HU 0 0 0 2 1 7 7 0 8 B

(19) Országkód

HU

MAGYAR KÖZTÁRSASÁG

MAGYAR SZABADALMI HIVATAL

SZABADALMI LEÍRÁS

(11) Lajstromszám:

217 708 B

(21) A bejelentés ügyszáma: P 93 03424
(22) A bejelentés napja: 1992. 06. 10.
(30) Elsőbbségi adatok:
9112601.1 1991. 06. 12. GB
9113949.3 1991. 06. 26. GB
9121596.2 1991. 10. 11. GB
(86) Nemzetközi bejelentési szám: PCT/GB 92/01035
(87) Nemzetközi közzétételi szám: WO 92/22734

(40) A közzététel napja: 1994. 11. 28.
(45) A megadás meghirdetésének dátuma a Szabadalmi Közlönyben: 2000. 04. 28.

(51) Int. Cl.[7]

F 01 N 3/20
F 01 N 3/18
F 02 D 41/14

(72) Feltalálók:
COLLINS, Nicholas, Cambridge, Cambridgeshire (GB)
MA, Thomas Tsoi-Hei, South Woodham Ferrers, Essex (GB)

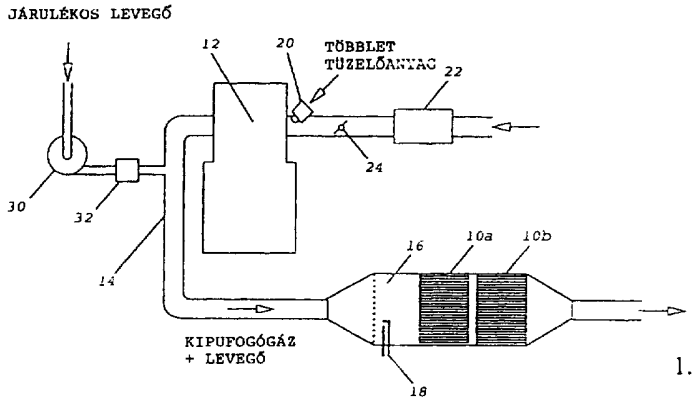
(73) Szabadalmas:
FORD MOTOR Co. Ltd., Brentwood, Essex (GB)

(74) Képviselő:
S. B. G. & K. Budapesti Nemzetközi Szabadalmi Iroda, Budapest

(54) **Eljárás belső égésű motor hidegindítás alatti teljes károsanyag-kibocsátásának csökkentésére**

KIVONAT

A találmány tárgya eljárás belső égésű motor hidegindítás alatti teljes károsanyag-kibocsátásának csökkentésére. A motor szénhidrogén tüzelőanyaggal működik, és utánégető (16) kamrával van ellátva. Az eljárás során a motor tüzelőanyag-keverékéhez tüzelőanyag-többletet adnak hozzá és a motor kipufogógázához levegőt adnak hozzá, ami biztosítja, hogy közvetlenül a motor első begyulladását követően a kipufogógáz/levegő keverékben a hidrogén és oxigén kellő koncentrációban legyen jelen, és azáltal az eredő kipufogógáz/levegő keverék gyújtható legyen, és stabil lánggal égjen az utánégetőben (16) annak a környezeti hőmérséklethez közeli hőmérsékletén. Közvetlenül a motor első begyulladása után begyújtják az utánégetőben (16) lévő kipufogógáz/levegő keveréket. A találmány előnyös foganatosítási módjánál a gyulladásnak az utánégetőben (16) való bekövetkezése után a tüzelőanyag-többletet és/vagy a járulékos levegőt szabályozva stabil lángot tartanak fent az utánégetőben (16) mindaddig, amíg a katalizátor beágyazóanyagának legalább egy része el nem éri a beindulási hőmérsékletet.



1. ábra

HU 217 708 B

A találmány tárgya eljárás belső égésű motor hidegindítás alatti teljes károsanyag-kibocsátásának csökkentésére. A motor szénhidrogén tüzelőanyaggal működik és utánégető kamrával van ellátva.

A kipufogógázok katalizátorai feladatukat – a kipufogógáz nem elégett szénhidrogén-, szén-monoxid- és nitrogén-oxid-tartalmának csökkentését – csak egy kritikus hőmérséklet elérése után tudják teljesíteni. Ezt a kritikus hőmérsékletet beindulási vagy működésbelépési hőmérsékletnek nevezzük, és értéke 300...400 °C. Hidegindításkor fontos, hogy az az idő, ami alatt a katalizátor ezt a hőmérsékletet eléri, minimális legyen, annál is inkább, mert a különböző jogszabályokban előírt, a károsanyag-kibocsátás ellenőrzésére szolgáló működési ciklusok mindegyike tartalmaz egy hidegindítást.

A beindulási idő csökkentésére különböző megoldásokat javasoltak. A legegyszerűbb megoldás az, hogy a katalizátort a motorhoz nagyon közel helyezik el, és így azt olyan kipufogógázok melegítik, amelyek még nem hűltek le a kipufogórendszerben. A katalizátornak ez a szerelési módja – amit általában rövidrezárásnak neveznek – problémákat okoz, amikor a motor nagy sebességgel és nagy terheléssel jár. Ilyen feltételek között a kipufogógáz hőmérséklete elérheti a 850 °C-ot, ami elegendő a katalizátor tartós károsodásához. Ezért inkább nem alkalmaznak rövidrezárt katalizátort, hanem a katalizátort a motortól bizonyos távolságra rögzítik. Az ilyen katalizátort alsó rögzítésű (a kocsitest alsó részére szerelt) katalizátornak nevezik. Az ilyen rögzítés a nagy sebességű és nagy terhelésű működéshez biztonságos, de súlyosbítja a felmelegedési problémát, mivel a kipufogógázok az indítási szakaszban a katalizátor elérése előtt lehűlnek.

A katalizátorok felmelegedésének meggyorsítására javasolták külső hő alkalmazását, aminek eszköze villamos fűtőberendezés vagy mikrohullámú fűtőberendezés lehet. Ezek a megoldások jelentős többletköltséggel járnak és bonyolultak, különösen, ha figyelembe vesszük a 2...3 kW körüli teljesítményigényt, ami 12 V feszültség esetén 166...250 A-es áramot jelent.

Javasolták továbbá kémiai energia alkalmazását a katalizátor beindulási idejének lerövidítésére oly módon, hogy a kipufogócsőbe tüzelőanyagot fecskendeznek be, és azt meggyújtják. Ebben az esetben bonyodalmat jelent, hogy a benzin/levegő keverékek a motor kipufogógázaiban felhígulva nem mindig gyulladnak meg megbízhatóan, és ha a gyulladás nem következik be, akkor a katalizátor hűtésének problémája még súlyosabbá válik, és ugrásszerűen megnövekszik a kipufogógáz szénhidrogén-tartalma. A biztonsági követelmények további bonyodalmat okoznak, mivel eleve veszélyes egy forró kipufogócsőbe nyíló tüzelőanyag-vezetéket kialakítani.

Javasolták még úgynevezett termikus reaktor alkalmazását. Ennél a megoldásnál levegőt fújnak be a kipufogógáz-áramba a kipufogónyíláshoz egészen közel, hogy a kipufogógáz még forró legyen. Ha a keverék eléggé dús beállítású, akkor az égési reakció – bár csökkent mértékben – a kipufogógázokban is folytatódik, és ezáltal növekszik a kipufogórendszer hőmérséklete, ami rövidebbé teszi a katalizátor beindulási idejét. Ez a megoldás ugyan működőképes, de előnyei korlátozottak. A beindulási idő tipikusan körülbelül két percre csökken, és ez még nem teszi lehetővé a szigorúbb követelményeket tartalmazó, törvényileg megengedett kibocsátási szintek elérését.

Egy még további javaslat utánégető alkalmazására irányul. A motort ebben az esetben is dús keverékkel járatják, és a kipufogógáz-áramhoz külső levegőt adnak hozzá, de a keveréket – például egy szikrával – meggyújtják, és egy áramlási irányban közvetlenül a katalizátor után elhelyezett kamrában elégetik.

Fontos az, hogy megkülönböztessük az utánégetőben gyújtással indított reakciót és a katalizátor felületén normálisan bekövetkező reakciót. Az utánégetőben fényt kibocsátó nyílt láng képződik, ami a gázokon át terjed, és nem korlátozódik egy felületre. A gyújtás történhet szikrával, gyújtólánggal vagy felhevített katalizátorelemmel. Begyújtás után a láng nem korlátozódik a gyújtóra, és a gázok úgy égnek, mint egy szabad térben.

Az utánégető alkalmazásának gondolata önmagában nem új. Már 1969 óta ismeretes, hogy szabályozott feltételek között a kipufogógáz-keverékben lévő tüzelőanyag újragyújtható. C. D. Haynesnek a Brit Járműipari Kutatási Társaság (Motor Industry Research Association of Great Britain=MIRA) által 1965/5 számú beszámolójaként közzétett beszámolójában már annak idején javasolta szennyezéscsökkentő eszközként egy utánégető alkalmazását, amiben a keletkezett hőt egy hőnyelőben egyszerűen disszipáltatják. A hőnyelő természetesen lehet egy katalizátor beágyazóanyaga úgy, hogy az utánégető csökkentheti a katalizátor beindulási idejét.

A 3 889 464 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalom kifejezetten javasolja utánégető alkalmazását a kipufogógáz melegítésére, mielőtt még az elérné a katalizátort. Eszerint a szabadalom szerint az utánégető tüzelőanyaga nem a kipufogógázból származik. Ennek a gondolatnak a továbbfejlesztése, amit az EP A 0 422 432 számú leírás ismertet, a kipufogógázban lévő részlegesen elégett égéstermékeket használja tüzelőanyagként az utánégetőben. E szerint az utóbbi javaslat szerint a motorba jutó keveréket úgy dúsítják, hogy az adott levegő egy részét közvetlenül a kipufogócsőbe vezetik.

Eddig az utánégető bizonyult a leghatékonyabb megoldásnak a katalizátor melegítésére azzal a céllal, hogy beindulási ideje rövidebb legyen. Ha a motort mérsékelten dús keverékkel járatják, és a kipufogórendszer felmelegedése után friss (külső) levegőt vezetnek a forró kipufogógázba, akkor lehetséges a keverék újragyújtása, mivel egy úgynevezett hidegláng-reakció még fennáll a kipufogórendszerben. Ez lehetővé teszi a felmelegedési idő egy percnél rövidebbre való csökkentését.

A korábbi megoldások szerint a motor beindulása után bizonyos ideig várni kell arra, hogy a gázok az utánégetőben gyújthatóvá váljanak. Ennek az az oka, hogy a motor és a kipufogórendszer hideg, az utánégetőbe érkező keverék hőjének nagyobb részét átadta a kipufogórendszernek, és a motort elhagyó gázokban bekövetkező hidegláng-reakció fojtódik a hideg kipu-

fogó-gyűrűcsövön és leszállóvezetéken való áthaladáskor, és tovább fojtódik akkor, amikor járulékos hideg levegőt fújnak be a kipufogógáz-áramba. Hidegláng-reakció hiányában – ami, mint ismeretes, elősegíti a gyújtást – a kipufogógáz/levegő keverék gyújthatatlanná válik. Meg kell várni, hogy a kipufogócső felmelegedjen olyan hőmérsékletre, ami lehetővé teszi a hidegláng-reakció fenntartását mindaddig, amíg a kipufogógáz el nem éri az utánégetőt. Ha az utánégető már begyulladt, akkor a katalizátor gyorsan felmelegszik a beindulási hőmérsékletre, de a kezdeti szakaszban, az utánégető begyújtása előtt a kipufogógáz úgy kerül a légkörbe, hogy sem az utánégető, sem a katalizátor nem tisztítja.

Találmányunk célja ezért olyan eljárás, aminek révén az utánégetőt a motor első beindulása után a lehető leggyorsabban be lehet gyújtani, és ezáltal az ismert megoldások fentebb leírt problémáit el lehet kerülni, továbbá a katalizátor beindulási idejét minimálissá lehet tenni.

Ezt a feladatot a szénhidrogén tüzelőanyagot elégető és áramlási irányban a katalizátor után elhelyezett utánégetővel ellátott belső égésű motor hidegindítás alatti teljes károsanyag-kibocsátását csökkentő eljárás révén úgy oldjuk meg, hogy az eljárás lépései során a motor tüzelőanyag-keverékéhez tüzelőanyag-többletet adunk hozzá, a motor kipufogógázához levegőt adunk hozzá, ami biztosítja, hogy közvetlenül a motor első begyulladását követően a kipufogógáz/levegő keverékben hidrogén és oxigén kellő koncentrációban legyen jelen és ezáltal az eredő kipufogógáz/levegő keverék gyújtható legyen és stabil lánggal égjen az utánégetőben annak a környezeti hőmérséklethez közeli hőmérsékletén. Közvetlenül a motor első begyulladása után az utánégetőben lévő kipufogógáz/levegő keveréket meggyújtjuk.

A kipufogógáz/levegő keveréket előnyös módon úgy szabályozzuk, hogy a gyújtásnak az utánégetőben való bekövetkezése után a tüzelőanyag-többletet és/vagy a járulékos levegőt változtatjuk, és így az utánégetőben stabil lángot tartunk fenn mindaddig, amíg a katalizátor beágyazóanyagának legalább egy része el nem éri a beindulási hőmérsékletet.

Az a minimális hidrogénkoncentráció és oxigénkoncentráció, aminek a kipufogógáz/levegő keverékben meg kell lennie, hogy közvetlenül a motor első begyulladása után egy hideg utánégetőben begyulladjon és a stabil láng fennmaradjon, függ az utánégető kialakításától és a benne áramló gáz áramlási feltételeitől. A hidrogénkoncentráció és az oxigénkoncentráció minimális értéke – amit egy motornak a kipufogógáz/levegő keverékéből vett, jól elkeveredett és stacionárius feltételek között egy hideg kaloriméter-bombában meggyújtott gázmintánál kísérleti úton állapítottuk meg – 3%, illetőleg 6% volt. A gyakorlatban azonban egy szokványos kialakítású utánégetőnél, amelyben a motor kipufogógázárama lüktető, a keveredés a járulékos levegővel nem alapos, és az áramlási viszonyok a gyújtás forrása körül nem stabilak, a hidrogénkoncentrációnak jelentősen meg kell haladnia 5%-ot, és tipikusan 6%-nak kell lennie, hogy a gyújtás lehetséges legyen. A gyújtás után a stabil láng fenntartásához kisebb koncentrációk alkalmazhatók, de ekkor is jóval a hidrogén 3%, illetőleg az oxigén 6% minimális értéke feletti értékeket kell alkalmazni. A gázkoncentrációkat az egész leírásban térfogatszázalékban adjuk meg és nem tömegszázalékban.

A hidrogén fontosságát a kipufogógáz-keverékben korábban nem ismerték fel, és ezért a hidrogénkoncentrációkat nem adták meg. Az ismert megoldásokban szereplő tökéletesítések megvalósításához szükséges szénmonoxid-koncentrációkból azonban ki lehet következtetni, hogy a hidrogénkoncentráció 3% alatt volt. Ez még ideális feltételek esetén is a minimális éghetőségi határ alatt van, és lényegesen kisebb – a fele – annak a hidrogénkoncentrációnak, ami a találmány szerinti gyakorlati utánégetőben a gyújtáshoz szükséges.

Ebből látható, hogy az ismert megoldásoknál lejátszódó reakció mechanizmusa lényegében különbözik a találmány szerintitől. A korábbi megoldások a következő tényen alapszanak: ha a kipufogógázt nem hagyják lehűlni a hideg kipufogórendszeren történő áthaladás közben, akkor a forró, részben elégett összetevők az utánégetőbe érkezve lassú ütemben még reagálnak egymással, és ilyen feltételek között az égés a kipufogógázban lévő forró, reaktív szénhidrogénekkel és szén-monoxiddal reaktíválható, ha elegendő oxigén van jelen és gondoskodnak a gyújtóelemről.

A motort azonban bizonyos ideig járatni kell, hogy felmelegedjen és így a gyújtás az utánégetőben bekövetkezhessen. Ez alatt az idő alatt elégetlen szénhidrogének távoznak a kipufogórendszerből. A keverék dúsítása és levegő hozzáadása növelné a kipufogógázban lévő gázok közötti termikus reakciókat, és ezáltal csökkentené a kipufogórendszer felmelegedésének idejét. Ez a termikus reakció azonban nehezebbé tenné az utánégető begyújtását, mivel csökkenti az éghető gázok koncentrációját az utánégetőt elérő keverékben.

Ha a motorban adagolt keveréket dúsítanák az utánégetőt elérő keverékben lévő szén-monoxid és elégetlen szénhidrogének koncentrációjának további növelése végett, akkor ez nem csökkentené jelentősen a felmelegedési időt (különösen akkor, ha a motort üresjáratban járatják, amint ez a járatási ciklus első részében elő van írva), viszont nagymértékben növelné az utánégető begyulladása előtt távozó elégetlen szénhidrogének koncentrációját, és így a hatékonyságot inkább rontja.

Az ismert megoldásoknál az utánégető alapvető működése azon alapszik, hogy szén-monoxidot és szénhidrogéneket vezetünk bele. A tüzelőanyagként a motorba vezetett tüzelőanyag dúsulását a felmelegedés korai szakaszában növelve ezen gázok a kipufogógázban fennálló koncentrációjának növelése végett csak a kipufogórendszerből kilépő teljes károsanyag-kibocsátást növelik az utánégető begyulladása előtt. A jelen találmány elkerüli ezt a problémát úgy, hogy az utánégő gyújtásához egy eltérő mechanizmust alkalmaz, első ízben felismerve a kellő koncentrációban jelen lévő hidrogén által játszott rendkívül fontos szerepet.

A találmány által a korábbi megoldásokhoz képest nyújtott továbbfejlesztést a motor első begyulladását követő események időzítése is befolyásolja. A korábbi megoldásoknál az előírt működési ciklust követően

– amely ciklus alatt a károsanyag-kibocsátást másik – az utánégető a működési ciklus üresjárati szakaszának első húsz másodperce alatt nem tud begyulladni, mivel a kipufogógáz hideg. Ha a gépkocsi terheléssel működik, akkor az utánégetőben lévő gázok hőmérséklete gyorsan emelkedik és eléri azt a szintet, amelyen még néhány másodperc elteltével az utánégető begyújtható.

Ha az utánégető már begyulladt, akkor magától csökkenti a szénhidrogén-kibocsátást. Ez lehetővé teszi a keverék további dúsítását, hogy a fejlesztett hőmennyiség a katalizátor fűtése végett növekedjen. Ezért a katalizátor teljes beindulási ideje a motor első begyulladása utáni körülbelül harminc másodpercre vagy ennél többre terjed ki.

Találmányunk értelmében a keveréket a motor beindulása közben vagy közvetlenül ez után dúsítjuk, hogy létrehozzuk a szükséges hidrogénkoncentrációt, és az utánégető azonnal begyulladjon. Ebből a célból a motorba jutó tüzelőanyag-mennyiséget nagyon nagy mértékben kell növelni, annyira, hogy a tüzelőanyag-keverékben a tüzelőanyag aránya kétszerese legyen a sztöchiometrikus aránynak. Figyelembe véve azt, hogy a falak nedvesítése miatt a befecskendezett tüzelőanyag nem kerül be teljesen a keverékbe, a tényleges dúsítási szintnek még ennél is nagyobbnak kell lennie.

A gyakorlati megvalósítás során a motor első berobbanása után egy másodperccel erőteljes gyulladást észlelhetünk, amit az utánégető kamrát teljesen kitöltő, stabil láng követett. Öt másodpercen belül a katalizátornak az utánégető felőli homlokoldala elérte a vörös izzást, és a katalizátor túlhevülésének megelőzése végett az utánégetőt el kellett oltani.

Ily módon a találmány révén a motor által kapott jelentős tüzelőanyag-többlet ellenére csökkent a teljes károsanyag-kibocsátás, mivel az utánégető azonnal működésbe lép, és az elégetlen szénhidrogéneket a légkörbe való kilépés előtt reagáltatja, továbbá mihelyt kialszik az utánégető, maga a katalizátor átveszi a kilépő kipufogógáz tisztításának feladatát. A korábbi megoldásoknál viszont a motor működésének közelítőleg az első harminc másodperce alatt kezeletlen gáz jut a légkörbe akkor, amikor a szénhidrogén-kibocsátás a legrosszabb, és ez képezi a teljes működési ciklus alatti kibocsátás nagyobb részét.

A találmány jobb megértését elősegíti, ha részletesebben elemezzük az utánégetőbe érkező kipufogógáz/levegő keverékben lévő gázok természetét. Dús keverékkel történő indítás alatt a kipufogógáz éghető összetevőket – így szén-monoxidot, nitrogént és vizet – tartalmaz. A hidrogén jelenlétével a kipufogógázban korábban nem törődtek, mivel maga a hidrogén nem olyan égéstermék, ami bármilyen más jelen lévő gázhoz képest inkább égne. A hidrogén jelenlétének oka az, hogy a motor égésterében lévő dús tüzelőanyag-keverék után a nagy hőmérsékleten és nagy nyomáson az égéstermékek egyéb összetevők mellett szén-monoxid és gőz keverékét tartalmazzák, aminek van egy egyensúlyi reakciója:

$$CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$$

Ezt a reakciót vízgázreakciónak nevezzük. Az ebben a folyamatban keletkezett hidrogén ezután megfagy, amikor a motor kipufogási ütemében a kilépő gázok kitágulnak, és a hőmérséklet, valamint a nyomás hirtelen lecsökken. Ez a hidrogén van jelen a kipufogógázban, és koncentrációja függ a szénhidrogén tüzelőanyag H/C arányától, valamint a dús keverék égésekor keletkező szén-monoxid koncentrációjától.

A kipufogógázban lévő mindegyik éghető összetevőnek van egy küszöbkoncentrációja (éghetőségi határa), ami alatt hidegen nem képezhet gyújtható keveréket. Ha levegő keveredik a kipufogógázzal, akkor a keverékben lévő oxigénnek ugyancsak el kell érnie egy küszöbkoncentrációt a gyújthatósághoz, ami a tüzelőanyag mindegyik összetevőjénél más-más érték. Figyelembe kell venni, hogy amikor friss levegőt adunk hozzá a kipufogógáz-áramhoz, akkor a keverékben lévő éghető összetevők koncentrációja lecsökken, és a keverékben lévő oxigén koncentrációja megoszlik a levegő és a kipufogógázok között.

Ami a kipufogógáz/levegő keverékben lévő elégetlen szénhidrogének és szén-monoxid koncentrációját, valamint oxigénkoncentrációját illeti, megállapítottuk, hogy a motor még rendkívül dús tüzelőanyag-beállítás esetén sem tud ezekből a kipufogógázban lévő és a járulékos levegővel elkeveredett összetevőkből ahhoz elegendő mennyiséget előállítani, hogy a környezeti hőmérsékleten gyújtható keverék előállítása végett a küszöbkoncentrációkat egyidejűleg el lehessen érni. Ezek miatt az okok miatt a találmány nem származtatható extrapolálással a korábbi megoldásoknál elért eredményekből.

A találmány nem ezen, hanem azon a felfedezésen alapszik, hogy ha a motorba nagyon dús keveréket juttatunk, akkor a kipufogógázban elegendő mennyiségű hidrogén lesz, és ez a hidrogén a járulékos levegővel elkeveredve egyidejűleg hozhat létre olyan hidrogén- és oxigénkoncentrációt, amely biztosan a hidrogén környezeti hőmérsékleten fennálló gyulladási határán belül van. Ennek megfelelően az utánégetőben azonnali gyújtás érhető el, ha a motorba a szükséges szélsőségesen dús keveréket hirtelen vezetjük be, és nem alkalmazzuk az ismert üzemmódot.

Tisztában kell lenni azzal, hogy mind az ismert utánégetők, mind a találmány szerinti utánégető egyformán hatékonyan működik, és gyorsan, néhány másodperc alatt felmelegítik a katalizátort annak beindulási hőmérsékletére, ha már egyszer begyulladtak. Az ismert megoldások és a találmány közötti alapvető különbség a gyújtási mechanizmusban van. Hidrogén alkalmazásakor a gyújtás pillanatszerű, és nem függ a kipufogórendszer felmelegedésének mértékétől. Kísérletileg igazoltuk továbbá, hogy a találmány a környezeti hőmérséklet széles tartományában – beleértve a fagypont alatti hőmérsékleteket is – hatékony.

A motorba hirtelen bejuttatott tüzelőanyag-többlet azonban a motor egyenetlen járását idézheti elő, és jelentős szénlerakódást okozhat a motor égésterében. Ezért a dúsulás mértékét előnyös módon az utánégető begyulladása után csökkentjük. Az így kapott hidrogénkoncentráció és oxigénkoncentráció még akkor is jóval

3%, illetőleg 6% felett marad, ami lehetővé teszi stabil láng fenntartását.

Az utánégetőt lehet a motor beindításával egyidejűleg működtetni, mivel a találmány értelmében az utánégető közvetlenül a motor begyulladása után be tud gyulladni. Nem fontos azonban a motort beindítás előtt a szélsőségesen dús keverékkel táplálni. Ez történhet közvetlenül a motor begyulladása után. Erre akkor lehet szükség, ha a rendkívül dús keverék akadályozza a motor beindítását.

Homogén tüzelőanyag-keverékkel működő, szikragyújtásos belső égésű motornál a kipufogógázban a hidrogéntöbblet úgy hozható létre, hogy a motorba szélsőségesen dús keveréket juttatunk.

A találmány megvalósítási módja réteges tüzelőanyag-keverékkel működő motoroknál némileg eltérő lehet. Ilyen motorok azok, amelyben a tüzelőanyagot közvetlenül az égetésterekbe fecskendezik be. Ilyen motorok a négyütemű FORD PROCO, a kétütemű ORBITAL és a dízelmotorok.

A tüzelőanyag-keverék rétegezése azt jelenti, hogy az égetőtérben dúskeverékes zónák és hígkeverékes zónák vannak. A dúskeverékes zónák hozzák létre a hidrogént, a hígkeverékes zónák hozzájárulnak ahhoz, hogy a kipufogórendszerben jelen legyen a szükséges oxigén, ami a hidrogénnel elkeveredve gyújtható keveréket képez.

Ilyen motorban szükséges lehet a keverék dúsítása vagy járulékos levegőnek a kipufogórendszerbe való bevezetése. Szükséges lehet azonban a szívás folytatása, hogy a levegőtartalom az égetőtérben csökkenjen.

Hengerbefecskendezésű kétütemű motornál a befecskendezés késleltetése miatt tüzelőanyag jut közvetlenül a kipufogórendszerbe. Ez a módszer alkalmazható a leadott hőmennyiség növelésére az utánégető begyulladása után.

Találmányunkat annak egy példaképpeni kiviteli alakja kapcsán ismertetjük részletesebben ábráink segítségével, amelyek közül az

- 1. ábra egy motor vázlata a találmányt megtestesítő szívórendszerrel és kipufogórendszerrel, a
- 2. ábra az utánégetőben lévő hidrogén és oxigén koncentrációjának változását ábrázoló diagram; egyik esetben csak a motorba vezetett keverék levegő/tüzelőanyag aránytól, a másik esetben a motorba és a kipufogórendszerbe kombináltan vezetett keverék levegő/tüzelőanyag aránytól függően, a
- 3. ábra egy utánégetővel ellátott motor teljes károsanyag-emissziója az előírásos működési ciklus indítási szakaszában a motorba vezetett keverék tüzelőanyag/levegő arányának függvényében.

Az 1. ábrán látható egy 12 motor, amelybe a levegő egy 22 átáramlásmérőn jut be. A levegőmennyiséget egy 24 pillangószelep szabályozza. A tüzelőanyagot egy 20 befecskendezőfúvóka viszi be a levegőáramba. A motortól a kipufogógázokat a 14 kipufogócső vezeti a két, 10a és 10b tömbből álló katalizátorba. A katalizátor előtt van a 18 szikragyújtóval ellátott 16 utánégető. A levegőt egy 30 szivattyú nyomja be a 14 kipufogócsőben folyó kipufogógáz-áramba. A járulékos levegőáramot a 32 szelep szabályozza.

Normális működéskor a motor sztöchiometrikus tüzelőanyag/levegő aránnyal jár, és a kipufogógáz-áramhoz nem adunk hozzá levegőt. A 16 utánégető nem működik és a háromutas katalizátor kielégítően, a normális módon tisztítja a kipufogógázokat. Amikor a katalizátor a beindulási hőmérsékletet elérte, és beindult benne a kémiai reakció, akkor a kipufogógázok hőmérséklete és a katalizátorban lejátszódó exoterm reakció eléggé magas hőmérsékleten tartja a katalizátort, úgyhogy az a 16 utánégető nélkül megfelelően működik.

A 16 utánégetőnek az a rendeltetése, hogy csökkentse a 10a, 10b tömbből álló katalizátor beindulási idejét. Indításkor a motort dús keverékkel járatjuk úgy, hogy a 20 befecskendezőfúvókán át tüzelőanyag-többletet vezetünk be, ezzel biztosítva, hogy a kipufogógáz-áram éghető összetevőket tartalmazzon; járulékos levegőt vezetünk be a 30 szivattyú révén, hogy ez az említett összetevőkkel elkeveredve éghető keveréket képezzen. A 16 utánégetőben lévő 18 szikragyújtó meggyújtja a keveréket és így lángot hoz létre, ami felmelegíti a katalizátor 10a tömbjét. A találmány célja a tüzelőanyag-többlet és a járulékos levegő olyan szabályozása, hogy a 16 utánégetőben lévő keverék a motor első begyulladását követően a lehető leggyorsabban meggyulladjon.

A 2. ábrán a diagram mutatja, hogyan változik az utánégetőben a hidrogén és az oxigén koncentrációja a, csak a motorba vezetett keverék levegő/tüzelőanyag arányától és kombináltan a motorba és a kipufogórendszerbe vezetett levegő és a tüzelőanyag arányától függően. A diagram függőleges tengelyén a motorba vezetett dús keverékek tartománya szerepel; a vízszintes tengely jobb oldalán az összesítve szegény keverékek tartománya szerepel, amikor is a kipufogógázban lévő járulékos levegő is szerepel az összlevegő/tüzelőanyag kémiai egyensúlyban. Az utánégetőt mindig a függőleges tengelytől jobbra lévő területen belül kell üzemeltetni annak biztosítása végett, hogy az utánégetőben legyen levegőtöbblet, ami teljesen reagálhat az összes éghető gázzal (hidrogénnel, szén-monoxiddal és szénhidrogénekkel).

A 2. ábrán lévő diagramban láthatók az utánégetőben – a motor és az utánégető különböző működési feltételei között fennálló állandó oxigén- és állandó hidrogénkoncentrációk vonalai. Ebben a diagramban ábrázolni lehet az állandó szén-monoxid- és állandó szénhidrogén-vonalakat is, de itt ezeket elhagytuk. A találmány értelmében a hidrogén és oxigén jelenléte a fő kritériuma a kipufogógáz/levegő keverék környezeti hőmérsékleten való éghetőségének, amikor ez a keverék a nem éghető hígítóanyagok, így szén-dioxid, nitrogén és víz mellett éghető arányban szén-monoxidot és szénhidrogéneket is tartalmaz. Az utánégetőből különböző feltételek között vett kipufogógáz/levegő keverék mintákat gondosan elkevertük, és stacionárius feltételek között hideg kaloriméter-bombában megkíséreltük ezeket

a mintákat begyújtani. Ennek alapján kaptunk egy határológörbét (éghetőségi határt), ami a diagramban az árnyékolt területet határolja. Ezen a területen belül gyújtható a kipufogógáz/levegő keverék ideális feltételek között, környezeti hőmérsékleten.

A 2. ábrából látható, hogy a kipufogógáz/levegő keverék gyújthatóságának minimumfeltétele, hogy a hidrogénkoncentráció meghaladja a 3 térfogatszázalékot és ugyanakkor az oxigénkoncentráció meghaladja a 6 térfogatszázalékot, például a C pontban. A korábbi megoldásoknál az A jelű munkapontot használták a termikus reakció megvalósításához a kipufogórendszerben és a B pontot használták az utánégető begyújtásához, amikor a kipufogógázokat forró és reaktív állapotban tartották. Egyik ponton sem következik be a kipufogógázok hideg begyulladása. A gyakorlatban még a C pont sem alkalmasa hideg begyulladáshoz, mert a hagyományos kialakítású utánégetőben a keverékfeltételek rosszabbak az ideálisnál. Egy gyakorlati motornál a megbízható hideg begyulladás a D ponton következik be, ahol a hidrogénkoncentráció meghaladja az 5%-ot, és tipikusan 6%. Ha a begyulladás már bekövetkezett, akkor a tüzelőanyag lehet kevésbé dús, és vissza lehet állni a C ponthoz közelebb eső pontra, de az éghetőségi határhoz túl közel akkor sem lehet kielégítőleg működtetni, mivel akkor fennáll a láng kialvásának veszélye.

Nem szabad elfeledkezni arról, hogy a 2. ábrán lévő diagram levegő/tüzelőanyag keverék arányainak abszolút értékei a különböző tüzelőanyagoknál – annak sztöchiometriai arányától függően – különbözők. Az utánégetőben a megbízható gyújtáshoz és stabil égéshez szükséges hidrogénkoncentráció és oxigénkoncentráció abszolút értéke azonban az alkalmazott szénhidrogén tüzelőanyag típusától függetlenül állandó.

A találmány révén elért javulást jól mutatja a grafikon a 3. ábrán, ami az előírás szerinti működési ciklus indítási szakasza alatti teljes károsanyag-kibocsátást ábrázolja a motorba vezetett keverék tüzelőanyag/levegő arányának függvényében. Ezen a grafikonon láthatók a diagram A, B, C és D munkapontjai. Amikor a keverék A-tól B-ig és C-ig dúsul, az utánégetőt nem sikerül begyújtani. A begyújtás csak a motor terhelésekor, az előírás szerinti üresjárati szakasz első húsz másodpercének eltelte után sikerül. Ez alatt az idő alatt továbbra is kezeletlen kipufogógázok távoznak a légkörbe, és ezekben a szénhidrogén-koncentráció a tüzelőanyag dúsulásával növekszik. Ha a keveréket még tovább dúsítják, akkor egy bizonyos küszöbértéknél – amelyen a kipufogógázokban lévő hidrogén koncentrációja elegendő az utánégetőben fennálló, az ideális keverékfeltételeknél rosszabb feltételek leküzdéséhez – lehetővé válik az azonnali gyújtás, de az égés némileg instabil lehet. Ha biztosítjuk ennek a küszöbértéknek a biztonságos túllépését például a D pontban, akkor az azonnali gyújtást és a stabil égést biztosítja a jelen lévő hidrogén jóval nagyobb koncentrációja, és a károsanyag-kibocsátás a légkörbe nagyon hirtelen lecsökken az utánégetőben végbemenő égetés eredményeként, ami a káros anyagok zömét a katalizátor beindulása előtt elégeti. Beindulás után a katalizátor átveszi a kipufogógázok tisztításának feladatát. Így minimálisra csökken az a kritikus időköz, ami alatt sem az utánégető, sem a katalizátor nem működik.

A korábbi megoldások sohasem jutottak el addig a pontig, amelynél egy másfajta – hidrogénnel történő – gyújtási mechanizmusra való áttérést jelző, hirtelen változás – amit a 3. ábra ábrázol – bekövetkezett. A hidrogén által a gyújtásban játszott rendkívül fontos szerep és a gyújtáshoz átlépendő küszöbfeltétel felismerése nélkül a korábbi megoldások lépésenkénti extrapolálása – ami a tüzelőanyag diszkrét növekményekben való dúsítását jelenti – nem változtathatná meg a gyújtási mechanizmust, hanem csak növelné a károsanyag-kibocsátást és hosszabbá tenné a motor járását és nagyfokú bekormozódását. Ez komoly hajthatósági problémákat okoz, és már ebben a kezdeti szakaszban annyi károsanyag-kibocsátást idéz elő, ami önmagában is meghaladja az előírás szerinti teljes működési ciklus megengedett határt. Mindezek a tényezők elriasztanak a tüzelőanyag olyan nagy dúsításának megkísérlésétől, mint amekkorát találmányunk javasol. A találmány előnyös kiviteli alakja szerint nagy és gyors lépést teszünk a szükséges, rendkívül dús keverék irányába, de csak rövid időre, és ezáltal az utánégetőben azonnal gyújtható keveréket kapunk, amivel megszűnnek az ismert megoldások hátrányai.

SZABADALMI IGÉNYPONTOK

1. Eljárás belső égésű motor hidegindítás alatti teljes károsanyag-kibocsátásának csökkentésére, szénhidrogén tüzelőanyagot elégető és egy katalizátor előtt utánégetővel ellátott motornál, ahol a motor tüzelőanyag-keverékéhez tüzelőanyag-többletet adunk hozzá, és a kipufogógázhoz levegőt adunk hozzá, *azzal jellemezve,* hogy a tüzelőanyag-többletet és a hozzáadott levegőt olyan mértékben szabályozzuk, ami biztosítja, hogy közvetlenül a motor első begyulladását követően a kipufogógáz/levegő keverékben hidrogén és oxigén olyan koncentrációjú legyen, hogy ezáltal az eredő kipufogógáz/levegő keverék gyújtható legyen és stabil lánggal égjen az utánégetőben annak a környezeti hőmérséklethez közeli hőmérsékletén; és közvetlenül a motor első begyulladása után az utánégetőben lévő kipufogógáz/levegő keveréket meggyújtjuk.

2. Az 1. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve,* hogy a kipufogógáz/levegő keveréket a gyújtásnak az utánégetőben való bekövetkezése után a tüzelőnyagtöbblet és/vagy a járulékos levegő változtatásával szabályozzuk, és így az utánégetőben stabil lángot tartunk fent addig, amíg a katalizátor beágyazóanyagának legalább egy része el nem éri a beindulási hőmérsékletet.

3. Az 1. vagy 2. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve,* hogy begyújtáskor vagy közvetlenül a begyújtás előtt a kipufogógáz/levegő keverék hidrogéntartalma meghaladja az 5 térfogatszázalékot, és az oxigén koncentrációja legalább 6 térfogatszázalék.

4. A 3. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve,* hogy a begyújtást követően a kipufogógáz/levegő keve-

rékben a hidrogénkoncentrációt csökkentjük úgy, hogy 3 térfogatszázalék felett maradjon, míg az oxigénkoncentráció 6 térfogatszázalék felett marad.

5. A 3. vagy 4. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve,* hogy a tüzelőanyag adagolásának változtatása útján a hidrogénkoncentrációt hirtelen változtatjuk alacsony és magas koncentrációértékek között.

6. Az előző igénypontok bármelyike szerinti eljárás, *azzal jellemezve,* hogy az alatt az idő alatt, amikor az utánégetőben a lángot fenn kell tartani, folytonosan működtetjük a gyújtóelemet.

7. Az előző igénypontok bármelyike szerinti eljárás, *azzal jellemezve,* hogy a tüzelőanyag-többletet a motorba vezetjük be, és a kipufogógázokhoz adunk hozzá levegőt a motor beindítása alatt.

8. Az 1–6. igénypontok bármelyike szerinti eljárás, *azzal jellemezve,* hogy a tüzelőanyag-többletet a motorba vezetjük be, és a kipufogógázokhoz adunk hozzá levegőt, de csak a beindítás, a motor első begyulladása után.

9. Az előző igénypontok bármelyike szerinti eljárás, *azzal jellemezve,* hogy a lángot az utánégetőben kioltjuk egy előre megadott időtartam elteltével, ami elegendő ahhoz, hogy a katalitikus reakció a katalizátorban megkezdődjön.

10. Az előző igénypontok bármelyike szerinti eljárás, *azzal jellemezve,* hogy a motor egy homogén tüzelőanyag-keverékkel működő, szikragyújtásos belső égésű motor, és a hidrogén jelenlétét a kipufogógázban az biztosítja, hogy a szokásosan alkalmazottnál dúsabb homogén keveréket vezetünk be a motorba, és a járulékos levegőt közvetlenül a kipufogógáz-áramhoz adjuk hozzá.

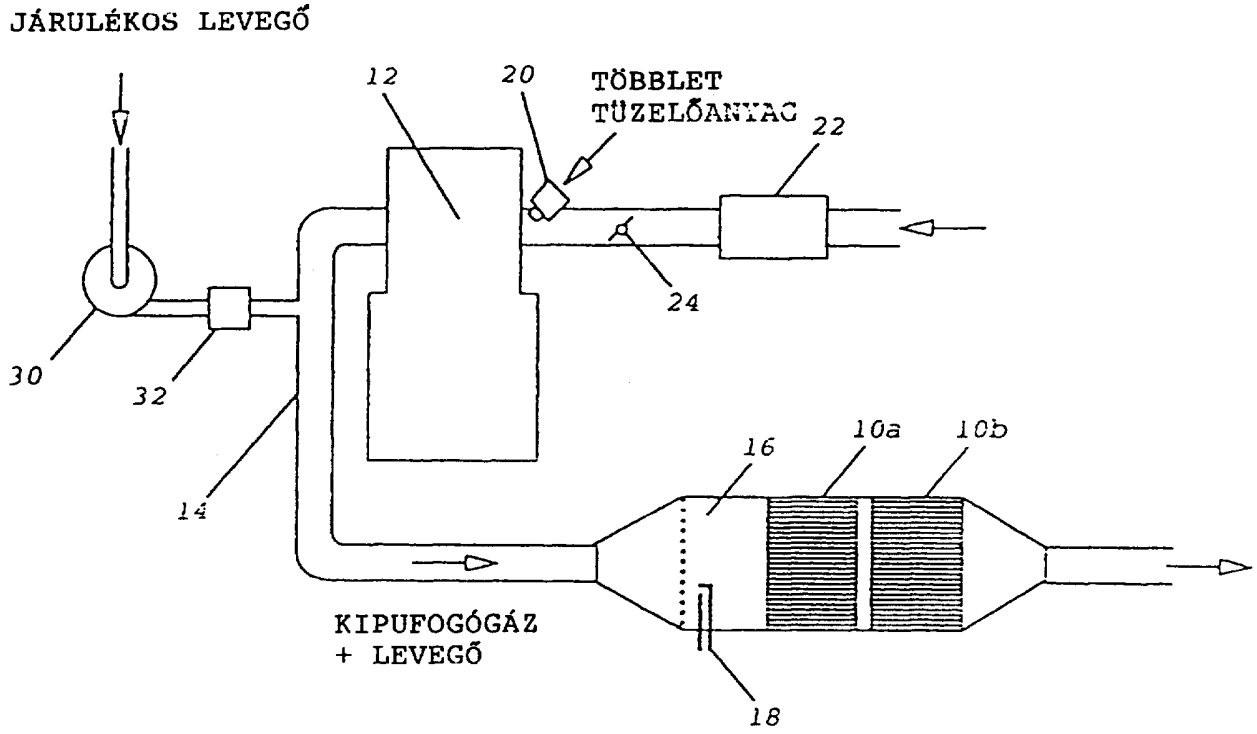
11. Az 1–9. igénypontok bármelyike szerinti eljárás, *azzal jellemezve,* hogy a motor egy rétegezett tüzelőanyag-keverékkel működő motor, aminél a tüzelőanyag-keverék rétegezése az égetőtéren belül szélsőséges dús keveréket tartalmazó zónákat és kevésbé dús keveréket tartalmazó zónákat hoz létre; az előbbiekben keletkezett hidrogént és az utóbbiakban keletkezett oxigént használjuk a gyújtható keverék képzéséhez a kipufogórendszerben.

12. A 11. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve,* hogy a tüzelőanyag-keverék képződését úgy hozzuk létre, hogy közvetlenül az égetőtérbe tüzelőanyagot fecskendezünk be.

13. Az előző igénypontok bármelyike szerinti eljárás, *azzal jellemezve,* hogy a motor egy szikragyújtásos motor.

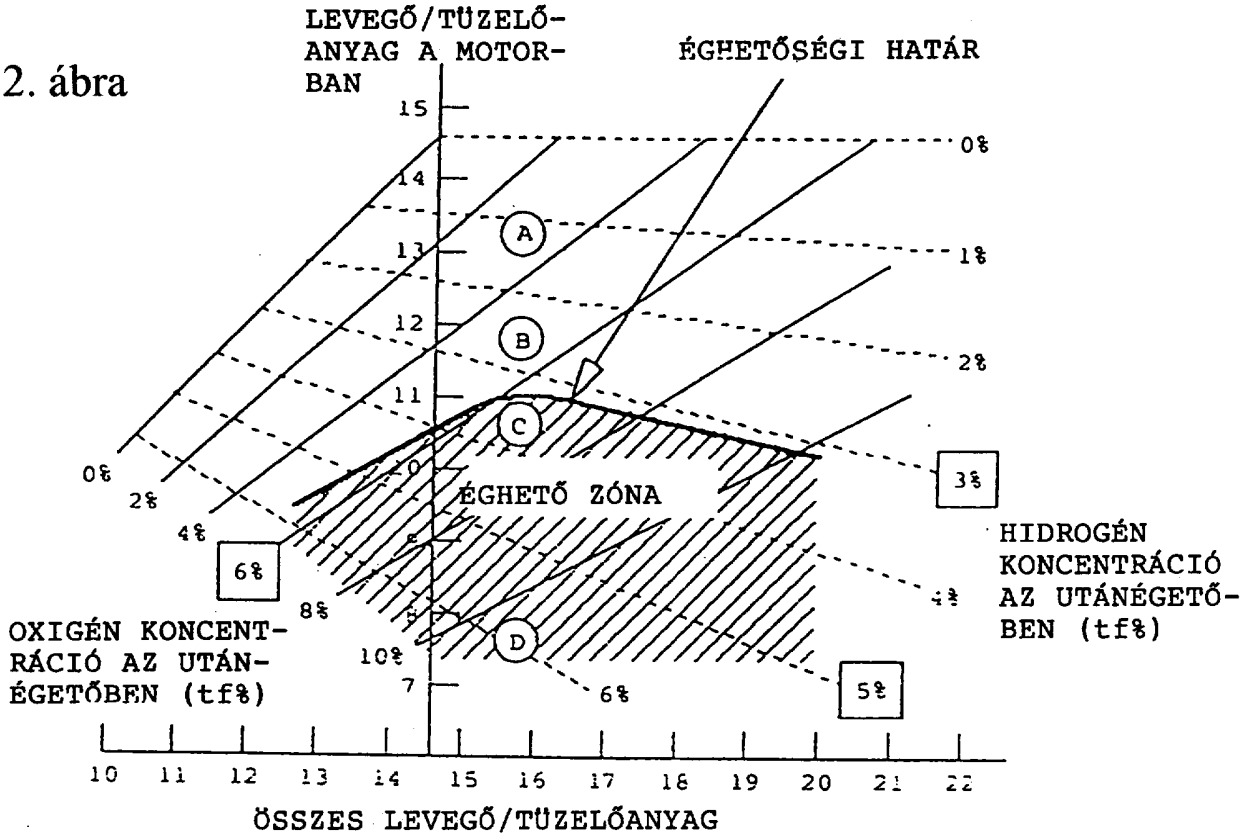
14. Az 1–12. igénypontok bármelyike szerinti eljárás, *azzal jellemezve,* hogy a motor egy dízelrendszerű motor.

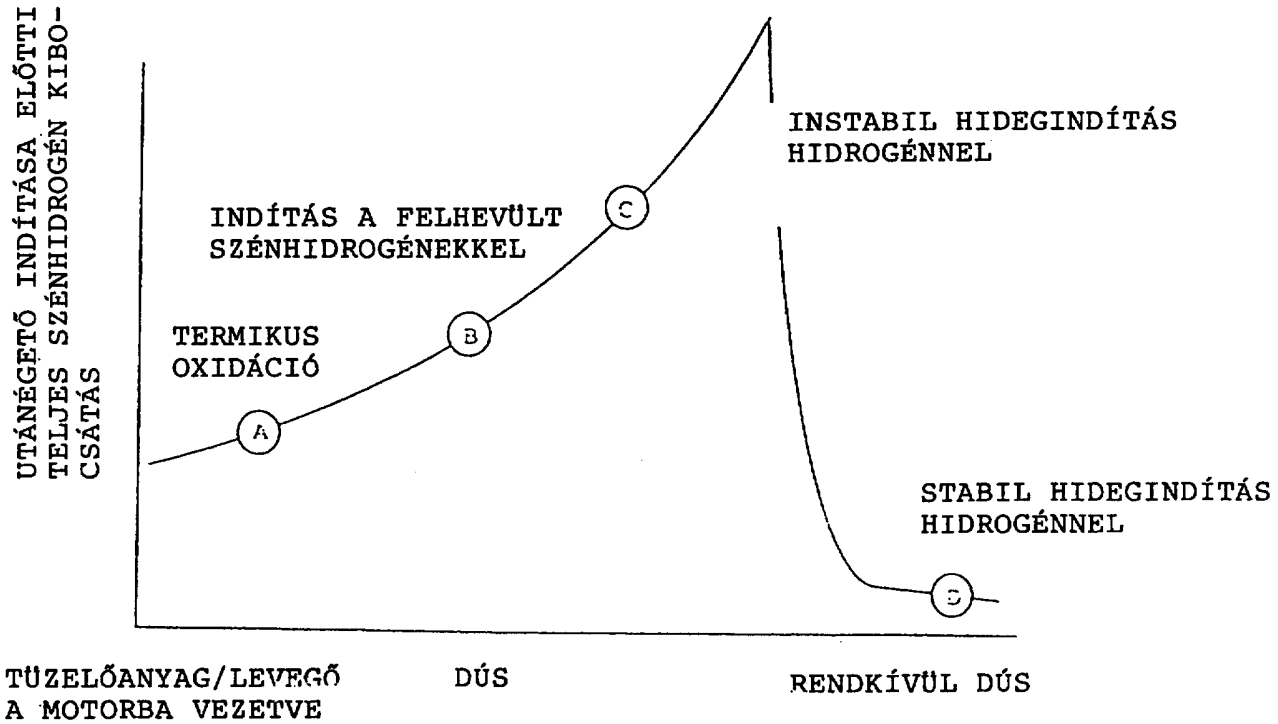
15. Az előző igénypontok bármelyike szerinti eljárás, *azzal jellemezve,* hogy a motor egy kétütemű motor.


JÁRULÉKOS LEVEGŐ
12
20
TÖBBLET
TÜZELŐANYAG
22
24
30
32
14
16
10a
10b
KIPUFOGÓGÁZ
+ LEVEGŐ
18

1. ábra

2. ábra


LEVEGŐ/TÜZELŐ-
ANYAG A MOTOR-
BAN
ÉGHETŐSÉGI HATÁR
15
14
13
12
11
10
A
B
C
D
0%
1%
2%
3%
4%
5%
6%
7%
8%
10%
ÉGHETŐ ZÓNA
HIDROGÉN
KONCENTRÁCIÓ
AZ UTÁNÉGETŐ-
BEN (tf%)
OXIGÉN KONCENT-
RÁCIÓ AZ UTÁN-
ÉGETŐBEN (tf%)
10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22
ÖSSZES LEVEGŐ/TÜZELŐANYAG


UTÁNÉGETŐ INDÍTÁSA ELŐTTI
TELJES SZÉNHIDROGÉN KIBO-
CSÁTÁS
INSTABIL HIDEGINDÍTÁS
HIDROGÉNNEL
INDÍTÁS A FELHEVÜLT
SZÉNHIDROGÉNEKKEL
TERMIKUS
OXIDÁCIÓ
A
B
C
D
STABIL HIDEGINDÍTÁS
HIDROGÉNNEL
TÜZELŐANYAG/LEVEGŐ
A MOTORBA VEZETVE
DÚS
RENDKÍVÜL DÚS

3. ábra