



KISS CSABA

okleveles gépészmérnök, VMMSzK
 egyetemi tanársegéd, BME

**Emisszió csökkentési technológiák
 a vasúti dízel vontatójárműveken – 3. rész**

Összefoglaló

A dízel-vontatójárművekkel szemben támasztott egyik legfontosabb követelmény a károsanyag kibocsátás csökkentése az egyre szigorodó nemzetközi előírásoknak megfelelően. A közlemény a dízelmotorokon a fenti célok elérését célzó megoldásokat tárgyalja. Végül rövid áttekintést ad az alternatív tüzelőanyagokról és erőforrásokról.

Csaba Kiss
 Dipl.-Ing. Maschinenbau, Assistent an der TU Budapest
 MÁV Zrt. VMMSzK

Technologien für Emissionsreduktion bei Eisenbahn-Dieselelektrofahrzeugen – Teil 3.

Zusammenfassung
 Eine der gegen den Dieselmotor gestellten, wichtigsten Anforderungen ist die Reduzierung der Schadstoffemissionen entsprechend der immer verschärfenden, internationalen Vorschriften. Im diesen Artikel werden die diesen Zweck zielenden Lösungen behandelt. Zuletzt eine kurze Übersicht über die alternativen Brennstoffe und alternativen Kraftquellen wird gegeben.

Csaba Kiss
 Msc. mechanical engineer, University instructor
 MÁV Ltd. VMMSzK

Emission reduction technologies for diesel traction vehicles – Part 3.

Summary
 One of the principal requirements addressed to the diesel-powered railway vehicles is the emission reduction corresponding to the even more stringent international standards. The solutions targeting the aforementioned objectives are discussed in the article. Finally a brief overview on the alternative fuels and alternative prime movers are given.

Az előzményekről

A Vasútépészet 2013. 3. és 4. számában megkezdjük a vasúti dízel vontatójárművek káros anyag csökkentésére szolgáló technológiai megoldások bemutatását.

Elektronikus irányítás

A motor rendszerek elektronikus irányítása kritikus elem az emissziós szabványok kielégítésében. Szigorúbb emissziós szabályozások bizonyára a motor a tüzelőanyag ellátó, levegőellátó és utánkezelő rendszereinek nagyon pontos szabályozását követelik meg. A környezeti tényezőket szintén figyelemmel kell kísérni, hogy a dízelmotor teljesítmény kifejthetősége és az emissziós szintek kielégítése biztosított legyen.

Ugyanakkor a rendkívüli üzemi körülmények a nem közúti alkalmazásokban robusztus elektronikus rendszereket követelnek meg a megbízható üzem érdekében.

Számítógépes áramlástani modellezés: A hengeren belüli keverékképzés és égés kutatás a hengerbe belépő levegő mozgásának megértéséről szól, a hengerben a tüzelőanyag-levegő keverék kialakulásáról, égéséről, a káros anyagok képződéséről és aztán égéstermékek kilépéséről szól. A hengeren belüli égésfolyamatot teljesen nem értjük és bonyolultabb lett a matematikai szimulációhoz vagy fényképezéssel vagy távvezérelt eszközzel történő megfigyeléséhez. Mindamelllett, egy számítógépes áramlástani modellezésként is-

mert eljárás már rendelkezésre áll, amely összekapcsolja az áramlástant, alkalmazott matematikát és nagyteljesítményű számítógépet a levegő formák körüli és formákban történő áramlás szimulálására. Ezt kiterjedten használták a repülőgépi szektorban és már bármilyen tervezési alkalmazásra alkalmazható, amelynél levegőmozgás történik. A CFD-eljárás azon egyenletek kiválasztását tartalmazza, melyek a legjobban leírják az áramlás fizikáját, azaz a CFD-kód nagyteljesítményű számítógépet használ az egyenletek megoldására, az eredmények értelmezésére és az aktuális vizsgálati adatokkal való összevetésére. A dízelmotor konstrukció szempontjából, úgy tekintjük, hogy a fejlett numerikus

CFD-t alkalmazó modellek jelen-tősen elősegíthetik a korszerű égési folyamatok megértését.

2. Dízelmotoron kívüli módszerek

Tüzelőanyag szabványok a II-IA, IIIB és Stage IV emissziós fokozatokhoz

Az új károsanyag kibocsátási követelmények kielégítésében a megoldás kritikus része a dízel üzemanyag. A dízel üzemanyag kéntartalmát jelentős mértékben kell csökkenteni. Először finomítások szükségesek a kéntartalom 500 ppm-re történő csökkentéséhez. Később tovább kell csökkenteni 10 ppm maximumra.

A nagyon kis kéntartalmú tüzelőanyagoknak (10 ppm) számos előnyös hatásuk van. Kisebb PM kibocsátást eredményeznek az égés során, így önmagában is egy PM szabályzó stratégia valamennyi használatban lévő berendezésben. Tier 4/StageIV-nél korszerű NO_x utánkezelő technológiát tesz lehetővé. Kedvező hatása lehet az olajleeresztési intervallumokra is. Megjegyezzük, hogy a rossz tüzelőanyaggal való kiserelés nagy veszélyekkel járhat. IV. fokozatnál a legtöbb kipufogógáz utánkezelő berendezés megköveteli a nagyon kis kéntartalmú tüzelőanyagot (10 ppm). A NO_x -elnyelő utánkezelő berendezések nem viselik el a tüzelőanyag kéntartalmát. Az SCR-rendszerek viszonylag kevésbé érzékenyek a tüzelőanyag kéntartalmára. A PM-szűrő rendszerek folyamatosan nem biztos, hogy károsodnak a nem megfelelő kéntartalmú üzemanyaggal történő kisereléstől, de a nagyobb kéntartalom a PM-szűrő kisebb hatékonyságát okozza, és nem elégíti ki az emissziós követelményeket a nagyobb képződött szulfát mennyiség miatt.

Kenőolaj

Egy másik fontos tényező a jövő károsanyag kibocsátási követelményeinek kielégítése szempontjából a motor kenőolaj. Az elsődleges hangsúly azon van, hogy az olajo-

kat az utánkezelő berendezésekkel összeegyeztethetővé kell tenni. A IV. fokozat utánkezelési megoldásai lehetővé tételéhez egy közbenső követelmény a hamutartalom csökkentése és a dízel részecskeszűrő karbantartási intervallumainak kiterjesztése a fontos kenési képesség fenntartása mellett.

A következőkben a dízelmotoron kívüli emisszió csökkentő módszereket az egyes károsanyag összetevők szerint csoportosítva tárgyaljuk.

NO_x -csökkentési lehetőségek

• **Hűtött kipufogógáz visszavezetés (10. ábra)**

A hűtött kipufogógáz visszavezetés nagyon hatékony NO_x -szabályozási eszköz. Hűtött kipufogógáz visszavezető rendszer a kipufogógáz mért, szabályozott mennyiségét veszi, átereszt egy hűtőn, mielőtt összekeveri a hengerbe áramló friss töltettel. A hűtött kipufogógáz visszavezetés csökkenti az oxigén-koncentrációt az égéstérben a belépő környezeti levegő kipufogógázzal történő hígításával. Égés során a kisebb oxigén-tartalomnak lánghőmérsékleteket csökkentő hatása van, mely viszont csökkenti a NO_x -ot, mivel a NO_x -képződés a lánghőmérséklet exponenciális függvénye.

A kipufogógáz visszavezetéssel ellátott motorokban a kipufogógázokat a motor hűtőközege hűti és további friss levegő hűtés is szükséges, mely ugyanakkor növeli a teljes jármű vagy berendezés hűtőrendszer követelményeit. A gépjárműves alkalmazásokban ezt jól kezelik a jármű menetszél hűtéssel és kissé nagyobb hűtőegységgel. Ahol a menetszél nem áll rendelkezésre növelt hűtőventilátor és hűtő/friss levegő egységek szüksége-

sek a többlet hő (15-25%-kal nagyobb hőelvonás) elvonásához. Ez nagyobb többlet terhelést és növelt hűtési rendszer költséget és zajszintet eredményez.

• **Belső vagy nem hűtött kipufogógáz visszavezetés**

Hasonlóan a hűtött kipufogógáz visszavezetéshez, a belső kipufogógáz visszavezetés is csökkenti az oxigén-koncentrációt az égéstérben a belépő környezeti levegő kipufogógázzal történő hígításával. Égés során a kisebb oxigén-tartalomnak lánghőmérsékleteket csökkentő hatása van, mely viszont csökkenti a NO_x -ot, mivel a NO_x -képződés a lánghőmérséklet exponenciális függvénye.

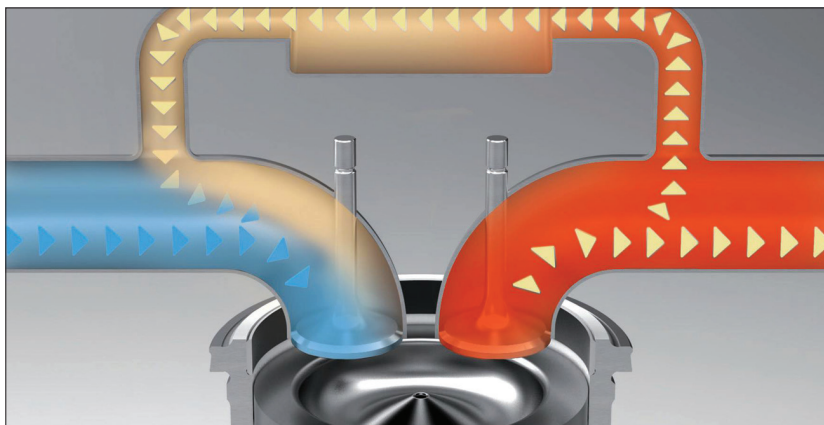
Ugyanakkor, mivel a kipufogógáz meglehetősen forró amikor közvetlenül visszavezetik az égéstérbe, az előnyök nagyon korlátozottak. A levegő/tüzelőanyag arányok szintén csökkennek és növelik a füstöt és a tüzelőanyag fogyasztást. Ez a módszer korlátozza a teljesítmény sűrűséget és csak a kis effektív közepnyomású alkalmazásokban használják.

• **Korszerű égés**

Ezt már fentebb áttekintettük, de mivel az alapvető égést optimalizáló dízelmotor kialakítás kritikus elemei magukban foglalják a hengert, levegőellátó, tüzelőanyag ellátó és irányító rendszereket is a NO_x -csökkentő utánkezelő berendezések mellett nagyon fontos a korszerű keverékképzési és égési rendszer kifejlesztése is, mely rendkívül hatékonyan csökkenti a motorból kilépő emissziókat a „forrásnál” az égéstérben belül és a dízelmotor üzeme közben nem okoz többlet költségeket és fenntartási igényt.

• **IV. fokozat emisszió csökkentési lehetőségek**

A végső IV. emissziós fokozat nagyon kis NO_x és PM-határo-



10. ábra Hűtött kipufogógáz visszavezetés elvi vázlata
(Forrás: MTU)

kat kényszerít ki. Míg az elsődleges hangsúly a IIIA szabványnál a NO_x -csökkentés, a IV. fokozatnál a szabvány mind a NO_x , mind a PM olyan szint alá csökkentését, mely mindenképpen megköveteli az utánkezelő berendezések alkalmazását.

További NO_x -emissziócsökkentési módszerek

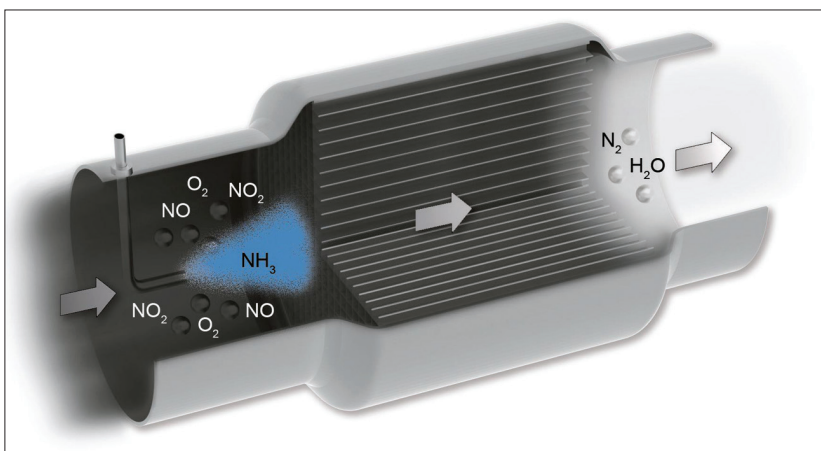
A következő NO_x -utánkezelési módszereket tekintjük a IV. fokozathoz:

Szelektív katalitikus redukció (SCR)

A szelektív katalitikus redukció egy kémiai redukálószerrel használ, ebben az esetben karbamid, amely

ammóniává alakul a kipufogógázban és reakcióba lép a NO_x -szal a katalizátorban nem mérgező nitrogén és víz képződése céljából. Egy SCR-rendszerben a karbamid befecskendezési sebességet nagyon finoman kell szabályozni. Ha a befecskendezési sebesség túl nagy, nem az összes ammónia lép reakcióba a NO_x -szal és bizonyos mennyiségű ammónia a katalizátoron keresztül távozik. Ha a sebesség túl kicsi, a megkívánt NO_x -csökkentést nem érjük el. Mindkét helyzet értelemszerűen nem kívánatos és el kell kerülni. (11. ábra)

A karbamidos SCR-rendszer alapvetően a következő elemeket tartalmazza:



11. ábra A szelektív katalitikus redukció működésének elvi vázlata
(Forrás: MTU)

- katalizátor. – A katalizátort a kipufogógáz áramba építik be. Külső megjelenésében hasonló lehet egy hangtompítóhoz, de a megkívánt NO_x -csökkentéstől függően esetenként nagyobb lehet. Kémiai összetevőket tartalmaz, melyek ammónia jelenlétében segítenek a nitrogén-oxidokat ártalmatlan vegyületekké alakítani.
- karbamid. – Karbamid minőség és koncentráció vizes oldatban fontos és megfelelően kell szabályozni és elosztani. Karbamidot a fedélzeti berendezésben szállítják vizes oldatként egy tároló tartályban jellemzően 5%-a a dízel tartálynak. A tároló tartályt úgy méretezik, hogy minimalizálják az üzemeltetői feltöltést, de a berendezés súly és elhelyezési korlátjain belül. A tárolótartályt és a karbamid befecskendező rendszert meg kell védeni a fagyástól vagy egy szabályozott hűtőrendszerrel kell ellátni, mivel a karbamid vizes oldata körülbelül -11°C fokon kristályosodik.
- Karbamid befecskendező és szabályzó rendszer – Egy bonyolult befecskendező rendszer és szabályozás (beleértve NO_x és karbamid minőség érzékelőket) szükséges a pontos mennyiségű karbamid szolgáltatásához mindenféle üzemi körülmények között. A karbamid befecskendezést gondosan kell szabályozni, hogy a bejuttatott ammónia mennyisége közel helyezkedjen el a motor által „igényelt” ténylegesen kibocsátott NO_x mennyiségéhez. Felmerül a kérdés, hogy mennyi karbamidot használ egy SCR-rendszer? Minden 1 g/HP-h NO_x csökkentéshez, egy SCR-rel felszerelt motor fogyaszt a felhasznált tüzelőanyag közelítőleg 1,5%-ának megfelelő karbamidot. Ezért jellemző karbamid mennyiség az elfogyasztott tüzelőanyag 3-8%-a lesz.

(Folytatjuk)