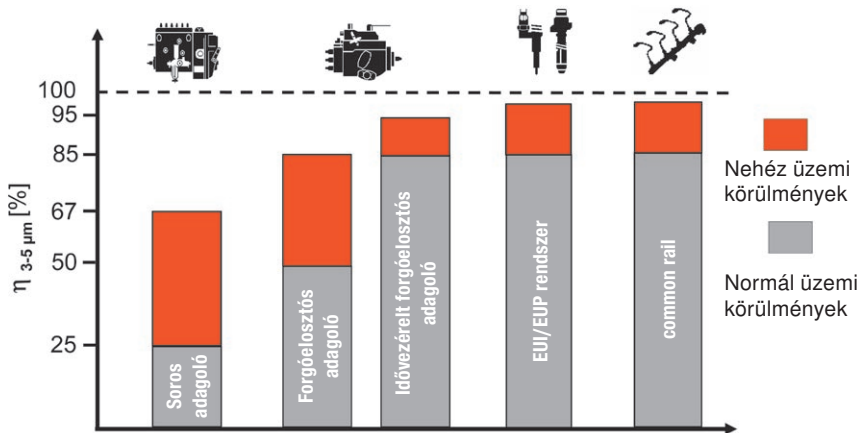
Szóval a gázolaj részecskeszennyeződése jórészt a szállításnál, a kutak tartályaiban, a lefejtésnél, nem is szólva a járműtankban történhet és történik meg. Haszongépjárművek tankszellőztető rendszerén keresztül is juthat az út porából szennyeződés a gázolajba.

Az elmondottak – a gyártói, logisztikai tisztaság – a „szép, szép...” kategóriába tartoznak, de a motor üzembiztonsága, az adagolórendszer „egészsége” szempontjából az egyedül üdvözítő megoldást csak a fedélzeti gázolajszűrés, a jó gázolajszűrő adja.

Az illesztési hézag

Milyen méretű illesztési hézaggal találkozunk az adagolórendszerek kritikus elemeinél? – kérdezzük Földvári József urat, a Diesel-Hon Bt. vezetőjét. „A nagy adagolóelem-gyártó cégek ezt az infót eléggé titkolják, nem szívesen árulják el, mert ezzel a gyártástechnológiájuk bizonyos részét is felfednék. Az illesztési hézag nem egyszerűen egy érték. Például a VE pumpánál az optimális illesztési hézag 1–1,5 mikron. Ehhez azonban számos nagyon fontos értéknek a helyén kell lenni. A legfontosabbak ezek közül az átlagérdesség, a dugattyú és az elemhüvely geometriája (megfelelő irányú kúposság, hengeresség, párhuzamossági, átmérőváltozási hiba...), az alapanyag összetétele, hőkezelések utáni feszültségek, keménységi szóráások, megmunkálószerszámok homogenitása (kőszőrűkövek, hónolószerszámok) stb. Az illesztési hézag függ többek között a dugattyú átmérőjétől is. Ez az 1–1,5 mikronos érték titánötvözetű bevonat esetén értendő (a bevonat kitűnő siklasi tulajdonságú, a sűrűségi tényező 0,6–0,8) 8 és 11 mm közötti átmérőnél. Az átmérő növekedésével az illesztési hézag is némileg növekszik.

A Diesel-Hon Bt.-ben csak a VE típusokkal és soros elemekkel foglalkozunk. A 12-es átmérőjű soros elem esetén az illesztés 2 mikron, de függ az elem hosszától is. Egy 90 mm hosszú, 15,5 mm-es dugattyúátmérőjű mozdony eleménél például 3 és 5 mikron között van az illesztés. „Pörgős” motoroknál inkább a felső illesztési tartományt érdemes megcélozni, az üzemanyagban lévő szennyeződések miatt.”



23. ábra: megkövetelt szűrési hatások a 3–5 µm tartományban

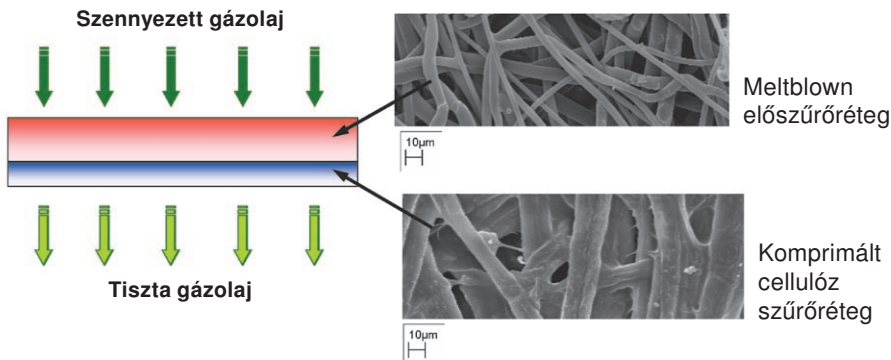
A korszerű adagolórendszerek, az adagolóporlasztó (PD vagy UI) és a közös nyomásterű befecskendező-rendszerek (CR) porlasztóegységeiben az illesztési hézagról csak annyit tudunk, hogy azok értéke 2–5 µm intervallumban van. Megismételjük a korábban elmondottakat: a Bosch CR-nél a szennyeződés elsősorban a zárófelületeket (golyósszelep ülése) karcolja meg, és teszi tömítetlenné. A Delphi CR porlasztóban a vezérlő tányér-szelep szárát és a furatot koptatja, a hatás azonos: nem épül ki a szükséges vezérlőnyomás sem időfelfutásában, sem abszolút értékében.

A kopató hatás a részecske anyagától és mennyiségétől, valamint méretétől, méreteloszlásától függ. A kopást okozó részecske ásványi eredetű, kvarc, így az abrazív koptatás megvalósulhat. Az 5 mikronnál nagyobb méretű részecskéket a tüzelőanyag-szűrők közel 100%-os eredménnyel kiszűrik. A problémát okozó 3–5 µm részecskék kiszűrésének kérdése van ma a középpontban. A 23. ábra a különböző adagolórendszereknél szükséges 3–5 µm szennyezőanyag-tartalom szűrés hatásfokát

($\eta_{3-5 \mu m}$ [%]) mutatja. A szűrés hatásfokának minimum követelménye 85%, de nehezebb körülmények között üzemelő motoroknál ez ajánlatos, hogy 98% legyen. 1997-ig Európában, ebben a szennyezőanyag-tartományban a legfinomabb szűrés legfeljebb 45% volt!

Nemcsak a szűrési hatásfoknak kell javulnia, hanem nagy folyadék-átáramlási térfogatára (sebessége) mellett a szűrő szennyezőanyag-tároló kapacitásának is. Sok esetben ez ellentmondó követelményt jelent.

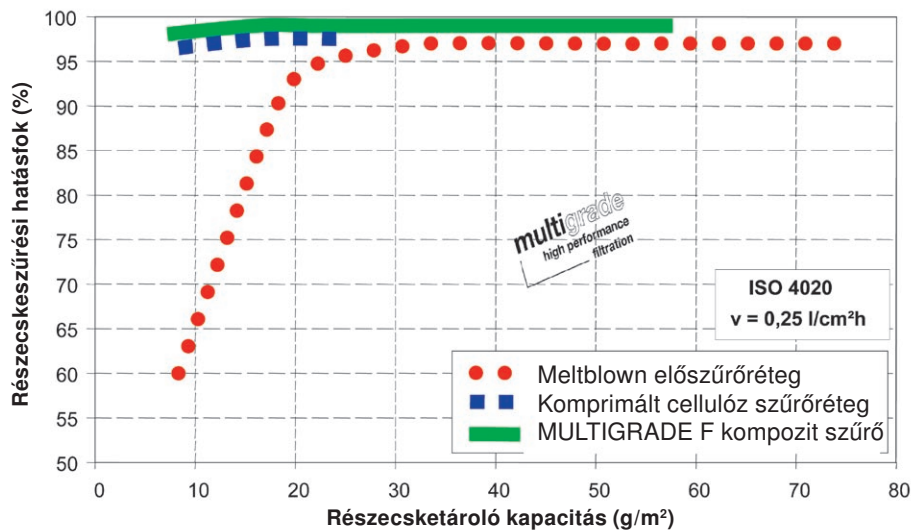
A MANN+HUMMEL a harmonika hajtógatású, csillag elrendezésű szűrőkonstrukciót tartja a legjobbnak, melynek szűrőanyaga ún. kompozit, tehát többrétegű, rétegenként eltérő anyagszerkezetű (24. ábra). A szűrő a „MULTIGRADE F” nevet kapta. A tüzelőanyag a fehér színű, ún. meltblown rétegbe lép be. A meltblown speciális technológiával előállított szintetikus szálakból álló szerkezetű szűrőelem. Ez a vastagabb, előszűrést adó, nagy szennyezőanyag-tároló kapacitású réteg (pre-filter). A második réteg sárga színű, tömörített cellulózbázisú, mely a finom



24. ábra: a MANN-HUMMEL multigrade kompozitszűrő szerkezeti felépítése



25–28. ábra: MANN-HUMMEL multigrade gázolaj tüzelőanyag-szűrő



29. ábra.: MANN-HUMMEL szűrő szűrési hatásfoka

szűrését látja el, és egyben az első réteg hordozója is (final filter). A szűrőt könnyű felismerni, mert – bocsánat a kissé laza hasonlatért – „tojás”-szűrő, azaz kívül a fehérje, belül a sárgája... Ezt fotóinkon is jól láthatjuk (25–28. ábrák).

A kompozit szűrőkonstrukció további előnye az, hogy a kezdeti leválasztási hatásfoka is igen jó. Általában a szűrők javulnak használatuk során, mert a bennük lekötött szennyeződés az átáramlási keresztmetszeteket szűkíti, és más szennyeződésmegkötési mechanizmusokat is javít. Ha a szűrőnek nagy a tárolókapacitása, akkor ezt a jó szűrési hatásfokát – eltömődés nélkül – sokáig megőrzi. Tehát az első időszak a kritikus: vajon hogyan alakul a $\eta(3-5 \mu\text{m})$ érték kezdetben. Egy egyrétegű, nagy kapacitású szűrő a fenti részecsketartományban éppen hogy eléri a 60%-ot, míg a kompozit MULTIGRADE személygépjármű-szűrőknél 95%, haszongépjármű-szűrőknél 99% felett van (29. ábra).

A technika állapota 1998-ban még csak 45%-ot engedett meg. Az 1998–2006 közötti időszakban a dízel tüzelőanyag-szűrőkkel szemben támasztott összetett motorgyártói követelmények megnégyszereződtek. A fejlődésnek ezzel messze nincs vége. A dízeladagolórendszer-gyártók a finom illesztésben előbbre szaladtak, mint azt a gázolajminőség és a szennyeződések kiszűrésével azt a fejlesztések követni tudták. A ma sorozatban gyártott szűrők – a jobbak – a 3–5 μm -es tartományban már kielégítő hatásfokúak, de ez ma úgy tűnik, nem elég. El kell érni a 2 μm -es részecskék nagy százalékú kiszűrését is, és ezt nem csak a dobozra írva kell teljesíteni...

Milyen egyéb szennyeződés van a gázolajban?

A gázolajban az ásványi eredetű részecskeszennyeződés mellett lehet fémek kopadéka szennyezés is az adott gázolaj gyenge kenőképessége miatt. A visszakeringetés miatt ennek jó részét felfogja a tüzelőanyag-szűrő. A víz és a bakteriális szennyezés okoz még gondot a rendszerben. A bakteriális szennyezés a szűrő eltömődéséhez vezethet. A víz komoly szerkezetkárosodást hoz létre, így a lehető legtokéletesebben ki kell választani a gázolajból. Az erre vonatkozó ismereteket és szűrőtechnikát – mellyel az UFI szűrők kapcsán már foglalkoztunk – egyik következő számunkban mutatjuk be.

A „gyári szűrő” és az elsőbeszállítói minőség

Az autógyártó által specifikált, előírt szűrők természetesen, a technika mai állása szerint – mint mondani szoktuk – a legjobbak. Egyetlen motorgyártónak sincs szűrőgyára, tehát ez is beszállítói termék. Az autógyártók sokszor nem engedik meg a beszállító szűrőgyártóknak, hogy saját azonosítóját a terméken elhelyezze. Ha mégis megengedi, akkor azt megtiltja, hogy a szűrőgyártó ezt a tényt, miszerint is ő az OE beszállító, üzleti érdekében, az aftermarket alkatrészipiacon megnevezze. Természetesen számszerűen az adott termék és a motortípus összefuttatható. Azt, hogy egy gázolajszűrő, mely nem OE termék egy adott dízelmotorhoz, ne

lenne ún. gyári minőségű, nem mondható ki. Ennél a rendkívül kritikus alkatrésznél azonban az üzemeltetőnek, szerelőnek megnyugtató, ha biztosan tudja, hogy OE, vagy azzal egyenértékű terméket szerel be. Csak ez adhat számára védelmet egy esetleges meghibásodásnál, melynek rendkívül komoly anyagi következményei vannak, hiszen nincs módja közvetlenül ellenőrizni a terméket.

Dr. Nagyszokoljai Iván

Köszönetet mondunk **Martin Klein** úrnak, a MANN+HUMMEL szűrőfejlesztés munkatársának, **Dr. Finichiu Liviunak** a BME Gépjárművek tanszék adjunktusának, **Benedeczki Lajosnak**, a Benedeczki Bosch Műhely tulajdonosának és munkatársainak, valamint **Földvári Józsefnek**, a Diesel-Hon Bt. vezetőjének, **Pesti Lászlónak**, a MANN-HUMMEL Magyarországi Kereskedelmi Iroda vezetőjének és **Péterfi Árpádnak**, a Birner Hungária Alkatrész-forgalmazó Kft. vezetőjének, hogy értékes információkkal és képanyaggal segítették a cikk megszületését.

Forrás:

- M. Durst, G-M Klein, N. Moser: Filtration in Fahrzeugen (MANN+HUMMEL), Verlag Moderne Technik, Landsberg/Lech, 2002., Band 228.
- M. Klein, J. Reyinger, Dr. G.-M. Klein: New Diesel filtration concepts for future requirements. MANN+HUMMEL/SE-EFF/June 2006.
- Dr.-Ing. Ulrich Projahn (Robert Bosch GmbH, Diesel Systems): Requirements on Diesel Injection Equipment and Fuel Quality under Consideration of Global Market Aspects. 5th International Filtration Conference, 2002.
- K. Knickmann (Technical Director Liquid Filter Systems, MANN+HUMMEL), M. Kolczyk (Head of Oil Filter Development MANN+HUMMEL): Fluid Management with Oil and Diesel Fuel Filter Systems. 5th International Filtration Conference, 2002.
- World-Wide Fuel Charter www.autoalliance.org/archives/00009.html

Mindenképpen biztosak lehetünk a gyári minőségben, ha a MANN+HUMMEL GmbH MANN-FILTER márkájú aftermarket termékét vásároljuk. A MANNHUMMEL Magyarországi Képviselet (www.mann-filter.hu) kérésre hivatalos nyilatkozatot ad ki arról, hogy minden terméke gyári minőségű. (x)