



Dr. Lakatos István

Belsőégésű motorok emissziótechnikája

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:
Környezetvédelmi felülvizsgálat feladatai

A követelménymodul száma: 0619-06 A tartalomlelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-006-50

MUNKKANYAG

BELSŐ ÉGÉSŰ MOTOROK EMISSZIÓTECHNIKÁJA

ESETFELVETÉS–MUNKAHELYZET

A műhelybe érkező benzin vagy dízel üzemű autón kell környezetvédelmi vizsgálatot végezni.

A vizsgálatok során tisztában kell lennünk az emissziótechnikai berendezések működésével meghibásodási lehetőségeivel. Adott esetben a vizsgálatok előtti szemrevételezés során, illetve a vizsgálatok után az esetleges hiányosságokat ki kell küszöbölni. A vizsgálatokat minden esetben alaposan, műszakilag helyesen kell elvégeznünk, hiszen eredményüktől függően kell elvégezni a motor esetlegesen szükséges javítását/beállítását.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

EMISSZIÓTECHNIKA ÉS FEDÉLZETI ÁLLAPOTFELÜGYELET

A korszerű kipufogógáz utánkezelés több elemet felhasználva tartja kézben a belsőégésű motorok károsanyag-kibocsátását. Ma már ezen rendszerek mindegyike fedélzeti állapotfelügyelet (OBD) alatt áll. Az 1. táblázat a belsőégésű (Otto, dízel) motorokon alkalmazott kipufogógáz-releváns rendszereket tekinti át.

Rendszer	Motor (Otto, dízel)
katalizátor	Otto-, dízel-motor
lambdaszabályozás	Otto- motor
égésfelügyelet	Otto-, dízel-motor
kipufogógáz visszavezetés (AGR, EGR)	Otto-, dízel-motor
szekunderlevegő rendszer	Otto-motor
tüzelőanyag-ellátó rendszer	dízel motor
tüzelőanyagpótló visszavezető rendszer	Otto-motor
izzító rendszer	dízel-motor

1. táblázat. Kipufogógáz-releváns rendszerek

OTTO-MOTOROK EMISSZIÓTECHNIKÁJA

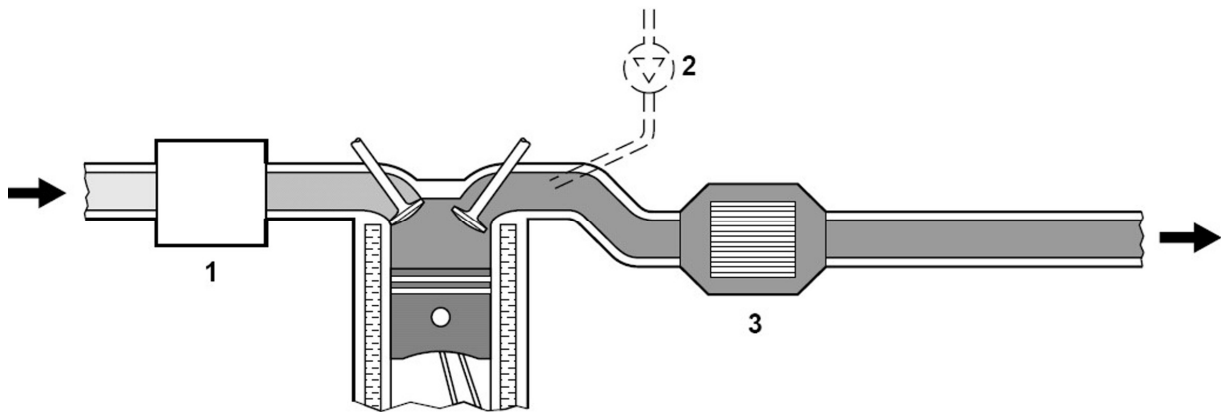
Katalizátor

A katalizátorok olyan anyagok, amelyek jelenlétükkel meggyorsítják a kémiai reakciókat, illetve megváltoztatják azok irányát anélkül, hogy a reakciók folyamán maradónan megváltoznának, és az egyensúlyt megváltoztatnák. Katalízisnek nevezzük a kémiai reakciónál a reakciósebesség befolyásolását olyan anyaggal, amely maga - a reakció során - visszamaradó változáson nem megy át.

Katalizátorok fajtái

Oxidációs katalizátor

Az oxidációs katalizátor (1. ábra) légszeleppel dolgozik. A szénhidrogéneket, valamint a szénmonoxidot alakítja át vízgőzzé és szén-dioxiddá. A nitrogén-oxidok mennyiségét nem csökkenti. Befecskendezős motoroknál szegény keverékű üzemmódban az ehhez szükséges oxigén a rendelkezésre áll.

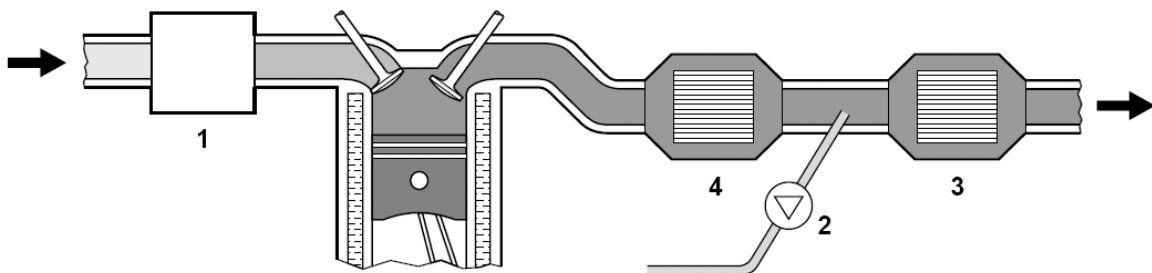


1. ábra. Egyágú oxidációs katalizátor (1. keverékképzés, 2. oxidációs katalizátor (CO, HC), 3. szekunder levegő)

Karburátoros motoroknál viszont ún. szekunderlevegő bejuttatásról gondoskodni kell. (A dízel-motorok esetében – a légfesleggel történő működés miatt – oxidációs katalizátorokat használnak.)

Kétágas katalizátor

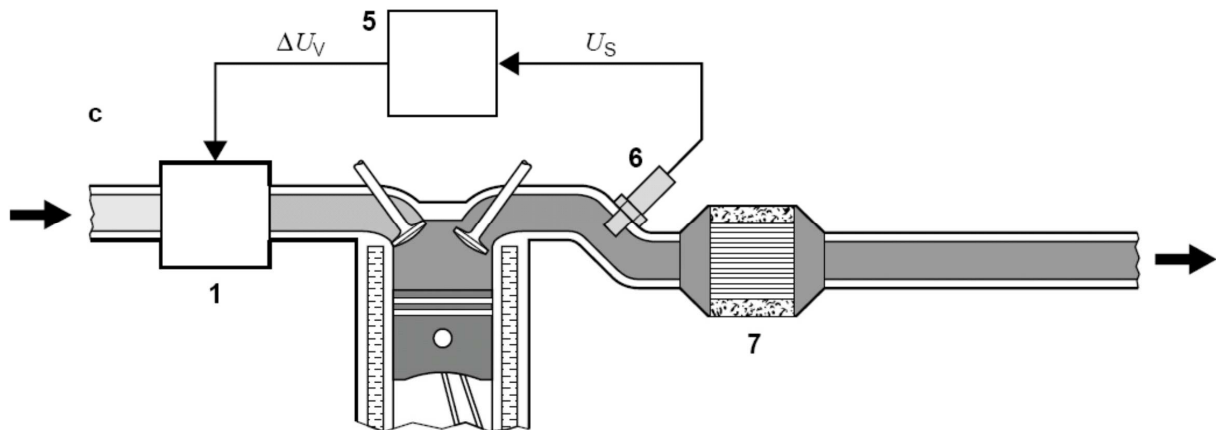
A kipufogógáz NO_x -tartalma redukációs katalizátorral csökkenthető, amely oxigén-hiányos környezetben fejt ki hatását. Ha ezt sorba kötjük egy oxidációs katalizátorral ún. kétágas katalizátort (2. ábra) kapunk. Ebben az esetben a motornak alapvetően dús keverékkel kell üzemelnie és az oxidációs katalizátor elé levegőt kell bejuttatni.



2. ábra. Kétágas katalizátor (1. keverékképzés, 2.a. redukációs katalizátor (NO_x),
2.b. oxidációs katalizátor (CO , HC), 3. szekunderlevegő)2

Három komponensre ható katalizátor

A mai Otto-motorokon ez a megoldás terjedt el, mint leghatékonyabb kialakítás (3. ábra). Ennek működéséhez $\lambda \approx 1$ összetételű tüzelőanyag-levegő keverékkel kell a motort üzemeltetni. A katalizátor működését oxidációs (CO -ból és HC -ből CO_2 és H_2O) és redukációs (NO_x -ből NO_2) folyamatok jellemzik.



3. ábra. Három komponensre ható katalizátor (1 keverékképzés, 2 három komponensre ható katalizátor (CO, HC, NOx), 3 lambdaszonda, 4 elektronikus irányítóegység)

A katalizátorok felépítése

Hordozó

A katalizátorok aktív katalitikus rétegből és hordozóanyagból állnak. Kívülről acéllemez-ház borítja őket. Hordozó szempontjából az alábbi lehetőségek léteznek:

- granulátum (európai gyártók nem alkalmazzák),
- kerámia monolit (manapság ez a leggyakoribb),
- fém monolit (nagy terhelhetőség, de drága).

A világon ma döntő többségében kb. 1200 °C-ig hőálló kerámiából készült hordozókat használnak, melyet a szilárdság növelése céljából méhsejtszerűen alakítanak ki. Ökölszabályként elfogadható, hogy minden motor lökettérfogat literre 1 dm³ katalizátor-térfogat szükséges. A hordozó vázkerámia általában mesterségesen előállított kordierit (magnézium-, alumínium-szilikát ásvány).

Napjainkban egyre elterjedtebben alkalmazzák a fémből készült hordozókat, korábban elsősorban előkatalizátorként, ma főkatalizátorként is. A hordozó igen vékony korrózióálló acéllemezekből készül, melyek közül az egyik hullámlemez és távolságtartásra, a gázút biztosítására szolgál, a másik síklemez, ez az elválasztó. A lemezeket csigavonalban vagy S alakban tekerceslik fel. A kerámiahordozókkal szembeni legnagyobb előnyük, hogy jóval kisebb falvastagságot tesznek lehetővé, nagyobb a termikus és mechanikai szilárdságuk. A jelentősen kisebb, 0,05 mm-es falvastagság nagy fajlagos cellaszámot és kompakt felépítést tesz elérhetővé. Adott katalizátoralak esetében a fémből készült monolit szabad keresztmetszete 25%-kal nagyobb, mint a kerámiából gyártotté, és az is elérhető, hogy az átáramló kipufogógázok számára a teljes keresztmetszet 80%-a rendelkezésre álljon.

A katalizátorfojtás okozta kipufogógáz-ellennyomás a fém katalizátoroknál lényegesen kisebb. A fémmonolit további előnye, hogy hőtágulási együtthatója közel azonos a házával, valamint anyagából, kialakításából adódóan deformációfelvevő képessége, adott határok között, jó. A korrózióálló acélból készített fémmonolit azonban drágább, mint a kerámiából gyártott.

A kerámiamonolit esetében külön speciális megoldást igényel a biztos és rugalmas rögzítés a házban, amit fémszálal szövevvel vagy speciális ragasztóval és hőálló anyagból készült „párnával” oldanak meg.

Bevonat

A monolit felülete önmagában csak kicsi, kb. 3–5 m². A felület nagymértékű növelése érdekében a monolitra alumínium-oxidból készült különleges bevonatot visznek fel, a hordozónak a bevonat 400–500°C hőmérsékletű olvadékába mártásával. A bevonat (angol megnevezése wash coat) a monolit felületét 6000–8000-szeresére növeli, így igen nagy fajlagos felület, katalizátoronként 20 000 – 30.000 m² összfelület érhető el (kb. 18 000 m²/dm³).

A katalizátoronkénti nemesfém mennyiség mintegy 2–3 g.

A platina nemesfém, mely a CO és a HC oxidációját segíti elő. A platina már 150°C-tól kezdődően kedvező átalakítást tesz lehetővé, a katalizátorként használatos többi nemesfémrel szemben, ami a gépjárműmotorok felmelegítése során igen nagy koncentrációban emittált HC- és CO- összetevők hatásos csökkentése miatt (is) rendkívül fontos.

A palládium tulajdonságai a platináéhoz hasonlóak, elsősorban az oxidációs folyamatokat segíti elő. Hatékonysága kisebb, beindulási hőmérséklete nagyobb, azonban beszerzési költsége alacsonyabb.

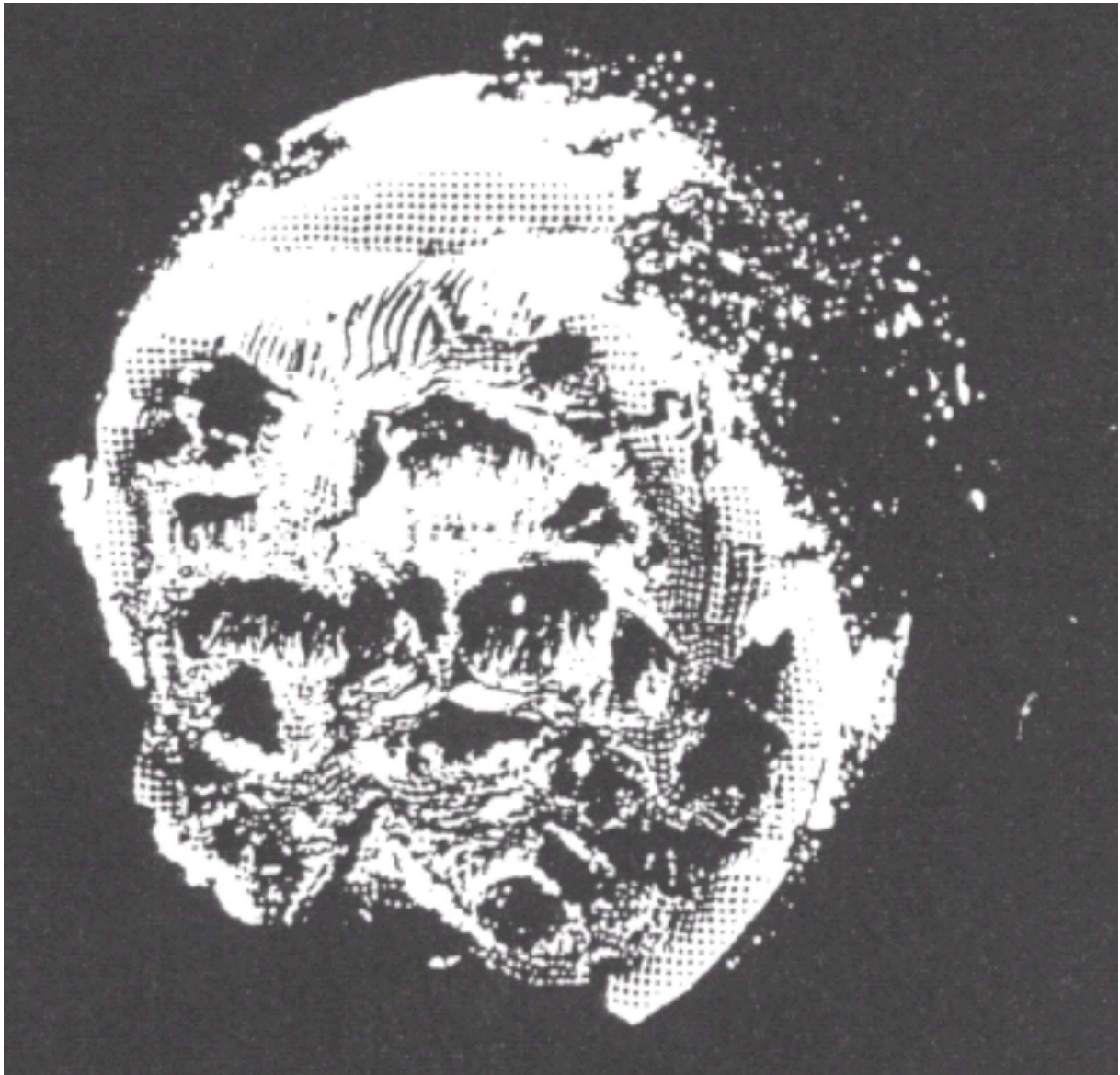
A ródium alapvetően a nitrogén-oxidok redukciójának elősegítésére szolgál, és ebben már igen kis mennyiségben is hatásos.

A ruténium és a nikkell igen gyakran használatos nitrogénoxidok redukciójának elősegítésére. A cérium-oxid a platina hatásának elősegítésére (promotorként) és az azt rögzítő bevonaton történő biztos tapadásának biztosítására szolgál. A promotor a katalizátorhoz igen kis mennyiségben hozzákevert, annak aktivitását nagymértékben növelő anyag. Az aktivitás növelése érdekében promotor és stabilizáló anyagokat is felvisznek az aktív felületre. Ezek a nagyobb hőmérsékletnél fellépő „öregedési” jelenségek, valamint a nem kívánatos katalitikus reakciók visszaszorítására szolgálnak (pl. lantán, cirkónium, bárium).

Katalizátorok meghibásodása

A katalizátorok meghibásodási jelenségeit két csoportra oszthatjuk. Az első csoportot az „öregedési” jelenségek alkotják, melyek eredményeként fokozatos aktivitáscsökkenés és a „beindulási” hőmérséklet növekedése tapasztalható.

A második csoportba a viszonylag gyorsan bekövetkező hibák, az ún. „gyors halál” hiba okok tartoznak. Ilyenek a mechanikai sérülés (monolit törés, fémmonolit-deformáció), a nagy dózissal ható katalizátormérgeződés és a wash coat leválás, hordozóanyag lágyulás, megolvadás (4. ábra).



4. ábra. Megolvadt katalizátor-hordozó monolit

Az „öregedés” fő okai az anyagtranszport (aktívanyag-kihordás), az aktív felület csökkenése, a mikrostruktúra változása (szintereződés), az aktív felület takarása (katalizátor-elmérgeződés).

A katalizátorok fedélzeti állapotfelügyelete

A katalizátorok fedélzeti állapotfelügyelete Otto-motoroknál a lambdaszondákon keresztül valósul meg (lásd később).

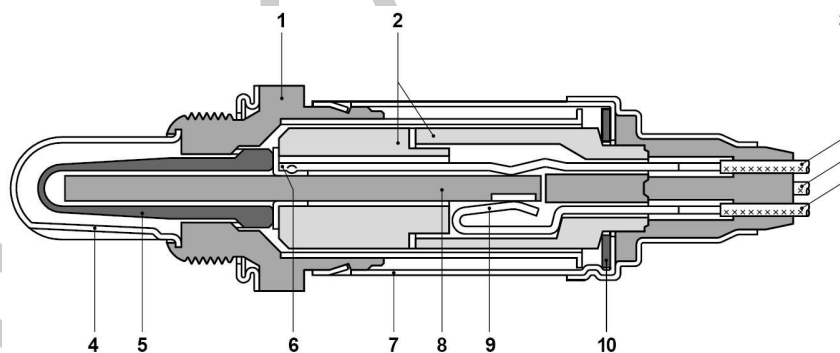
Lambda szabályozás

A szabályozott keverékképzésű motorok kipufogógáz-összetételéről a lambdaszondák adnak visszacsatolást a motorirányító egység számára. A lambdaszondák a kipufogógázok maradék-oxigén szintjét (0,3–3 tf%) mérik, úgy hogy azt összevetik a környező levegő oxigéntartalmával (mintegy 20,8 tf%). A maradék-oxigén hányadot különböző elven működő lambdaszondákkal mérik:

- feszültséggenerátor-lambdaszonda
 - „ugrás”-lambdaszonda
 - szélessávú (planár) lambdaszonda
- ellenállásszonda

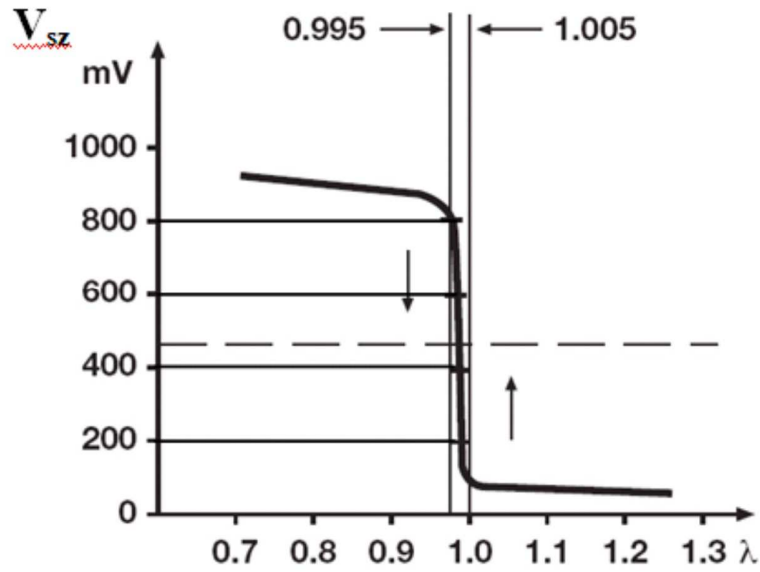
Feszültséggenerátor-lambdaszonda

A feszültséggenerátor-lambdaszonda felépítése az 5. ábrán látható. Az egyik végén zárt cirkónium-dioxid alapanyagú, ötvözött kerámiaacsovecske alkotja az érzékelőt (9), az ún. szilárdtest-elektrolitot. A kerámiatest gázátmeresztő. A cső zárt végével nyúlik be a kipufogócsőbe, de a közvetlen gázáramtól felhasított, esetleg furatos acélcső (10) védi. A szondaházat a (8) és (4) szerkezeti elemek alkotják. Az érzékelőkerámiát távtartó elemeken (3) keresztül tányérrugó (2) szorítja a ház ülésére. A fűtőelem (6) benyúlik az érzékelőkerámia zsákjába, elektromos csatlakozása (1) mindig kétvezetékes. Az érzékelőelem belső felülete „kifelé néz” és így a légtérrel, a külső levegővel áll kapcsolatban.



5. ábra. Feszültséggenerátor-lambdaszonda

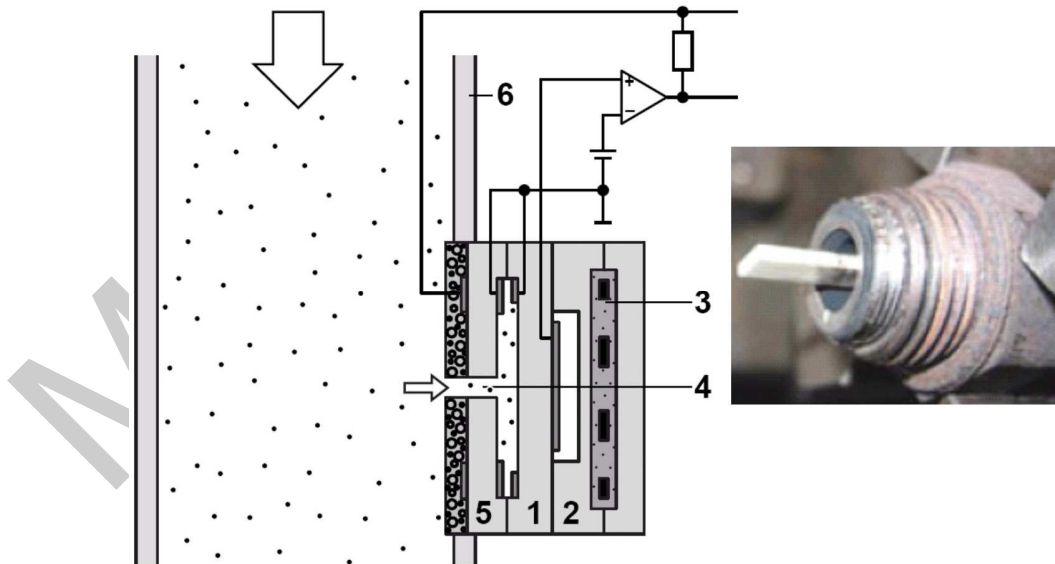
A lambdaszonda, belső ellenállással rendelkező feszültséggenerátornak tekinthető. Az elektródák között az oxigénkoncentráció-különbséggel (légtéri és kipufogógáz oxigén tartalom) arányos potenciálkülönbség alakul ki, áramköri kapcsolásban ionáram folyik (6. ábra).



6. ábra. Lambdaszonda-karakterisztika.

Szélessávú (planár) lambdaszonda

A planár-lambdaszonda a hengeres, fűtött szonda továbbfejlesztése. Az oxigénérzékelés elve megegyezik a feszültséggenerátor szondáéval, a kialakítás azonban megváltozott (7. ábra).

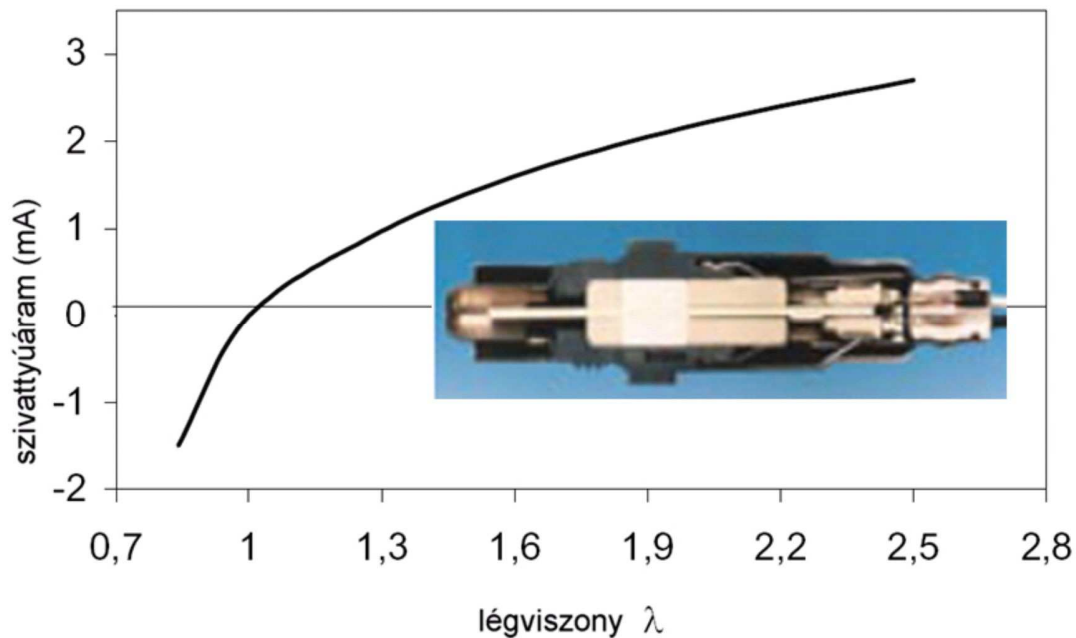


7. ábra. Szélessávú (planár) lambdaszonda

A szonda kerámiaeleme rendkívül hosszú, téglalap-keresztmetszetű hasáb (3). A hasáb rétegesen egymásra helyezett vékony kerámialapokból tevődik össze. A réteges építési mód tette lehetővé a széles légviszonytartományt átfogó működést is, ugyanis a rétegelemekből történő szondafelépítés több funkció integrálását is lehetővé teszi.

Látható, hogy a szonda mind a dús, mind a szegény keverékösszetételnél tud jelet szolgáltatni (8. ábra), így alkalmazási területe kiszélesedik:

- szabályzás $\lambda > 1$ és $\lambda < 1$ üzemben, $\lambda = 1$ szabályzás,
- dízelmotor-szabályzás,
- Otto-motor szegénykeverékű üzem (pl. GDI),
- gázmotor-szabályzás.

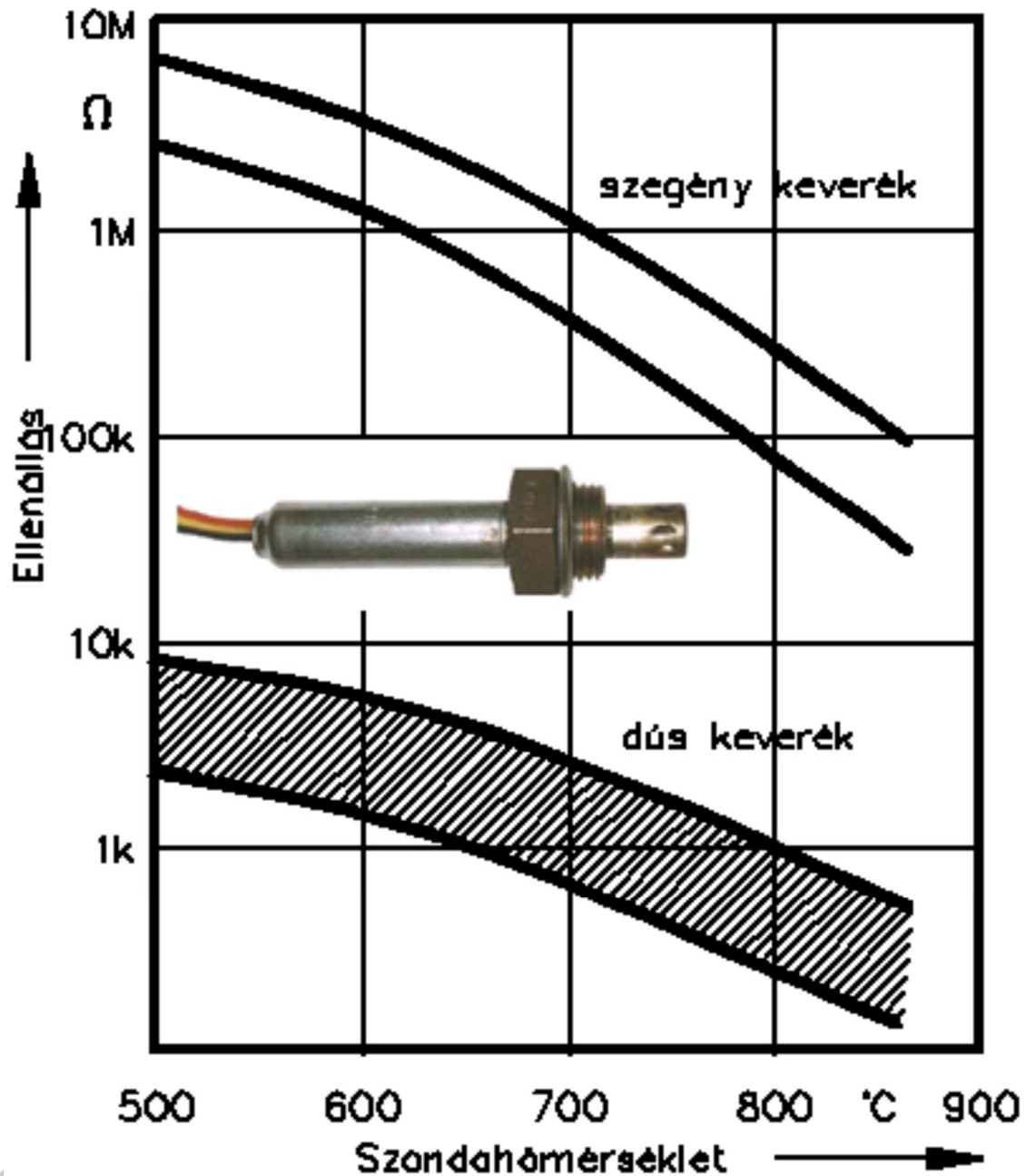


8. ábra. Szélessávú lambdaszonda jelleggörbéje

Ellenállásszonda

A titán-dioxid (TiO_2) anyagú szonda, hasonlóan a cirkónium-dioxid (ZrO_2) szondához, jelszintugrással észleli a $\lambda = 1$ átmenetet. A szonda a felületein ható oxigénkoncentráció különbségét, ellenállásának jelentős megváltoztatásával „jelzi”.

Kb. 500 °C-hőmérsékleten válik üzemképesé és 900 °C-ig tart a normál üzemi működési tartománya. Az 9. ábra az ellenállás változását mutatja a szondahőmérséklet függvényében, a szórási sávok paramétere a keverék összetétele.



9. ábra. Ellenállásszonda jelleggörbéje

A szonda ellenállása a $\lambda=1$ átmenet szűk környezetében a hőmérséklettől szinte függetlenül, három nagyságrenddel megváltozik!

Az értékelés a munkaellenálláson (R_2) mérhető feszültségesés mérésén alapul. A műszaki leírás szerint a feszültségesés a szondaellenálláson $\lambda = 0,9$ -nél $> 3,85$ V, $\lambda = 1,1$ -nél pedig $< 0,4$ V.

A szonda viszonylag nagy hőmérsékleten, 500°C-nál „indul be”. Ennek mielőbbi elérését a szondafűtés biztosítja. A vezérlőegység a szondaellenálláson keresztül a szondahőmérsékletet is jó közelítéssel meg tudja állapítani. Ha ott 700°C-nál nagyobb hőfokot talál, akkor a katalizátorvédelmi funkciókat aktivizálja.

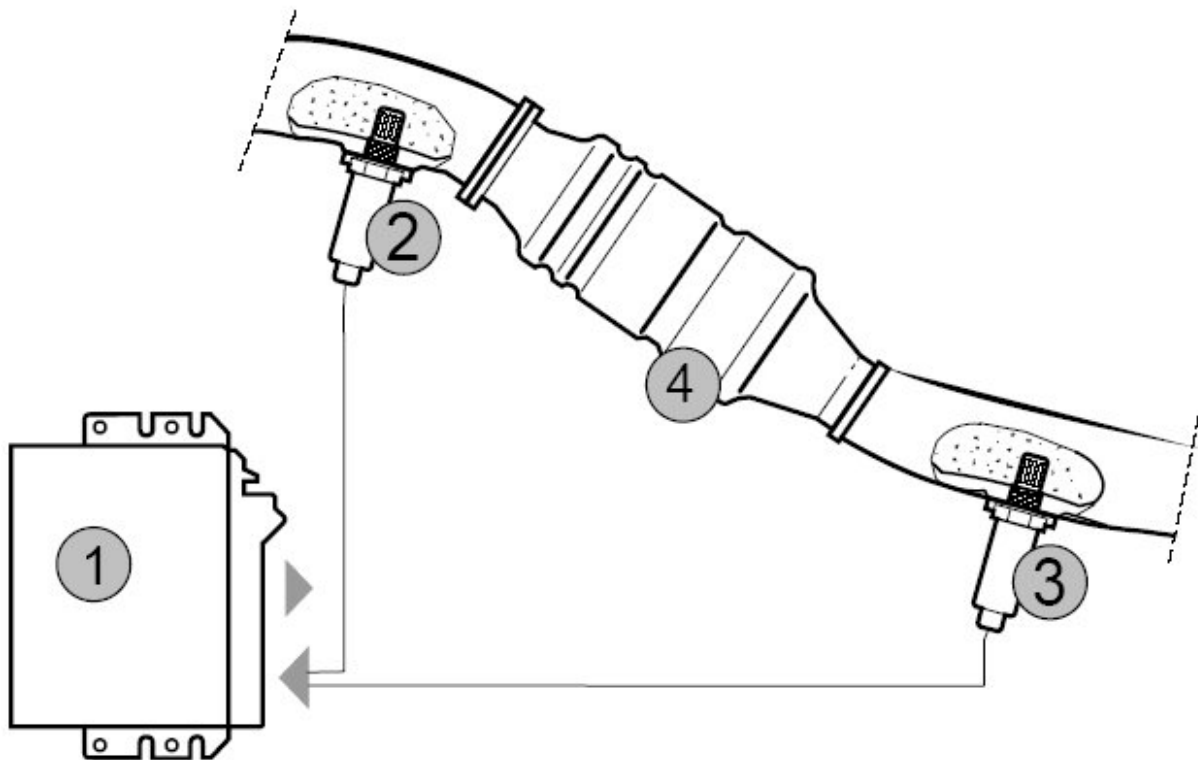
Szegény keverékű lambdaszonda

Az ún. feszültséggenerátor szondát korlátozottan alkalmazzák szegény keverékű üzemben is. A szonda működési stabilitásának javítása pl. nagyobb teljesítményű fűtéssel lehetővé teszi az alkalmazást mintegy $\lambda=1,5$ -ig.

Lambdaszondák kialakítása és beépítése

A katalizátor elé beépített lambdaszondának két kompromisszumot kell kielégítenie (10. ábra):

- közel legyen a motorhoz, hogy az üzemi hőmérsékletét gyorsan elérje, ugyanakkor
- ne legyen túlságosan közel a motorhoz, hogy a szonda gyors öregedését meggátoljuk.



10. ábra. Lambdaszonda beépítés (1 ECU, 2 szabályozó lambdaszonda, 3 monitor lambdaszonda, 4 katalizátor)

A lamdaszonda beépítésre – az adatmegadási folyamat során történő egységes kezelés céljából – beépítési ábrákat és jelöléseket rendszeresített az SAE J1979 (2. táblázat). Fontos jellemző a járműbe épített szondák típusa:

- **S** keskenysávú szondá(k),
- **B** szélessávú szondá(k).

A szondák elhelyezkedésre utaló jelölések:

- **B** hengsorsor (Bank),
- **S** szonda (Sensor)

Megnevezés	Ábra	Lambdaszonda jelölés
Hagyományos, egy katalizátoros rendszer		B1S1 B1S2
Két (elő + fő) katalizátoros rendszer		B1S1 B1S2 B1S3
V motoros, három (2 elő + egy fő) katalizátoros rendszer		B1S1 B1S2 B1S3 B2S1 B2S2
V motoros, négy (2 elő + 2 fő) katalizátoros rendszer		B1S1 B1S2 B1S3 B2S1 B2S2 B2S3

2. táblázat. Lambdaszonda beépítési jelölések SAE J1979 szerint

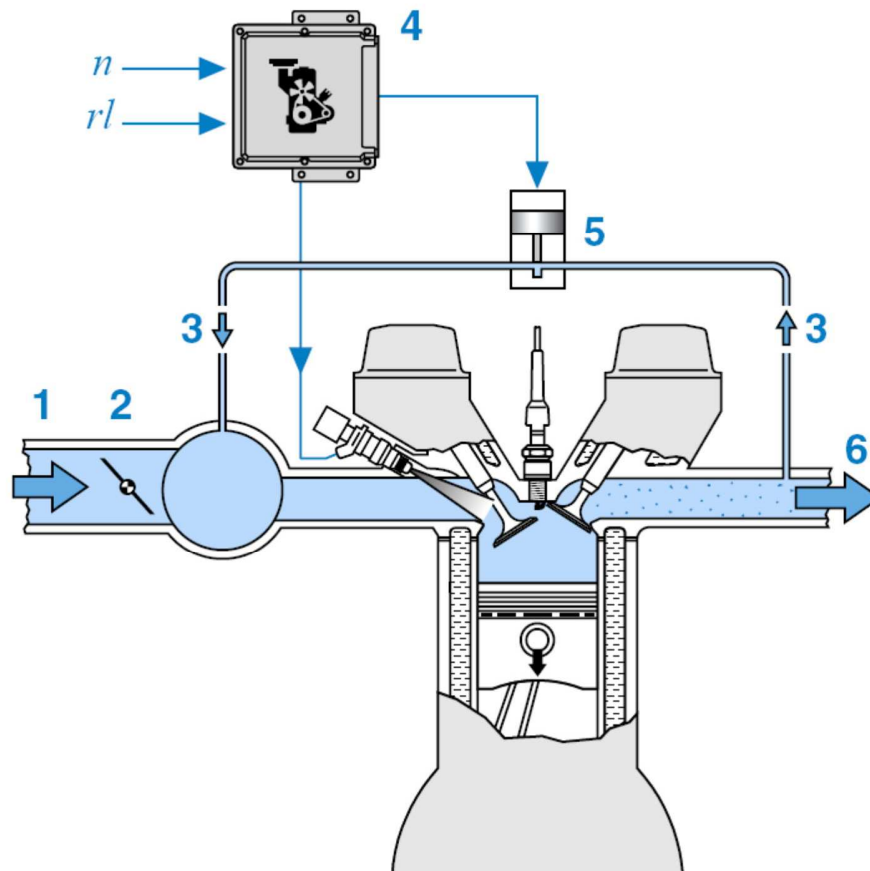
A katalizátor és a lamdaszonda fedélzeti állapotfelügyelete

A katalizátor és a lamdaszondák felügyeletét EOBD, illetve OBD II rendszerrel a katalizátor után beépített második (monitor) lamdaszonda látja el.

A katalizátort akkor minősítjük hibásnak, ha átlagos szénhidrogén átalakítása oly mértékben csökken, hogy az, az 1,5-szörös határértéket átlépi.

Kipufogógáz-visszavezetés

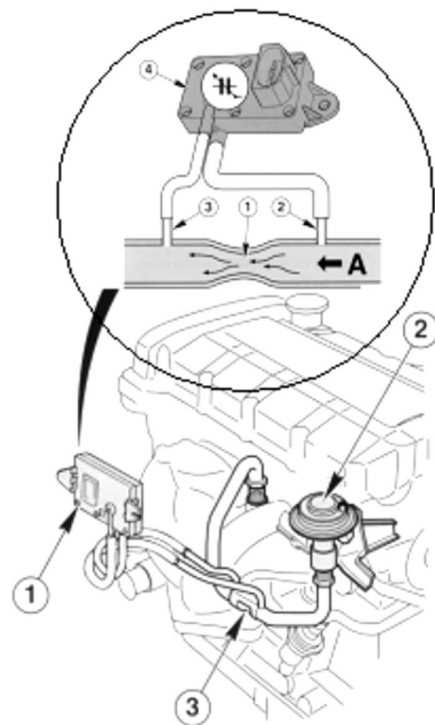
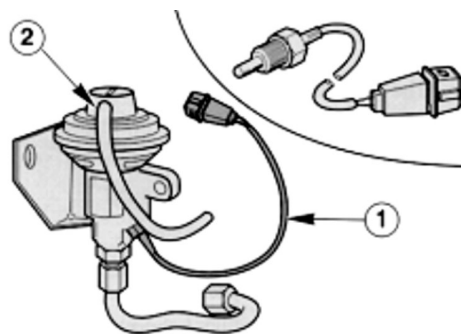
A kipufogógáz-visszavezető rendszerek (AGR, EGR, lásd 11. ábra) alkalmazásának célja, hogy bizonyos üzemállapotokban adott mennyiségű kipufogógázt keverjenek a friss töltetbe. Ennek hatása kettős: egyrészt elégeti a hozzákevert kipufogógázban maradt HC-mennyiséget, másrészt csökkenti az égésfolyamat csúcshőmérsékletét, így javítja a motor NOx-emisszióját.



11. ábra. Kipufogógázvisszavezető (AGR vagy EGR) rendszer (1 friss levegő, 2 fojtószelep, 3 visszavezetett kipufogógáz, 4 ECU, 5 EGR-szelep, 6 kipufogó gáz, n motorfordulatszám, r/l relatív levegő töltés)

A kipufogógáz-visszavezető rendszerek fedélzeti állapotfelügyelete

A legegyszerűbb esetben a motor tolóüzeme esetén az elektronika rövid időre nyitja az AGR-szelepet, amennyiben ilyenkor a szívócsőnyomás megnő, akkor ez a kipufogógáz-visszavezető rendszer rendeltetésszerű működésre utal. Másik megoldás lehet a kipufogógáz-visszavezető csatornában a gázhőmérséklet mérése. Túl nagy EGR-hőmérséklet állandóan nyitott EGR-szelephelyzetre (utal, a túl kis érték pedig azt jelzi, hogy az EGR-szelep nem nyit ki rendesen. A szabályozott üzemű rendszerekben (pl. Ford) a visszavezetett kipufogógáz mennyiségét az EGR-szelep előtti csővezetékbe épített fojtás két oldala között kialakuló nyomáskülönbség mérésével határozzák meg (12. ábra). A kipufogógáz áramlása során, a fojtási helyen nyomáskülönbség keletkezik, amely a visszavezetett mennyiséggel arányos.

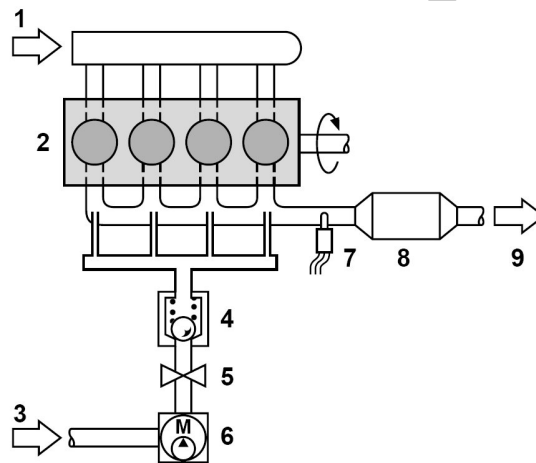


12. ábra. EGR nyomáskülönbség érzékelő

A teljesen elektronikusan működtetett rendszer (VAG) esetében már csupán egyetlen szelepre van szükség a kipufogógáz–visszavezetés megvalósításához. Ezt az elektromágneses szelepet az irányítóegység közvetlenül vezérli. A szelepbe integrált potenciométer visszajelzi az irányítóegységnek a szelep tényleges nyitási löketét, amely egyben a működőképesség információja is.

Szekunderlevegő rendszer

Az ún. szekunderlevegő bejuttatása a kipufogó csővezetékbe, a katalizátor elé, a katalizátor gyors felmelegítését szolgálja. A kipufogógázban található elégtelen vagy részoxidált szénhidrogén és a szén-monoxid oxigén jelenlétében további, hőfelszabadulással járó oxidációra képes. A megnövelt hőmérsékletű kipufogógáz a katalizátort gyorsabban felmelegíti. Az oxidációs feltételek javítása érdekében a motor dúsabb keverékkel és késleltetett előgyújtással jár. A levegő bevezetését a motorirányító egység irányítja.

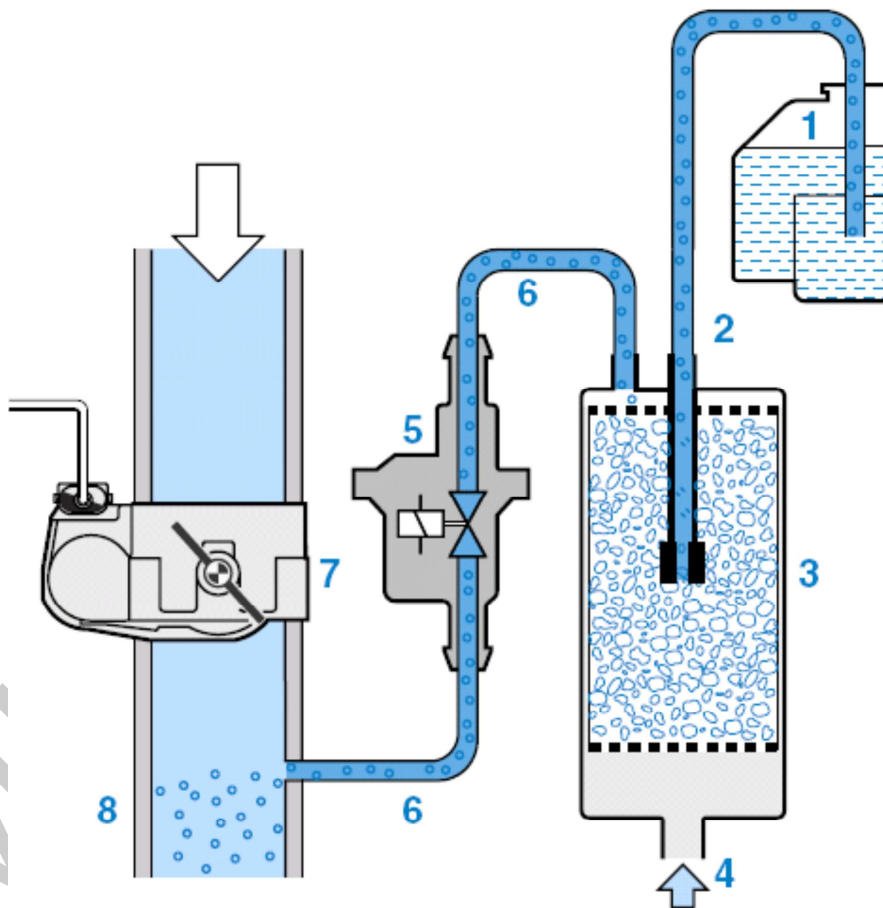


13. ábra. Szekunderlevegő rendszer (1 szívólevegő, 2 szekunder levegő, 3 visszacsapó szelep, 4 lambdaszonda, 5 katalizátor, 6 szekunder szelep, 7 szekunder szivattyú, 8 friss levegő)

A szekunderlevegő rendszerek fedélzeti állapotfelügyeletét a lambdaszonda segítségével oldják meg. Az egyik módszer lényege az, hogy a szekunderlevegő bejuttatásának ténye (a hosszútávú adaptív keverékösszetétel-korrekció funkciójának kikapcsolása után) a lambda-szabályozás integrátorának működésén egyértelműen lekövethető. Tehát a vizsgálat alapfeltétele még emellett az aktív-széntartály szellőztetőszelep működtetésének letiltása.

Tüzelőanyag-gőz kipárolgásgátló rendszer

A gépkocsi tüzelőanyag-tartályában megadott értéknél nagyobb gáz, illetve gőznyomás nem alakulhat ki, ezért azt nyomáskorlátozó szelep segítségével a névleges értéken kell tartani. A szellőzéssel együtt jár a szénhidrogének szabadba jutása. A feladat a szellőztetés során a szénhidrogén visszafogása a gázelegyből. A megoldás a szénhidrogén-adszorpció aktív-szén-tartályon történő átvezetéssel, majd a szénfelület regenerálása (14. ábra). A tüzelőanyag-tartály szellőzése az aktív-szénen keresztül történik, amely megköti a tüzelőanyag gőzöket. A szén felületét a regeneráló szelep kitöltési tényező vezérléssel tisztítja meg a lerakódott tüzelőanyagtól, a szívócső-depresszió segítségével.



14. ábra. Tüzelőanyag-gőz kipárolgásgátló rendszer (1 tüzelőanyag-tartály, 2 szellőzőcső, 3 széntartály, 4 friss levegő, 5 regeneráló szelep, 6 cső a szívócsőhöz, 7 fojtószelep, 8 szívócső)

Az OBD II (EOBD) előírás szerinti diagnosztika a tüzelőanyag-gőz kipárolgásgátló rendszerben $> \varnothing 1$ mm egyenértékű lyuk/rés létét kell, hogy kimutassa. Ez az előírás 1995 óta érvényes.

A rendszer tömítettségének diagnosztikáját a rendszer teljes lezárását biztosító mágnesszelep és a rendszerbe beépített nyomásjeladó teszi lehetővé. Ezek az OBD szerinti vizsgálathoz járulékosan beépített alkatrészek.

DÍZEL-MOTOROK EMISSZIÓTECHNIKÁJA

A benzinüzemű motorok számára jól bevált hármasszerű katalizátorok $\lambda=1$ esetén működnek megfelelően, ezért dízelmotoroknál nem alkalmasak. A jellemzően légfesleggel

működő dízelmotoroknál a NO_x csökkentése ezzel a típussal nem lehetséges, mert a kipufogógázban lévő CO és HC nem a NO_x oxigénjével lép reakcióba, hanem a kipufogógáz maradék oxigénjével. A CO és a HC mennyiségének csökkentése a dízel kipufogógázban egy oxidációs katalizátorral megoldható, de a NO_x eltávolítása oxigén jelenlétében alapvetően két módon, nitrogén-oxid-tároló katalizátorral vagy ún. SCR-katalizátorral lehetséges.

A belső keverékképzés miatt a dízelmotor-részecske emissziója lényegesen nagyobb mértékű, mint a hagyományos égési eljárással működő Otto-motoroké. Ezért itt részecskeszűrő alkalmazására is szükség lehet, ezekkel a szerkezetekkel cikksorozatunk

későbbi részében foglalkozunk.

NO_x-tároló katalizátor

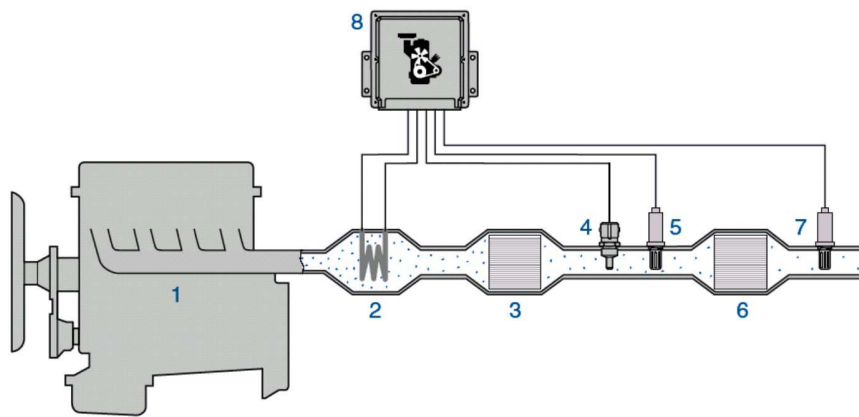
A NO_x-tároló katalizátor (NSC - NO_x Storage Catalyst) két lépésben bontja le a nitrogén-oxidokat (15. ábra):

- **Tárolási fázis:** a szegény kipufogógáz nitrogén-oxid tartalmának átmeneti tárolása a katalizátoron (Időtartam: 30–300 s),
- **Regeneráció:** periodikus nitrogén-oxid eltávolítás és átalakítás dús kipufogógázban (Időtartam: 2–10 s).

A katalizátor aktív felületének fő összetevője a bárium-nitrát, amely megkötí az NO_2 molekulákat. Az NO molekulákat először oxidálni kell a kipufogógázban. Erre platina felület tökéletesen megfelel.

Amikor a tárolt NO_2 mennyiség túlságosan megnövekedik, akkor regenerálni kell. Ennek érzékelésére két módszer létezik:

- Modellalapú számítással meghatározzák a tárolt nitrogén-oxid mennyiséget,
- NO_x -érezkelővel méri a kipufogógáz nitrogén-oxid koncentrációját, amellyel meghatározható a pillanatnyi töltöttségi szint.



15. ábra. NO_x -tároló katalizátor (1 dízel motor, 2 kipufogógáz fűtő (opcionális), 3 oxidációs katalizátor, 4 hőmérséklet érzékelő, 5, Szélessávú lambda-szonda, 6 NO_x -tároló katalizátor, 7 NO_x -érezkelő, 8 ECU)

A tárolási szakasz után a katalizátort regenerálni kell, azaz az eltárolt nitrogénvegyületeket el kell távolítani és nitrogénné kell alakítani. A tárolás és az átalakítás fázisa egymástól időben is elkülönül, a két szakaszban eltérő légvisztonnyal kell a motort üzemeltetni. Redukáló anyagként a kipufogógázban lévő CO , HC és H_2 használható.

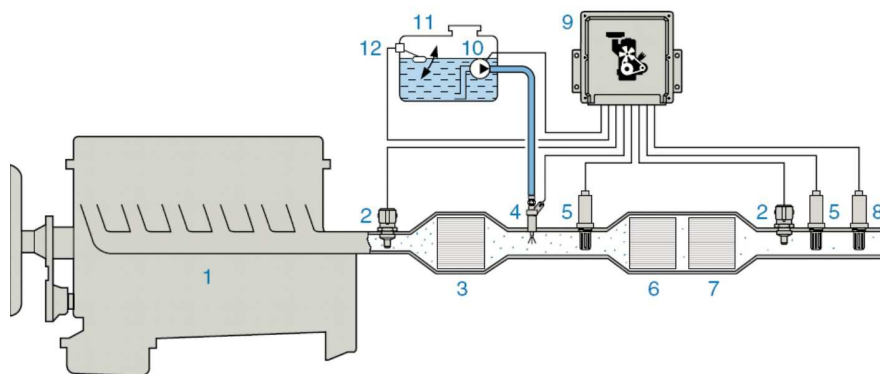
Szelektív katalitikus redukció (SCR)

A nitrogén-oxidok átalakításának másik módja az ún. szelektív katalitikus redukció alkalmazása, az SCR- (Selective Catalytic Reduction) katalizátorban. Ez a berendezés az előbbi (NSC) katalizátortól eltérően folyamatos működésű és nem avatkozik be a motor működésébe, a kis NO_x -emisszió mellett sem rontja a motor tüzelőanyag-fogyasztását. Ezt a rendszert főleg haszongépjárműveken alkalmazzák (16. ábra).

A szelektív szó itt arra utal, hogy a redukálóanyag oxidációja nem a kipufogógáz O_2 -tartalmával, hanem a NO_x oxigénjével megy végbe, annak ellenére, hogy a kipufogógáz jelentős mennyiségű oxigént tartalmaz. Redukálóanyagként ammóniát (NH_3) használnak, amely ebben a vonatkozásban a legnagyobb szelektivitású. A működéshez azonban a járművön mérgező ammóniát kellene tárolni, ami biztonsági okból meggondolandó.

Az ammóniát elő lehet állítani nem mérgező vegyületekből, mint például karbamidból, amelynek vizes oldata egyszerűen és pontosan adagolható a kipufogógázhoz.

A redukálóanyag adagolására kifejlesztett rendszer fagyálló kivitelű, legfontosabb részei fűthetőek, hogy az adagolás a hidegindítás után már rövid idővel megkezdődhessen. A karbamidot ma **AdBlue** márkanéven forgalmazzák.



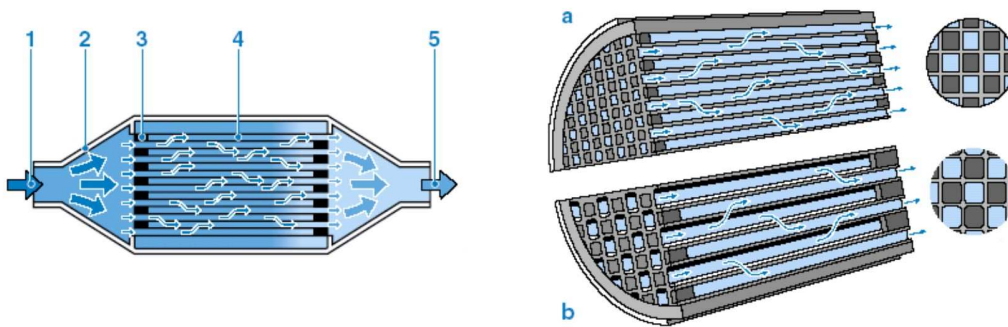
16. ábra. SCR-katalizátor (1 - dízelmotor, 2 - hőmérséklet-jeladó, 3 - oxidációs katalizátor, 4 - redukálóanyag-adagoló fúvóka, 5 - NO_x -szenzor, 6 - SCR-katalizátor, 7 - NH_3 -záró katalizátor, 8 - NH_3 -szenzor, 9 - motorirányító elektronika, 10 - AdBlue szivattyú, 11 - AdBlue tartály, 12 - szintjelző)

A tulajdonképpeni katalitikus reakció előtt az **AdBlue**-ből ammóniát kell felszabadítani. A NO oxidálása NO_2 -vé az SCR-katalizátor elé helyezett oxidációs katalizátorban megy végbe.

Fontos a redukálóanyag pontos adagolása, mivel túladagolás esetén nemkívánatos ammóniakibocsátás lép fel, ami ellen egy, az SCR-katalizátor után elhelyezett oxidációs katalizátort alkalmazhatnak. Ez oxidálja az esetleg kikerülő ammóniát nitrogénné és vízzé. Optimális átalakítási fok 250–450 °C hőmérséklet-tartományban érhető el.

Kerámiaszűrők

Ez a szűrőtípus (17. ábra) általában szilíciumkarbid vagy kordierit anyagból készült méhsejtszerű felépítésű test, amelyben a szomszédos csatornákat az ellenkező végükön kerámiadugókkal zárják le, így a kipufogógáz csak a porózus falakon haladhat át. A csatornák általában négyzet keresztmetszetűek, falvastagságuk 300–400 µm, a csatornák száma 100–300 CPSI. A kipufogógáz átáramlása közben a részecskék a fal belsejében elakadnak, a szűrő fokozódó eltömődésekor a falak homlokfelületén is keletkezik egy koromréteg, amely nagyon hatékony felületi szűrést biztosít. A túlzott részecskelerakódás azonban már káros, ezt meg kell akadályozni. Az általánosan használt négyzetes cella keresztmetszetű, szimmetrikus felépítésű szűrők mellett léteznek nyolcszögletű belépő oldali csatornákkal kialakított szűrők, rendszerint nagyobb belépő és kisebb, négyszög alakú kilépő oldali keresztmetszettel. A nagyobb belépő keresztmetszet miatt jobb a szűrő hamu- és nem éghető anyag tárolóképessége. A nem éghető anyagok a motorolajból kerülnek a kipufogógázba és így a részecskeszűrőbe.



17. ábra. (1 - kipufogógáz BE, 2 - ház, 3 - kerámia dugó, 4 - kerámia méhsejt szerkezet, 5 -kipufogógáz KI)

Szinterfém részecskeszűrők

A szűrőt fém hordozószerkezetbe, szűrőtasakokba töltött szinterfém por alkotja. Az ék alakú szűrőtasakok a kilépő oldalon egymáshoz záródnak, így a kipufogógáznak át kell áramlani azok falán, ahol a kerámiaszűrőkhöz hasonló módon lerakódnak a részecskék. Mindkét szűrőtípusnál 95% feletti szűrési fok érhető el a 10 nm–1 µm közötti mérettartományban.

A szűrő regenerálása

A szűrő anyagától függetlenül, időről időre el kell távolítani a lerakódott részecskéket, azaz a szűrőt regenerálni kell. A szűrő regenerálására, tehát a szűrőben lerakódott korom leégetésére átlagosan 500 kilométerenként van szükség, azonban ez az érték a motor nyers emissziójától és a szűrő méretétől függően akár 300-800 km között is ingadozhat. A részecskék széntartalma a kipufogógázban jelen lévő oxigénnel kb. 600 °C fölötti hőmérsékleten széndioxiddá alakul. **Ezért a regenerálás érdekében vagy a koromrészecskék gyulladási hőmérsékletét kell csökkenteni, vagy a kipufogógáz hőmérsékletét kell növelni.** Oxidálóanyagként nitrogén-dioxidot használva a korom átalakulása már 300 °C hőmérsékleten is végbemegy, ezt használja a CRT®-eljárás. A szinterfém szűrők előnye a kerámiaszűrőkkel szemben a jó hővezető képesség, amelynek eredményeképpen a szűrő egyik területén meggyulladó korom égéshője a távolabbi területeket is felmelegíti, így egyenletes koromleégést biztosít.

Additív rendszer

A dízel tüzelőanyaghoz kevert adalékanyaggal (általában cérium- vagy vasvegyületekkel) a korom oxidációs hőmérséklete kb. 350-450 °C-ra csökkenthető, azonban a kipufogógáz hőmérséklete általában még ezt az értéket sem éri el. Ezért a motorvezérlést úgy kell megváltoztatni, hogy a kipufogógáz hőmérséklete megfelelően nagy legyen. Ez elérhető pl. késői tüzelőanyag-befecskendezéssel. A tüzelőanyaghoz adott adalék a szűrőben hamuként marad vissza, eltömi a szűrőt. A szokásos kerámiaszűrők adalékbazisú regenerálás mellett kb. 120 000 kilométerenként mechanikus tisztításra szorulnak. Az additív rendszer hátránya a bonyolult adalékadagoló rendszer.

A CRT®-rendszer

A haszongépjármű-motorok gyakrabban működnek a legnagyobb nyomaték közelében, tehát nagy NO_x-kibocsátással járó üzemiállapotban, mint a személygépkocsi-motorok, ezért lehetséges a CRT®-elv alkalmazása a részecskeszűrő regenerálására. (CRT - Continuously Regenerating Trap jelentése: folyamatos regenerálású csapda.) Ez az elv azon alapul, hogy a korom oxidációja NO₂-vel 300-450 °C közötti hőmérséklet-tartományban megy végbe.

Az optimális működéshez az szükséges, hogy a NO₂ : korom tömegarány nagyobb legyen, mint 8:1. Az eljárás alkalmazásához szükséges egy oxidációs katalizátor, amelyet a részecskeszűrő elé építenek be. Ez a NO-t NO₂-vé alakítja, így a regeneráció feltételei haszongépjárműveknél normál üzem mellett is teljesülnek.

Katalitikus bevonatú részecskeszűrők (CDPF)

A szűrő katalitikus hatású anyaggal, pl. platinával bevont felületén a koromszemcsék leégése is megtörténik, habár ez a hatás kisebb mértékű, mint adalékanyag használata esetén. A kipufogógáz hőmérsékletének emelésére hasonló eljárásokat használnak, mint az additív rendszer esetén, azonban ennek az eljárásnak előnye, hogy itt nem keletkezik lerakódás a szűrőben az adalékanyagból.

A katalitikus bevonat több feladatot is ellát:

- - CO és HC oxidációja,
- - NO oxidációja NO₂-vé,
- - CO oxidációja CO₂-vé.

A katalitikus bevonatú részecskeszűrőkben a CO és a HC az oxidációs katalizátorokhoz hasonlóan oxidálódik, itt azonban a nagy CO- és HC-kibocsátás esetén létrejövő energia-felszabadulás éppen ott okoz hőmérséklet-növekedést, ahol a korom meggyulladására van szükség. A katalitikus bevonaton a NO is tovább oxidálódik NO₂-vé, amely viszont aktívabb oxidálóanyag mint az oxigén, tehát a korom alacsonyabb hőmérsékleten oxidálódhat.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

Az **Belső égésű motorok emissziótechnikája** téma ismeretei tárgyalásának végére értünk. A tanulási folyamat eredményességének és hatékonyságának érdekében azonban a tudás megszerzésének folyamatát igyekszünk az alábbiakkal segíteni.

Először is érdemes megválaszolni az alábbi kérdéseket:

- Átlátható-érthető a téma?
- Be tudom-e határolni, hogy pontosan milyen ismeretekkel kell rendelkezniem?
- Mire használhatók a tanultak?

Az alábbiakban a fenti kérdésekre adandó válaszadásban segítünk:

Miről is tanultunk?

A tananyag vázlatja megadja a szükséges ismeretek összegzését:

- Emissziótechnika és fedélzeti állapotfelügyelet
- Otto-motorok emissziótechnikája
 - Katalizátor
 - Oxidációs katalizátor
 - Kétágyas katalizátor
 - Három komponensre ható katalizátor
 - Katalizátorok meghibásodása
 - Katalizátorok fedélzeti állapotfelügyelete
 - Lambda szabályozás
 - Feszültséggenerátor-lambdaszonda
 - Szélessávú (planár) lambdaszonda
 - Ellenállásszonda
 - Szegény keverékű lambdaszonda
 - Lambdaszondák kialakítása és beépítése
 - A katalizátor és a lambdaszonda fedélzeti állapotfelügyelete
 - Kipufogógáz visszavezetés
 - Szekunderlevegő rendszer
 - Tüzelőanyag-gőz-kipárolgásgátló rendszer
- Dízel-motorok emissziótechnikája
 - NO_x-tároló katalizátor
 - Szelektív katalitikus redukció (SCR)

- Kerámiaszűrők
- Szinterfém szűrők
- Katalitikus bevonatú részecskeszűrők (CDPF)

A gyakorlati tanórákon végezze el az alábbi gyakorlati feladatokat, méréseket. A gyakorlati helyzetgyakorlatokat **figyelemösszpontosítással** végezze, az elsajátított tananyag alkalmazásával!

1. A műhelyben levő járműveken ellenőrizze a lambdaszondák beépítési módját és állapítsa meg azok típusát (pl. feszültséggenerátor, szélessávú, stb.)
2. Szemrevételezéssel ellenőrizze az Otto-motorok kipufogógáz-releváns rendszereit.
3. Szemrevételezéssel ellenőrizze a Dízel-motorok kipufogógáz-releváns rendszereit.

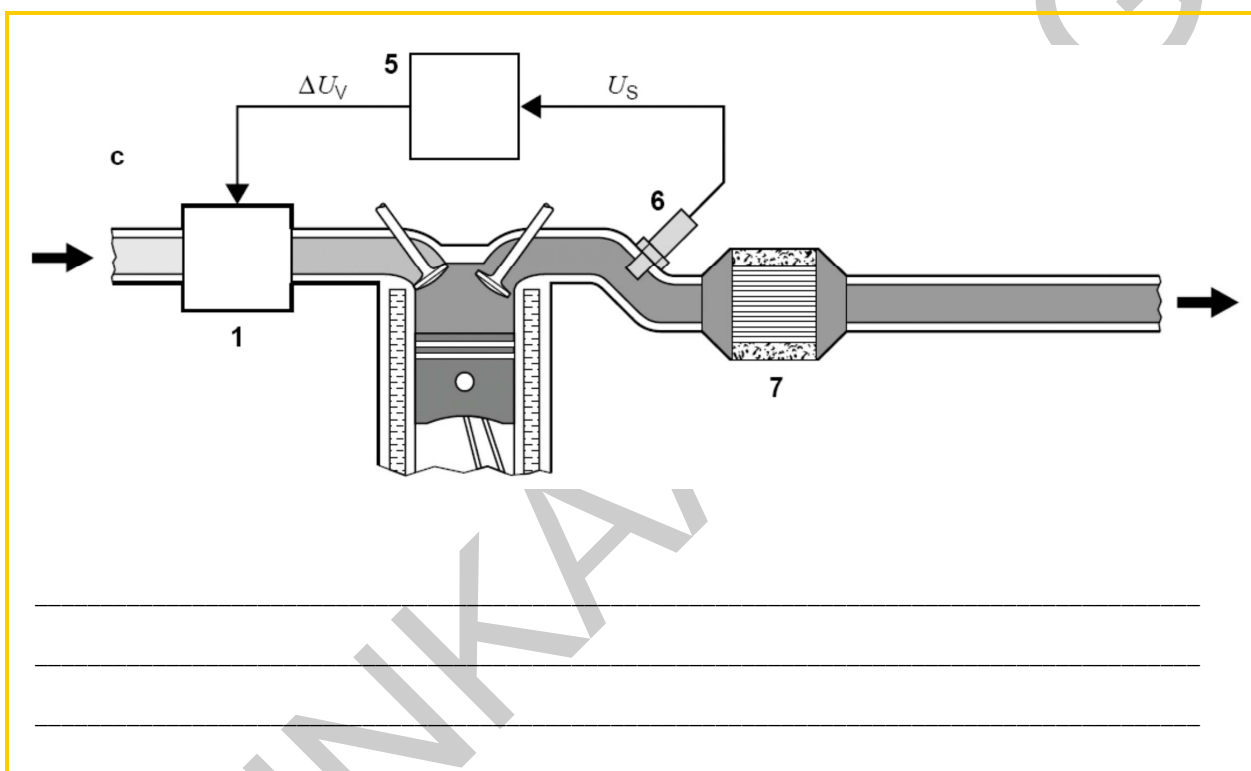
Legyen képes maximális figyelem összpontosítással vizsgálatokat végezni, és a hibakeresési logika felhasználásával kiértékelni azt.

Végezetül még egy jó tanács! Az anyagot úgy tudjuk a legjobban elsajátítani, ha megértjük. A szó szerinti tanulás szükségtelen és értelmetlen. Az anyag logikájának, összefüggéseinek és alapvető ismereteinek elsajátításával már képesek vagyunk a munkahelyzet és a továbbiakban leírt mintafeladatok megoldására.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

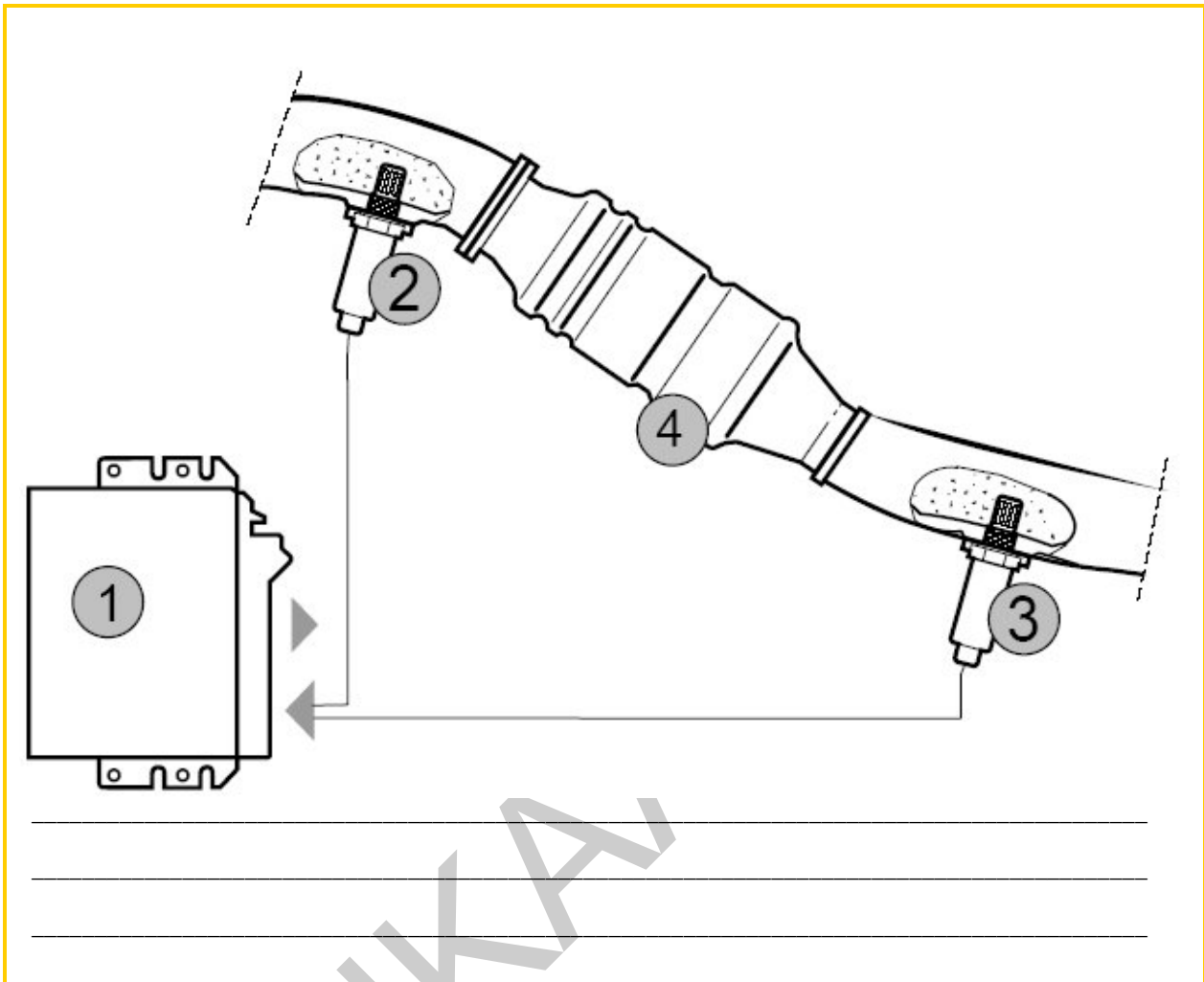
1. feladat

Milyen katalizátor és keverékképző rendszer látható az ábrán!



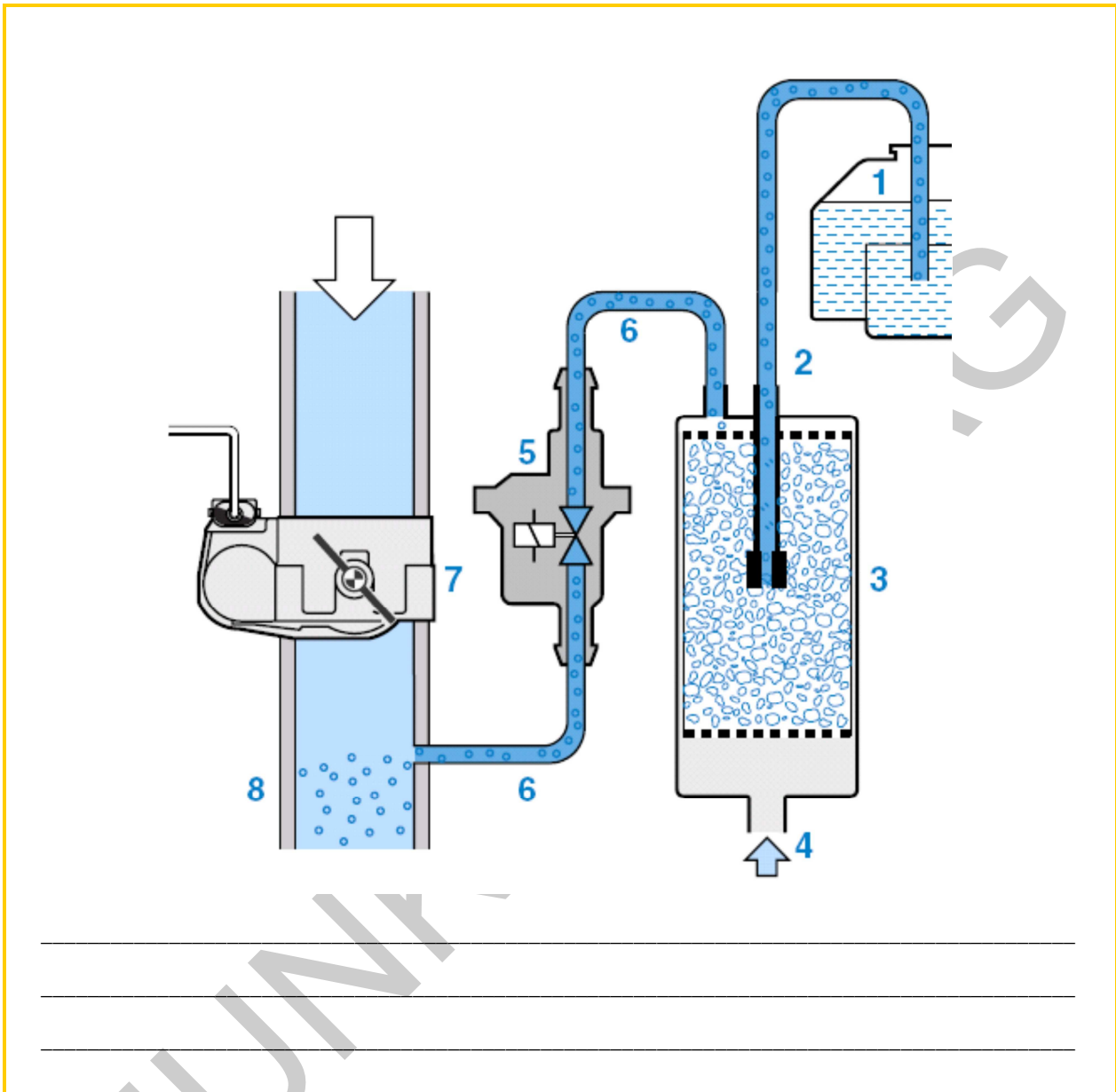
2. feladat

Nevezze meg az ábrán látható tételeket! Milyen emissziótechnikai rendszert ábrázol az ábra?



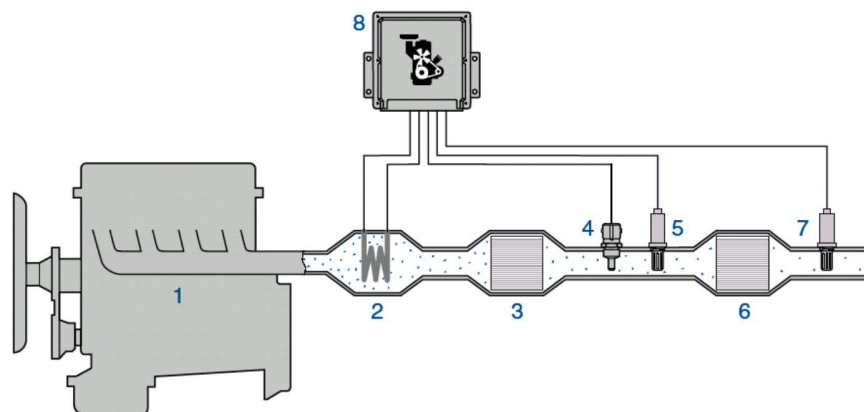
3. feladat

Milyen rendszer látható az alábbi ábrán? Nevezze meg az ábrán az alkotóelemeket!



4. feladat

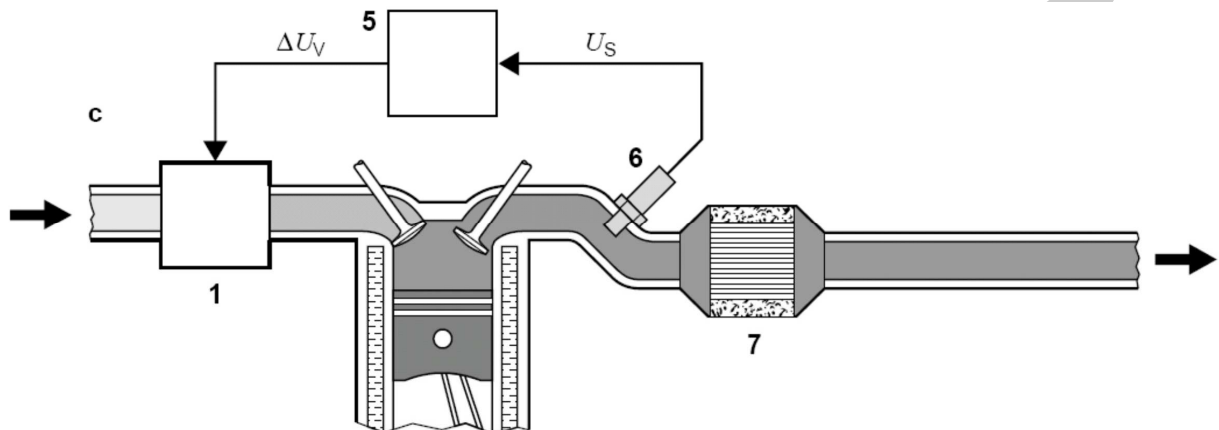
Milyen rendszer látható az ábrán? Nevezze meg az ábrán látható alkotóelemeket! Ismertesse a működés két fázisát!



MUNKKANYAG

MEGOLDÁSOK

1. feladat

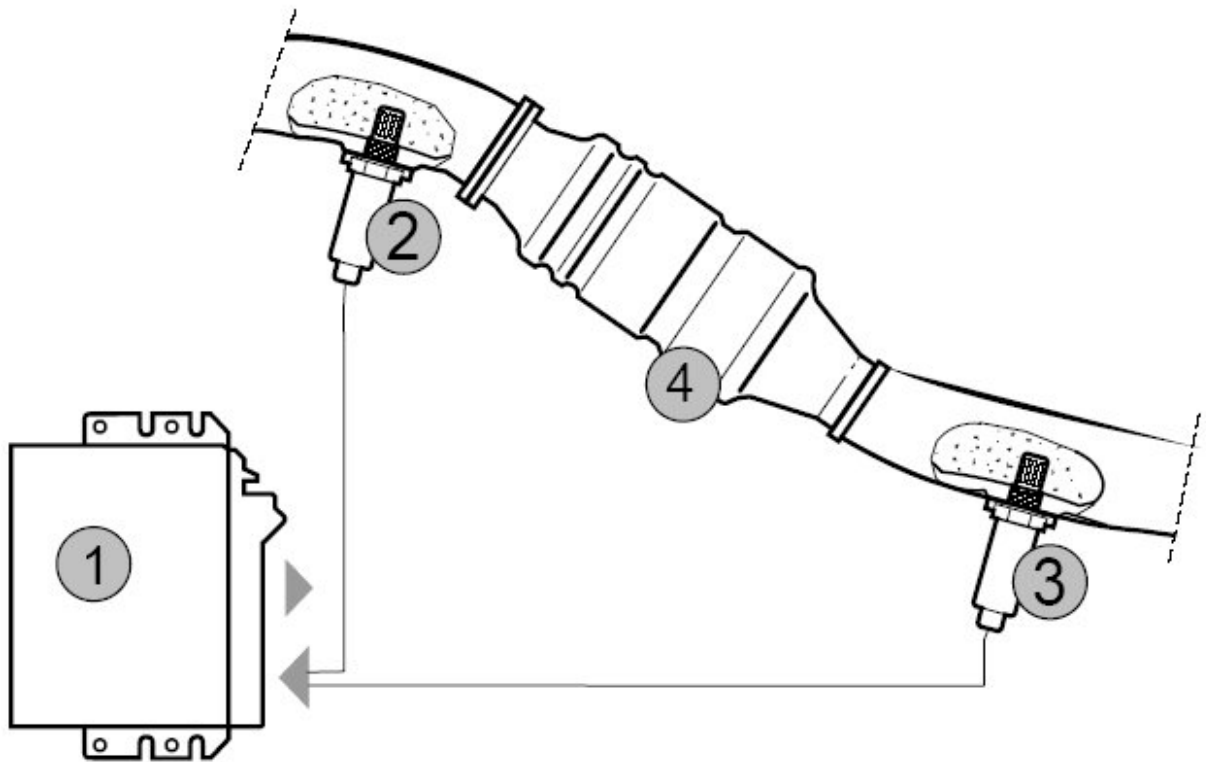


Az ábrán három komponensre ható katalizátor látható. Ennek működéséhez $\lambda \approx 1$ összetételű tüzelőanyag-levegő keverékkel kell a motort üzemeltetni. A katalizátor működését oxidációs (CO-ból és HC-ből CO_2 és H_2O) és redukációs (NO_x -ből NO_2) folyamatok jellemzik.

Az ábra jelölései az alábbiak:

1. keverékképzés,
2. három komponensre ható katalizátor (CO, HC, NO_x),
3. lambdaszonda,
4. elektronikus irányítóegység (ECU)

2. feladat

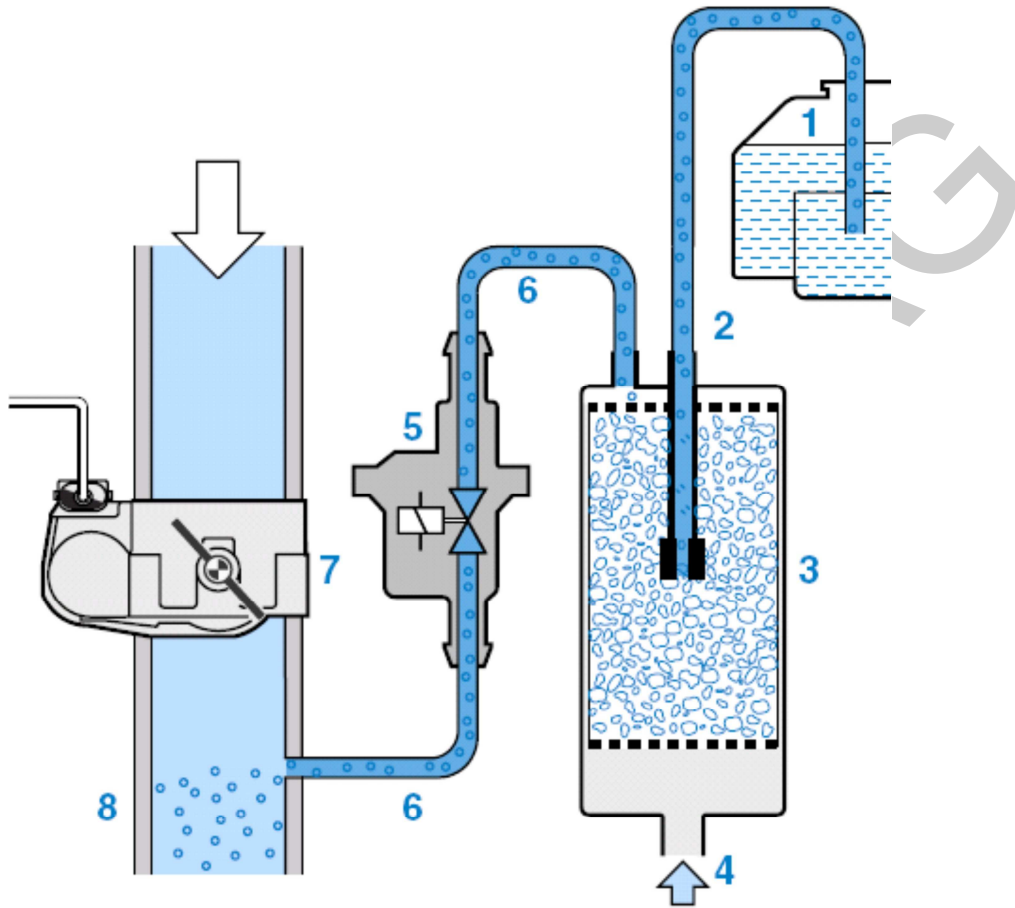


Az ábrán EOBD (OBD II) rendszer látható, mivel a katalizátorműködés ellenőrzésére ún. monitorszondát (3) is beépítettek.

Az ábrán látható tételek:

1. ECU
2. szabályozó lambdaszonda
3. monitor lambdaszonda
4. katalizátor

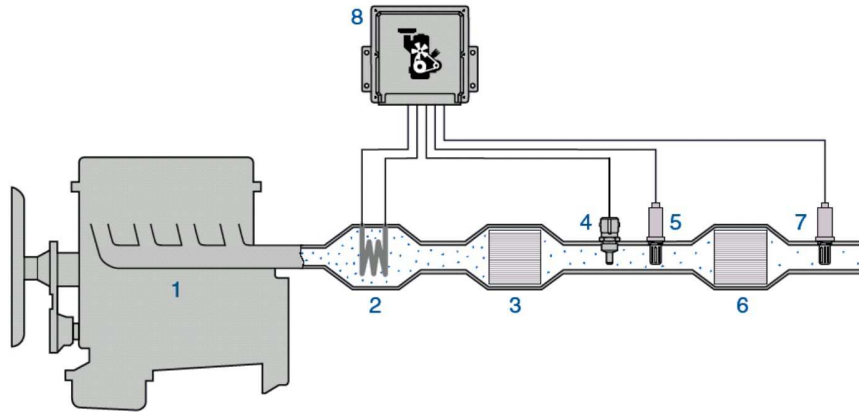
3. feladat



Az ábrán tüzelőanyag-gőz kipárolgásgátló rendszer látható. Alkotóelemei:

1. tüzelőanyag-tartály
2. szellőzőcső, széntartály
3. friss levegő
4. regeneráló szelep
5. cső a szívócsőhöz
6. fojtószelep
7. szívócső

4. feladat



Az ábrán NO_x-tároló katalizátor látható. A számozott tételek:

1. dízel motor
2. kipufogógáz fűtő (opcionális)
3. oxidációs katalizátor
4. hőmérséklet érzékelő
5. Szélessávú lambda-szonda
6. NO_x-tároló katalizátor
7. NO_x-érezékelő
8. ECU

A működés fázisai:

- **Tárolási fázis:** a szegény kipufogógáz nitrogén-oxid tartalmának átmeneti tárolása a katalizátoron (Időtartam: 30–300 s),
- **Regeneráció:** periodikus nitrogén-oxid eltávolítás és átalakítás dús kipufogógázban (Időtartam: 2–10 s).

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Gasoline-engine management Basics and components, The Bosch Yellow Jackets Edition 2001
2. Emission-Control Technology for Diesel Engines, Bosch Yellow Jackets
3. Dr. Lakatos István Ph.D.: OBD, EOBD (fedélzeti diagnosztika), Minerva-Sop Bt., Győr, 2005

AJÁNLOTT IRODALOM

1. Dr. Lakatos István – Dr. Nagyszokolyai Iván: Gépjármű-környezetvédelmi technika és diagnosztika II., Minerva-Sop Bt.- NOVADAT, Győr, 1998, 131 p.
2. Dr. Lakatos István – Dr. Nagyszokolyai Iván: Gépjármű-környezetvédelmi technika és diagnosztika I., Minerva-Sop Bt. – NOVADAT, Győr, 1997, 132 p.
3. Dr. Lakatos István – dr. Nagyszokolyai Iván (szerk.: Dr. Lakatos István): Gépjármű-diagnosztika (2. átdolgozott kiadás), Tankönyv, Képzőművészeti Könyvkiadó, 2006,
4. Dr. Lakatos István – Dr. Nagyszokolyai Iván: Elektronikus dízelszabályozás, NOVADAT, Győr, 1996, 132 p.

A(z) 0619-06 modul 006-os szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
51 525 01 1000 00 00	Autószerelő
33 525 01 0010 33 02	Motorkerékpár-szerelő

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
25 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.
Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató