

JÓL TÁROLHATÓ ALTERNATÍV GÁZOK MINŐSÉGI PARAMÉTEREINEK MEGHATÁROZÁSA

DETERMINATION OF QUALITY PARAMETERS OF STORAGEABLE ALTERNATIVE GASES

Baibhaw Kumar *, Dr. Voith Katalin **, Nagy Gábor***, Ferenczi Tibor****,
Krámer Gyula*****, Dr. Szamosi Zoltán*****

ABSTRACT

The aim of this research to determine how the different parameters influence the quality of the final product of alternative gases. The meaning of the alternative gases is a gas which released during heat treatment in inert atmosphere. We present a method which different kind of wooden species are heat treated to different heat treatment time but in a given temperature which was 320°C. The influence of the moisture content in the basic material also was examined and concluded.

1. BEVEZETÉS

Az alternatív gázok azok, amelyek helyettesítik vagy helyettesíthetik a hagyományos fosszilis tüzelőanyagokat, például földgázt vagy egyes benzinszármazékokat is. Ezek a gyakran megújuló forrásokból származó vagy innovatív technológiákkal szintetizált gázok, célja a környezeti problémák kezelése és a véges erőforrásoktól való függés csökkentése. Ilyenek például a szerves anyagokból előállított bioüzemanyagok, a vízből vagy földgázból kivont hidrogén, valamint a szén-dioxid-leválasztáshoz és -hasznosításhoz hasonló folyamatok során előállított szintetikus üzemanyagok. Az alternatív gázok fejlesztése és hasznosítása döntő szerepet játszik az éghajlatváltozás mérséklésében azáltal, hogy tisztább és fenntarthatóbb energiaforrásokat kínál különféle alkalmazásokhoz, beleértve a szállítást és az ipari folyamatokban történő felhasználásukat.

Amennyiben fát vagy más biomasszát alacsony oxigéntartalmú környezetben hőkezelik, akkor gázok, például szén-monoxid, hidrogén és metán szabadul fel. A fagáz megújuló és szén-dioxid-mentes energiaforrásként hasznosítható, alkalmas motorok, generátorok meghajtására, sőt fűtési célra is. Ez az alternatív üzemanyag azért tekinthető környezetbarátnak, mert az égés során felszabaduló szén-dioxid a természetes szén-ciklus része, mivel a fák növekedésük során magukba zárják a szén-dioxidot. A fagáz fenntartható megoldást jelent,

hozzájárul az energiaforrások diverzifikációjához és csökkenti a hagyományos fosszilis tüzelőanyagoktól való függést.

2. A TECHNOLÓGIA BEMUTATÁSA

A fagáztechnológia az elgázosításnak nevezett folyamat, amely a fát vagy más biomasszát éghető gázkeverékké alakítja. A következőkben bemutatjuk a gázokat milyen módon tudjuk előállítani a hagyományos gázosítási technológiában.

1. Az alapanyag elkészítése:

A fát vagy például faaprítékot, pelletet vagy akár mezőgazdasági melléktermékeket egy erre célra tervezett épített reaktorba rakunk be.

2. A reaktor

A folyamat alacsony oxigén- vagy oxigénhiányos környezetben zajlik, hogy megakadályozza a teljes égést és ösztönözze az éghető gázok képződését.

3. Kémiai reakciók

Ahogy a biomasszát felmelegítjük, hőbomláson vagy pirolízisen megy keresztül. A szerves anyagok különböző komponensekre bomlanak, köztük biokarbonra (karbonban, szénben gazdag szilárd anyag), bioolajra (folyékony keverék) és szintézisgázra (gázok keveréke, beleértve a szén-monoxidot és a hidrogént is).

A három fő terméket – biokarbon, bioolaj és szintézisgáz – a reaktorból gyűjtjük össze. E termékek minőségi összetétele olyan tényezőktől függ, mint a biomassa fajtája, a reakció hőmérséklete és a reaktorban való tartózkodási idő.

A biokarbon, a szilárd maradék talajjavítóként használható a talaj termékenységének és szénmegkötésének javítására. Ismert még a talaj szerkezetének, tápanyag-megtartó képességének és vízmegtartó képességének javításáról is. A bioolaj, a folyékony frakció tovább feldolgozható és finomítható bioüzemanyagként, akár bio-jet, repülőgép hajtóanyagként vagy különféle vegyipari folyamatok alapanyagaként hasznosítható.

Az alacsony hőmérsékletű pirolízis során keletkező gáz felhasználható tüzelőanyagként energiatermelési folyamatokhoz, azaz hő- és villamosenergia-

* kutatási főmunkatárs, Miskolci Egyetem, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

** tanársegéd, Miskolci Egyetem, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

*** tanszéki mérnök, Miskolci Egyetem Energia, és Minőségügyi Intézet

**** mérnök tanár, Miskolci Egyetem, Fémelőállítási és Öntészeti Intézet

***** tanszéki mérnök, Miskolci Egyetem, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

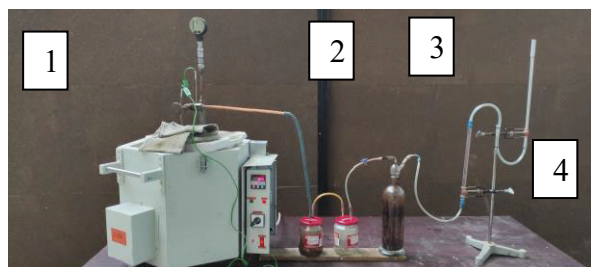
***** egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

termeléshez. Hasonló a minőségi összetétele a gázosítás során keletkező szintézisgázhoz, de a pirolízis körülményeitől függően eltérő összetételű lehet.

Az alacsony hőmérsékletű pirolízis gazdasági szempontból jelentős, mert képes különféle értékes termékeket előállítani biomasszából, miközben az üzemeltetés nem az elgázosítással járó magas hőmérsékleten történik. Ez az eljárás kiválóan alkalmazható az energiatermelésben, vegyipari termelésben a hulladékfeldolgozásban és a fenntartható mezőgazdaságban is.

3. KÍSÉRLETI MÓDSZEREK

A kísérleteinket egy 4 literes belső térfogatú szakaszos üzemű reaktorban folytattuk le. Az 1. ábrán látható elrendezést használtuk. A fotón az 1. a reaktort, a 2. és a 3. a gáztisztítót, ahol a bio-olaj kiválik, a 4. pedig a gázfáklyát mutatja.



1. ábra: A kísérleti berendezés

A berendezésbe helyezett 200 g faaprítékot, mely jelen esetben bükkfából készült, első lépésben egy Shimadzu gyorsnedvességmérő műszerrel, nedvességtartalom mérésnek vetettük alá. A faapríték az EN 14961 szabványnak megfelelő apríték volt. A vizsgálatainkkor különböző nedvességtartalmú, rendre 5, 10, 15 és 20 m/m% nedvességtartalmú faaprítékot vizsgáltunk meg, a gáz minőségi összetétele szempontjából. Azt akartuk megvizsgálni, hogy van-e bármilyen szerepe a kezdeti nedvességtartalomnak a végtermék minőségére.

A gázelemzést CO_x és PPU modulokat tartalmazó Agilent 490 MicroGC-vel történt a gázelemző készülékkel végeztük el, a hőkezelés során többszöri mintavételezéssel.

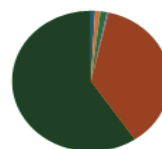
4. EREDMÉNYEK BEMUTATÁSA

A faaprítékra alkalmazott eljárás célja a biomassza hidrofíll jellegének csökkentése, egyensúlyi nedvességtartalmának csökkentése és az aprítási, őrlési jellemzőinek javítása, amelyek a későbbi feldolgozási-átalakítási folyamatok alapvető paraméterei lesznek. A biomassza nedvességtartalmának a kezelést megelőző napokban bekövetkezett növekedése a folyamat során a nedvesség elpárolgásának magasabb energiaigényéhez vezethet, ami jelentősen befolyásolja a végtermék

további felhasználásának hatékonyságát és végső minőségét.

Az 2.-5. ábrán látható diagramok az egyes nedvességtartalmakhoz tartozó gáz összetételét ismertetjük. A gáz összetétele a nedvességtartalom növekedésével változik. Az elemzésből kiderült, hogy a metán tartalom a nedvességtartalommal együtt növekszik.

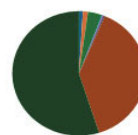
Az 5 m/m% nedvességtartalmú alapanyag



■ H₂ ■ O₂ ■ CH₄ ■ C₂H₄ ■ C₂H₆
■ C₂H₂ ■ C₃H₈ ■ CO ■ CO₂

2. ábra: Az 5% nedvességtartalmú gáz összetétele

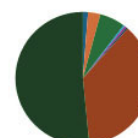
A 10 m/m% nedvességtartalmú alapanyag



■ H₂ ■ O₂ ■ CH₄ ■ C₂H₄ ■ C₂H₆
■ C₂H₂ ■ C₃H₈ ■ CO ■ CO₂

3. ábra: A 10% nedvességtartalmú gáz összetétele

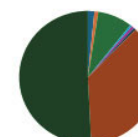
A 15 m/m% nedvességtartalmú alapanyag



■ H₂ ■ O₂ ■ CH₄ ■ C₂H₄ ■ C₂H₆
■ C₂H₂ ■ C₃H₈ ■ CO ■ CO₂

4. ábra: A 15% nedvességtartalmú gáz összetétele

A 20 m/m% nedvességtartalmú alapanyag



■ H₂ ■ O₂ ■ CH₄ ■ C₂H₄ ■ C₂H₆
■ C₂H₂ ■ C₃H₈ ■ CO ■ CO₂

5. ábra: A 20% nedvességtartalmú gáz összetétele

Az alacsony hőmérsékletű pirolízisnél az alapanyag nedvességtartalma jelentősen befolyásolja a végtermékek minőségét. A nedvesség jelenléte számos módon befolyásolja a pirolízis folyamatát:

Az alapanyagban lévő nedvesség elpárolgatatása a pirolízis kezdeti szakaszában több hőt igényel. Ez

nagyobb energiabevitelhez és lassabb hőmérséklet-emelkedéshez vezethet, ami befolyásolja a pirolízis folyamat általános hatékonyságát.

A nyersanyagból származó víz elpárologtatásához szükséges energia elveszi a tényleges pirolízis reakciókhoz szükséges hőenergiát. Ez többlet energiafogyasztást és potenciálisan nagyobb üzemeltetési költségeket eredményez.

A nedvesség jelenléte befolyásolja a lezajló reakciókat a pirolízis során. A vízgőz részt vesz a reakciókban, ami potenciálisan nem kívánatos melléktermékek képződéséhez vezethet, vagy befolyásolhatja a végtermékek eloszlását. Ennek vizsgálata a következőkben elengedhetetlen lesz számunkra.

A nagy nedvességtartalom befolyásolja az előállított bioszén tulajdonságait. A túl sok nedvesség részbeni elszénesedéshez és gyengébb minőségű bioszénhez vezet, ami befolyásolja a talajjavításban vagy a szén- és vízmegkötésben való lehetséges alkalmazásait.

A nedvességtartalom befolyásolja a pirolízis során keletkező bioolaj összetételét. Nagyobb nedvesség esetén víz jelenik meg a bioolajban, ami befolyásolja annak stabilitását és minőségét.

Az alacsony hőmérsékletű pirolízis optimalizálása és a végtermék minőségének javítása érdekében döntő fontosságú az alapanyag nedvességtartalmának figyelembevétele. Előkezelési módszerek, például szárítás vagy előszárított alapanyag használata alkalmazandó a nedvességtartalom csökkentésére és a pirolízis folyamat hatékonyságának és minőségének javítására. Ezenkívül a nedvesség-hőmérséklet kölcsönhatások megértése alapvető fontosságú a hatékony alacsony hőmérsékletű pirolízis rendszerek tervezéséhez a különböző alapanyagokhoz és különböző alkalmazásokhoz.

Az eddigi mérési eredményeinkből az alábbi következtetéseket levonhattuk. A gázösszetétel ismeretében a gázkeverékek fűtőértékét számítani tudjuk az alábbi számítási módszerrel.

$$H_{keverék} = \sum_i^n C_i \cdot H_i \quad (1)$$

Az (1) összefüggésben a gázkeverék fűtőértékét ($H_{keverék}$) az egyes komponensek V/V%-os összetételének (C_i) az egyes komponens fűtőértékének (H_i) összegzése után kapjuk meg.

Az egyes komponensek összetételét (C_i) az 1. táblázatból nyerjük, mely komponensek összetételét az Agilent 490 MicroGC-vel történt gázelemzővel végeztük el. A gázmintát egy szűrőn keresztül vettük, melyet ezután azonnal, hogy a kondenzációt elkerüljük szállítottunk a gázelemző készülékbe.

A méréseink alapján megállapítást nyert, hogy a nedvességtartalom növekedésével a metántartalom nő, ezáltal a fűtőérték is növekedni fog.

Megjegyzendő, hogy a gázmennyiség abszolút értékét nem tudtuk pontosan megmérni, így nem tudni, hogy mekkora mennyiség képződik. Az optimum

kereséséhez a következő mérési sorozatokban nagy hangsúlyt fogunk fektetni a gázok mennyiségének mérésére.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Ezt az eljárást azért tartjuk előnyösnek, mert képes a különféle alapanyagokat értékes termékekké alakítani anélkül, hogy a magas hőmérsékleten üzemeltetnénk egy-egy technológiát, ami nagy energiafelhasználást és fokozott biztonságtechnikai követelményeket eredményezne. Az alacsony hőmérsékletű pirolízis érdekes lehet a hulladékgazdálkodásban, a bioenergia-termelésben és a hagyományos fosszilis tüzelőanyagok fenntartható alternatíváinak létrehozásában rejlő lehetőségek miatt. Számos esetben és különféle iparágak esetén vizsgálják és optimalizálják ezt a módszert, hogy növelni tudjuk a hatékonyságát és szélesíteni tudjuk az alkalmazásait a fenntarthatóbb és környezetbarátabb megoldások keresésére.

A következőkben a feladatunk a gázmennyiség pontos mérése lesz, valamint a többi komponens összetétel szerinti vizsgálata.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] A. Uslu, A. Faaij, P.C.A. Bergman, Pre-treatment technologies, and their effect on international bioenergy supply chain logistics. Techno-economic evaluation of torrefaction, fast pyrolysis and pelletisation, *Energy*. 33 (2008) 1206–1223
- [2] Z. Liu, G. Han, Production of solid fuel biochar from waste biomass by low temperature pyrolysis, *Fuel*. 158 (2015) 159–165. doi:10.1016/j.fuel.2015.05.032.
- [3] M.J. Prins, Thermodynamic analysis of biomass gasification and torrefaction, Technische Universiteit Eindhoven, 2005.
- [4] P. Basu, Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction, Elsevier, Oxford, 2010.
- [5] Yachang Wu, Mingxin Xu, Jie Yang, Jinyi Di, Xiangxi Meng, Haiwen Ji, Li Zhao, Qiang Lu, Low-temperature degradation of waste epoxy resin polymer improved by swelling-assisted pyrolysis, *Chemical Engineering Journal*, Volume 482, 2024,
- [6] Chong Zou, Nan Yu, Cheng Ma, Bin Li, Shiwei Liu, Effects of pyrolysis temperature and atmosphere on grinding properties of semicoke prepared from Shenmu low-rank coal, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 173, 2023,

Mérések	H ₂	O ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₂	C ₃ H ₈	CO	CO ₂	Fűtőérték MJ/m ³
	V/V%									
MC-5	0,78	0,998	1,28	0,07	0,12	0,00	0,11	33,99	54,41	4,89
MC-5	0,79	1,01	1,19	0,07	0,12	0,00	0,11	33,93	54,69	
MC-5	0,78	0,988	1,18	0,08	0,12	0,00	0,15	33,76	54,53	
Átlag	0,78	1,01	1,22	0,07	0,12	0,00	0,12	33,89	54,54	
MC-10	0,89	1,12	3,14	0,18	0,26	0,00	0,23	35,33	49,80	6,07
MC-10	0,89	1,13	3,08	0,18	0,26	0,00	0,23	35,37	50,25	
MC-10	0,89	1,13	3,15	0,19	0,26	0,00	0,23	35,11	49,91	
Átlag	0,89	1,13	3,12	0,18	0,26	0,00	0,23	35,27	49,99	
MC-15	1,05	2,54	5,21	0,31	0,42	0,00	0,35	31,62	44,25	6,77
MC-15	1,05	2,51	5,26	0,30	0,42	0,00	0,36	31,49	43,97	
MC-15	1,05	2,55	5,22	0,29	0,42	0,00	0,35	31,74	43,98	
Átlag	1,05	2,53	5,23	0,30	0,42	0,00	0,35	31,61	44,07	
MC-20	1,42	0,85	7,57	0,40	0,60	0,00	0,49	34,28	47,01	8,32
MC-20	1,42	0,85	7,48	0,41	0,60	0,00	0,51	34,14	46,91	
MC-20	1,41	0,86	7,40	0,42	0,60	0,00	0,49	33,91	46,42	
Átlag	1,42	0,85	7,48	0,41	0,60	0,00	0,50	34,11	46,78	

1. táblázat: Az egyes mérések eredményei, MC-5, MC-10, MC-15, MC-20 rendre 5, 10, 15, 20 m/m% nedvességtartalom