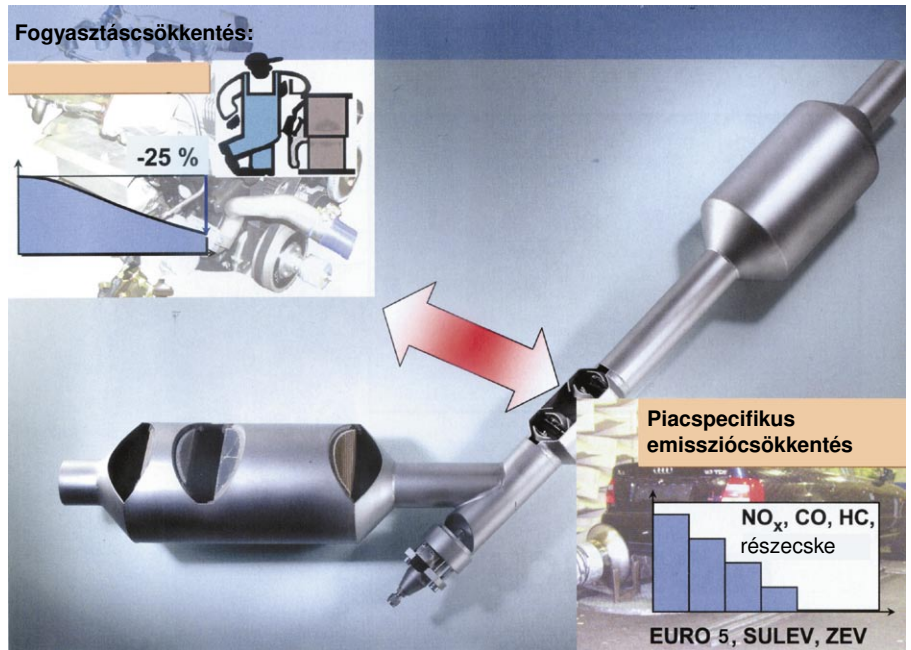


Dízelemissziók tisztítása szilárd adalékú SCR-rendszerrel

Napjainkban a dízelmotorok kipufogógáz-utókezelése az a terület, ahol szó szerint minden héten történik valami. A lapunkban is bemutatott Mercedes-Benz Vision GL 420 Bluetec és a Genfben bemutatott VW Touareg BlueTDI folyadékadalékú szennyezéscsökkentő technikái után máris a Mercedes-Benz Vision C 220 Bluetecjének szilárd adalékú kipufogógáz-utókezelő eljárása vonta magára a szakvilág figyelmét.

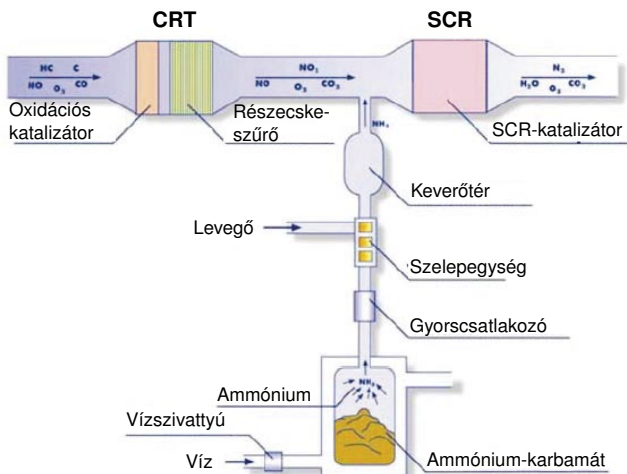


Fogyasztás- és emissziócsökkentés szilárd adalékú SCR-katalizátorral

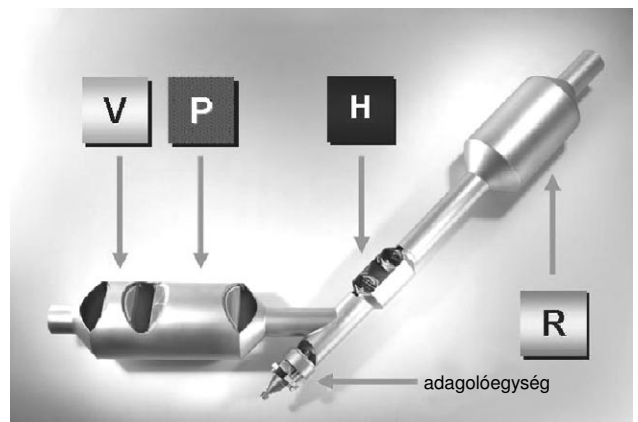
Bevezetésképpen érdemes egy sokakat érdeklő kérdés megválaszolásával kezdeni, amely így hangzik: a belső égésű motorok károsanyag-kibocsátásának hatósági korlátozása miatt mindig a dízelmotorokat sújtja? A kérdés azért jogos, mert például a

2005 óta hatályos Euro 4-es előírás, amely az 1990-es szinthez képest 91%-kal kevesebb részecske-, 95%-kal kevesebb NO_x- és 98%-kal kevesebb CO-kibocsátást írt elő a dízelmotoros személygépkocsikra. A válasz: azért, mert amint az a követ-

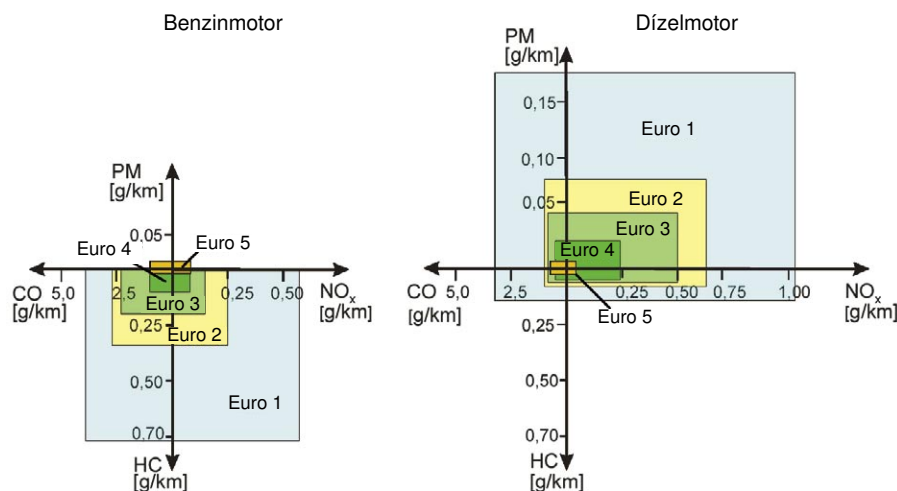
kező oldali legfelső diagramból kitűnik, az üzemanyag energiátartalmát nagyobb hatásokon hasznosító dízelek azonos igénybevétel esetén még mindig több részecske- és NO_x-emissziót bocsátanak ki azonos úthosszon, mint a benzinesek.



HJS gyártmányú SCR-rendszer felépítése



A részecske- és NO_x-emissziócsökkentő rendszer fő elemei. V: Oxidációs katalizátor; P: Részecskeszűrő; H: AdBlue párologtató- és keverőegység; R: SCR-katalizátor



Benzin- és dízelmotorok kritikus határértékeinek alakulása

A dízel kipufogógázok utókezelésének továbbfejlesztése a motorbelső-intézkedéseken túl, továbbra is fontos feladat marad.

A kipufogógázok részecske- és NO_x-összetevőinek megtisztítása

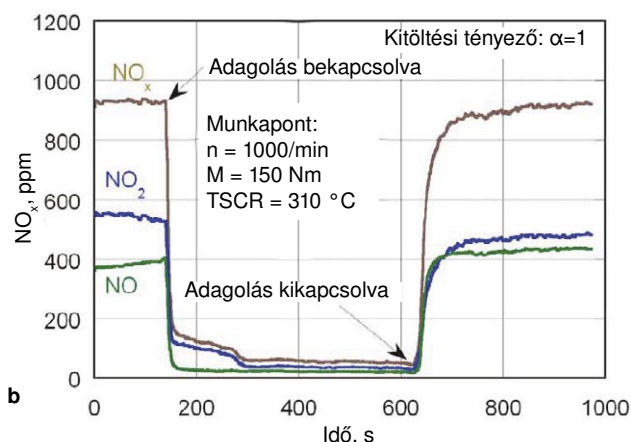
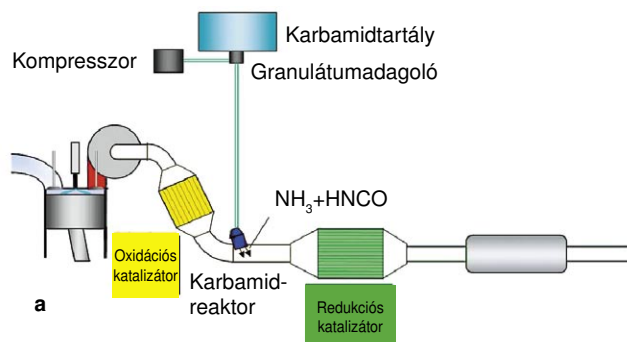
Az üzemanyag-takarékosság érdekében, ma a személygépkocsi belső égésű motorok többségükben szegény keverék koncepciójúak. Munkaközegük légszegényen ég el. A kipufogógázokban keletkező NO_x-tartalom, szelektív módon, csak gáz halmazállapotú ammóniával redukálható, eredményesen. Amíg a kipufogógázok részecsketartalma alkalmas koromszűrőkkel eredményesen tisztítható, NO_x-tartalmuk megtisztítására a levegőminőségi határértékek időszakos szigorításával egyre nehezebb megfelelő megoldást találni.

Egyebek között azért, mert a részecske- és a NO_x-összetevők külön-külön, csak egymás rovására csökkenthetők, a hatékony beavatkozásra csak egyidejű redukálás esetén van esély.

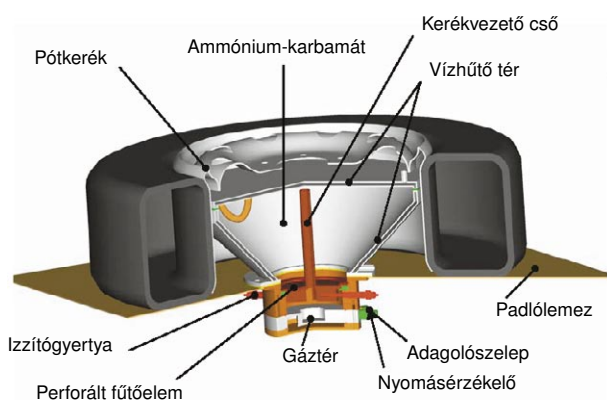
Tárolás és szelektív redukciós NO_x-tisztítástechnikák

A dízel részecskeki-bocsátás csökkentése és monitorozása szempontjából a részecskeszűrő használata és kontrollálása napjaink legeredményesebb kipufogógáz-utókezelési eljárása. Tekintettel arra, hogy a részecske- és az NO_x-összetevők külön-külön, csak egy-

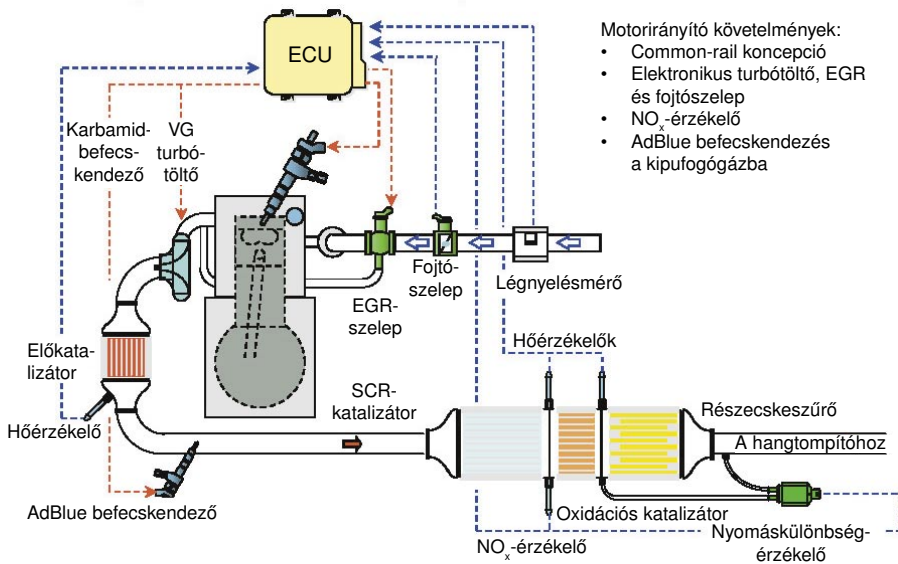
más rovására csökkenthetőek, a hatékony beavatkozás csak a kipufogógáz részecske- és NO_x-tartalmának egyidejű redukálása esetén lehet eredményes. A dízelmotorok legutóbbi szennyezéscsökkentő technikai a NO_x-tárolás, illetve a szelektív redukciós katalizátoros tisztítás módszerével egészültek ki. A NO_x-tárolás eljárás aktív betétanyagának felületén NO₂-vé oxidálja a gáz NO_x-ét, és báriumsó formájában tárolja azt. Az átalakuláskor az O₂ egy része, a kipufogógáz koromszecskeinek egy részével CO₂-vé oxidálódik. A többségük azonban a szűrőbetétben ülepedik le. A leülepedett részecskéket a motorirányító egység gázolaj-befecskendezéssel regenerálja. Ennek során nagy koncentrációjú CO és HC keletkezik, a jelen lévő aktív oxigén, az N₂-nél aktívabb szén CO₂-vé oxidálja. Úgy, hogy a szűrőben visszamaradt részecskék CO₂-vé égnék el. NO_x-tároló katalizátorral 70% körüli NO_x-emissziócsökkenés érhető el. A dízel NO_x-emissziók megtisztításának előbbinél hatékonyabb módja a szelektív katalizátoros eljárás (SCR: Selective Catalyst Reduction). Ez, mint ismeretes,



Szilárd adalékú NO_x-redukáló rendszer, a kipufogógázok főáramában működő karbidreaktorral (a). A szilárd adalékú NO_x-redukáló rendszer dinamikai jellemzői



Pótkeréktartóba ágyazott, szilárd adalékú NO_x-redukáló rendszer felépítése



Integrált szelektív redukáló és koromszűrő rendszer

vagy a kipufogógázba juttatott szénhidrogének elégetésekor felszabaduló hőenergiát hasznosítja a gáz NO_x-tartalmának redukálásához, vagy ammónia, illetőleg karbamid redukálóanyag beporlasztásával hoz létre hasonló hatást.

Hasonló technikával kímélik a környezetet ma a bevezetőben említett dízelüzemű személyautói is. Talán meglepő, hogy eredményes szennyezéscsökkentésük haszonjárműves eredetű, hiszen, mint ismeretes, a Bluetec-technikát a gyártó haszonjárműveken fejlesztette ki és állította rendszerbe. A folyadék adalékú eljárás karbamidoldat használatára épül, napjainkban ugyanis az ammónia az

egyetlen ismert redukálószer, amely a szegénykeverék koncepciójú belső égésű motorok kipufogógázának NO_x-tartalmát oxigénre és nitrogénre redukálja. Biztonsági okokból azonban a gépkocsik fedélzetén sűrített ammóniát tárolni nem tanácsos, ezért a NO_x redukációjához biztonságosabb fedélzeti ammóniagenerátort használni.

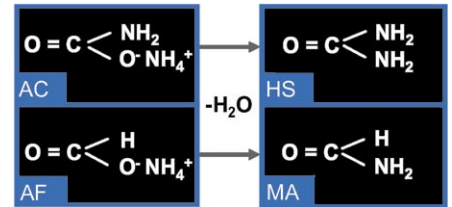
Annál is inkább, mert a ma használt AdBlue nevű redukáló folyadék közvetlenül a forró kipufogógázba porlasztható, ám a redukció 400 °C-os hőmérsékletén a karbamidot oldatban tartó víz jelenléte miatt, viszonylag kis karbamidhányad bontható NH₃-ra és HNCO-ra. A vázolt

jelenség miatt az SCR-katalizátor NO_x-redukációjának átalakítási foka sem haladhatja meg a 70%-ot.

Mindezek miatt, az USA 2010-re bejelentett NO_x-határértékeket folyékony redukálószer helyett csak szilárd karbamid adalékú, SCR-katalizátor használatával célszerű teljesíteni. Főképp, mert a szilárd halmazállapotú adalékkal végzett NO_x-redukció nagyobb reakciósebességű, és a folyadékosnál kisebb anyagfelhasználású folyamat. Ezen túlmenően, a szilárd adalék esetén elmarad a téli jegesedés elleni fűtés költsége.

Célok és lehetőségek

A NO_x-csökkentő intézkedésekkel kapcsolatban említést érdemel, hogy EGR használatával a katalizátorok igénybevétele az ötdödére is csökkenhet. A cél az, hogy ezt is kihasználva, kellően nagy aktivitású, nagy szelektivitású, és 500 °C-nál nagyobb hőstabilitású vas-zeolit alapú SCR-katalizátort készítsenek, és azt a részecskeszűrő



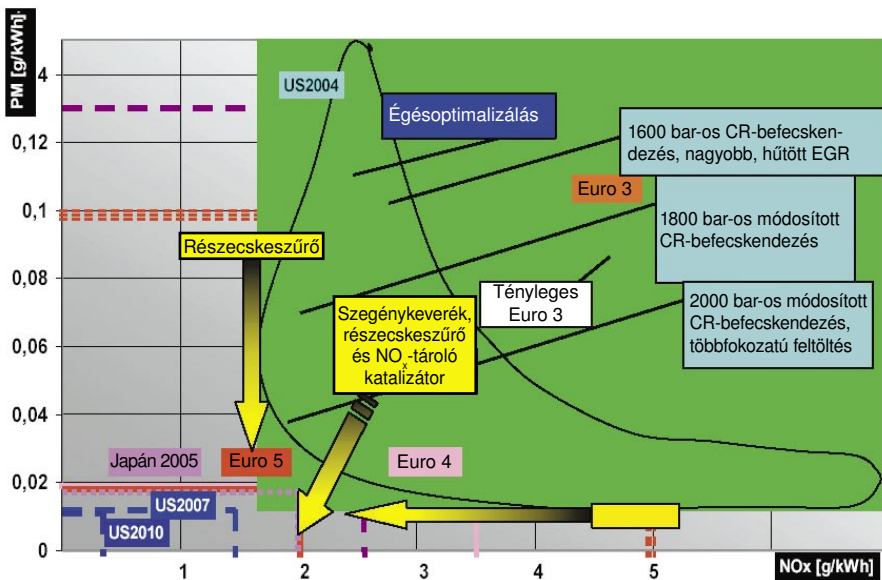
Víztelenítés után maradó ammónia elővegyületek

előtt üzemeltethetők. Az elkövetkező évek csekély kibocsátási szintjei csak akkor teljesíthetők, ha a katalizátorba a motorból eleve kevés NO_x-tartalom lép be.

A 2010-től 40 µg/m³-re tervezett NO₂-immissziós határérték eléréséhez és az NO_x kitűzött csökkentéséhez a következő követelményekre kell tekintettel lenni.

- AdBlue adalék használata esetén különös figyelmet kell fordítani az ammónium redukációjára.
- A NO_x-tartalom magas szintű átalakítására a motor teljes fordulatszám-tartományában fokozott gondot kell fordítani.
- Figyelembe véve a NO₂ nagyobb mértékű, ezért könnyebb redukálhatóságát.
- A katalizátorokat fokozott mértékben öregedés- és kéntűróvé kell alakítani.

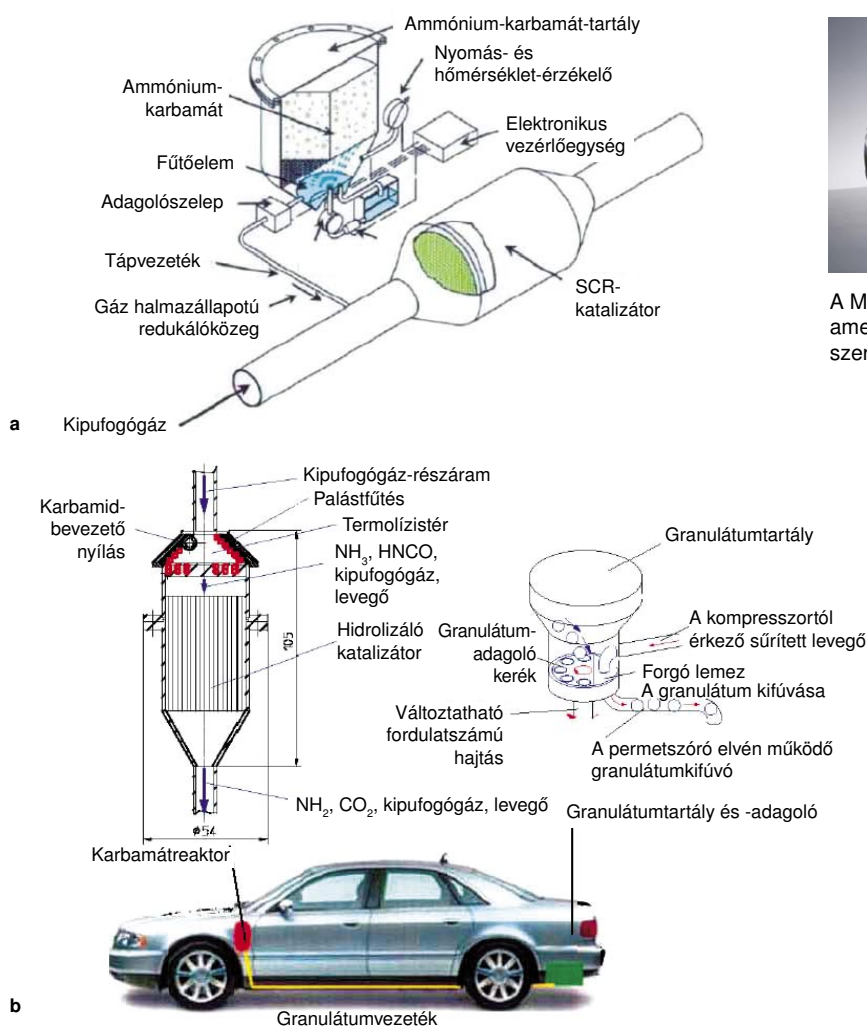
Az SCR-katalizátorokban aktivizálható ammónium mennyisége és ezzel a katalizátor átalakítási hatásfoka a próbapadi mérések alapján szilárd halmazállapotú ammónium-karbamid használatával az AdBlue adalékét meghaladó szintre növelhető.



A részecske- és a NO_x-emissziócsökkentés határértékei és elérésük eszközei



A Mercedes-Benz Vision C 220 Bluetec-modellje az amerikai piacokon 2008-ban szilárd adalékú SCR-rendszerrel kerül forgalomba



A vázolt, szilárd adalékanyagú katalizátorteknika jelentős mértékben hozzájárul az Euro 5, 180–200 mg NO_x/km és az 50 mg/mfd-es (Tier 2 Bin 5) amerikai határértékek teljesítéséhez, 80% körüli NO_x-átalakítási határfokon.

Tekintettel arra, hogy az SCR-katalizátor terheléscsökkentése jó motor-utókezelő eszközzel támogatott, a katalizátor és a motorgyártók egyaránt érdekeltek a minél nagyobb NO_x-átalakítási határfok teljesítésében.

A folyadékadalékú technika utóvédharcosaként a FEV a motortérben elhelyezhető, kombinált részecskeszűrős SCR-katalizátort fejlesztett ki. A rendszer V oxidációs katalizátorból, P részecskeszűrőből, H AdBlue-párologtató-keverőegységből és R SCR-katalizátorból áll.

A rövid utak rendszere a NO_x-tartalom NO₂-hányadának 50%-os megnövekedését és az átalakítási határfok 75%-ra való növekedését helyezi kilátásba.

A jövő a szilárd adalékanyagé

A szilárd adalékanyag 80%-os átalakítási határfok kínálata biztos piaci lehetőségek hordozója. Tekintettel arra, hogy a Mercedes-Benz Vision C 220 Bluetec járművén kívül eddig egyetlen gyártó sem helyezte kilátásba 2008 előtt NO_x-tárolós és fedélzeti ammóniagenerátorral ellátott SCR-katalizátor beépítését, a konkrét megoldás ma az autóiipar legféltettebb titkai közé tartozik.

Mivel csodák nincsenek, a célérés egyik fontos eszköze az intelligens energiamegazdálkodás (amely a jármű élettartama alatt csupán 3800 liternyi üzemanyaggal is beéri), a másik a vaszeolit anyagú SCR-katalizátor, a harmadik a fedélzeti ammóniagenerátoros, NO_x-tárolós katalizátor. Részletesebb működésükről egy éven belül bővebb ismeretekre számíthatunk.

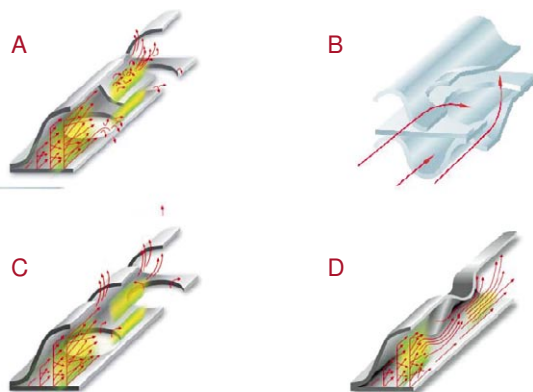
Petrók János

Ammónium-karbamátból (AC) és ammónium-formiáttól (AF) víztelenítés után (HS) és (MA) ammónium elővegyületek maradnak. A szilárd granulátum a re-

dukció során szublimációval hasznosul, ezért a redukció adalékigénye kisebb az AdBlue adalékénál.

Gömb alakú granulátum használatával a szublimáción alapuló redukció kis holtidejű, egyenletes adagolást és olyan méretű adagolóeszköz-méretcsökkentést tesz lehetővé, hogy a teljes kipufogógáz-utókezelő rendszer elhelyezhető a motortérben.

A szilárd adalékanyag fagyáspontja kisebb –25 °C-nál. Emiatt elmarad az adagolóeszköz fűtési igénye, ami árban és üzemeltetésbiztonságban egyaránt versenyképesebbé teszi a granulátumadagoláson alapuló technikát.



Emitec katalizátor örvénykeltő lemezidomai. A legnagyobb örvénylést és a legkisebb nyomásesést az A változattal sikerült létrehozni