

NÁVRH ZARIADENIA NA SPLYŇOVANIE BIOMASY S ENERGETICKÝM POTENCIÁLOM VYUŽITIA ENERGOPLYNU

Gustáv Jablonský, Augustín Varga, Ján Kizek, Valentin Lunkin, Filip Furka

Článok sa zaoberá splyňovaním drevnej štiepky v protiprúdnom splyňovacom generátore a následnom využití vzniknutého energoplynu v alternatívnych zariadeniach. Obsahuje schému zapojenia systému, jeho rozbor a následné vyplývajúce úpravy.

Kľúčové slová: protiprúdny splyňovací generátor, stirlingov motor, drewná štiepka

ÚVOD

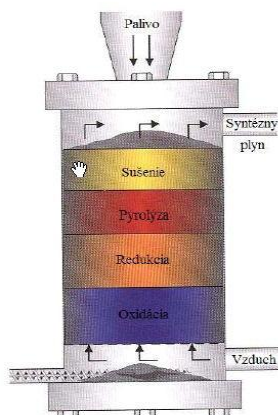
Splyňovanie biomasy v súčasnej dobe dobre nahrádza spaľovanie nízkoenergetických biopalív. Jednou z výhod splyňovania je, že produkovaný plyn je možné do určitej miery vyčistiť. Následne sa dá spáliť samostatne, alebo v kombinácii s iným plynným palivom o vyššej výhrevnosti. Takýmto spôsobom sa dajú znížiť produkované emisie na jednotku paliva a znížiť celkové prevádzkové náklady. Jednou z ďalších výhod je, že energia vo vzniknutom plynom palive rozširuje možnosti technologického využitia.

TYP SPYŇOVACIEHO GENERÁTORA

Voľba typu splyňovacieho zariadenia je priamo viazaná na výkon, požité palivo a na následnom využití energoplynu. Pre splyňovanie pri nízkych výkonoch sa ako najvhodnejšie javí využitie protiprúdneho generátora. Tento typ generátora nie je náročný na obsluhu, má jednoduchú konštrukciu, môžeme splyňovať palivo o vysokej vlhkosti a zároveň plyn obsahuje nízke množstvo prachu. Ďalšou výhodou tohto zariadenia je, že nie je citlivý na zmenu výkonu a vsádzka môže obsahovať veľkosť častíc v širokom rozmedzí. Na druhej strane veľmi podstatnou nevýhodou je vysoký obsah dechtov v produkovanom plyne s nutnosť ďalšieho čistenia.

PRINCÍP SPYŇOVANIA V PROTIPRÚDNOM GENERÁTORE

Protiprúdny splyňovač (obr.1) sa vyznačuje podávaním paliva zhora a následným poklesom. V opačnom smere prúdi splyňovací agent. Vznikajúci plyn prúdi smerom nahor. V prvej fáze poklesu vsádzky dochádza k sušeniu paliva stúpajúcim plynom. Vytvára sa veľké množstvo pár, ktoré chladia toto pásmo a ovplyvňujú kvalitu vzniknutého plynu. Ďalším poklesom sa vsádzka dostáva do pyrolýznej zóny, kde sa tepelne nestále zložky začnú uvoľňovať. Vzniká polokoks, plyny a odparené látky. Odparená kvapalina obsahuje dechty a polyaromatické uhľovodíky. Dechty kondenzujú na klesajúcej vsádzke, alebo sú unášané z reaktora, čo je jednou z príčin vysokého obsahu dechtu v plyne. Následným poklesom sa vsádzka oxiduje (spaľuje) a dodáva potrebné teplo pre endotermické reakcie.



Obr. 1 Schéma reakčných zón v protiprúdnom reaktore . [1]

Hlavnými chemickými reakciami ktoré prebiehajú pri splyňovaní [2]:

• spaľovanie uhlíka	$C + O_2 \rightarrow CO_2$	$\Delta H_{R,273} = - 406 \text{ MJ/kmol,}$
• čiastočná oxidácia	$C + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO$	$\Delta H_{R,273} = - 123 \text{ MJ/kmol,}$
• oxidácia CO	$CO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO_2$	$\Delta H_{R,273} = - 283 \text{ MJ/kmol,}$
• vodný prešmyk	$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$	$\Delta H_{R,273} = - 40,9 \text{ MJ/kmol,}$
• metanácia	$CO + 3 H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$	$\Delta H_{R,273} = - 206,3 \text{ MJ/kmol,}$
• hydrogenácia	$C + 2 H_2 \rightarrow CH_4$	$\Delta H_{R,273} = - 88,4 \text{ MJ/kmol,}$
• Boudouardova reakcia	$C + CO_2 \rightarrow 2CO$	$\Delta H_{R,273} = + 159,7 \text{ MJ/kmol,}$
• reakcia para – uhlík	$C + H_2O \rightarrow CO + H_2$	$\Delta H_{R,273} = - 118,9 \text{ MJ/kmol,}$
• uvoľňovanie vodíka	$2 H \text{ (v uhlí) } \rightarrow H_2 \text{ (plyn)}$	$\Delta H_{R,273} = 0 \text{ MJ/kmol.}$

Uvedené reakcie sú postačujúce pri popise procesu splyňovania. V skutočnosti prebieha oveľa viac chemických reakcií. Z väčšej časti sú zložené z uvedených reakcií.

PROTIPRÚDNY GENERÁTOR NA KPAT

Na katedre pecí a teplotníky bol zostrojený protiprúdny splyňovací reaktor na splyňovanie biomasy (obr. 2). Pozostáva zo splyňovacej časti valcového tvaru priemeru 0,5 m a výšky 2 m okolo ktorého je plášť, ktorý slúži na predohrev splyňovacieho vzduchu a zároveň ako tepelná izolácia. Palivo sa privádza z hora zo zásobníka cez dva nožové uzávery. Vzduch vstupuje do plášťa v hornej časti valca a v spodnej vychádza cez trysku nad rošt o teplote približne 300 °C. V Tab. 1 sú uvedené výkonové parametre generátora.

Výkon (v energoplyne)	50 - 150	kW
Spotreba dreva	20 - 70	kg/h
Bežná spotreba dreva	25 - 30	kg/h
Prietok vzduchu	40 - 150	m ³ /h
Bežný prietok vzduchu	35 - 45	m ³ /h
Teplota produkovaného plynu	350 - 400	°C
Prietok energoplynu	50 -150	m ³ /h
Bežný prietok energoplynu	50 - 70	m ³ /h

Tab. 1 Výkonové parametre splyňovacieho generátora na KPAT.

Zloženie energoplynu



Obr. 2 protiprúdny splyňovací reaktor na KPaT

Na experimentálnom zariadení umiestnenom v laboratórnych priestoroch Katedry pecí a teplotchniky boli prevedené viaceré merania. Pri splyňovaní drevnej štiepky z rôzneho odpadového dreva (vřba, breza, orech a ďalších) o zrnitosti 5 až 30 mm a prebytku splyňovacieho vzduchu $m = 0,22 - 0,28$ sa získal plyn o výhrevnosti 4,2 - 4,5 MJ.m⁻³ o nasledujúcom priemernom zložení (Tab. 2).

Priemerné zloženie energoplynu [%]					
CH ₄	H ₂	N ₂	CO ₂	CO	C _n H _m
5	10	52	12	20	1

Tab. 2 Priemerné hodnoty zloženia energoplynu.

MOŽNOSTI VYUŽITIA ENERGOPLYNU

Využitie energoplynu z generátora s pevným lôžkom je obmedzené. Súvisí to s jeho relatívne nízkou výhrevnosťou a vysokým obsahom dechtov. Zariadenia, ktoré by takýto plyn mohli spaľovať sú:

- Kombinovaný kotol,
- Stirlingov motor.

Každé z týchto zariadení ma svoje výhody aj nevýhody, ktoré ovplyvnia voľbu napojenia na produkovaný plyn.

Kombinovaný kotol - ide o typ kotla, ktorý pozostáva z 3 samostatných komôr. Kotol umožňuje spaľovanie aj splyňovanie dreva a drevných odpadov. Umožňuje tiež spaľovanie zemného plynu a prípadnou výmenou horáka, dokáže spaľovať aj ďalšie plynné palivá. Je riadený teplotným senzorom na výstupe vody.

- Výhody
 - umožňuje spaľovanie aj splyňovanie,
 - možnosť výmeny horáka pre spaľovanie rôznych druhov plynných palív,
 - vysoká účinnosť pri menovitom výkone,
 - možnosť súčasného využitia rôznych druhov palív,
 - dostupnosť.

- Nevýhody
 - možnosť zanesenia horáka.

Stirlingov motor - motor s externou spaľovacou komorou, kde nehrozí zanesenie a upchanie mechanických častí. Pracuje pri nízkom rozdieli teplôt. Hlavnou nevýhodou je nízka účinnosť premeny energie.

- Výhody
 - externá spaľovacia komora,
 - pracuje pri nízkom rozdieli teplôt.
- Nevýhody
 - nízka účinnosť
 - dostupnosť komerčnej verzie.

NÁVRH SÚSTAVY ZARIADENÍ NA ENERGETICKÉ VYUŽITIE BIOMASY

Idea tohto návrhu (Obr. 3) je využitie plynu pri splyňovaní biomasy v kombinovanom systéme na výrobu tepla a elektrickej energie. Návrh voľby nízkeho výkonu viedol cez rozhodnutie, že zariadenie sa ma prevádzkovať na prezentačné a výskumné účely. Pracovná doba toho zariadenia bude nárazová a nepredpokladá sa, že by bola použitá viac ako 20 hodín za týždeň. Na základe týchto požiadaviek sa zvolil výkon generátora v rozpätí 50 - 100 kW. Keďže ide o nízky výkon nedá sa v tomto prípade použiť fluidný splyňovací reaktor. Jedna z ciest vedie cez použitie roštového generátora. Výsledkom použitia tohto typu generátora je plyn nízkej výhrevnosti, nízkeho množstva prachu, ale s vysokým obsahom dechtov. Pre tento plyn sa konštrukčne javí vhodné napojenie na kombinovaný kotol a stirlingov motor. Tieto zariadenia sú zaujímavé z hľadiska toho, že kotol sa podieľa na výrobe tepla a stirlingov motor na výrobe elektrickej energie. Pri voľbe typu kombinovaného kotla s možnou výmenou horáka pre spaľovanie plynného paliva sa predišlo problémom konštrukčnej úpravy, keďže daný typ kotla spaľuje aj splyňuje drevo a drevné pelety. Na výrobe elektrickej energie sa mal v počiatkoch podieľať ORC cyklus, ale ohľadom na vysoké investičné náklady a vysoké výkony sa od tejto myšlienky upustilo. Vhodnejšou alternatívou sa teda javí využitie stirlingovho motora s externou spaľovacou komorou. Výhodou tohto typu je že dokáže pracovať pri nízkom rozdieli teplôt, čo ma pozitívny vplyv najmä pre využitie nízkoenergetického paliva.

POPIS ENERGETICKÉHO VYUŽITIA ENERGOPLYNU VZNIKAJÚCEHO V PROTIPRÚDNOM GENERÁTORE

Drevná štiepka uložená v zásobníku cez rošt prepadá na dopravník. Pomocou dvoch závitových dopravníkov sa drevná štiepka dopravuje do medzizásobníka. Samospádom cez takzvaný turniket a následne závitovým dopravníkom sa štiepka privádza do vrchnej časti protiprúdneho generátora. Závitový dopravník a turniket slúžia ako zábrana proti unikaniu vzniknutého plynu. Vznikajúci plyn vychádzajúci z vrchnej časti reaktora je vedený najprv na tzv. faklu, ktorá sa využije pri vysokých výkonoch a zároveň slúži v prípade nábehu generátora na kontrolu vznikajúceho plynu. Energoplyn sa ďalej delí, časť ide do kotla a časť do externej spaľovacej komory stirlingovho motora. Plyn privedený do kotla zhorí, teplo odovzdá vo výmenníku vode a spaliny odchádzajú do komína. Plyn vstupujúci do externej spaľovacej komory stirlingovho motora zhorí, časť tepla sa využije v teplej časti stirlingovho motora a odchádzajúce spaliny sú vedené cez výmenník do komína. Studený vzduch je tlačný do výmenníka tepla (spaliny - vzduch) ventilátorom. Vzduch sa predhrieva a vedie sa do spaľovacích komôr kombinovaného kotla a stirlingovho motora a tiež do vrchnej časti plášťa protiprúdneho generátora. Takto predohriaty vzduch zvyšuje spaľovacie teploty v komorách, izoluje generátor a zvyšuje teplotu protiprúdneho generátora. Voda do kotla najprv prechádza studenou časťou stirlingovho motora, kde slúži ako chladivo a takto ohriata vstupuje do kombinovaného kotla. Horúca voda je potom vedená do zásobníka tepla. V stirlingovom motore sa tepelná energia premení na elektrickú energiu, ktorá sa využije na vlastnú spotrebu a na tzv. žiarovku. Ako vyplýva zo schémy, pri nábehu alternatívnych zariadení sa bude využívať zmiešavanie so zemným plynom. Rovnako sa bude využívať, ak kvalita energoplynu nebude postačujúca. Tieto úpravy slúžia na ochranu zariadení.

ZÁVER

Návrh sústavy je podmienený predmetom účelu a prevádzky. Výkon reaktora musí byť flexibilný potrebám alternatívnych zariadení. Z dôvodu zvýšenej tvorby dechtov pre tento druh reaktora je potrebné, aby vzdialenosti medzi jednotlivými zariadeniami boli čo najkratšie a potrubia boli dobre izolované. Pre optimalizáciu výkonu a prevádzky tohto reaktora využiť závislosť prebytku vzduchu a množstva privádzaného paliva na kvalitu produkovaného plynu. Jednou z možností riadenia množstva kontinuálne privádzaného paliva do reaktora je riadenie otáčok dopravníkového systému vrátane turniketa.

Výsledky prezentované v príspevku sú súčasťou ITMS riešenia projektu č. 26220220064 "Centrum výskumu účinnosti integrácie kombinovaných systémov obnoviteľných zdrojov energií "

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Bioplyn a splyňovanie biomasy, Ing. Peter Geffert, [online] [cit. 2010-11-24]. Dostupné na internete: <http://www.enviro.gov.sk/servlets/files/16037>
- [2] Christopher Higman, Maarten van der Burgt, Gasification, 2003, ISBN -13:978-0-7506-7707-3
- [3] Holoubek, D.: Spaľovacie zariadenia, výmenníky tepla a kotle, ISBN 80-7099-832-6, Košice, 2002