

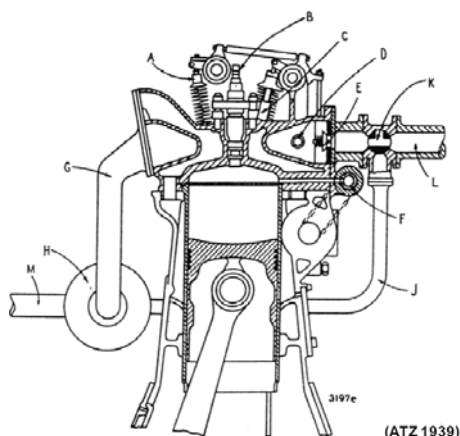
A hidrogén alkalmazása belső égésű motorok tüzelőanyagaként

1. rész

A hidrogén-belsőégésű motor folyamata a hagyományos belső égésű motorok folyamatán alapszik (legtöbbször az Otto-folyamat szerint), azonban a keverékképző rendszeren, az égésfolyamaton átalakítást végeznek a kizárólag hidrogénnel vagy a kettős üzemben való működtethetőség céljából, és így hidrogénnel vagy hidrogént tartalmazó gázokkal (hidrogén-földgáz), mint tüzelőanyagokkal képesek üzemelni.

Az a gondolat, hogy a hidrogént dugattyús motorok tüzelőanyagaként alkalmazzák, semmi esetre sem új. Már a XX. század '30-as éveiben kísérleteztek kutatók, részben meglehetősen nagy sikerrel, dugattyús motorok hidrogénüzemre való átépítésével, valamint hagyományosan üzemelő motor hatásfokának növelése érdekében hidrogén hozzákeverésével. Egy '30-as évekbeli Erren-féle hidrogénmotort mutat az 1. ábra.

Bár a hidrogénalapú hajtáskonceptiókra koncentrálnak a kutatói munkák túlnyomó része a tüzelőanyag-cellával történő áramtermelésre, és ezzel az árammal táplált elektromos hajtásokra koncentrálnak, ettől még a hidrogénnel üzemelő belső égésű motorokat is egy versenyképes, jó alternatívaként értékelik. A hidrogénmotorok alkalmazása lehetővé teszi az autóipar jelenlegi gyártóberendezéseinek, valamint a járműben megszokott alkalmazásoknak a használatát.



1. ábra

A hidrogén anyagtulajdonságainak összehasonlítása a hagyományos tüzelőanyagokéval

| Anyagjellemző | Mértékegység | Benzin (Super Plus) | Gázolaj | Metán | Hidrogén |
|--|--|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------|
| Sűrűség (folyékony) ¹⁾ | kg/m ³ | 750÷770 | 820÷845 | 423 | 70,8 |
| hőmérsékleten | °C | 15 | 15 | -162 | -253 |
| Sűrűség (gáz) ^{1) 2)} | kg/m ³ | - | - | 0,716 | 0,09 |
| Móltömeg | kg/kmol | ~ 98 | ~ 190 | 16,043 | 2,016 |
| Forráspont-, ill. tartomány ¹⁾ | °C | 30÷190 | 210÷355 | -161,5 | 252,8 |
| Sztöchiometrikus levegősükséglet | kg _{ox.} /kg _{üv.} Vol% | 14 - | 14,7 - | 17,2 9,5 | 34,2 29,5 |
| Alsó fűtőérték | MJ/kg | 41,4 | 42,9 | 50 | 150 |
| Energiasűrűség | folyadék ¹⁾ gáz | MJ/dm ³ - | 31,7 - | 35,8 - | 21 12,6 ⁶⁾ |
| Keverék-fűtőérték ^{1) 2) 4)} keverékbeszívás | MJ/dm ³ | 3,76 | - | 3,4 | 3,19 |
| Keverék-fűtőérték ^{1) 2) 4)} levegőbeszívás | MJ/dm ³ | 3,83 | 3,77 | 3,76 | 4,52 |
| Gyújtáshatárok ^{1) 3) 5)} | Térf. % λ-tartomány | 1÷7,6 1,4÷0,4 | 0,6÷5,5 1,35÷0,48 | 4,4÷15 2,28÷0,6 | 4÷76 10÷0,13 |
| Öngyulladás hőmérséklet ^{1) 5)} | °C | 230÷450 | 250 | 595 | 585 |
| Minimális gyújtásenergia ^{4) 5)} | mJ | 0,24 | 0,24 | 0,29 | 0,17 |
| Lamináris lángsebesség ^{1) 3) 4) 5)} | cm/s | ~ 40 | ~ 40 | ~ 42 | ~ 230 |
| ROZ | - | 100 | - | 130 | - |
| MZ | - | 88 | - | 100 | 0 |
| CZ | - | - | 52÷54 | - | - |
| Tömegarányok | | | | | |
| c | % | 85,6 | 86,1 | 74,9 | 0 |
| h | % | 12,2 | 13,9 | 25,1 | 100 |
| o | % | 2,2 | 0 | 0 | 0 |

¹⁾ 1,013 bar nyomáson ²⁾ 0 °C hőmérsékleten

³⁾ 25 °C hőmérsékleten ⁴⁾ λ = 1-nél

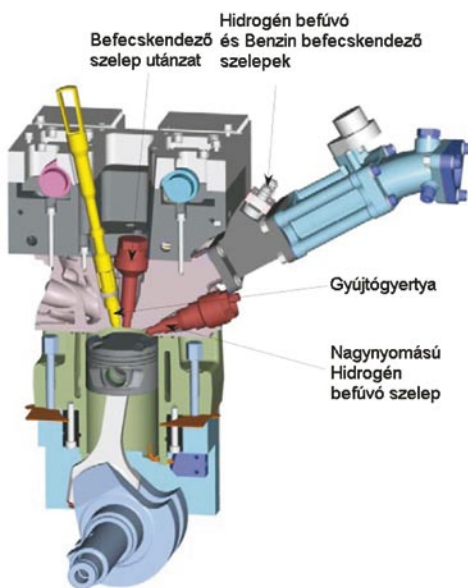
⁵⁾ levegőben ⁶⁾ 250 bar nyomáson és 280 K hőmérsékleten

1. táblázat

A hidrogén belső égésű motorban való használatának releváns anyagtulajdonságai

A hidrogén tulajdonságai alapvetően különböznek az eddig, a belső égésű motorok tüzelőanyagaként használt anyagok tulajdonságaitól. A benzinnel és a gázolajjal szemben a környezeti hőmérsékleten való gáz halmazállapot a legszembevetőbb, de semmi esetre sem a legfőbb különbség. Az 1. táblázatban a hidrogén belső égésű motorban való felhasználása szempontjából releváns tulajdonságait hasonlítottuk össze a hagyományos tüzelőanyagok és a metán tulajdonságaival. A tüzelőanyagoknak már az effajta összehasonlítása alapján a hidrogént, a hagyományos alkalmazáshoz szükséges különböző követelmények szempontjából, egy hidrogénspecifikus égésfolyamatra vonatkozóan világosan véleményezni lehet.

A hidrogén tömegre vonatkoztatott nagy energiatartalmával ($H_v=120 \text{ MJ/kg}$) ellentétben a hidrogén-levegő keverék térfogat-egységre vonatkoztatott fűtőértéke (MJ/m^3) nagyon alacsony. Valós üzemi körülmények között külső keverékképzés esetén a



2. ábra

| | | |
|--------------------------|---------------------|-----------------------|
| Keverékképzési eljárások | Külső keverékképzés | Folyamatos befűvás |
| | | Szekvenciális befűvás |
| | Belső keverékképzés | Korai befűvás |
| | | Késői befűvás |
| | | Égésvezérlés |
| Kombinált keverékképzés | | |

2. táblázat: keverékképzési koncepciók a hidrogénüzem során

hidrogén-levegő keverék térfogatra vonatkoztatott fűtőértéke jelentősen kisebb, mint a hagyományos tüzelőanyagokkal előállított keverék esetében.

A hidrogén széles gyújtáshatárai minőség-szabályozást tesznek lehetővé a motor teljes üzemi tartományában. A hagyományos tüzelőanyagokkal szembeni egyik jelentős különbség, hogy a hidrogén-levegő homogén keverék elméletileg $\lambda=10$ légviszony értékig hagyományos gyújtástechnika segítségével elégethető. Azonban a szükséges gyújtásenergia ugyanúgy, mint a hagyományos tüzelőanyagok esetében, a légviszony növelésével nő. Egy sztöchiometrikus hidrogén-levegő keverék gyújtásához szükséges gyújtóenergia kevesebb mint az 1/10-e a benzin-levegő keverék gyújtásához szükséges energiának. Ezzel szemben, a hidrogén öngyulladás hőmérséklete jelentősen nagyobb, mint a hagyományos tüzelőanyagoké. Ez előny lehet az Otto-folyamat szerint működő alkalmazásokban, a kopogás kialakulása szempontjából, de nagyobb sűrítési viszonyt és más intézkedéseket is követel a hőmérséklet növeléséhez, a dízel-folyamatú motorokban való alkalmazás során.

A nagy lamináris lángsebesség lehetővé teszi, hogy a hidrogénnel extrém rövid és kedvező hatásfokú égéstartam valósuljon meg. Még a szegény keverék tartományában is a lamináris égési sebesség jelentősen nagyobb, mint ami hagyományos tüzelőanyagokkal létrehozható.

Azonban a gyors égés és a nagymértékű nyomásemelkedés miatt a hajtómű nagyobb

| | |
|-----------------------------|---|
| Motortípus | Egy henger, 4 ütem, folyadék-hűtés, szikragyújtás |
| Furat / Löket | 84/90 mm |
| Lökettérfogat | 498,8 cm ³ |
| Kompresszióviszony | <= 13,5 (állítható) |
| Maximális fordulatszám | 7000 1/perc |
| Maximális hengernyomás | 150 bar |
| Szelepvezérlés | 4 szelep, DOHC |
| | Bordázottsíj-hajtás |
| | Hidraulikus szelepemelés |
| | Dupla-VANOS |
| Szívószelep nyitás/zárás | 34° FHP előtt/126° FHP előtt |
| Kipufogószelep nyitás/zárás | 106° AHP után/14° FHP után |
| Maximális szelepemelés | Szívó 9,7 mm |
| | Kipufogó 9,7 mm |
| Kenés | Száraztartályos |
| Hengerpersely | Nedves |
| Tömegkiegyenlítés | 1. rendben |

3. táblázat: a próbamotor jellemző adatai

mértékben van terhelve és gerjesztve, ami zajosabb égést eredményez.

A hidrogént szénhidrogén-mentessége teszi egyedülállóvá, mert elméletileg egy motorikus égést CO, CO₂ és CH keletkezése nélkül tesz lehetővé. Reális motorüzemben azonban az égéstérben jelen lévő kenőolaj miatt ugyan, de ezek a káros anyagok is jelen vannak a kipufogógázban, de csak nyomokban, és a szintjük kétségkívül a megfigyelhetőség közelében van. Hidrogénnel való üzemelés során releváns emissziós összetevőként csak a nitrogén-oxidokat kell figyelembe venni. Összességében a hidrogén fent leírt tulajdonságai miatt használható belső égésű motorok tüzelőanyagaként. (Folytatjuk.)

szabados György

Tudományos s. munkatárs

KTI Járműtechnikai, Környezetvédelmi és

Energetikai Tagozat

Szervizberendezés?

www.metker.hu