

Égésszimulációs vizsgálatok hulladékalapú tüzelőanyagok alkalmazásánál

Combustion simulation investigations using waste-based fuels

KONDOR István Péter¹, DR. ZÖLDY Máté²

¹Neumann János Egyetem GAMF Kar Járműtechnológia Tanszék, H-6000 Kecskemét Izsáki út 10. Magyarország, kondor.peter@gamf.uni-neumann.hu 06-76-516-489

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, H-1521 Budapest, P.O.B. 9 Magyarország, mate.zoldy@auto.bme.hu

Összefoglalás

A környezetvédelem megköveteli a közlekedésiparban keletkezett gumiabroncsok egyre nagyobb mértékű újrahasznosítását. A gumihulladékok pirolizációs eljárással történő újrahasznosításával keletkezett tüzelőanyag kémiai és fizikai tulajdonságai eltérnek a kereskedelmi forgalomban kapható tüzelőanyagoktól, ezért ebben a cikkben a különböző térfogatszázalékban kevert gázolaj-pirolizáltolaj keverékek befecskendezési tulajdonságokra gyakorolt hatásának vizsgálata történik szimulációs környezetben.

Kulcsszavak: pirolizált olaj, gumihulladék, befecskendezés, szimuláció, injektor

Abstract

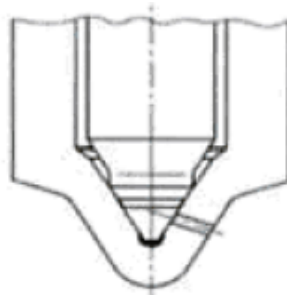
Environmental protection requires increased recycling of tires from the transport sector. The chemical and physical properties of the fuel resulting from the reprocessing of rubber waste by pyrolysis are different from commercially available fuels, so this article examines the effect of different volumes of diesel oil – tire pyrolysis oil blends on injection properties in a simulation environment.

1. BEVEZETÉS

A vizsgálat célja numerikus szimulációval meghatározni a befecskendező fűvókában lezajló folyamatokat pirolizált olaj alkalmazásánál. A vizsgálatot először gázolajjal kell elvégezni majd különböző térfogatszázalékban kevert gázolaj – pirolizált olaj keverékekkel, hogy a kapott eredmények összehasonlíthatóak legyenek. A befecskendező fűvókákban a Rail nyomás a furatokon keresztül áramló tüzelőanyagot kisméretű cseppekre bontja, amely folyamat örvényléssel kavitációval járhat együtt. Ez a folyamat nagymértékben befolyásolja az égés minőségét, valamint a károsanyag kibocsátás mértékét.

2. VIZSGÁLT FŰVÓKA GEOMETRIAI KIALAKÍTÁSA

A vizsgálathoz a napjainkban használatos VCO fűvókátér kialakítással rendelkező injektor került kiválasztásra. (1. ábra) A VCO fűvókátér előnye, hogy a fűvókátér alatt lévő zsákfuratban maradó tüzelőanyag nem kerül befecskendezésre, így nem növeli a tökéletlen égésből származó károsanyag kibocsátást. [1]



1. ábra VCO kialakítás

3. TÜZELŐANYAG TULAJDONSÁGOK

A gázolaj esetében nem történt elemzés, mivel a legtöbb szakirodalom és a szimulációs szoftver is rendelkezik a gázolaj paramétereivel. Az irodalomkutatás [2] alapján meghatározott adatok az 1. táblázatban találhatóak.

Tüzelőanyag tulajdonságok

1. táblázat

Tüzelőanyag	Gázolaj	Pirolízis olaj
Sűrűség [kg/m ³]	830	920
Víztartalom [mg/kg]	30	118
Sztöchiometrikus arány	14.7	13.8
Sztöchiometrikus keverék energia tartalma [MJ/kg]	2.74	2.89
Aromás tartalom [% m/m]	26	39.3
Kinematikus viszkozitás [mm ² /s]	2.54	3.22
Dinamikus viszkozitás [Ns/m ²]	0.00214	0.00296
C-tartalom [% m/m]	87	84
H-tartalom [% m/m]	13	10
N-tartalom [% m/m]	-	0.6
S-tartalom [% m/m]	0.001	0.96
O-tartalom [% m/m]	-	2
Cetán-index	53.2	28.6
Hidegszűrhetőség [°C]	0	20

Az összehasonlíthatóság miatt a két tüzelőanyag tulajdonságai egymás mellett kerültek felsorolásra. Jól látható, hogy a legtöbb érték közelít egymáshoz. Látható, hogy a pirolízis olaj víztartalma magasabb a gázolajéhoz képest, illetve aromás tartalma is magasabb, ezek a tényezők növelik az emissziós értékeket. A másik két nagy eltérés, hogy a pirolízis olaj magas kén-tartalommal rendelkezik, ez szintén az emissziós értékeket rontja a gázolajhoz képest. A kén-tartalom csökkentésére léteznek eljárások, de a szakirodalomban nem történt kénmentesítés. [3] A Cetán-index alacsonyabb a pirolízis olaj esetén, amely alacsonyabb szén-hidrogén jelenlétet jelent, a tesztek során ez csökkentette a szén- hidrogén emissziós értékét. Felhasználásból eredő problémákat okozhatna a hidegszűrhetőség dermedéspontja, hiszen az 20° C körül alakul, de itt nagy valószínűséggel az adalékolás hiánya a probléma okozója. [4]

4. A SZIMULÁCIÓS FOLYAMAT FELÉPÍTÉSE

A modell alapját egy Bosch CRIN1 injektor képezi, az injektor egyik jellemzője, hogy nyolc fűvókával rendelkezik, ezért is elegendő egy 45°-os szelet a tüzelőanyag áramlási útvonalát képző testmodell. A fűvókarész kialakítását a szakirodalom [5] modellalapja jelentette. A háló három részre osztva készült el, külön az injektortest, külön a fűvóka, valamint egy kiáramlási térfogatra is szükség volt, ez már a programon belül történt létrehozásra. Az injektortest hálózása mind a három esetben megegyezik, csak a fűvókák változtak. A háló létrehozás manuális módon történt, az AVL Fire 910-es példáját követve [10]. A harmadik hálót egy kiáramlási térfogat jelentette, erre azért volt szükség, hogy a fűvókákból kiáramló tüzelőanyag sugárkép vizsgálatra is lehetővé váljon. [6]

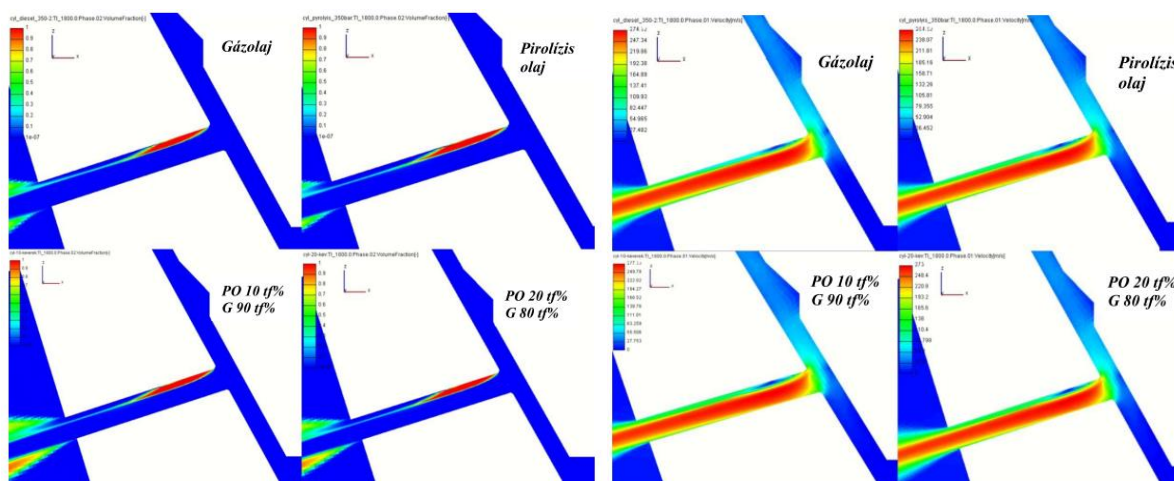
5. KEZDETI ÉS PEREMFELTÉTELEK

A kezdeti feltételekkel a szimuláció indításakor lévő kezdeti feltételek megadása történt. A szimuláció többfázisú folyamatként lett definiálva, három fázissal. Az első fázis a gázolaj folyadékfázis vagy pirolízis olaj folyadékfázis, a második fázis gázolaj gőz vagy pirolízis olaj gőz, a harmadik fázis mindkét esetben levegő-gáz fázis volt. [5]

A peremfeltételek meghatározzák a modell fizikai határait és az azokban jelen levő alapparamétereket. A peremfeltételek négy esetben kerültek meghatározásra, négy kijelölt felület esetében, amelyek korábban felsorolásra kerültek. [9] A szimuláció 350 és 1000 bar Rail nyomással volt tervezve futtatva, a kiáramlási keresztmetszet peremfeltétel 1 bar nyomás. A Fázis 1 a folyadékfázis, a Fázis 2 a gőzfázis, a Fázis 3 pedig a levegő gázfázisát jelenti. [7]

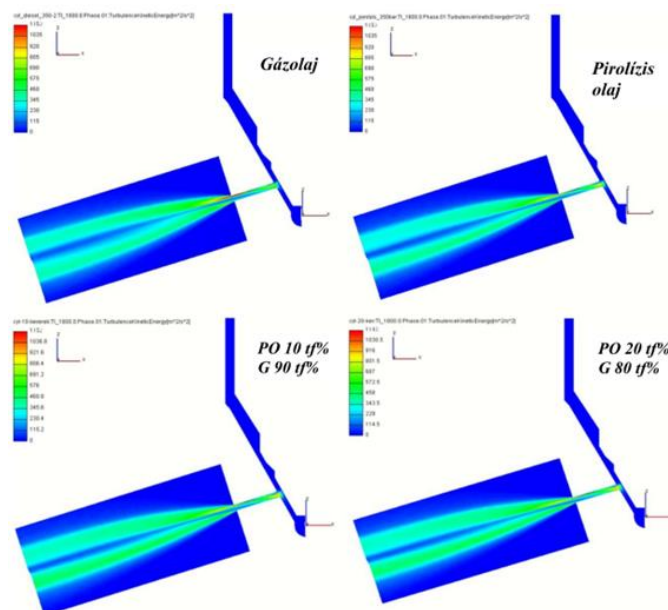
6. SZIMULÁCIÓS EREDMÉNYEK KÜLÖNBÖZŐ TÉRFOGATSZÁZALÉKÚ GÁZOLAJ – PIROLÍZIS OLAJ KEVERÉKEKKEL

A szimulációk tisztán gázolaj és tisztán pirolízis olajjal is el lettek végezve, hogy megfelelő összehasonlításokat lehessen végezni. A keverés mértékét a gázolaj bio-tartalmának százalékos értékeiből kiindulva lett kialakítva. [8]



2. ábra Tüzelőanyag gőzfázis és folyadékfázis sebességek alakulása

A keverés mértékét a gázolaj bio-tartalmának százalékos értékeiből kiindulva lett kialakítva. [8] A jelenlegi helyzetben Magyarországon az előírások szerint a B7 és B10 jelű gázolajok vannak kereskedelmi forgalomban a közúti gépjárművek számára. A B7 jelű gázolaj legfeljebb 7 tf% bio-tartalommal rendelkezhet, míg a B10 jelű legfeljebb 10 tf% bio-tartalommal rendelkezhet. Ezek alapján egy 90 tf% gázolaj és 10 tf% pirolízis olaj tartalmú keverékű tüzelőanyag kialakítása került sorra, illetve egy 20 tf% tartalmú pirolízis olajos koncentrátum is. A tüzelőanyag gőzfázis és a folyadékfázis sebesség alakulását a 2. ábra szemlélteti. [6][8] Érdekes eredményt mutat a kinetikus energia alakulása a hengeres fúvóka sugárképeiben. A sugár asszimmetrikus, de a pirolízis olajos koncentrátumok esetében magasabb TKE alakul ki a sugár alsó felében, mint a tiszta pirolízis olajnál. [9] A magasabb érték pedig jelzi, hogy a sugárban nagyobb nyírőerők jönnek létre a tüzelőanyag és levegő keveredésénél, a cseppbomlás jó értéket diktál, amely az égés és az emisszió szempontjából feltétlenül fontos. [7] A nagyobb gázolaj térfogatszázalék alapján nem meglepő az eredmények alakulása, elsősorban a 10 tf% pirolízis olaj keverék mutat magasabb energiaszintet. [10] A kinetikus energia alakulását a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra A kinetikus energia alakulása hengeres fűvóka esetén

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálatokkal világosabb kép alakult ki, hogy hogyan viselkedik a pirolízis olaj a Common Rail injektorokban, azoknak különféle fűvókátípusaiban. A vizsgálattal csak fűvókában történő viselkedésére lehetett fényt deríteni, a legtöbb paramétere ebbe a vizsgálatípusba nem került bele, mert döntően nem befolyásolta volna. Egy emissziós vizsgálatnál már a többi tulajdonság is erősen befolyásolja az eredményeket. A hengeres fűvóka teszthei során bebizonyosult, hogy a fűvókában kialakuló kavitáció mértéke, pirolízis olaj hozzáadásával, illetve tiszta pirolízis olajos tesztek során, erősen növekedett. A stabil tüzelőanyagfáklya nem jött létre, asszimmetrikus alakot öltött fel.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] KONRAD REIF: Diesel-Speichereinspritzsystem Common Rail. 2004.
- [2] URBAN ŽVAR BAŠKOVIČ, TINE SELJAK, TOMAŽ KATRAŠNIK: Feasibility analysis of 100% tire pyrolysis oil in a common rail Diesel engine. 2017 <https://www.researchgate.net/publication/313333181>
- [3] AVL FIRE Application Example: Injection Nozzle: Diesel Injector. Edition 02/2013, 2013.
- [4] PUNEET VERMA: Diesel engine performance and emissions with fuels derived from waste tyres. 2018. <https://www.researchgate.net/publication/322961642> Diesel engine performance and emissions with fuels derived from waste tyres
- [5] VASS SÁNDOR, NÉMETH HUBA: Diesel porlasztó fűvókák geometriai kialakításának hatása az áramlásra. Összehasonlítás numerikus szimulációk segítségével. Gép c. folyóirat 68. évfolyam 2. szám 22-33 oldal, 2017.
- [6] MACIAN V., BERMÚDEZ V., PAYRI R., GIMENO J.: New technique for determination of internal geometry of a Diesel nozzle with the use of silicone methodology. Experimental Techniques, Volume 27, Issue 2, 39–43, March 2003.
- [7] VASS S., NÉMETH H.: CFD modelling of a Common Rail injector nozzle, flow and spray characteristics, validation using high speed CCD camera. VSDIA 2014, 2014.
- [8] ADAM TOROK, ARPAD TOROK, FLORIAN HEINITZ, Usage of production functions in the comparative analysis of transport related fuel consumption. 2014.
- [9] I BARABÁS, IA Todoruț - Biodiesel-quality, Standards and Properties 2011.
- [10] CRISTOPH M. ARNDT, ADAM M. STEINBERG, Jan Böhnke, Redjem Hadel, Wolfgang Meier German Aerospace Center (DLR), Institute of Combustion Technology, Stuttgart, Germany, University of Toronto, Institute for Aerospace Studies, Toronto Canada „High Speed Imaging of Flame Structure and Dynamic Processes in Swirl Stabilized Prevaporized Liquid Fuel Flames” 2018.