



VIZSGABIZTOSI KÉPZÉS **II. továbbképzés**

Benzinmotor és dízelmotor emissziótechnikájának új elemei

Dr. Nagyszokolyai Iván

BUDAPEST 2013

A szerző

A „Benzinmotor és dízelmotor emissziótechnikájának új elemei” című előadási anyag szerzője dr. Nagyszokolyai Iván, aki 1972-ben végzett a BME Közlekedésmérnöki Karon. Tanított a BME Gépjárművek tanszékén (1972-1974), a KTMF-en és jogutódján a Széchenyi István Főiskolán (1974-1995), majd ismét a BME Gépjárművek tanszékén (1996-2012). Jelenleg a BME óraadó tanára. Egyetemi műszaki doktori címét 1978-ban szerezte. Szakterülete a belső égésű motorok emissziótechnikája, gépjárművek diagnosztikai vizsgálata. Számos szakkönyv szerzője, 1991-től napjainkig, a jogelődökkel együtt, az Autótechnika folyóirat főszerkesztője.

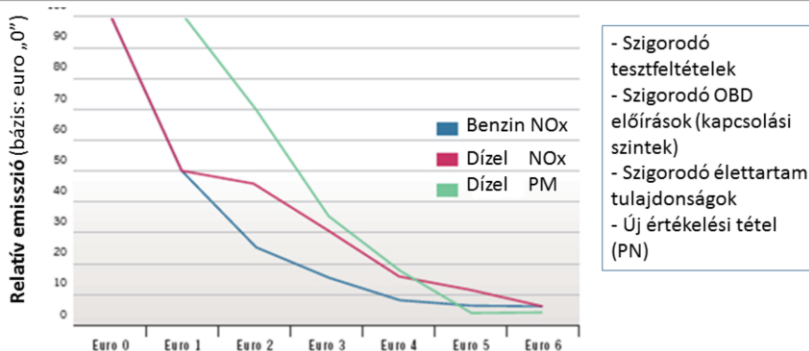
Az előadási anyag csupán néhány korszerű és egészen új, első sorban dízelmotor emissziótechnikai műszaki újdonságra hívja fel a figyelmet, olyanokra, melyek már szériagyártásban vannak és a gépjárművek műszaki vizsgáján hamarosan megjelennek. A korlátozott terjedelem és az Önök által korábban, e szakterületen szerzett ismeretei miatt valóban csak az újabb technikai megoldásokra kellett kitérni. A belső égésű motorok szennyezőanyag kibocsátásának rendeleti korlátozása, ma úgy tűnik, elérkezett végső fázisába. Az euro 6 előírása teljesíthetőek, melyeknek a technikai megoldásaival kell – a továbbképzés keretei között csak vázlatosan – megismerkedni.

Az előadásban megjelenített képek részben a szerző fotói és rajzai, részben a cégek közlésre engedélyezett sajtóanyagából átvett illusztrációk.

Az előadás anyaga a szerző szellemi terméke. Az anyag kizárólag az NKH vizsgabiztosi továbbképzésben résztvevők számára készült, azt továbbadni, belőle részeket kiemelni csak a szerző engedélyével szabad. ©Nagyszokolyai

Honnan, hová? – emissziós határértékek

Euro előírás	Bevezetés		Emissziós határértékek		
	típusvizsgálat	forgalomba-helyezés	benzines NOx (mg/km)	dízel NOx (mg/km)	dízel PM (mg/km)
Euro 0	1991.X. 1.	-	1000	1600	-
Euro 1	1992. VI. 1.	1992. XII. 31.	490	780	140
Euro 2	1996. I. 1.	1997. I. 1.	250	730	100
Euro 3	2000. I. 1.	2001. I. 1.	150	500	50
Euro 4	2005. I. 1.	2006. I. 1.	80	250	25
Euro 5	2009. IX. 1.	2011. I. 1.	60	180	5
Euro 6	2014. IX. 1.	2015. IX. 1.	60	80	5

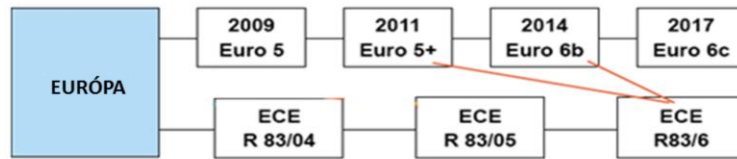


Honnan, hová?

A belső égésű motorral hajtott gépjárművek üzeme során a környezetbe kikerülő szennyezőanyagok (gáz és részecske) mennyiségét (tömegét) a múlt század második felétől kezdődően, az egész világon rendeletekkel korlátozzák. A korlátozás a piacra kerülő mindenkor új gépjárművekre vonatkozik. Az új konstrukciójú gépjármű típusvizsgálat után típusbizonyítványt csak akkor kap, ha megfelel, sok más követelmény mellett, az emisszió-korlátozó előírásoknak. Igazolnia kell a gyártónak azt is, hogy gépjárműtípusának az emissziós jellemzői, a gépjármű megszabott élettartama során is a megadott határértékeken belül maradnak. Az európai szabályozás, közismert néven az ún. „euro” előírásokat Magyarországnak is maradéktalanul át kell vennie és annak érvényt kell (a hatósági engedélyező és ellenőrzési munkában) szereznie.

Az emissziós előírások szigorodását jól mutatja a táblázat és a grafikon. Az elmúlt mintegy két évtizedben 95%-os (!) csökkentést kellett végrehajtani valamennyi korlátozott komponens tekintetében. Ilyen nagymértékű technikai változás nem volt a belső égésű motorok több, mint 100 éves történetében, és ezt a sokszoros műszaki generációváltás technikai megoldásait mind a fenntartóiparban dolgozóknak, mind az ellenőrző hatóság szakemberinek, vizsgabiztosainak maradéktalanul kell tudniuk követni. A környezetvédelem megköveteli, hogy a gépjárművön lévő emissziótechnikai rendszerek hatékony működése a gépjármű teljes élettartama alatt fennálljon. „Az időszakos vizsgálaton (...) az üzemeltetési műszaki feltételek megtartását, továbbá a közlekedésbiztonsági és környezetvédelmi tulajdonságokat érintő változtatásokat (...) kell ellenőrizni (...)”

Személygépjárművek és könnyű haszongépjárművek



Otto-motoros gépjármű		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
M, N1 CI I	TA	Euro 5b OR	Euro 5b+ 01Sep11		Euro 6b 01Sep14			Euro 6c 01Sep17		
	FR	Euro 5a	Euro 5b	Euro 5b+		Euro 6b 01Sep15		Euro 6c 01Sep18		
N1 CI II, III, N2	TA	Euro 5b OR	Euro 5b+ 01Sep11			Euro 6b 01Sep15		Euro 6c 01Sep18		
	FR	Euro 5a	Euro 5b	Euro 5b+		Euro 6b 01Sep16		Euro 6c 01Sep19		
Dízelmotoros gépjármű										
M, N1 CI I	TA	Euro 5b OR	Euro 5b+ 01Sep11		Euro 6b 01Sep14			Euro 6c 01Sep17		
	FR	Euro 5a	Euro 5b	Euro 5b+		Euro 6b 01Sep15		Euro 6c 01Sep18		
N1 CI II, III, N2	TA	Euro 5b OR	Euro 5b+ 01Sep11			Euro 6b 01Sep15		Euro 6c 01Sep18		
	FR	Euro 5a	Euro 5b	Euro 5b+		Euro 6b 01Sep16		Euro 6c 01Sep19		

TA – típusvizsgálat

FR – új jármű, első forgalombahelyezés

A gépjárművek kipufogógáz szennyezés korlátozására vonatkozó európai rendeletek a vizsgálati módszereket és a határértékeket tartalmazzák. Ma már a gázemissziós típusvizsgálat elsősorban műszeres követelményei olyan nagyok, hogy azt kevesen tudják teljesíteni. Magyarországon jelenleg nincs minősítő laboratórium.

Az európai rendeleteket változtatás nélkül kell átvenni és beépíteni a magyar jogrendbe. Az EU rendeletek gyűjteménye a Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. „EU és ENSZ-EGB Közúti-jármű Műszaki Koordinációs Központ (EKK)” honlapjáról letölthető (www.kti.hu). Témánkat az ENSZ-EGB 83. számú előírás érinti „EGYSÉGES FELTÉTELEK GÉPJÁRMŰVEK JÓVÁHAGYÁSÁRA A MOTOR SZENNYEZŐ ANYAGAINAK KIBOCSÁTÁSA SZEMPONTJÁBÓL A MOTOR TÜZELŐANYAG-IGÉNYE SZERINT”.

A jogszabályt a magyar jogrendben a 6/1990. (IV. 12.) KöHÉM számú, A **közúti járművek forgalomba helyezésének és forgalomban tartásának műszaki feltételeiről** szóló rendelet tartalmazza.

emisszió	egység	PC M ¹⁾ , LDT N1 CL 1			
		Euro 5a	Euro 5b/b+	Euro 6b	Euro 6c
THC	mg/km	100	100	100	100
NMHC		68	68	68	68
NOx		60	60	60	60
CO		1000	1000	1000	1000
PM ^{2) 3)}		5,0	4,5	4,5 ²⁾	4,5 ²⁾
PN # ³⁾	Nb/km	-	-	6,0 * E11 ⁴⁾	6,0 * E11

emisszió	egység	LDT N1 CL 2			
		Euro 5a	Euro 5b/b+	Euro 6b	Euro 6c
THC	mg/km	130	130	130	130
NMHC		90	90	90	90
NOx		75	75	75	75
CO		1810	1810	1810	1810
PM ^{2) 3)}		5,0	4,5	4,5	4,5
PN # ³⁾	Nb/km	-	-	6,0 * E11 ⁴⁾	6,0 * E11

emisszió	egység	LDT N1 CL 3, N2			
		Euro 5a	Euro 5b/b+	Euro 6b	Euro 6c
THC	mg/km	160	160	160	160
NMHC		108	108	108	108
NOx		82	82	82	82
CO		2270	2270	2270	2270
PM ^{2) 3)}		5,0	4,5	4,5	4,5
PN # ³⁾	Nb/km	-	-	6,0 * E11 ⁴⁾	6,0 * E11

Szikragyújtású motor

PC – szgk.
LDT – könnyű tgg.
THC – Σ szénhidrogén
NMHC – ΣHC – CH₄
PM – részecske
PN – részecske darabszám
Nb/km – darab/km

CL 1 – osztály 1
≤ 1250 kg
CL 2 – osztály 2
> 1250 kg ≤ 1700 kg
CL 3 – osztály 3
> 1700 kg

Szigorítás: közvetlen
benzinbefecskendezésű
motoroknál részecske
koncentráció és
darabszám mérés!

A szikragyújtású motorokkal hajtott személygépjárművekre vonatkozó „euro 6” kipufogógáz szennyezőanyag határértékek szinte alig, vagy egyáltalán nem változtak az euro 5 előírásban foglaltakhoz képest. Egy új előírás azonban megjelent, a részecske kibocsátásra, annak tömegemissziójára és a kibocsátott részecskék darabszámára vonatkozó korlátozás.

A közvetlen befecskendezésű benzinmotorok – keverékképzésük sajátosságaiból eredően – az égésfolyamat bizonyos szakaszában részecskéket képeznek és azokat emittálják is. A részecskék, a dízel PM-hez hasonlóan, szénatom agglomerációra rakódó, többségében részoxidált, átalakult szénhidrogénekből áll. Ezen szénhidrogének rákkeltő hatását kimutatták.

A mérések azt mutatják, hogy a mai közvetlen befecskendezésű Otto-motorok a kibocsátott részecsketömeget illetően nem kívánnak emissziótechnikai beavatkozást, de a részecskék számában azonban meghaladják az előírásban foglalt értéket (6×10^{11} db/km). Várható, hogy ezért szűrési technikát kell alkalmazni, hasonló, mint a mai dízel DPF.

A szűrő regenerálása a dízeleknél már megismert módon történhet, a részecskék kellő hőmérsékleten – katalizátor közrehatásával – oxidálható széndioxidá és vízzé.

A részecskeemisszióra vonatkozó előírás az euro 6 életbe lépése után pár évvel lesz csak hatályos.

emisszió	egység	PC M ¹⁾ , LDT N1 CL 1		
		Euro 5a	Euro 5b/b+	Euro 6b / 6c
NOx	mg/km	180	180	80 ●
HC+NOx		230	230	170 ●
CO		500	500	500
PM ²⁾		5,0	4,5	4,5
PN #	Nb/km	-	6,0 * E11	6,0 * E11
emisszió	egység	LDT N1 CL 2		
		Euro 5a	Euro 5b/b+	Euro 6b / 6c
NOx	mg/km	235	235	105 ●
HC+NOx		295	295	195 ●
CO		630	630	630
PM ²⁾		5,0	5,0	4,5
PN #	Nh/km	-	6,0 * E11	6,0 * E11
emisszió	egység	LDT N1 CL 3, N2		
		Euro 5a	Euro 5b/b+	Euro 6b/6c
NOx	mg/km	280	280	125 ●
HC+NOx		350	350	215 ●
CO		740	740	740
PM ²⁾		5,0	5,0	4,5
PN #	Nb/km	-	6,0 * E11	6,0 * E11

Dízelmotor

PC – szgk.
LDT – könnyű tgg.
HC+NOx – együttes emisszió
PM – részecske
PN – részecske darabszám
Nb/km – darab/km

CL 1 – osztály 1
≤ 1250 kg
CL 2 – osztály 2
> 1250 kg ≤ 1700 kg
CL 3 – osztály 3
> 1700 kg

● Jelentős szigorodás

Dízelmotorra vonatkozó határértékek

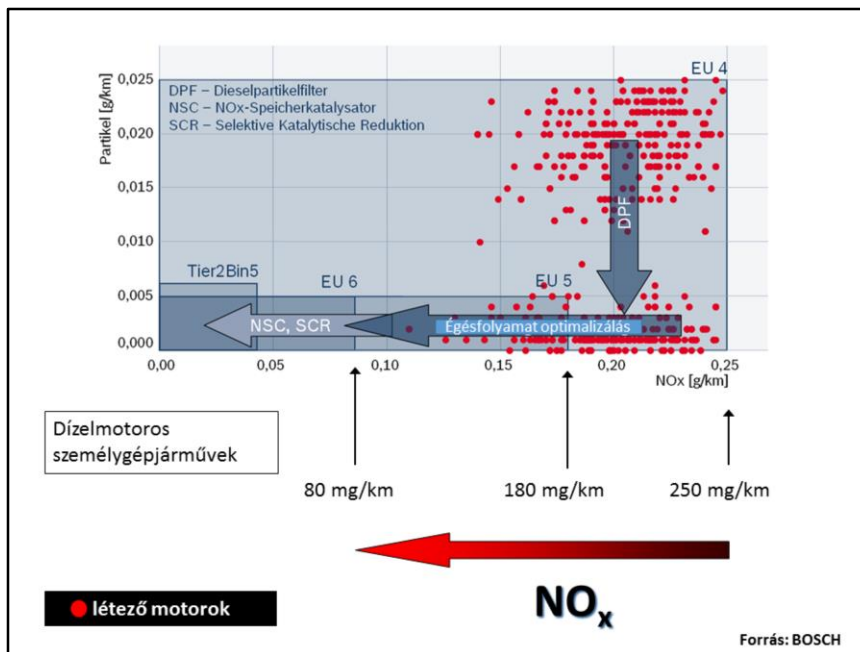
A dízelmotorok euro 6 előírása, az euro 5-höz képest igen jelentős mértékű szigorítást vezet be. Az erőteljesen lecsökkentett határérték a nitrogénoxidokra vonatkozik és értelemszerűen megjelenik a HC+NOx együttes határértékben is.

A bevezetett részecske darabszám korlátozás azért nem jelent „fejfájást” a gyártóknak, mert megfelelő porozitású DPF a részecskéket - a típusvizsgálati mérés részecske mérettartományában - szinte teljes mértékben kiszűri.

A nitrogénoxidokra vonatkozó határérték teljesítése – mai technikai tudásunk szerint - csak kipufogógáz utókezeléssel érhető el. Belső motorikus intézkedésekkel és kipufogógáz visszavezetéssel a kívánt csökkentési szint nem biztosítható.

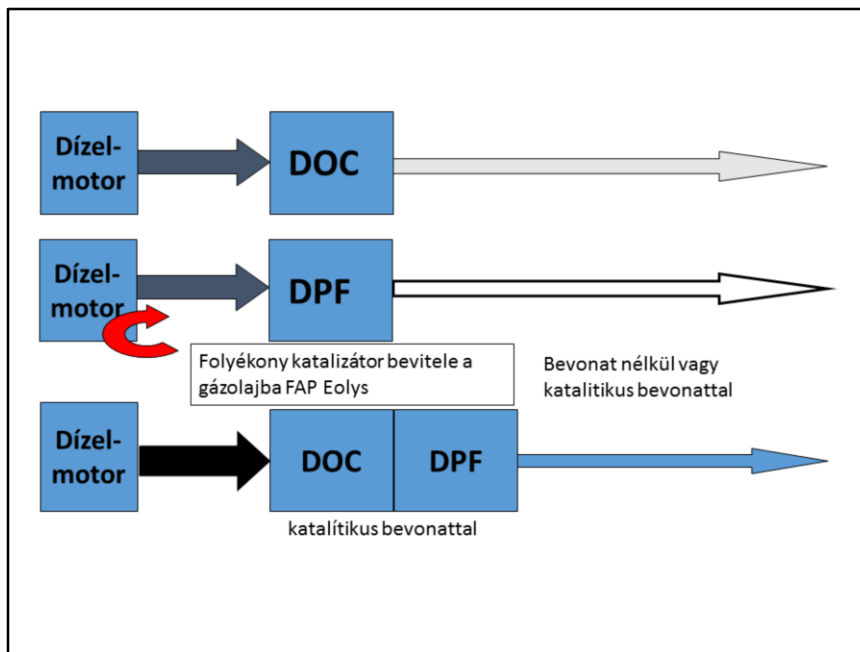
A nitrogénoxidok redukálása (NOx-ből N₂) katalizátor technikával megy végbe. A semlegesítési eljárás két reakciófolyamata ismert. Az egyik a nitrogénoxidok katalitikus kötése, tárolása, majd a tárolókatalizátor telítődése után annak regenerálása és az NOx redukálása. A folyamathoz segédanyag (kívülről bevitt üzemanyag) nem szükséges. Az eljárás angol megnevezésének rövidítéséből NSC (NOx Storage Catalyst) vagy LNT (Lean NOx Trap).

A másik az SCR (Selective Catalytic Reduction) eljárás, melyben a redukáláshoz segédanyag, ammóniát szükséges.



A dízelmotorokban lezajló égés során, a határértékek tükrében, jelentős mennyiségben kétféle szennyezőanyag keletkezik: a részecske és a nitrogén-oxid. Mennyiségi alakulásuk a motorparaméterek függvényében egymással ellentétes tendenciájú. Amennyiben a nitrogénoxidokat csökkentik motorikus beállításokkal, úgy a részecske (korom) mennyisége növekszik. Ezért vált szükségessé a korom (PM) utókezeléssel történő kiszűrése (lásd a képen a DPF feliratú, lefelé mutató nyilat!). A DPF technikával a PM emisszió szinte tökéletesen megszüntethető. A nitrogén-oxid motorikus intézkedésekkel, kipufogógáz visszavezetéssel csökkenthető. (Lásd az „euro 5” (EU 5) mezőt!)

Az „euro 6” mezőbe, 80 mg/km érték alá, azonban már csak a nitrogén-oxidok utókezelésével (redukcióval) lehet eljutni.

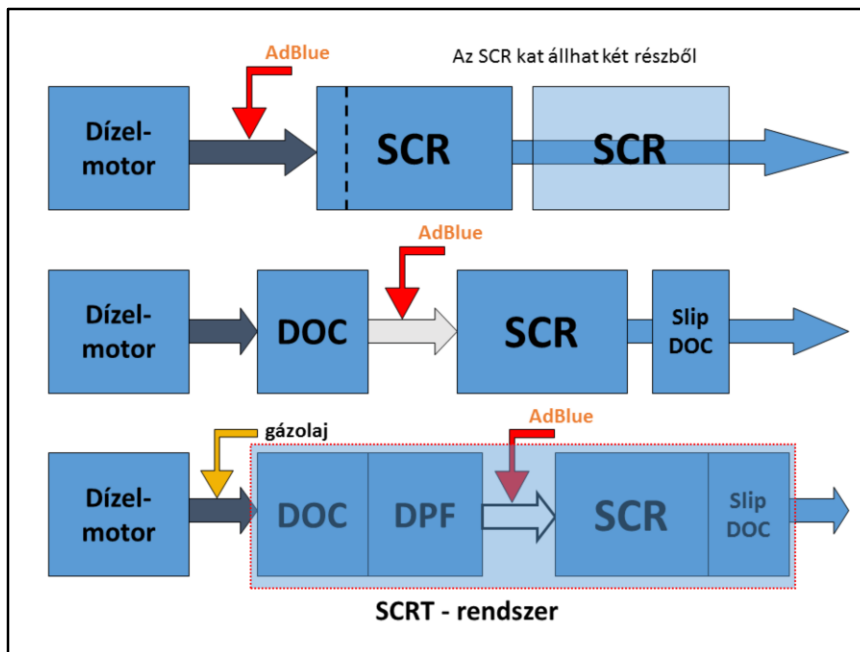


Dízelmotor emissziótechnika

A személygépkocsi dízelmotor emissziótechnikai megoldásainak sorában először a DOC oxidációs katalizátort szerelték. Ennek beépítése esetén a nagyvárosi szmogriadók alatt a dízelmotoros gépjárművek használatát a múlt század 80-as éveiben nem korlátozták.

Dízelüzemű személygépjárműveknél az euro előírások teljesítése érdekében először a részecskeszűrést vezették be. A részecskeszűrő regenerálásához szükséges korombegyulladás hőmérséklet csökkentése miatt a tüzelőanyaghoz adalékot kevertek. Az adalékos technológia (FAP) mellett a katalizátor anyaggal bevont DPF is kb. 100 °C értékkel kisebb kipufogógáz hőmérsékleten tud regenerálni. A redukálás hatásossága tovább növelhető, ha a lerakodott szénrel a kipufogógáz nitrogéndioxid tartalma találkozik. Ehhez azonban a kipufogógáz NO tartalmát DOC-ban NO₂-vé kell oxidálni. Ez a CRT eljárás.

A DOC és a DPF általában egy házba szerelt. Egyes kiviteli változatoknál azonban a két katalizátor házat összezsavarozzák, így a DPF tisztítás könnyebben elvégezhető, illetve cserélhető.



Dízelmotor emissziótechnika

A nitrogén-oxidok kipufogórendszerben elvégzett utókezelése, redukálása az ún. szelektív katalitikus redukció (SCR) eljárással lehetséges. A motort nem kell a kedvező nyers emisszió érdekében „elrontani”, működhet a jó hatásfokot eredményező beállítással.

Az SCR katalizátor előtt az AdBlue segédanyagból ammóniát kell előállítani.

Az SCR katalizátorból, nem abszolút pontos ammónia adagolás esetén, ami közel lehetetlen, ammónia kerülhet ki. A „kicsúszó” ammóniát az ún. slip (vagy CUC – clean-up catalyst) oxidációs katalizátorban kell semlegesíteni ($\text{NH}_3 - \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$).

A dízelmotor euro 6 előírásnak megfelelő tisztítás katalizátor elrendezés képlete: DOC+DPF+SCR+CUC. Ennek megnevezése SCRT (SCR és CRT)

A DOC elé történő időszakonkénti gázolaj befecskendezéssel, illetve elégetéssel a kipufogógáz regeneráláshoz szükséges gázhőmérséklet növelését érik el.

A katalizátor elrendezési sorrend változhat, lehet, hogy a DPF a rendszer áramlási irányában legutolsó egység.

A nitrogén-oxid égéstéri képződésének mérséklése céljából a kipufogógáz visszavezetést valamennyi rendszernél alkalmazzák. Ezzel csökkenthető az AdBlue felhasználás.

SCR Szelektív katalitikus redukció (Selective Catalytic Reduction)

NH₃

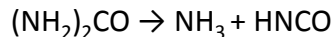
NO

A szelektívitas azt jelenti, hogy a redukálóanyag oxidációja a katalizátoron nem a kipufogógáz molekuláris oxigéntartalmával, hanem a NO/NO₂ oxigénjével megy végbe, annak ellenére, hogy a kipufogógáz jelentős mennyiségű oxigént tartalmaz.

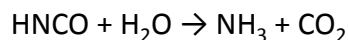
Redukálóanyagként ammóniát (NH₃) használnak, amely ebben a vonatkozásban a legnagyobb szelektivitással bír.



Először az AdBlue-ból a kipufogórendszerben ammóniát kell képezni. Ez két lépésben történik, amelyet összefoglalóan hidrolízis reakciónak neveznek. Először a termolízis folyamatban ammónia (NH₃) és izociánsav (HNCO) keletkezik:



Majd az izociánsav vízzel ammóniává és szén-dioxiddá alakul:



SCR katalizátor: hordozó: zeolit (alumínium-szilikát), de lehet fémhordozó is, katalizátor: réz, vas, mangán.

A katalizátor fontos jellemzője az ammóniatároló képessége.

Optimumot kell találni, mert:

- növelése jobb hatásfokot ad kis hőmérsékleten, de nagy hőmérsékleten NO újratekétkezés és dinitrogén-oxid képződés veszélye fennáll.

Katalizátorméreg: rossz minőségű AdBlue, csapvíz, a biodízel foszfortartalma, a gázolaj kéntartalma.



Az SCR eljárás segédanyaga

AdBlue® NO_x-redukáló adalék

Az AdBlue® szennyeződésektől mentes technikai tisztaságú karbamid 32,5 %-os (m/m) vizes (ioncserélt, desztillált) oldata.

AdBlue® utántöltés

AdBlue® NO_x-redukáló adalék

Az AdBlue® a német autógyártói szövetség (VDA – Verband der Automobilindustrie e.V.) által regisztrált védjegy (termékmegnevezés).

Az AdBlue® szennyeződésektől mentes technikai tisztaságú karbamid 32,5 %-os (m/m) vizes (ioncserélt, desztillált) oldata. Az AdBlue -11 °C alatti hőmérsékleten megfagy, kikristályosodik, térfogata kb. 7%-al megnő. Felmelegítéssel a kikristályosodott az AdBlue az eredeti minősége csökkenése nélkül felolvasztható, ill. felengedhető (keverés!).

Eközben az AdBlue® hőmérséklete ne haladja meg a 30 °C-t. Miután az összes kristály eltűnt, az AdBlue felhasználásra alkalmas. Az AdBlue nem veszélyes anyag, nem veszélyjel köteles, nem tűzveszélyes, „E”, nem robbanásveszélyes, nem tartozik az ADR/RID hatálya alá.

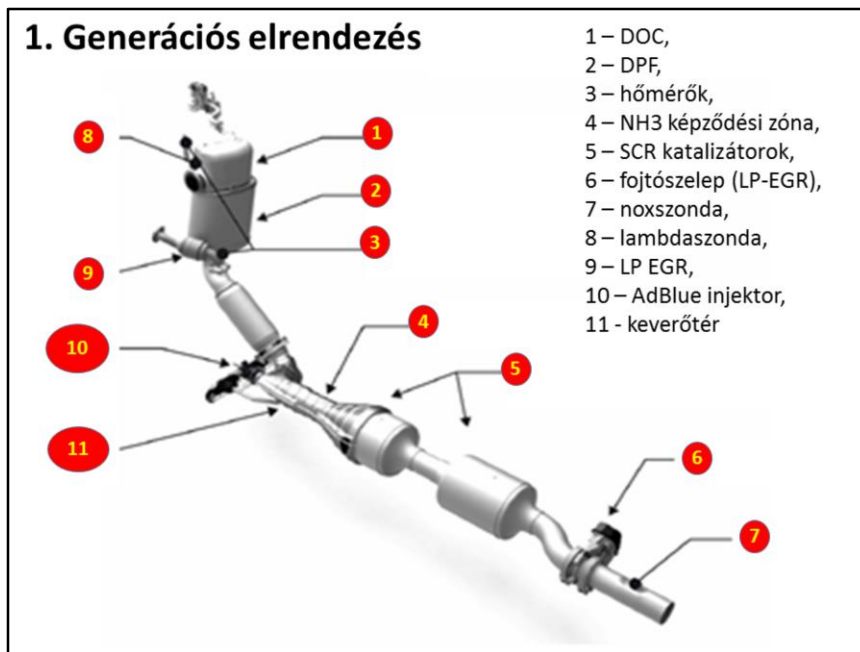
Az AdBlue ellátó fedélzeti rendszerben lévő gumialkatrészek, gumimembránok a gázolajjal szemben nem ellenállóak.

Az AdBlue csak tisztán jó!

Az AdBlue maradjon a maga zárt világában!

Fokozott tisztaság a szerelési és javítóműveleteknél!

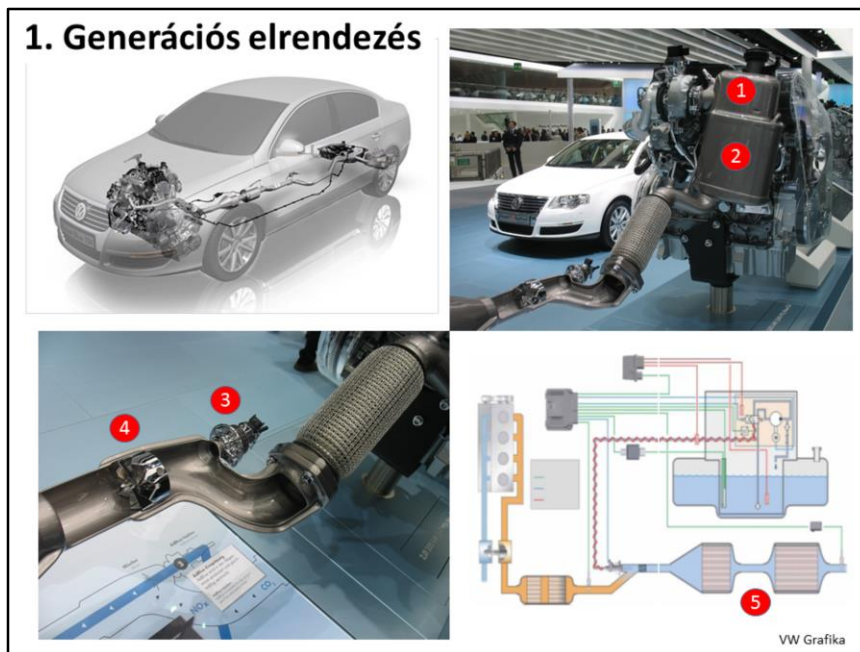
Fokozott a rendszertömítettség követelménye!



Dízelmotor emissziótechnikai rendszere

A személygépjárművekre kiépített dízel emissziótechnika kipufogógáz-tisztító egységeit a kipufogórendszerbe építik. Motorközeli elhelyezésű a DOC+DPF elsősorban az oxidációhoz szükséges hőmérséklet miatt (DPF regenerálás). Az SCR jó átalakítási hatásfokához el kell érnie a kipufogógáznak egy küszöb hőmérsékletet (legalább 250 °C), de egy felső értékhatárt sem jó ha átlép. Ezért helyezik el az SCR katalizátorokat a kipufogórendszer egy távolabbi szakaszára. A kipufogógáz-tisztító elemek nem teszik feleslegessé a kipufogó hangtompító dobokat (haszongépjárműveknél igen!), azok hagyományosan a kipufogórendszer utolsó szakaszába kerülnek.

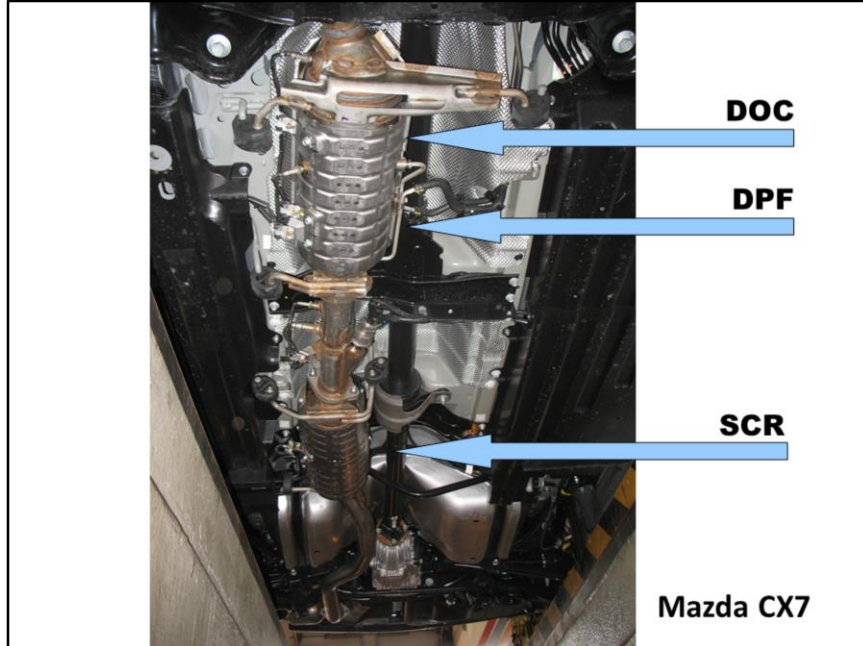
Az AdBlue injektor utáni csőszakasz a keverő és ammónia képződés zónája. Két SCR katalizátor esetén a második SCR katalizátor kilépő szakasza tartalmazza azt az oxidációs katalizátort, amelyik a fel nem használt ammóniát oxidálja.



Dízelmotor emissziótechnikai rendszere

A személygépjárművekre kiépített dízel emissziótechnika kipufogógáz-tisztító egységeit a kipufogórendszerbe építik. Motorközeli elhelyezésű a DOC+DPF elsősorban az oxidációhoz szükséges hőmérséklet miatt (DPF regenerálás). Az SCR jó átalakítási hatásfokához el kell érnie a kipufogógáznak egy küszöb hőmérsékletet (legalább $250\text{ }^{\circ}\text{C}$), de egy felső értékhatárt sem jó ha átlép. Ezért helyezik el az SCR katalizátorokat a kipufogórendszer egy távolabbi szakaszára. A kipufogógáz-tisztító elemek nem teszik feleslegessé a kipufogó hangtompító dobokat (haszongépjárműveknél igen!), azok hagyományosan a kipufogórendszer utolsó szakaszába kerülnek.

Az AdBlue injektor utáni csőszakasz a keverő és ammónia képződés zónája. Két SCR katalizátor esetén a második SCR katalizátor kilépő szakasza tartalmazza azt az oxidációs katalizátort, amelyik a fel nem használt ammóniát oxidálja.

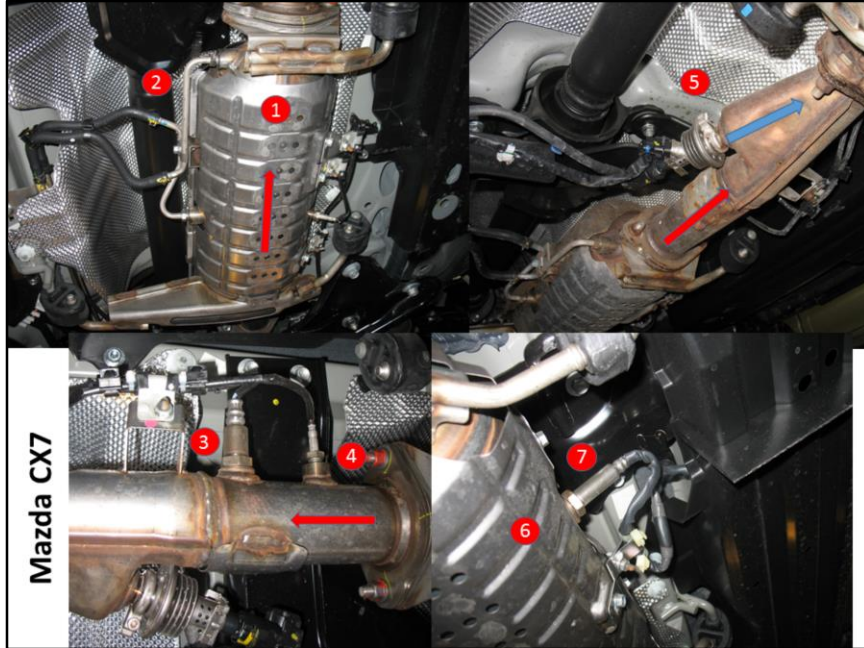


A gépjármű kipufogórendszerébe épített emissiótechnikai rendszer elemei alsó átvizsgálással szemrevételezhetőek. Az elemek azonosítása után meg kell tudni állapítani, hogy a rendszer

- megfelel-e a gyári állapotnak,
- meg kell győződni épségéről, sérülésmentességéről.
- a felfüggesztő elemek állapotáról.
- fel kell tární az esetleges manipulációt, csonkítást, gáztömörséget, illetve szivárgást,
- nem megengedett pótlást, helyettesítést, megkerülő ágot.

Az OBD rendszer a MIL lámpán keresztül azonnal jelzi a rendszerhibát, de programhackelés esetén a fedélzeti diagnosztika eliminálható.

Füstölésméréssel a DPF sérülése (hiánya, átszakítása) kimutatható.



A kép egy hagyományos elrendezésű, ún. 1. generációs dízel emissziótechnikai rendszer elemeit, elrendezését, jeladóit mutatja.

A DOC és DPF egységen (1) hőmérőt (hőmérőket) és nyomásvételi csöveket találunk (2). A csövek a differencia nyomásjeladóhoz vezetnek. Van olyan megoldás, ahol csak a DPF előtti nyomást (torlónyomást, kipufogási ellennyomást) mérik, tehát itt csak egy nyomásvételi csövet találunk. Az SCR katalizátor előtt hőmérő (4) és lambdaszonda (3) van. Rendszerszabályozási és diagnosztikai megfontolásból itt többféle szonda is lehet. A szonda vezetékeinek számából tudjuk megállapítani fajtáját (a szondából kilépő vezetékek száma: fűtött „ugrás” lambdaszonda – 3 vagy 4 vezeték, szélessávú lambdaszonda – 5 vezeték, nox szonda – 8 vezeték). A nox-szonda vezetékei, a szondától nem messze elhelyezett CAN átalakító egységbe vezetnek.

Az AdBlue injektor mágnesszelep. Szokásosan csak egy AdBlue hozzávezető csővezeték csatlakozik hozzá. Az AdBlue vezeték lehet fűtött.

Az SCR katalizátor után (vagy a katalizátorba benyúlva) nox-szondát találunk.

2. Generációs emissziótechnikai elrendezés



Emissziótechnika – a nitrogénoxidok semlegesítésének két megoldása lehetséges

Amíg dízelmotoroknál a CO és HC oxidációjának, valamint a részecskeszűrésének és oxidációjának ma szériagyártásban csak egy útja-módja van, addig a nitrogénoxidok semlegesítésére (ellentétben az Otto-motorokkal) két eljárás is létezik, és ezeket alkalmazzák is a mai emissziótechnikában. A két eljárás között a választási lehetőség korlátozott, gépjármű tömeghez, illetve motornagysághoz kötött. Ha nem (nagyon) sokkal lépi túl a nyers, azaz kezeletlen kipufogógáz nitrogénoxid tartalma a tesztciklus alatt a NOx határértéket, akkor alkalmazni lehet a nitrogénoxid tárolás, majd a tároló leürítésekor a redukció szakaszos módszerét, az NSC (német rövidítéssel NSK) eljárást. Ennek vitathatatlan előnye, hogy segédanyag nem szükséges a tisztításhoz.

Ha azonban nagy mennyiségű a kibocsátott nitrogénoxid tömeg, akkor - mai tudásunk szerint - szükséges az SCR tisztítás. Ehhez pedig az AdBlue segédanyagot kell tankolni. Mindkét eljárás régóta ismert, általános alkalmazását azonban csak az Euro 6 előírás bevezetése kényszeríti ki.

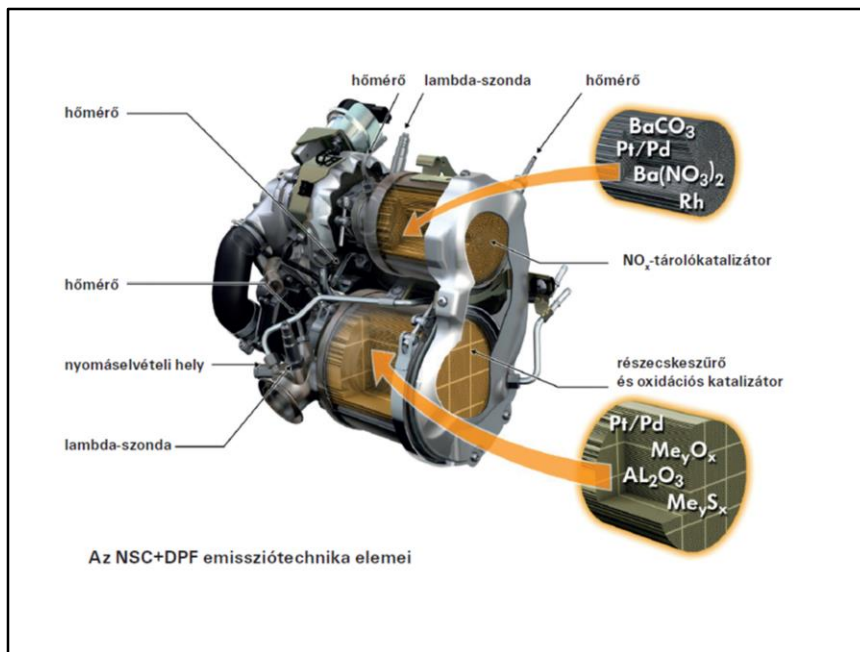
Vajon a motoron és csak a motoron múlik-e, hogy kell-e egyáltalán, illetve ha szükséges, akkor melyik nitrogénoxid semlegesítési eljárást élszerű alkalmazni?

Az igaz, hogy kipufogógáz visszavezetéssel (külső és belső) is lehet mérsékelni a NOx kibocsátást, de ezzel ma már nem lehet a kívánt emisszió-szintet elérni. A NOx kibocsátást a dízelmotor terhelése határozza meg. Ha a dízelmotort kis (össztömegű) járműbe építik, az a vizsgálati menetciklusban nem terheli annyira a motort gyorsításoknál, mintha nagy tömegűbe lenne (például Golf és Passat, Audi A3 és A6 stb.). A példaként vett dízel emissziótechnikában a VW csoport TDI motor konstruktőrei ezért határoztak úgy, hogy - a modularitást szem előtt tartva - mindkét semlegesítési módszert kiépítik.



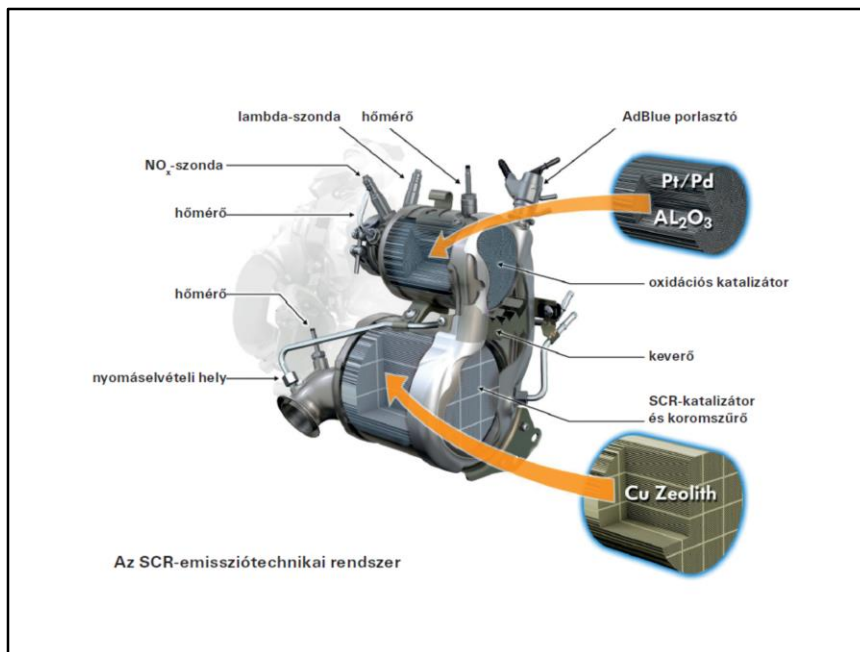
Az NSC kipufogógáz utókezelés

A turbótöltőből kilépő kipufogógáz közvetlenül a nitrogénoxid tároló-katalizátorba (NSC) jut. A nitrogénoxid tároló-katalizátor átmenő cellaszerkezetű, kerámia hordozójának wash coat rétegében platina, palládium és ródium katalizátor fémeket tartalmaz, valamint az NO és NO₂ megkötéséhez báriumot. A bemenetnél és a kilépésnél nox-szondák figyelik a kipufogógáz NO_x koncentrációját. Itt nem részletezett reakciófolyamatok eredményeképpen a nitrogénoxidot a katalizátor felületén megköti. Telítődéskor meg kell kezdeni a katalizátor regenerálását: a nitrogénoxidok leválasztását és redukálását. Ehhez CO, részoxidált szénhidrogének és hidrogén szükséges. Ezeket az anyagokat a motorral kell megtermeltetni. Ha a dízelmotor légviszonytényezője kevéssel 1 alatti, akkor a tökéletlen égés létrehozza ezeket. Pontos szabályozással kell ezt az üzemállapotot beállítani (DeNO_x-fázis). Hőmérők vigyázzák a folyamatot a turbina előtt, az NSC előtt és után. A regenerálási folyamat egy percen belül végbemegy, miközben a motorirányításnak arra is kell vigyáznia, hogy ebből a gépkocsivezető és az utasok semmit, sem nyomatékcsökkenést, sem rángatást ne vegyenek észre. A regenerálás csekély tüzelőanyagfogyasztás növekedést okoz, de ez a nagy átlagba nem érzékelhető az összefogyasztásban.



Az NSC kipufogógáz utókezelés

Sajnos van még egy nehézsége az NSC tisztításnak. A katalizátor nagyon érzékeny a kénre, a gázolaj kéntartalmára. Ha az európai előírásnak megfelel a gázolaj kéntartalma, tehát 10 ppm alatt van, akkor csak kb. 1000 km befutása után kell a katalizátort kénmentesíteni. Ezt a folyamatot DeSO_x eljárásnak nevezik. Ha a katalizátor hőfoka 620 °C értéket tartósan eléri, a kén leválasztható a katalizátorfémről. Ekkor is szükséges a légviszony csökkentése. A DeSO_x eljárás egybeköthető a részecskeszűrő (DPF) regenerálásával. A kénmentesítési folyamat szegény-dús-szegény keverékű váltóüzemben történik a hőmérsékletek beállítása végett. Ez akár 10 percet is igénybe vehet. A gyártó gondját azok az országok jelentik, ahol a gázolaj kéntartalma akár százszorososan is meghaladja az európai gázolajét. Ha megtörtént a nitrogénoxidok semlegesítése, még hátralévő folyamat a részecskeszűrés és egyes komponensek oxidációja. Nagyon fontos, hogy az NSC-ben képződő H₂S molekulát, a hidrogén-szulfidot (kénhidrogén) is maradéktalanul oxidálja. A kipufogógáz 180 fokos fordulatot vesz és így jut be az alsó katalizátor dobba, mely a részecskeszűrő „zsák” kerámia oszlopait tartalmazza. A DPF katalizátora platina és palládium.



Az SCR semlegesítés

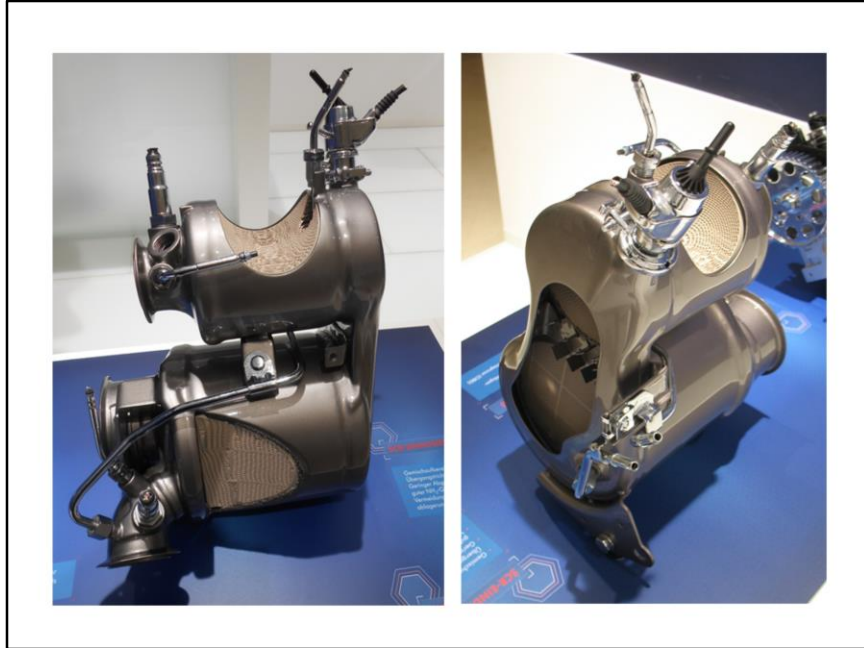
A szelektív katalitikus redukció (SCR) eljárás során ammónia közreműködésével, katalizátoron redukáljuk a nitrogénoxidokat. Az ammónia a fedélzeten, közvetlenül az SCR katalizátor előtt képződik az oda bejuttatott karbamid vizes oldatából, kereskedelmi megnevezéssel az AdBlue folyadékból.

Az SCR emissziótechnikánál a katalizátordobok elrendezése, mérete szinte azonos az NSC-vel, így az ábrán látható alapelrendezés változatlan maradhatott. A kipufogógáz a felső, átmenőcsatornás kerámiahordozójú dízeloxidációs katalizátorba (DOC) kerül katalizátoranyaga platina és palládium. A kipufogógáz CO és HC tartalmát oxidálja és a motorban képződött nitrogén-monoxidot, az SCR jó hatásfokú üzeméhez előkészítendő, 50%-ban nitrogéndioxiddá alakítja. Az átvezető csatorna bejáratánál találjuk az AdBlue injektort, a meleg környezet miatt vízűtésű. A csatornában, perditőelemeket is alkalmazva, jók a keveredési feltételek.

Az Euro 6 ma már általános katalizátor elrendezési sémája: DOC+DPF+AdBlue befecskendezés+SCR. Az új TDI motor egyesítette a DPF és SCR egységeket! A katalizátor anyaggal ellátott DPF egyben SCR katalizátor is! Az SCR katalizátora réz és zeolit.

A DPF-nek oxidálnia is kell, mert a kormot el kell égetni (DPF regeneráláshoz a beindulási hőmérsékletet kell csökkenteni), az itt keletkezett CO-t kell széndioxiddá oxidálni, és ami nagyon fontos, a „kicsúszni” akaró fölös ammóniát is széndioxiddá és vízzé kell alakítani.

Mindezen folyamat ellenőrzéséhez nox-szonda, lambdaszonda, hőmérők és nyomásmérő szükséges.



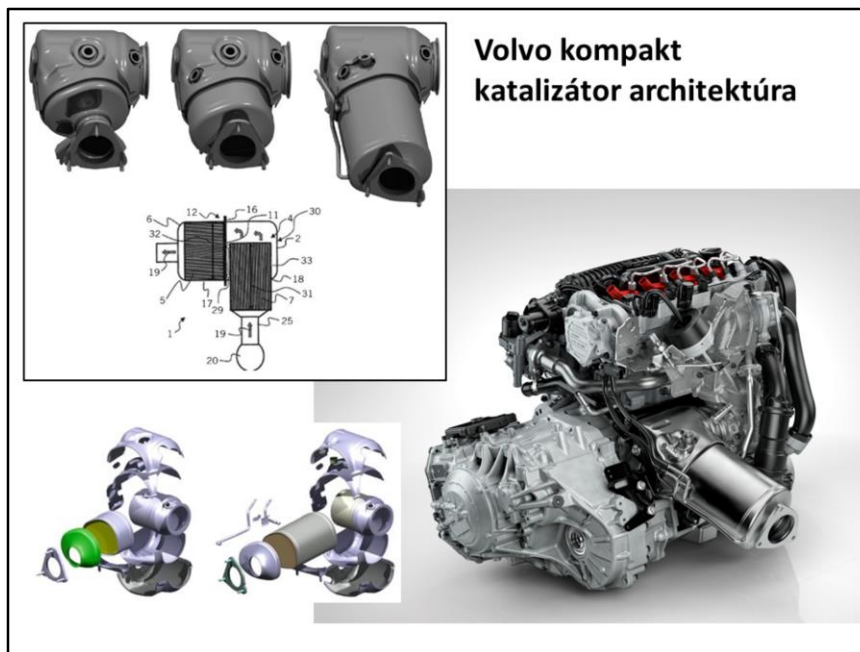
Kompakt katalizátoregység

A dízelmotor oldalára szerelhető, kompakt katalizátoregység [DOC+ (DPF + SCR)] látható a képen. A felső dob közvetlenül a turbótöltő kilépő csomójához csatlakozik. A felső dob oxidációs katalizátort (DOC) tartalmaz, mely egyes típusoknál fémhordozójú. A DOC feladata a kipufogógáz CO és HC komponenseinek oxidálása, valamint a motorból kikerülő nitrogén-monoxid egy részének (kívánatos kb. az 50%-nak) nitrogén-dioxidá oxidálása. A közel azonos koncentrációjú NO és NO₂ az SCR katalizátor jó hatásfokú működéséhez szükséges. A DOC belépő keresztmetszetében szélessávú lambdaszonda, nitrogén-oxid szonda (noxszonda) és hőmérő található. A DOC utáni csőszakaszba fecskendezik be az AdBlue folyadékot. A vízűtésű, elektromágnes szelepből kijutó porlasztott AdBlue az ún. keverő és hidrolízis, termolízis függőleges átvezető csőszakaszba kerül. A kipufogógázzal keveredő karbamid vizes oldatból itt képződik az SCR folyamat redukáló anyaga, az ammónia.

Az injektor mellett is elhelyeznek egy hőmérőt.

Az ammóniával kevert kipufogógáz bejut az alsó katalizátorba, ahol mind a koromszűrés, mind nitrogén-oxidok redukciója végbemegy. A katalizátor kerámia a DPF technikának megfelelően teljesáramú szűrést adó zárt végű csatornákból áll. A katalizátor wash-coat rétegében a korom oxidációhoz szükséges katalizátor fémek, elsősorban platina és az SCR folyamatok katalíziséhez szükséges fémek vannak jelen.

A DPF és az SCR reakciók és a DPF regenerálás egymást támogató módon mennek végbe. A DPF/SCR egység eltömődését differencia nyomásértékkel állapítják meg, ennek nyomáselvételi csöveit látjuk a képen. A kilépő keresztmetszetben szélessávú lambdaszondát és hőmérőt találunk.

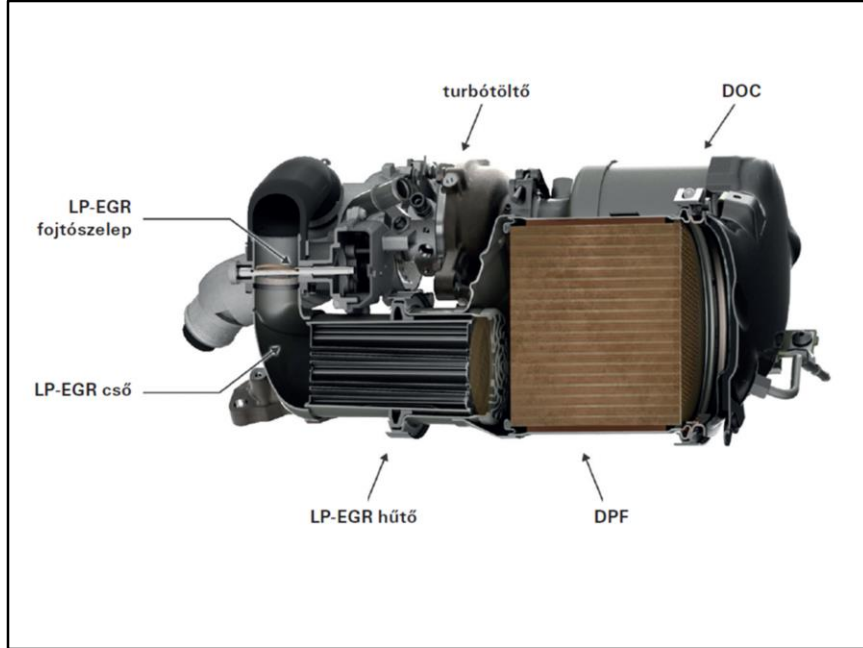


Volvo kompakt katalizátor architektúra

Kompakt katalizátor architektúra

Ahogy az előbbieken a VW TDI motoroknál is láthattuk, a Volvo-nál is fontos konstrukciós szempont a gyártási költségek csökkentése és nagy variálhatóság miatt a moduláris motor- és járműépítés. A benzin és dízelmotorok már alig különböznek egymástól, sok alkatrészük teljes mértékben megegyezik. Az emissziótechnika is motorközeli lett, a motor kubaturába kerül, felváltva a korábbi elhelyezést, a kocsitest alatti, a kipufogórendszerbe való építést. Ennek nem csak gyártási, hanem termodinamikai okai is vannak.

A nitrogén-oxidok semlegesítésére a részecskeszűrő elé egy NO_x-tárolót (NSC) helyeztek. A részecskeszűrőt érdemes a motor közelében elhelyezni a könnyebb regenerálhatóság érdekében, a NO_x-tárolónak viszont elég nagyoknak kell lennie, hogy a hosszú tárolási időt tegyen lehetővé. Az univerzalitás miatt fejlesztették ki a „kompakt katalizátor architektúrát”. Ahogy a képek is mutatják a 3 kialakítás több eleme is megegyezik, ami gyártásköltség szempontjából előnyös. Az egymáshoz képest 90°-ban álló katalizátorok képe most még szokatlannak tűnhet, de a későbbiekben egyre több ilyenrel találkozhatunk, mert a turbófeltöltőből kijövő gáz ideális esetben egyenesen érkezik az első katalizátorba, viszont a második átalakítóra vagy szűrőre már a kocsitest alatt húzódó kipufogócső csatlakozik, ráadásul összerékhardtású, keresztmotoros autók esetén a kardántengely is akadályt képez. Ezeket az ellentétek és a kis rendelkezésre álló hely problémáját sikerült megoldani az „derékszögű” katalizátor-egységgel.

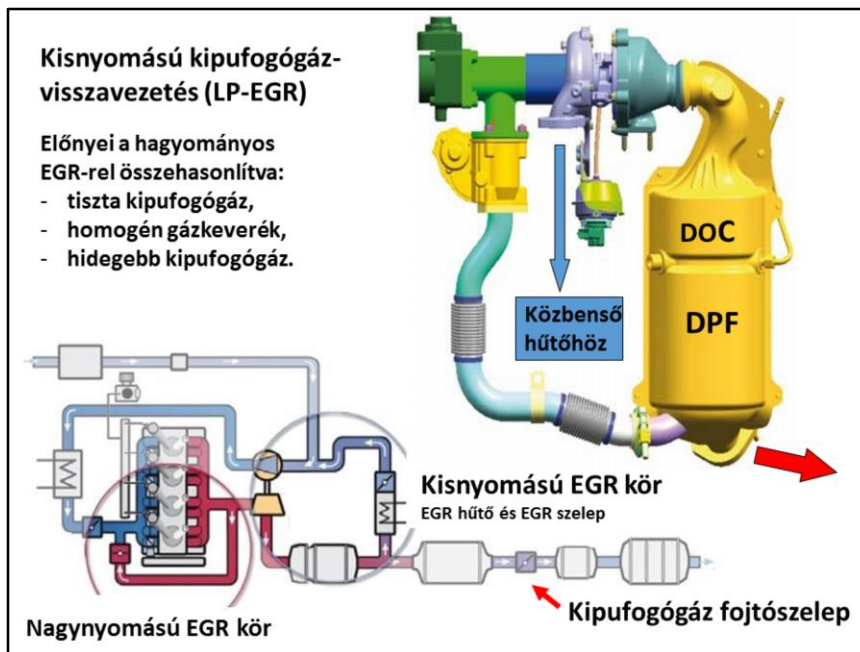


Kipufogógáz visszavezetés – kétféle EGR

Mind az NSC, mind az SCR tisztításnál kétféle kipufogógáz visszavezetést is alkalmaznak. A hagyományos út az, amikor a turbótöltő előtti csőszakaszból jut vissza a gáz, a konstrukciós példában a hengerfejen kiképzett csatornán át a fojtószelep mögé. Mai megnevezéssel ez a nagynyomású EGR (HP-EGR). A hengerfejen való átvezetés jó megoldás, mert üzemállapottól függően hűti a gázt, vagy éppen hogy, kis motorterhelésnél a melegebb belépő levegő révén növeli a kipufogógáz hőfokát, és így a katalizátorok nem hűlnek le túlságosan.

Újdonság a kisnyomású EGR (LP-EGR). A kipufogógáz a DPF után lép ki, átmegy az EGR hűtőn és a turbótöltő előtti csőszakaszba lép be. A két rendszert együtt mutatja az ábra.

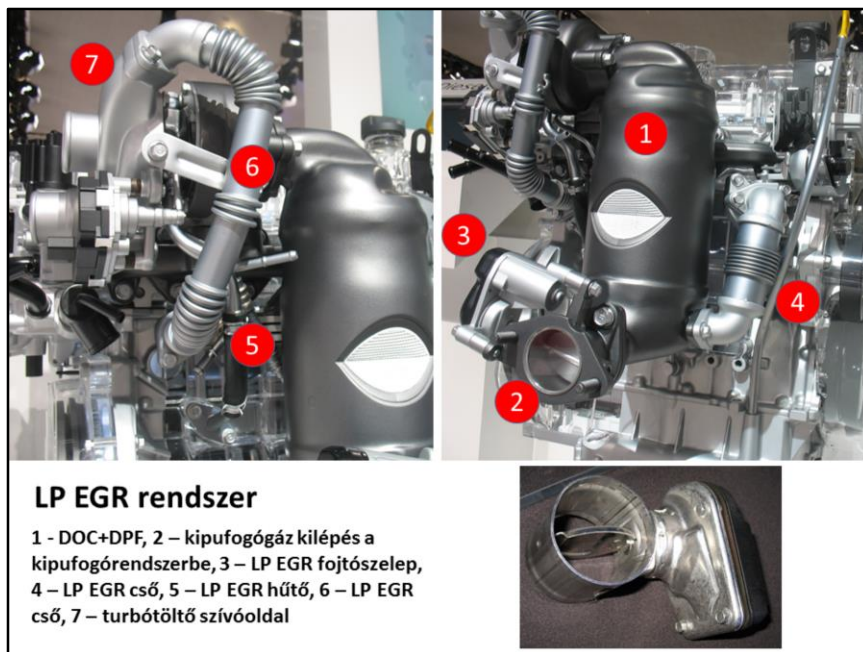
Az LP-EGR hűtőegysége (közvetlenül a DPF házba illesztve) és szabályozószelepe a képen látható. A motorközei gázélvétel szükségtelemmé teszi a kipufogócsőbe torlasztó fojtószelep beépítését. Az LP-EGR előnye, hogy tiszta – részecskementes – kipufogógáz jut vissza a szívóoldalra.



Kipufogógáz visszavezetés – kétféle EGR

Mind az NSC, mind az SCR tisztításnál kétféle kipufogógáz visszavezetést is alkalmaznak. A hagyományos út az, amikor a turbótöltő turbinája előtti kipufogó gyűjtőcső szakaszából jut vissza a gáz (a bemutatott konstrukciója megoldásnál a hengerfejben kiképzett csatornán át) a fojtószelep mögé. Mai megnevezéssel ez a nagynyomású EGR (HP-EGR). A hengerfejen való átvezetés jó megoldás, mert üzemállapottól függően hűti a gázt, vagy éppen hogy, kis motorterhelésnél a melegebb belépő levegő révén növeli a kipufogógáz hőfokát, és így a katalizátorok nem hűlnek le túlságosan. A HP-EGR mennyiségét az ún. EGR szeleppel szabályozzuk. A hagyományos (HP-EGR) hátránya, hogy a korommal esetleg olajjal szennyezett kipufogógáz a szívócsőben, a szívószelepeknél lerakodik. Ez a hatás fokozottan jelentkezik, ha a visszavezetett kipufogógázt még hűtjük is.

Újdonság a kisnyomású EGR (LP-EGR). A kipufogógáz a DPF után lép be a visszavezető csatornába, így a részecskéktől, többnyire olajgőztől is mentes. A gáz átmegy az EGR hűtőn és a turbótöltő előtti csőszakaszba lép be. Ezzel a kipufogógáz keveredése a friss levegővel lényegesen jobb, homogén lesz a gázkeverék és hőmérséklete a közbenső hűtőben tovább csökken. Azért, hogy a szükséges LP-EGR gázáram kialakuljon, a kipufogócsőbe gáztorlasztó fojtószelepet kell beépíteni.



Az LP-EGR rendszer kialakítása

A két EGR rendszerben a visszavezetett gázmennyiséget EGR szeleppel állítják be. Az EGR szelep útdaóval rendelkezik, így visszacsatoló jelet küld a motor ECU-nak.

Általában a HP-EGR körében nincs gázhűtő (kivételekkel azonban találkozhatunk). A LP-EGR körben mindig van gázhűtő. A két visszavezetés egyszerre nem működik. A HP-EGR a motor felmelegítésékor és a regenerálási üzemben vezet vissza kipufogógázt.

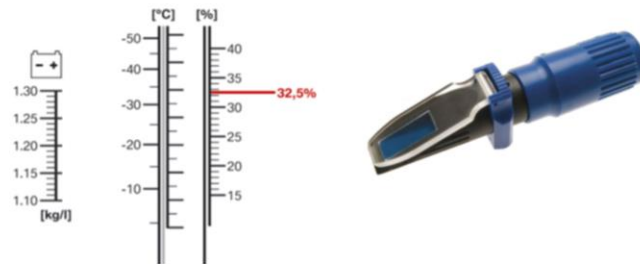
A nitrogénoxid csökkentés az LP-EGR feladata.

A kipufogócső fojtó (gáztorlasztó) szelep rendkívül mostoha körülmények között dolgozik. Működésképtelensége esetén (van útdaója!) az EOBD a MIL lámpát kigyújtja és vészüzemre állítja a motorüzemet.

Ha a fojtószelep zárásközeli állapotban ragad meg, természetesen a motorteljesítmény is csökken.

Vége

Azonban ne csak a jövőt kémelejük, nézzük meg azt is, hogy az AdBlue sűrűsége megfelelő-e!



Eredményes felkészülést, sikeres vizsgát kíván a szerző és az előadó!