

30. Setkání kateder mechaniky tekutin a termomechaniky



22.-24.6. 2011

Špindlerův Mlýn

Jednotlivý příspěvek ze sborníku



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Zloženie sušiny vybraných tuhých biopalív

Ivan VITÁZEK¹, Božena VITÁZKOVÁ²

¹ doc.Ing. Ivan Vitázek, CSc., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, ivan.vitazek@uniag.sk

² Ing. Božena Vitázková, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, bozena.vitazkova@uniag.sk

Abstrakt: *Pre plnohodnotné využitie tuhých biopalív je potrebné poznať ich fyzikálne a chemické vlastnosti. Pomocou gravimetrickej metódy autori analyzujú obsah popola a horľavín v sušine vybraných biopalív. Peletky napr. zo slamy obilnín obsahujú výrazne vyšší obsah popola ako drevné peletky, s čím sa musí uvažovať pri konštrukcii kotla a pri jeho prevádzke. Pomocou získaných grafických priebehov je možné posúdiť množstvo prchavej a neprchavej horľaviny a rýchlosť jej uvoľňovania. Získané výsledky umožňujú názorne charakterizovať skúmané palivá.*

1. Úvod

Pre vykurovanie a ohrev sušiaceho prostredia sa začína využívať čoraz častejšie biomasa ako náhrada za zemný plyn. Využívanie tuhých biopalív v týchto procesoch zvyšuje konkurencieschopnosť poľnohospodárstva. Rovnako pri neustále sa zvyšujúcich cenách energií začína postupne stále viac obyvateľov i obcí využívať vykurovanie biomasou ako alternatívu zemného plynu. *Biopalivo* je palivo z biomasy. Pod pojmom *biomasa* rozumieme všetku organickú hmotu, ktorá vznikla pomocou fotosyntézy, alebo hmotu živočíšneho pôvodu. Biopalivá môžeme rozdeliť na pevné, kvapalné a plynné. Kvalita paliva ako zdroja energie závisí od akosti horľaviny a od obsahu balastu – vlhkosti a popola. Tieto parametre ovplyvňujú konštrukciu vlastného spaľovacieho zariadenia, ako aj prípravu a dopravu biomasy do ohniska. V príspevku je riešená problematika obsahu horľavín a popola v sušine vybraných tuhých biopalív pomocou gravimetrickej metódy.

2. Materiál a metódy

Zostatok po odstránení vlhkosti z tuhých biopalív, t.j. sušina, pozostáva z popola a z horľaviny. Obsah horľaviny, ktorú môžeme rozdeliť na prchavú a tuhú, ale ešte nekonkretizuje jeho energetický obsah, pretože každé palivo má iné chemické zloženie a tým

aj iné spalné teplo. Obsah popola určí zasa jeho produkciu po vyhorení paliva.

Na merania obsahu popola a horľavín bola použitá gravimetrická metóda. Za týmto účelom sme použili pec Nabertherm L9/11/SW/P330 (obr.1). Táto gravimetrická pec má príkon výhrevného telesa 3,0 kW, vybavená je programovateľnou riadiacou jednotkou P330, ktorá umožňuje programovať zvolené priebehy ohrevu a výdrže aj pomocou počítača. Ohrev skúmaných vzoriek je možný až na teplotu 1100 °C. Pre meranie a záznam priebehu hmotnosti počas experimentu slúži digitálna váha Kern EW 1500.



Obrázok 1: Gravimetrická pec Nabertherm

Celé zariadenie prepojené s PC umožňuje zaznamenávať priebehy teploty a hmotnosti vo zvolených časových intervaloch. Takto riešené

zariadenie dovoľuje následne vypočítať podiel vlhkosti, horľaviny a popola v sledovaných tuhých biopalivách.

Vlhkosť sa určuje podľa technickej normy STN EN 14774-2. Vzorka sa ohreje na $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a suší sa až do času, kedy rozdiel hmotnosti vzorky medzi dvoma po sebe nasledujúcimi meraniami vykonanými s odstupom 60 minút neprekračuje 0,2 % celkovej straty hmotnosti vzorky zistenej pri predchádzajúcom vážení. V príspevku sú uvedené pre analyzovaný materiál aj hodnoty vlhkosti.

Pre stanovenie obsahu prchavých látok platí norma STN EN 15148. Pre stanovenie obsahu popola je platná norma STN EN 14775 a STN ISO 1171. Skúmanú vzorku sme žihali pri teplote $815\text{ }^{\circ}\text{C}$ počas doby 60 min.

Skúmanú vzorku analyzovaného tuhého biopaliva v keramickej miske vložíme do gravimetrickej pece. Pomocou počítača naprogramujeme požadované teploty a časy ich pôsobenia, konkrétne hodnoty sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1: Parametre pre gravimetrické merania

Časový úsek	Čas pôsobenia min	Teplota $^{\circ}\text{C}$
1	60	$20 \div 105$
2	120	105
3	60	$105 \div 500$
4	60	500
5	60	$500 \div 815$
6	60	815

Podiely jednotlivých zložiek vo vzorkách skúmaných palív vypočítame podľa nasledovných vzťahov:

- podiel vlhkosti:

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \quad (1)$$

- podiel popola v sušine:

$$p_{ps} = \frac{m_3}{m_2} \quad (2)$$

- podiel horľaviny v sušine:

$$p_{hs} = \frac{m_4}{m_2} \quad (3)$$

kde: m_1 – pôvodná hmotnosť vzorky, g,

m_2 – hmotnosť sušiny, g,

m_3 – hmotnosť popola, g,

m_4 – hmotnosť horľaviny, g

3. Dosiahnuté výsledky

Popol je pevný zvyšok, ktorý vznikne po dokončení laboratórnom spálení paliva. Tvorený je minerálnymi látkami, ktoré sa nachádzajú v palive. Horľavinu tvorí tá časť paliva, ktorej oxidáciou sa uvoľňuje teplo (tzv. aktívne látky horľaviny) a časť, ktorá nedodáva teplo (tzv. pasívne látky), ale je viazaná na organickú hmotu.

Spracované výsledky gravimetrických meraní sú uvedené v tabuľke 3. Podiely vlhkosti, popola a horľavín sú vypočítané podľa vzťahov 1 až 5. Hodnoty sú uvedené v percentách.

Tabuľka 2: Výsledky gravimetrických meraní

Parameter	Biopalivo					
	1	2	3	4	5	6
w	9,025	6,919	9,255	8,548	6,992	8,543
p_{ps}	1,03	6,06	11,72	4,40	2,07	1,58
p_{hs}	98,97	93,84	88,28	95,60	97,93	98,42

Legenda:

1 – peletky mäkké drevo;

2 – peletky pšeničná slama;

3 – peletky plevy obilné, repka, slnečnica;

4 – peletky odzrnené kukuričné vretená;

5 – zrno jačmeňa;

6 – zrno pšenice

Vykurovanie biomasou sa stále viac využíva ako alternatíva zemného plynu. Tejto situácii sa začali prispôbovať i výrobcovia kotlov. Aj pri použití nových inovovaných kotlov môže vysoký obsah popola a nevhodná teplota spôsobiť spekanie popola, ktoré môže od dočasného prerušenia spaľovania viesť až k čiastočnému alebo trvalému poškodeniu spaľovacieho zariadenia. To je jeden z dôvodov, prečo je potrebné poznať informáciu o obsahu popola v biopalive.

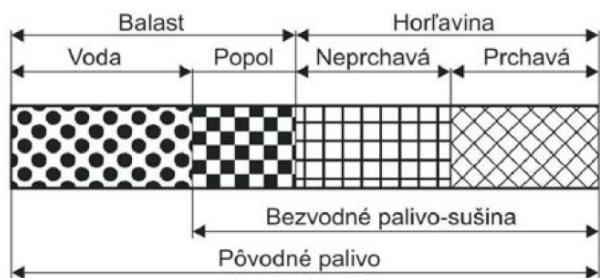
Hodnoty pre podiel popola vo vybraných druhoch biomasy uvádzané v príspevku RUSŇÁK-ŠMIDOVÁ [4] sú nasledovné: (%) brezové drevo 1,2; osika 2,6; pšeničná slama

5,7; kukuričná slama 4,6; repková slama 6,9; slama amarantusu 13,5; pelety z obilného prachu 15,3; biokal po separácii z BPS 53,4. Vo všeobecnosti možno konštatovať, že obsah popola fytohmasy je vyšší ako je obsah popola dendromasy. Ako uvádzajú ďalej a potvrdzujú to i naše výsledky, majú celé rastliny aj so zrnom a samotné zrno nižší obsah popola ako slamnatá fytohmada bez zrna a môžeme ich porovnávať s drevnatou biomasou.

Ako uvádza HUTLA-JEVIČ [2], pre výrobu agropeliet sa najviac využíva slama obilnín, pre ktoré sú na trhu vhodné spaľovacie zariadenia. Pelety z iných než drevených materiálov sa vyznačujú výrazne vyšším obsahom popola, s čím sa musí uvažovať pri konštrukcii kotla a pri jeho prevádzke. Tieto materiály sa najviac využívajú v agrosektore. Teplota spekania popola je nižšia a vyžaduje overenie zariadenia. Zlepšenie daného parametra je možné doceliť pridaním aditív, napr. dreveného hnedého uhlia v množstve 8 % hm. Teplota stavovania popola sa zvýšila na 850 °C. Pri použití šupiek z kakaových bôbov v množstve 5 % sa teplota stavovania popola zvýšila na 900 °C.

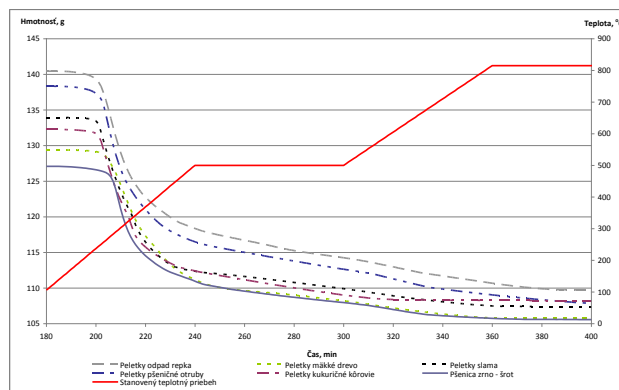
Zloženie tuhého pôvodného biopaliva (slama, drevo, zrno) z pohľadu spaľovania je nasledovné JANDAČKA-MALCHO [3] (obr.2):

- prchavá horľavina 60-70%,
- tuhá neprchavá horľavina do 20%,
- balast tvorený vodou (do cca 14%) a popo-
lom zo spálenia dreveného uhlia 0,5-4%.



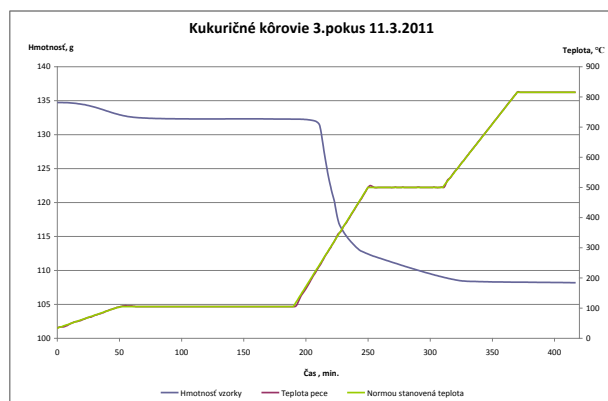
Obrázok 3: Zloženie tuhého biopaliva

Na obr.4 sú znázornené získané grafické priebehy úbytku hmotnosti skúmaných vzoriek v oblasti po odstránení vlhkosti, t.j. po 180 minútach pri teplote vyššej ako 105 °C, a to v oblasti uvoľňovania horľaviny až po konečnú hmotnosť popola.



Obrázok 4: Priebeh úbytku hmotnosti skúmaných vzoriek tuhých biopalív

Na obr.5 je znázornený priebeh úbytku hmotnosti pre vybrané palivo počas celého experimentu, kde je možné vysledovať úseky, v ktorých dochádza k uvoľňovaniu prchavej horľaviny, spaľovaniu pevnej horľaviny, až po úsek s takmer konštantnou hmotnosťou, kde sa nachádza zvyškový nedopal v popole.



Obrázok 5: Grafické znázornenie gravimetrickej analýzy vybraného paliva

Ako už bolo uvedené, niektoré materiály okrem vyššieho obsahu popola sa vyznačujú i nízkou teplotou jeho tavenia. Na obr.6 je popol po gravimetrickom meraní peletiek zo pšeničných otrúb, kde je názorne viditeľné spekanie popola pri teplote do 815 °C, kedy pokus končil. Pri použití uvedeného materiálu je potrebné s týmto údajom uvažovať.

Popol z peletiek z mäkkého dreva pri danej teplote zostal sypký (obr.7).



Obrázok 6: Popol – peletky pšeničné otruby



Obrázok 7: Popol – peletky mäkké drevo

4. Záver

V súčasnosti, s výnimkou slnečnej energie, je biomasa považovaná za najperspektívnejší zdroj energie. Biomasa je surovinou s energeticky všestranným využitím. Najbežnejším je však spaľovanie s cieľom získania tepla. V agrárnych oblastiach je k dispozícii rôzne množstvo a skladba biomasy, ktorú môžeme označiť ako druhotnú agrárnu surovinu. Jedná sa predovšetkým o rôzne druhy slamy, obilniny, trávy, drevný odpad z prerezávania viníc, odpad pri spracovaní rôznych plodín, zvyšky po ťažbe dreva a pod. Tieto materiály majú rozdielne fyzikálne vlastnosti, ktoré rozhodujú o spôsobe ich ďalšieho spracovania (peletky, brikety, kusové drevo) a pri voľbe vhodného spaľovacieho zariadenia. Pre skúmanie obsahu popola a horľavín v sušine týchto materiálov je vhodná práve popisovaná gravimetrická metóda. Získané výsledky poukazujú na značný rozdiel obsahu popola v sušine týchto materiálov, kedy najvyšší obsah mali peletky z odpadu pri spracovaní repky a obilnín, najnižší obsah popola bol pri peletkách z mäkkého dreva. Aj pri použití nových kotlov s inovovanými technológiami môže vysoký obsah popola a nevhodná teplota spôsobiť spekanie popola, čo môže viesť až trvalému poškodeniu týchto

zariadení. To je jeden z dôvodov, prečo je potrebné mať pred spaľovaním informáciu o obsahu popola a horľaviny v používanom tuhom biopalive.

5. Literatúra

- [1] BRESTOVIČ T.: Stanovenie tepelného obsahu niektorých zložiek biomasy. In Novus scientia 2006: 9. celoštátna konferencia doktorandov technických univerzít a vysokých škôl, 6.12.2006, Košice, TU, s. 65-70, 2006.
- [2] HUTLA P., JEVIČ P.: Prevádzkové skúsenosti, tepelno-technické a emisné vlastnosti pri využití agropalív na lokálne vykurovanie. In Agrobioenergia, s. 18-21, roč.4, č.3, 2009.
- [3] JANDAČKA J., MALCHO M.: Biomasa ako zdroj energie. Žilina, GEORG, 78 s, 2007, ISBN 978-80-969161-4-6.
- [4] RUSŇÁK P., ŠMIDOVÁ E.: Laboratórne analýzy biomasy a biopalív v Technickom a skúšobnom ústave pôdohospodárskom. In Agrobioenergia, s. 23-25, roč.5, č.3, 2010.
- [5] VITÁZEK I.: Tepelné procesy v plynnom prostredí. Nitra, SPU, 98 s, 2006, ISBN 80-8069-716-7.
- [6] VITÁZEK I.: Teplotníka a hydrotechnika. Laboratórne úlohy a príklady. Nitra, SPU, 118 s, 2011.
- [7] STN EN 14774-2 Tuhé biopalivá. Stanovenie obsahu vlhkosti. Metóda sušením v sušiarňi. Časť 2: Celková vlhkosť. Zjednodušená metóda.
- [8] STN EN 14775 Tuhé biopalivá. Stanovenie obsahu popola.

PodĎakovanie

Príspevok je publikovaný vďaka riešeniu grantového projektu VEGA 1/0708/09 „Výskum využitia tepelnej energie z obnoviteľných zdrojov v poľnohospodárskom sušiarensťve s posúdením ekologicko-technických dopadov“. PodĎakovanie patrí i projektu operačného programu Výskum a vývoj „Applikácia informačných technológií na zvýšenie environmentálnej a ekonomickej udržateľnosti produkčného agrosystému“, č.26220220014.