



DR. NAGYSZOKOLYAI IVÁN

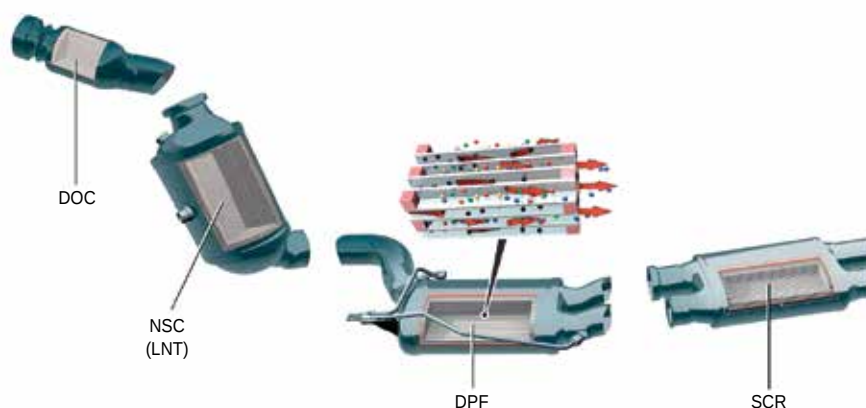
Már évszázadunk legelső éveiben meg kellett a gyártóknak mutatniuk, természetesen először az USA-ban, hogy legkevesebb tíz év múlva milyen emissziótechnikával tudják majd a követelményeket teljesíteni. A fogas kérdés akkor is a dízelmotor-emisszió volt. A prototípusok kifejlesztésének kezdeti dátumát, mint bizalmas gyári adatot, nem is ismerjük, így valószínűsíthető, hogy a mobil emissziótechnika célirányos kutatása meghaladja a 30 évet. Az SCR szabadalmát az Engelhard Corp. az USA-ban 1957-ben kapta meg. Az első időkben hőerőművek, gázturbinás erőművek füstgázának tisztítására használták.

ADBLUE NÉLKÜLI SCR

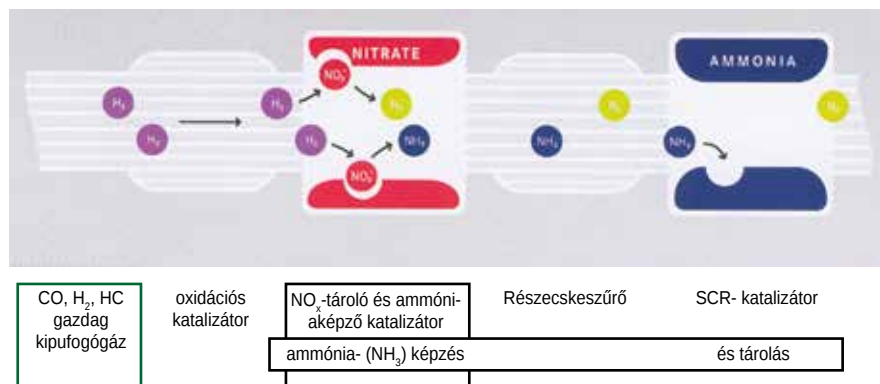
A közúti dízelmotorok NO_x -emisszió-csökkentésére vonatkozó kísérleti beszámolók és velük együtt az első megvalósítások az ezredfordulóra tehetők. A NO_x -előírások komoly szigorítása, a dízelemisszióban a NO_x -redukálását megkövetelő rendelkezések az Egyesült Államokban 2010-ben léptek hatályba.

Az ezredfordulón a Mercedes-Benz az USA-ban bemutatott dízel személyautó emissziótechnikai megoldásai a napjainkra megvalósult két alapvető technika „ősei”. A DOC+DPF+SCR AdBlue-val összeállítású tisztítórendszer akkor még nagyon is újdonságnak számított. Az USA-ba AdBlue-s motort vinni azonban kétségesnek tűnt. Vajon hogy fogadja az amerikai autós, hogy még egy „valamit” kell tankolnia, és vajon szabad-e szabadságát korlátozni annak veszélyével, hogy a kocsi állva marad, ha ez a valami, a reagens folyadék kifogy? Bizonyára ezek a gondolatok is hozzájárultak ahhoz, hogy a Mercedes mérnökei egy másik, szintén hatékony nitrogén-oxid redukciós eljárást választottak, a tárolókatalizátoros megoldást.

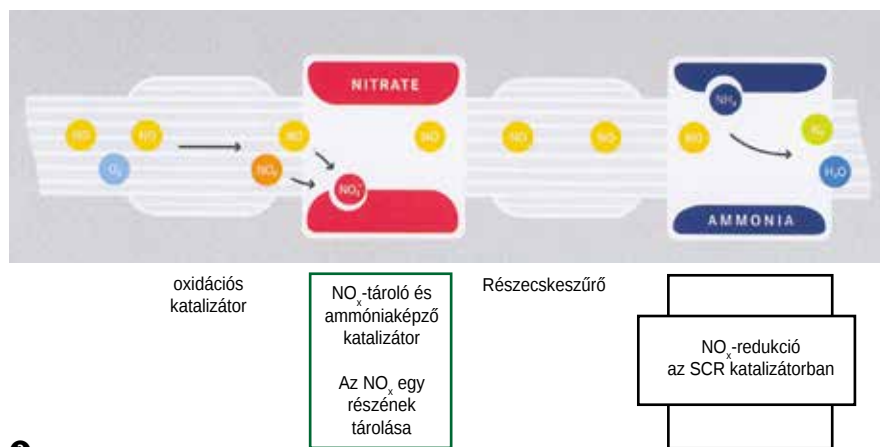
Az ismert volt, hogy a tárolókatalizátor (NSC) alternatívát jelent az AdBlue-s SCR-rel szemben, de nagy saját tömegű autóknál, az USA-ban előírt ún. FTP menetciklusban mérve, nem volt az NSC önmagában elegendő (vagy akkor még nem volt elég tökéletes?). Megszületett az NSC+SCR redukciós képletű emissziótechnikai rendszer. A dolgok lényege, hogy az SCR működéséhez elengedhetetlenül szükséges ammóniát, vagy hordozóanyagát nem kívülről viszik be, hanem az ammóniát a rendszer maga állítja elő. Ezért kapta ez az SCR a passzív jelzést és a pSCR megjelölést. Ez az új emissziótechnika jelentette 2011-ben az új mérföldkövet. Kereskedelmi forgalomba valamennyi Mercedes dízel-hibridet, így például az E 300 BlueTEC Hybrid modellt és az Atego BlueTEC Hybrid teherautót ezzel az emissziótechnikával szerelték. Mielőtt a pSCR kipufogógáz-tisztítási megoldás részleteire rátérnénk, el kell mondanunk, miért vettük elő ezt a „történelmi” műszaki megoldást. Természetesen azért, mert a közelmúltban ismét aktuális lett.



Mercedes-Benz Vision E 320 BLUETEC kipufogógáz-utókezelő rendszer



2



3

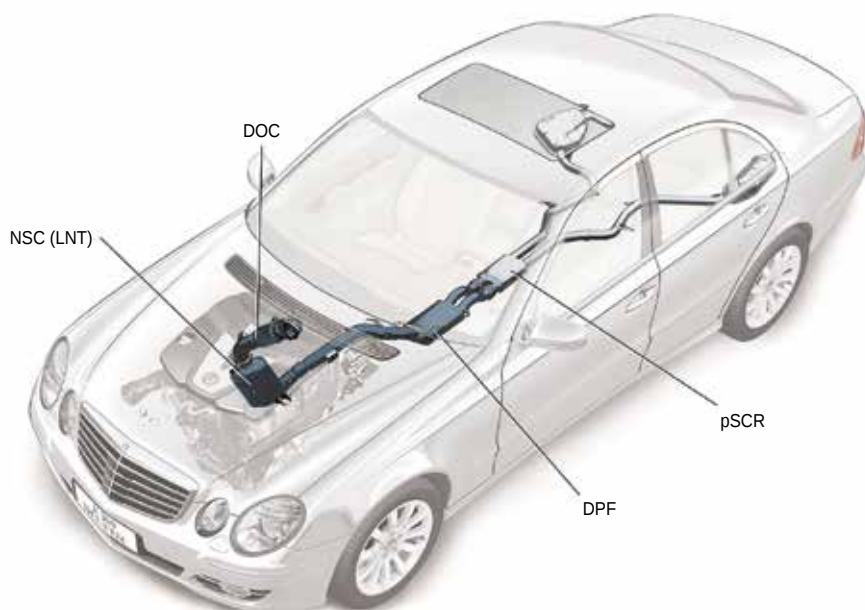
Az AdBlue szükségesség, a hozzá tartozó tartály és ellátórendszer, a fagyásveszély, az utántöltésgény és -technika nem vonzó, sőt sokak számára riasztó. Ez a probléma a kezdetektől fennáll és nem enyhült napjainkban sem. Az NSC ugyan kiküszöböli a fentieket, de némi fogyasztásnövekedést okoz, katalizátorra rendkívül kényes és viszonylag szűk kipufogógáz-hőmérsékleti tartományban adja csak a szükséges átalakítási hatásfokot. Ez utóbbi jellemzője készíti ma a fejlesztőket, hogy az SCR-rel társítsák. A WLTC, de sokkal inkább az RDE követelménye jelenti a kényszert. Mint ismert, ez a két típusvizsgálati, természetesen kötelező menetállapot-sorozat a korábbinál nagyobb motor jellemző felületet takar be. Jobbára a nagyobb terhelések, a nagyobb kipufogógáz-hőmérsékletek zónájába kiterjesztve az NEDC menetciklust, a mára már használaton kívüli menetcik-

lus lefedte mezőt. A bajt a nitrogén-oxidok redukációjában az jelenti, hogy az NSC errefelé már hatástalan. Ebben a

zónában kell az SCR. Kettős megoldást több gyártó is alkalmaz, mi az Audi technikáját ismertettük (V6 TDI), de azoknál az SCR AdBlue-t igényel. Ma – mindennapjaink technikája – a Ford az 1.5L TDCi (DV5FC/FD) és a 2.0L TDCi (DW10F) motorjainak emissziótechnikája rendkívül széles modellválasztékú beépítésben tartalmaz pSCR katalizátort.

MERCEDES pSCR

A Mercedes korabeli grafikáján 1 az emissziótechnika „képlete” az ábráról leolvasható: DOC+DeNO_x(NSC)+DPF+SCR. Tehát a sor az oxidációs katalizátorral (DOC) kezdődik, majd jön a rendszer „kulcseleme”, a tárolókatalizátor (DeNO_x, vagy NSC, ismert rövidítés még az NSR és az LNT). A motorból kikerülő nitrogén-oxid molekulákat a tárolókatalizátor befogja és telítődéséig tárolja. A 2 ábrán a második egység az NSC, melyben a „befogás” fázisát látjuk. Az NSC az NO és az NO₂ molekulákat, annak egy részét, bázumvegyületben magához köti. Az előtte lévő DOC természetesen a szénhidrogéneket, a szén-monoxidot



4 Mercedes-Benz E 300 BLUETEC



5 DOC és NSC

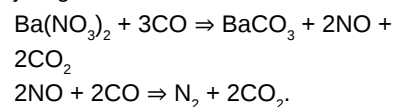


6 DPF és SCR

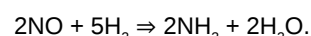
oxidálja, így tesz a nitrogén-monoxid adott hányadával is, NO₂ vegyületet képezve. A motorból kikerülő részecskéket (PM) a harmadik elem, a részecskeszűrő (DPF) fogja meg. A tárolókatalizátoron átjutott nitrogén-monoxidot – üzemállapottól függő mennyiségét – az SCR katalizátorban ammóniával semlegesítjük. Az ammóniát az SCR katalizátor tárolni is tudja. Honnan származik az ammónia? Először idézzük fel eddigi ismerete-

inkből, hogyan történik az NSC-regenerálás. A regenerálás ebben az esetben azt jelenti, hogy a vegyületben korábban megkötött nitrogén-oxid felszabadul, ismét nitrogén-oxid lesz és ez redukálódik. Az eredmény nitrogén-gáz (N₂). Ehhez a reakciósorozathoz elsősorban hidrogén, szén-monoxid és szénhidrogének kellene, mely normál dízelüzemben a szükséges mértékben nem keletkezik. A dízelmotorban lezajló, mondhatjuk, abnormális mértékben

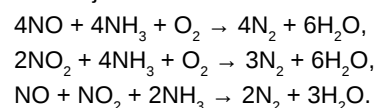
dúsított keverékű elégetés hozza létre ezeket az anyagokat. Az alábbi a két jellegzetes reakció:



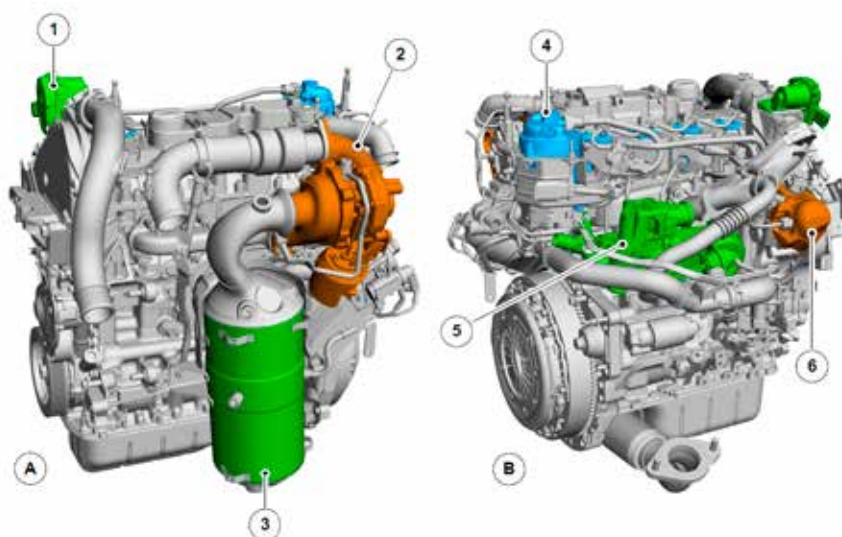
Amiről az NSC regenerálásánál eddig nem sok szó esett, az az, hogy ennek a folyamatnak egyik mellékterméke az ammónia (NH₃) az alábbi reakció szerint:



Az így képződött ammóniát az SCR először tárolja 1. Amikor az NSC betárolási fázisban van és hőmérséklet-növekedés okozta kapacitáscsökkenése, valamint a kipufogógáz nagy tömegárama miatt minden nitrogén-oxid molekulát nem tud lekötni, az SCR-katalizátorba jutó NO_x-et a korábban betárolt, majd felszabaduló ammónia redukálja 2:



A Mercedes-Benz pSCR emissziótechnikai rendszer elemeit a 4 ábra szemlélteti és fényképeken is be tudjuk mutatni. A képek 2008-ban készültek az autós mérnökök nemzetközi szövetségének (FISITA) müncheni konferenciá-



7/a és 7/b ábrák: 1.5L Duratorq-TDCi (DV5F) motor: A – a motor előlnézete, B – a motor hátulnézete, 1 – elektronikus szívócső pillangószelep, 2 – turbófeltöltő, 3 – NSC és DPF, 4 – tüzelőanyag-szűrő, 5 – EGR-szelep, 6 – tüzelőanyag-szivattyú

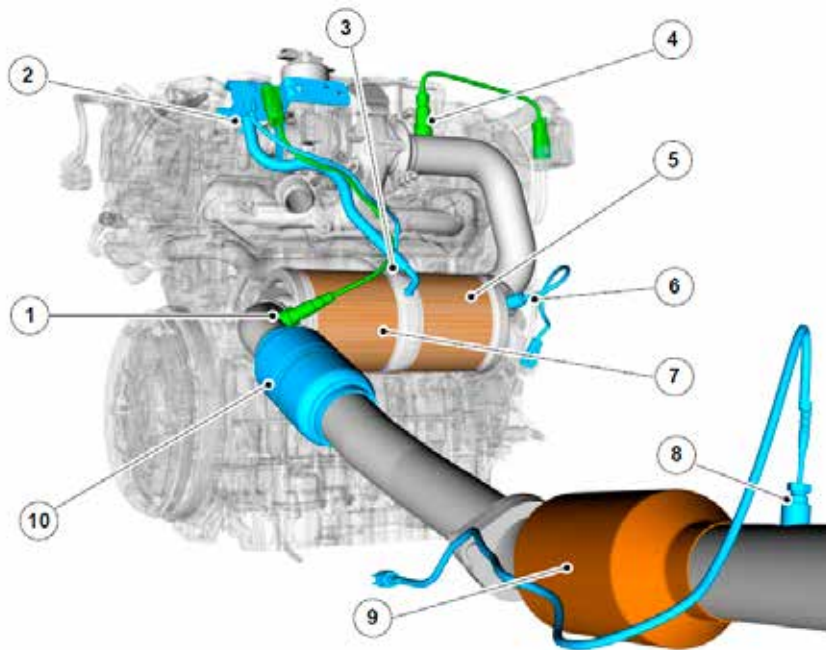
ján és kiállításán 5 6.

FORD pSCR

A dízelmotoros személygépjárművekre vonatkozó módosított Euro 6 környezetvédelmi előírás, az Euro 6c, mint tudjuk, 2017. szeptember 1-jétől bevezette az RDE-t, a valós menetkörülmények közötti kipufogógáz-koncentráció mérését. Ebben a nitrogén-oxidok kibocsátása kerül az értékelés középpontjába. A cikkben már leírtuk, hogy a felhasználóbarát – mert nem kell hozzá AdBlue – tároló-katalizátoros NO_x-redukciós rendszer önmagában nem elegendő, szükséges az SCR-kibővítés.

A Ford 1.5L TDCi (DV5FC/FD) és 2.0L TDCi (DW10F) motorjainak emissziótechnikája AdBlue-mentes, melyhez – a DPF-en túl – azonban NSC és pSCR szükséges. Nézzük először, az 1.5L TDCi (DV5FC/FD) motorokkal szerelt modelleknél milyen kipufogógáz-tisztítási technikát alkalmaztak.

A motor előoldalán, 7/a ábrán találjuk, közel a turbótöltőhöz a hengeres kettős



9 2.0 TDCi DW10F (88 – 132 kW) motor: 1 – lambda-szonda 2, 2 – nyomáskülönbség-érzékelő – 1 mérőpont, 3 – hőmérséklet-érzékelő 2, 4 – lambda-szonda 1, 5 – NSC (NO_x-csapda), 6 – hőmérséklet-érzékelő 1, 7 – DPF, 8 - hőmérséklet-érzékelő 3, 9 – pSCR, 10 – flexibilis csatolóelem

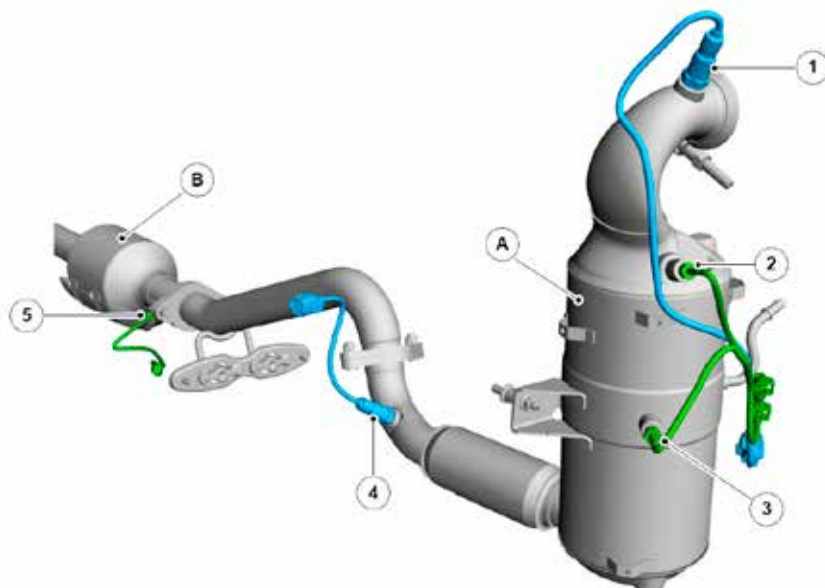
reaktort, benne felül az NSC, alatta a DPF. A motor hátoldalán, a 7/b ábrán látható kipufogócső-csatlakozás megy

a pSCR egységhez.

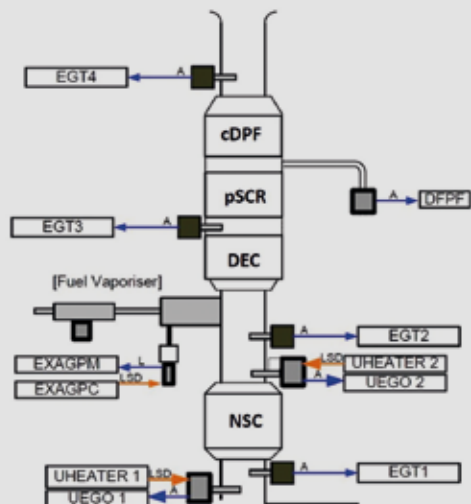
A teljes kipufogógáz-tisztító rendszert a 8 ábrán láthatjuk. A padlólemez alá elhelyezett pSCR az AdBlue ammónia ellátású SCR-hez képest kisebb hőmérsékleten is üzemképes, ezért helyezhető el hátrébb. Az ECU a rendszerfelügyeletet és a folyamatszabályozást hőmérséklet-jeladók és a lambda-szondák jelei alapján végzi.

A 2.0L TDCi (DW10F) motorok emissziótechnikája teljesítményük szerint különbözik. A 88–132 kW teljesítményűek emissziótechnikai képlete hasonlít az 1.5L TDCi kialakításához. Az AdBlue nélküli rendszer NSC+DPF+pSCR képletű. A 9 ábra mindhárom átalakító elhelyezését és a jeladókat mutatja.

A 2.0L TDCi DW10F (154 kW) motor kipufogógáz-tisztító rendszere összetettebb, képlete: NSC, DOC (DEC), pSCR, DPF. A Tenneco gyártmányú tisztítóegység-összeállítás megnevezése „DEC & SCR & DPF box assembly”. A 10 blokkdiagram mutatja az elvi elren-



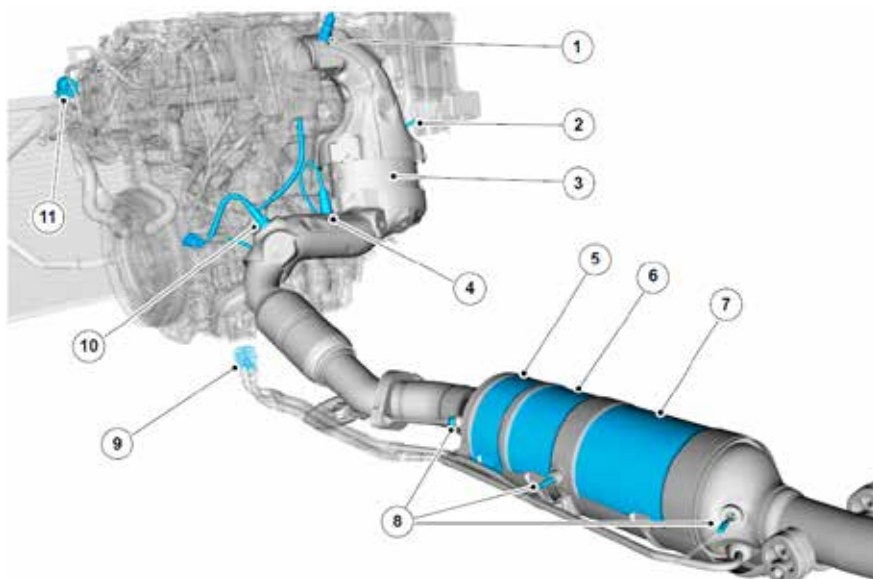
8 1.5L Duratorq-TDCi (DV5F) motor: A – NSC+DPF, B – pSCR, 1 – lambda-szonda a katalizátor előtt, 2 – 1. kipufogógáz-hőmérséklet érzékelő, 3 – 2. kipufogógáz-hőmérséklet érzékelő, 4 – lambda-szonda a katalizátor után, 5 – 3. kipufogógáz-hőmérséklet érzékelő



dezt. A gázolaj-befecskendezés (Fuel Vaporiser) a DPF-regenerációt segíti. A gázolaj a DPF előtti DEC-katalizátorban oxidálódik. A DEC név is erre utal, az „E” exotherm, azaz hőfejlődést eredményező katalizátor megnevezése.

A 10. ábra azt mutatja, hogy a nyomásvételi helyek, illetve az elvezető csövek a legutolsó reaktor elején és végén lépnek ki. Ez a DPF. Egyes változatok-

ban nyomásmérés csak a DPF előtt van, a nyomást a légköri nyomáshoz képest állapítják meg. A 10-es tétele a gázolaj-befecskendezés, elpárologtatás. A gázolaj-tápszivattyú a kipufogócsőbe, hűvellybe helyezett izzógyertyára fecskendez a tüzelőanyagot, ott elpárolog és gőzként ragadja magával a kipufogógáz. A rendszerről az Autótechnika 2015/4. számában részletekbe menően szövegtünk.



11 2.0L TDCi DW10F (154 kW) motor: 1 – lambda-szonda, 2 – kipufogógáz-hőmérséklet érzékelő 1, 3 – NSC (NO_x-csapda), 4 – lambda-szonda, 5 – DOC (exotherm katalizátor = DEC), 6 – pSCR, 7 – cDPF (Pt katalizátorral), 8 – kipufogógáz-hőmérséklet érzékelők, 9 – nyomáskülönbség-érzékelő – 2 mérőpont, 10 – gázolaj-elpárologtató, 11 – elpárologtató tápszivattyú

A Ford dízelmotorok AdBlue nélküli NSC+pSCR nitrogén-oxid redukálási technikája új generációt képvisel, valószínűsíthetően a következő évtizedben is alkalmazni fogják ezt a megoldást. Autótulajdonosi, autvásárlói szempontból kedvező, mert AdBlue-utántöltést nem igényel, nincs motorindítás-tiltás és valószínű, hogy az AdBlue ellátórendszer elmaradása bőven kompenzálja az SCR beépítését. Autószerelői szempontból pedig kevesebb a meghibásodást okozó kritikus alkatrész. Az NSC-katalizátor jóval kényesebb, mint például az Otto-motorok három komponensre ható katalizátora, nemcsak, hogy kényesebb, hanem jóval drágább is. Cseréje nagyobb szerkezeti egységekben lehetséges, ez is jelentősen növelheti az árat. ■

Forrás:

- M. Koebel, M. Elsener, M. Kleemann: Urea-SCR: a promising technique to reduce NO_x emissions from automotive diesel engines Catalysis Today, Vol. 59, Issues 3–4, 25 June 2000, Pages 335-345.
- W. Storms, A. Rateau, H. Matsubara, F. A. Lafossas, A. Mohammadi: Clarification of NH₃ Formation Mechanism on a Diesel Engine NO_x Storage Reduction Catalyst Under Rich Conditions and Evaluation of the SCR Benefit at WLTC, Topics in Catalysis, July 2016, Vol. 59, Issue 10–12, pp 925–930.
- T. Wittka, B. Holderbaum: Potentials for NO_x and CO₂ reduction of combined NSC + passive SCR system in Diesel passenger car application. Combustion Engines. 2014, 157(2), 68-76. ISSN 2300-9896.
- BlueTec, CDI BlueEFFICIENCY and BlueTec HYBRID – The future of the compression-ignition engine, Press Information, Daimler Communications, Mercedes-Benz – A Daimler Brand, 2011. 02. 14.