

GÉPJÁRMŰVEK ÁLTAL OKOZOTT LEVEGŐ- SZENNYEZÉS

HÖRÖMPÖLY Imre

Budapesti Műszaki Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar
Járműgépészeti Intézet

A kipufogó gáz hatása az emberi szervezetre

A nagymértékben motorizált országokban az emberi szervezetet elsősorban a belsőégésű motorok kipufogó gázainak mérgező részei támadják meg. A fejlett ipari országokban a levegőszennyezettség 50—60%-a a közúti járművek üzemeltetéséből ered. Hazánkban ez az arányszám 35—40%-os átlagban a városokban. Nagyvárosaink közlekedési csomópontjaiban — elsősorban a csúcsforgalmi időszakokban — a 60%-ot is meghaladja.

A kipufogó gázokban mintegy 300 olyan vegyület található, amely az emberi szervezetre káros. Az említett vegyületek zöme kb. 200-féle valamiféle szénhidrogén.

A mérés technika mai állása szerint műszeresen, folyamatosan a szénmonoxid, a szénhidrogének (összességükben), valamint a nitrogén-oxidok mérhetők. Ennek a három vegyületnek a mérését írják elő a különböző szabványok ill. rendeletek. Ezeknek a hatását az emberi szervezetre, tömören az alábbiakban foglalhatjuk össze.

A *szénmonoxid* erősen mérgező hatása abban rejlik, hogy az oxigénnél kb. 300-szor nagyobb a kötődési hajlama a vér hemoglobinjához és ezzel nagyon stabil vegyületté, szénmonoxid-hemoglobinná egyesül. Az így kialakult vegyület nem képes a tüdőben oxigént felvenni.

A mérgezés erőssége a vér szénmonoxid hemoglobin tartalmától függ, amit a levegő szénmonoxid tartalma a hatás időtartama és a szervezet légcseréjének sebessége befolyásol.

A legcsekélyebb tünetet, amit a szénmonoxid előidéz és amely fiziológiailag érzékelhető „Limuzin betegség”-nek nevezik. Ez a látószerveknek az alkoholos befolyásoltságához hasonló zavaraiiban, továbbá a tájékozódó képesség, az ítélőképesség csökkenésében jelentkezik.

A levegőnél kissé könnyebb, gázhalmazállapotú szénmonoxid szénnek, vagy széntartalmú anyagoknak kevés levegő jelenlétében való elégésekor keletkezik. A belsőégésű motorok (elsősorban az Otto-motorok) kipufogó gázaiban a motor üzemállapotától függő mennyiségben található meg.

A *szénhidrogének* a tüzelőanyag tökéletlen elégése miatt kerülnek a kipufogó gázokba.

A belsőégésű motorok kipufogó gázában megtalálható szénhidrogén jellegű vegyületek:

a benzin összetételében jelentkezőkre; policiklikus aromás szénhidrogénekre és aldehidekre oszthatók.

A jelenlevő főbb anyagcsoportok, úgy mint paraffinok, olefinek, acetilén-szénhidrogének és aromás szénhidrogének közül az előbbiekkal azonos koncentrációban, az utóbbiak lényegesen mérgezőbbek. Ezek a szénhidrogének a narkotikus állapottól a fulladásos halálig — koncentrációtól függően — fejtik ki egészségre károsító hatásukat.

A policiklikus szénhidrogének, karcinogének, azaz rákkeltő hatásúak. A motorból (elsősorban a dizel motorokból) legtöbbször a koromhoz kötődve távoznak.

A különféle aldehidek a szénhidrogének részleges oxidációjának termékei. Az aldehideknek igen nagy a reakcióképessége a test szöveteivel. Mérgező hatásuk kettős, egyrészt narkotizálják a központi idegrendszert, másrészt erősen izgatják a nyálkahártyát. Ez utóbbi hatás miatt érezzük a kipufogó gáz kellemetlen szagát.

A *nitrogén oxidok* — az előbbi kétfajta komponenssel ellentétben — nem a tüzelőanyaggal kerülnek az égéstérbe. A levegőben levő nitrogén az égéstérben uralkodó nagy (1500 K feletti) hőmérséklet és nyomás miatt oxidálódik és különféle nitrogén oxidok keletkeznek.

A belsőégésű motorok elsősorban nitrogén oxidot emittálnak, de nitrogén dioxid is megtalálható a kipufogó gázban. Mindkét gáz rendkívül, a szénmonoxidnál kb. tízszer mérgezőbb. Mindkét vegyület erős vérméreg. Hosszabb behatásnál, többórás lappangási idő után tüdőödéma jelentkezhet.

Budapest és hazai nagyvárosaink légszennyezettsége

A KÖTUKI (jelenlegi neve KTI) 1979-ben végzett Budapest 12 útvonalán méréseket.

A mérések alapján megállapítható, hogy különösen szénmonoxid vonatkozásban a gépjárművek a megengedettnél jóval nagyobb légszennyezettséget mutatnak.

Hasonló méréseket végzett a KÖTUKI 1980-ban Miskolcon, Debrecenben, Szolnokon, Pécsen, Győrött és Tatabányán. A mérések alapján megállapították, hogy a gépjárművek légszennyező hatása a fővárosban jóval nagyobb, mint a vidéki városokban. A vidéki városok közül Miskolcon a legnagyobb a gépjárművek légszennyező hatása.

A gépjárművek közül legtöbbet a személygépkocsik és a benzinüzemű tehergépkocsik emittálnak. A levegőtisztaság-védelmi szempontok tehát elsősorban az említett kétfajta gépjármű emissziójának a csökkentését teszi szükségessé.

A kipufogó gáz mérgező komponenseinek mérése

A kipufogó gáz fenti három mérgező komponensének mérése az alábbiak szerint történik.

A *szénmonoxidot* (CO) nem diszperzív infravörös elemző műszerrel mérik. A mérési elv azon alapul, hogy az infravörös sugárzási tartományban ($\lambda = 2-15 \mu\text{m}$ hullámhosszú elektromágneses sugárzás) azok a gázok, amelyek molekulái legalább két különböző atomból tevődnek össze, diszkrét energiaelnyelési tartománnyal rendelkeznek.

A *szénhidrogéneket* (C_nH_m) régebben szintén infravörös elemzővel mérték. A gondot az okozta, hogy a szénhidrogének, mint gyűjtőfogalom kb. 200 különböző vegyületet ölel fel. Mivel az elemző műszer érzékelőjét, csak egyfajta szénhidrogén vegyülettel lehet feltölteni és ennek megfelelően csak ezt a vegyületet lehet pontosan mérni, a többi vegyületre a műszer érzékenysége csak 20–40% volt.

Ma a szénhidrogének mérésére *lángionizációs detektorokat* használnak. A detektor egy diffúziós hidrogén égőből áll. A kipufogó gázhoz vívő gázt (argon vagy bután) és pontosan szabályozott mennyiségű hidrogént elegyítenek. A hidrogén égéséhez levegőt vagy oxigént vezetünk a detektor kamrába.

A keverék lángját két elektród között alakítják ki. Az elektródokra 100–300 V feszültséget adnak. A hidrogén láng 2000–2200 °C hőmérsékletén kis mértékben a hidrogén is ionizálódik és ez állandó alapáramot ad.

Ha C_nH_m jut a detektorba az a hidrogén lángban elégve ionok keletkeznek, a láng vezetőképessége és ennek megfelelően az ionáram jelentősen megnő. A lángot határoló két elektróda között keletkező ionáram megfelelő erősítés után regisztrálható.

A *nitrogén oxidok* koncentrációját kemolumineszcens mérési elven határozzák meg. A mérési elv lényege, hogy a nitrogén oxid kis nyomáson ózonnal hevesen reagál és nitrogén dioxid keletkezik, majd a nitrogén dioxid kb. 10%-a nitrogénperoxiddá oxidálódik. A nitrogén-peroxidok gerjesztett állapotukból alapállapotba ugorva energiát sugároznak ki foton formájában.

A fénykibocsátást fotosokszorozóval erősítve az NO koncentrációval arányos elektromos jelet kapunk.

Otto motoros személygépkocsik emissziójának vizsgálata

Az 1960-as évek óta vizsgálják a világon a gépjárművek emisszióját. A vizsgálati eljárásokban az a közös vonás, hogy mindegyiknél a járművel teljesítmény próbapadon egy meghatározott menet ciklust futtatnak végig, közben a kipufogó gázokat gyűjtik, majd analizálják és a koncentrációt a megengedett értékekkel hasonlítják össze.

A menetciklusok igen különbözök. Az amerikai ún. tranziens, amely egy valóságos sebességfutás diagramjának látszik. Az európai és a japán menetciklus ún. modális azaz a forgalomban előforduló legvalószínűbb gyorsításokat, állandó sebességeket tartalmazza. A gázgyűjtés módja 1982 óta a világon egyezéses, az ún. állandótérfogatgyűjtő módszer. Az angol elnevezés szavainak kezdőbetűiből CVS módszernek nevezik. A módszer jellemzője, hogy a kipufogó gázt, a mintavevő zsákba kerülése előtt, olyan mértékben hígítják levegővel, hogy a gáz ne tudjon kondenzálódni. (A korábbi módszernél a kipufogó gázt nem hígították, ezért az a mintavevő zsákban kondenzálódott és a víz a nitrogén oxidokat és kisebb mértékben a szénhidrogéneket oldotta ill. kimosta).

A megengedett értékek a legszigorúbbak Japánban és a legenyhébbek Európában (Svédország kivételével). Európában a határérték nagysága a jármű súlyától függ. A 400—3500 kg vonatkozási tömegű személygépkocsikat kilenc kategóriába sorolja a vonatkozó magyar szabvány és a nehezebb járműnek nagyobb emissziót enged meg. Az amerikai és a japán előírások a jármű súlyától függetlenül állapítják meg a határértéket.

A benzinüzemű személygépkocsik kipufogó gázai mérgező komponenseinek csökkentési módszerei

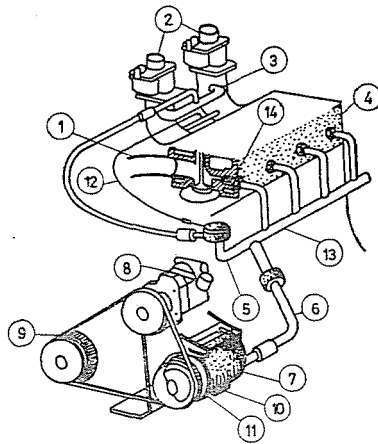
A 70-es évek elejéig a kipufogó gázok káros anyagainak csökkentését az égéstéren belüli intézkedésekkel érték el. Ezekből a megoldásokból összefoglalva a következőket mondhatjuk el.

A karburátor tökéletesítésével és a benzinbefecskendezés továbbfejlesztésével jelentősen javították a szívó rendszert, tehát tökéletesebbé vált a keverékképzés és egyenletesebb lett a keverék elosztása az egyes hengerekben. A gyújtóberendezés tökéletesítésével optimálták a gyújtási időpontot. A szelepvezérlés időpontoknál megvalósították a legkedvezőbb kompromisszumot a kipufogógáz, a teljesítmény és a motor üzemi tulajdonságai között. Az égésteret úgy alakították ki, hogy egyidejűleg kedvező legyen az emisszió és a tüzelőanyag-fogyasztás. Az összes motoron égéstéren belüli intézkedéssel, a szabályozás megkezdése előtt CO és CH emissziók mintegy 30%-át érték el. A NO_x kibocsátást kb. 50%-kal lehetett csökkenteni.

A 70-es évek közepén bekövetkezett jelentős határérték szigorítások miatt csak az égéstér után alkalmazott intézkedésekkel vált lehetővé a határérték betartása.

A nitrogén oxidok redukálásának egyik leghatásosabb módja a kipufogó gáz visszavezetés. A bekevert kipufogó gáz mennyiségének megfelelően csökken a motor effektív középnyomása és ezzel a teljesítménye is. Emelkedik a tüzelőanyag fogyasztása.

A kipufogó gáz tisztítás hatásos eszköze volt az utánégető berendezések alkalmazása.



1. ábra. Levegőbefűvós utánégető berendezés vázlata

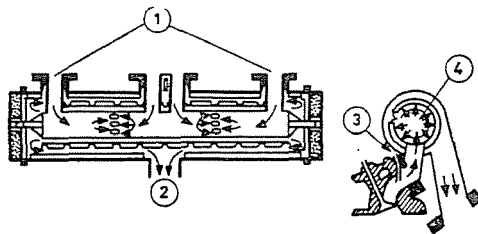
1. Kipufogócső — 2. Karburátor — 3. Szívócső — 4. Hengerfej — 5. Rochester szelep —
 6. Visszacsapó szelep — 7. Saginaw szivattyú — 8. Vickers szivattyú — 9. Főtengely — 10.
 Túlnyomás szelep — 11. Levegőbelépés — 12. Vezérlő vezeték — 13. Elosztócső — —
 14. Befűvőcsonk

Az ún. termikus utánégetés 1966-ban kezdődött az USA-ban. Ezzel a módszerrel a szénmonoxid és szénhidrogén komponensek csökkenthetők.

Levegőbefűvós utánégető berendezés vázlata az 1. ábrán látható. A szivattyú által szállított levegő a hengerfejbe torkolló kipufogó csőbe jut. Ebben a kb. 973 K hőmérsékletű térben következik be a szénmonoxid és szénhidrogén komponensek utánégetése. Az utóoxidáció következtében az említett komponensek emissziója 50–70%-kal csökken.

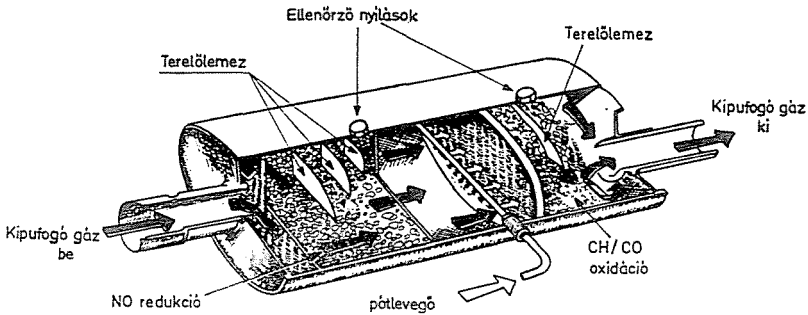
A *termoreaktor* jelentette az előbbi módszer továbbfejlesztését. Egy ilyen reaktor vázlatát a 2. ábra mutatja. A termoreaktorban az el nem égett CO és CH részek oxidálódnak.

A reaktort közvetlenül a hengerfejre, minél közelebb a kipufogó szelephez kell szerelni. A nagy tisztítási fok miatt fogyasztást növelő intézkedések nem kerülhetők el. De ezek csak bizonyos terhelés-, és fordulatszám-tartományra korlátozódnak.



2. ábra. Egy termoreaktor felépítése

1. Kipufogó gáz belépés — 2. Kipufogó gáz kilépés — 3. Szekunderlevegő bevezetés 4. Égécscső



3. ábra. Kétágyas katalitikus konverter

Katalizátorok alkalmazásával, az előbb említetttnél lényegesen alacsonyabb hőmérsékleten valósítható meg a káros anyagok átalakítása. Emiatt katalikus reaktor helyett a *katalikus konverter* kifejezést használjuk.

A kipufogó gázban levő káros anyagok csökkentésére oxidációs (CO és CH csökkentésére) redukciós (NO_x csökkentésére) és szelektív (mindhárom komponens egyidejű csökkentésére) katalizátorokat alkalmaznak.

A katalizátor anyaga platina ill. a platina fémekhez tartozó palládium.

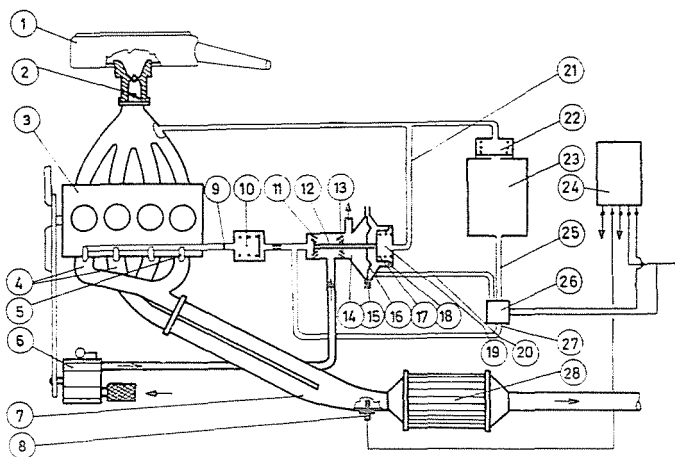
A nitrogén oxidok és a szénmonoxid szénhidrogén együttes csökkentése érdekében a redukciós és oxidációs katalizátort egybeépítik. Kétágyas katalitikus konverter vázlatát szemlélteti a 3. ábra. A CO és CH oxidáció 373 K alatt nem kezdődik meg a konverterben. Ezért különféle intézkedésekkel biztosítani kell, hogy a hidegindítás után 30 másodperccel a szükséges hőmérséklet rendelkezésre álljon.

A szelektív katalizátor egyágyas. Ez különösen hidegindításnál előnyös, mivel kisebb katalizátor mennyiségeket kell felmelegíteni, mint a kétágyas katalizátor esetén.

Ezen felüli pozitívuma a kisebb helyszükséglet és az ammóniaképződés elkerülése. A három káros anyag egyidejű tisztítása csak abban az esetben lehetséges, ha a kipufogó gáz összetétele a sztöchiometrikushoz közeli tartományban van, a túrési határ $\pm 0,5\%$ -os lehet.

A 4. ábrán a DVG (német karburátor társaság) lambda szondás szabályozó rendszerének vázlatát látjuk. Ennél az ún. lambda szonda folyamatosan méri a kipufogó gáz oxigéntartalmát. Az oxigéntartalom függvényében, sztöchiometrikus tartomány biztosítására a levegőszivattyú változó mennyiségű levegőt fúj a kipufogó szelepek mögé.

A katalitikus kipufogó gáz tisztítás jelentős költséggel jár. Az ólommentes benzín használata előfeltétele a katalizátor működésének. A katalizátor viszonylag nagy költségei abból adódnak, hogy aktív anyaguk nemesfémek. Katalizátorok alkalmazásánál nő a tüzelőanyag-fogyasztás és csökken a teljesítmény.



4. ábra. A DVG lambda-szondás szabályozó rendszere

1. Levegőszűrő — 2. Karburátor — 3. Motor — 4. Kipufogócső — 5. Szekunderlevegő bevezetés — 6. Levegőszivattyú — 7. Kipufogó vezeték — 8. Lambda-szonda — 9. Szekunderlevegő-vezető cső — 10. Visszacapó szelep — 11–27. A szekunderlevegő mennyiségét szabályozó berendezés részei — 28. Szelektív katalizátor

A tisztább kipufogógáz elérése érdekében kísérletek folynak újfajta tüzelőanyagokkal. Így propán-bután, cseppfolyós földgáz, metanol, hidrogén került szóba mint motorhajtó anyag.

Diesel-motoros gépjárművek emissziójának vizsgálata

A kipufogó gázok behatóbb vizsgálatának kezdete előtt a kipufogó gáz szinte egyedüli mérgező anyagának a szénmonoxidot tekintették. Ebben a szemléletben a Diesel-motor az egészségre ártalmatlannak tűnt, mert a legrosszabb beszabályozás és a legmostohább üzemeltetés mellett sem lépi túl a kipufogó gáz CO tartalma az 1%-ot.

Annak ellenére, hogy a Diesel-motor 1,2—10 közötti légfelesleggel üzemel, az égés egy része mégis tökéletlenül zajlik. Korom, szénhidrogének, aldehidek, policiklikus szénhidrogének, szénmonoxid, hidrogén keletkezik. Ezenkívül nem kívánatos mellékreakciók is lezajlanak nitrogén-oxidok és kén-oxidok képződése közepette.

A korábbi években csak a Diesel-motor *füstölését*, azaz a kipufogógázban levő koromszemcsék és egyéb diszperz részecskék mennyiségét vizsgálták, különböző mérési elven.

Jelenleg csak a fényelnyeléses mérési elv a megengedett. A kipufogó gázt átvilágítják és az elnyelt fény mennyiségét a teljes (azaz tiszta levegő átvilágításával nyert) fényáramhoz tartozó 0-tól a teljes elsötétedésnek (csak korom

található a kipufogó gázban) megfelelő 100-as értékig terjedő lineáris beosztású skáláról olvassuk le.

Az így kapott fényelnyelés értékét a kipufogó gáz megvilágított áramának egységnyi hosszára vonatkoztatjuk és kapjuk a k betűvel jelzett fényelnyelési együtthatót.

A fényelnyelési együttható mérése vagy motorfékpadra helyezett motoron, vagy görgős teljesítménymérő fékpadra helyezett gépjárművön történik.

A k megengedett értéke a névleges (dm^3/s) gázáramtól függ, oly módon, hogy nagyobb hengerűrtartalmú motorral szemben nagyobb a kipufogó gáz tisztasági követelmény.

Fentiekén kívül vizsgálják, a korábban már ismertetett műszerekkel a kipufogó gázok CO , C_nH_m és NO_x koncentrációját. Ezeket az anyagokat hazánkban, csak 3,5 l-nál nagyobb össztömegű Diesel-motoros járműveknél kell vizsgálni és az adott határértékkel összehasonlítani. Külföldön Diesel-motoros személygépkocsiknál is el kell végezni a vizsgálatokat.

Diesel-motoros járművek füstölésének és káros anyag emissziójának csökkentésére alkalmas módszerek

Az *adagoló szivattyú helyes beállításával* mindenféle konstrukciós változtatás vagy pótlólagos konstrukciók alkalmazása nélkül lehet csökkenteni a füstölést.

Sajnos hazánkban ez a mód még mindig gyakran alkalmazható ill. annak kellene lennie.

A kipufogó gázok komponensei csökkentésére Diesel-motoroknál is széles körben alkalmaznak *katalizátorokat*, az Otto motoroknál már tárgyaltak szerint.

A füst kibocsátás csökkentése érdekében különféle adalékot kevernek a gázolajba.

A nitrogén oxidokat kipufogó gáz visszavezetéssel csökkentik, elektronikus berendezések segítségével.

A füst és károsanyag csökkentés hatásos módja az alternatív tüzelőanyagok alkalmazása. Ilyenek a cseppfolyós *P-B gáz* (ill. ennek gázolajjal, kettős tüzelőanyagként történő) alkalmazása. Hasonló sikerrel jár a *cseppfolyós földgáz* alkalmazása.

A levegőszennyezés és az üzemanyagfogyasztás közötti összefüggések

A 70-es évek közepén bekövetkezett energiaválság ráébresztette az emberiséget az energiahordozók, különösen a szénhidrogén készletek véges voltára.

A motorizációt intenzív fejlődése az egész világon szénhidrogén takarékosági intézkedéseket követel.

Mint az előzőekből nyilvánvaló, az emisszió mértéke jól jelzi a belsőégésű motorok égésfolyamatának a jóságát és így a motor gazdasági hatásfokát. A gépjárművek emissziójának vizsgálata és csökkentése a környezetvédelmi előnyökön kívül energiatakarékossági, tüzelőanyag-fogyasztási érdekeket is szolgál.

Irodalom

1. Hoffman, H.—Heymer, A.: Zbl. Verkers-Medizin (1970)
2. Flamisch, O.—Merétei, T.—Pollák, I.—Szoboszlai, M.: KÖTUKI tudományos közlemények (1976)
3. dr. Hörömpöly, I.: Környezetvédelem (1978 BME Továbbképző Int. kiadványa)
4. Merétei, T.: A közúti közlekedés fővárosi emisszió kataszterének kidolgozása (1979 KÖTUKI kiadvány)
5. Merétei, T.: A közúti járműközlekedés emisszió katasztere a fontosabb hazai nagyvárosokra vonatkozóan (1980. KÖTUKI kiadvány)
6. dr. Szoboszlai, M.: Benzinüzemű személygépkocsik levegőhatásának vizsgálata az Európa Test előírásai szerint (1982. BME Járműgépészeti Intézet labor segédlet)

Dr. Hörömpöly Imre egy. adjunktus