

Dvoustupňový zplyňovací reaktor

Rok vzniku: 2020

Autoři: Ing. Patrik Elbl, Ing. Jakub Lachman, Ing. Petr Kracík, Ph.D., Ing. Martin Lisý, Ph.D., doc. Ing. Marek Baláš, Ph.D.

Abstrakt:

Experimentální zařízení vzniklo za účelem testování vlivů provozních podmínek pyrolýzního a zplyňovacího reaktoru na výsledné produkty a za účelem prohlubování znalostí v oblasti dvoustupňového zplyňování. Generovaný plyn vykazuje lepší vlastnosti než při jednostupňovém zplyňování, a to jak z hlediska jeho čistoty tak i výhřevnosti. Možnosti aplikace generovaného plynu jsou např. spalovací motor, spalovací turbína či F-T syntéza.

Abstrakt (EN):

The experimental unit was created in order to test the effects of operating conditions of the pyrolysis and gasification reactor on the final products and to deepen the knowledge in the field of two-staged gasification. The generated gas shows better properties than in one-staged reactor, higher purity and calorific value. Possibilities of application of generated gas are e.g. combustion engine, combustion turbine and F-T synthesis.

Klíčová slova: pyrolýza, zplyňování, dvoustupňové zplyňování

Klíčová slova (EN): pyrolysis, gasification, double staged gasification

Umístěno na: VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav, za budovou C3

1. Úvod

V současné době je snahou omezit používání tradičních fosilních paliv jako je ropa, uhlí a zemní plyn a nahradit je tzv. obnovitelnými zdroji energie. Mezi obnovitelné zdroje patří energie slunce, větru, vody, geotermální energie a biomasa. Právě biomasa má v podmínkách České republiky výrazné zastoupení mezi ostatními obnovitelnými zdroji energie. Biomasu můžeme charakterizovat jako veškerý organický materiál na naší planetě. Jedná se o těla všech organismů, živočichů, rostlin, bakterií, hub a sinic. Termochemickou přeměnou biomasy můžeme vytvářet plyny, tuhé látky ale i kapaliny, které mohou být dále použity jako palivo [1].

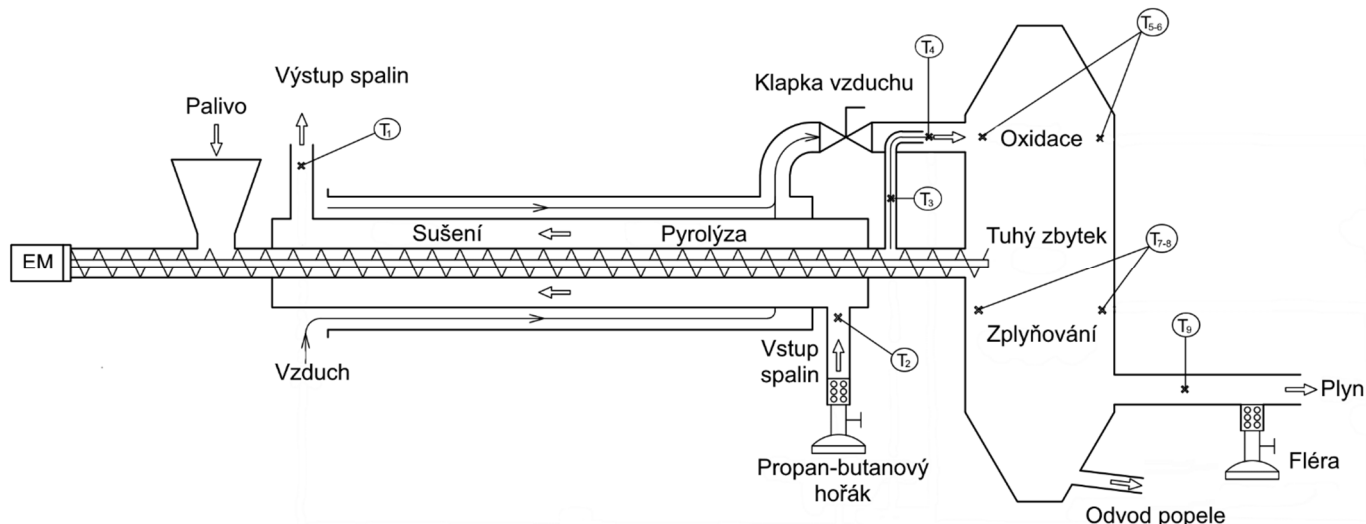
Ze všech postupů, které se používají k transformaci biomasy, jsou nejvhodnější termochemické metody, jako je pyrolýza a zplyňování. V současné době mohou být plyny vznikající pyrolýzou/zplyňováním použity jako palivo v palivových článcích, plynových turbínách nebo spalovacích motorech. Jediným omezením v jejich přímé aplikaci je přítomnost dehtů, která snižuje jejich využití, a proto je nutné zdokonalit techniku jejich výroby [2].

Jednou z možností snížení dehtů je tzv. dvoustupňové zplyňování, kdy se pyrolýza a zplyňování odehrávají v oddělených reaktorech [3]. Oddělení těchto procesů zajišťuje řídit jednotlivé fáze samostatně s co nejvyšším výnosem.

Z těchto důvodů bylo sestaveno experimentální zařízení pro výzkum pyrolýzně-zplyňovacího procesu za účelem zkoumání a prohlubování znalostí v oblasti více stupňového zplyňování.

2. Popis zařízení

Postavená technologie dvoustupňového zplyňování se skládá z horizontálního šnekového pyrolýzního reaktoru a vertikálního zplyňovacího reaktoru s pevným ložem. Pyrolýzní reaktor se skládá ze šnekového dopravníku, ve kterém dochází k pyrolýze vstupního paliva a posunu paliva do reaktoru zplyňovacího. Potřebné teplo pro pyrolýzní proces je dodáno ve spalínách



Obrázek 1: Schéma experimentálního zařízení.

z propan-butanového hořáku. Šnekový dopravník je opatřen frekvenčním měničem pro regulaci otáček šneku a dvěma termočládky na vstupu a výstupu spalín z propan-butanového hořáku.

Zplyňovací reaktor je koncipován jako reaktor s pevným (sesuvným) ložem ve kterém dochází ke zplyňování tuhého zbytku (charu) z pyrolýzního reaktoru. Uvolněné těkavé látky v pyrolýzním reaktoru odchází horní trubkou, kde se mísí s přehřátým vzduchem a oxidují v horní části reaktoru, viz obrázek 1. Vzniklý char bez těkavých látek padá do zplyňovacího reaktoru a tvoří tak jeho pevné lože. Uvolněné těkavé látky v pyrolýzním reaktoru jsou nositeli dehtu a díky jejich oxidaci ve zplyňovacím reaktoru je jejich množství sníženo na minimum. Vzniklé spaliny prochází skrze pevné lože tvořené charem a působí jako další katalyzátor pro krakování dehtů. Generovaný plyn je dále odváděn přes odprašovák a chladič pomocí spalínového ventilátoru na fléru, kde dochází k jeho spoluspalování se zemním plynem. Spalínový ventilátor je opatřen frekvenčním měničem pro regulaci jeho výkonu.

Měření teploty bylo realizováno pomocí termočládků typu K a jednotlivá místa jsou následující:

- Vstup a výstup spalín z propan butanového hořáku (termočládky T_1 a T_2)
- Teplota těkavých látek (termočlánek T_3)
- Teplota směsi přehřátého vzduchu a těkavých látek (termočlánek T_4)
- Teplota ve zplyňovacím reaktoru v místě oxidace těkavých látek (termočlánek T_5 a T_6)
- Teplota ve zplyňovacím reaktoru v místě pevného lože (termočlánek T_7 a T_8)
- Teplota výstupního plynu opouštějící reaktor (termočlánek T_9)

Pro měření složení generovaného plynu bylo využito online analyzátoru plynu, který dokáže kontinuálně měřit obsah CO , CO_2 , O_2 , H_2 a CH_4 společně s celkovou výhřevností v MJ/m^3 .

Následující obrázek 2 zobrazuje finální experimentální zařízení dvoustupňového zplyňování a obrázek 3 chladič plynu před spalinovým ventilátorem. Generovaný plyn je nutné vychladit pod teplotu 300 °C z důvodu ochrany spalinového ventilátoru.



Obrázek 2: Experimentální zařízení dvoustupňového zplyňování.



Obrázek 3: Chladič generovaného plynu.



Obrázek 4: Odběrové místo generované plynu pro online měření emisí a množství dehtů.



Obrázek 5: Vizuální kontrola výšky pevného lože.

3. Rozměry experimentálního zařízení

Pyrolýzní reaktor:

- délka šneku 3500 mm
- průměr šneku 150 mm
- rozteč listů 150 mm
- průměr žlabu 166 mm
- výška reaktoru 1300 mm

Zplyňovací reaktor:

- výška reaktoru 2500 mm
- průměr reaktoru 480 mm
- průměr výstupního potrubí 160 mm

4. Experimentálně zjištěné provozní parametry a závěry

Maximální teplota spalin z propan-butanového hořáku na vstupu cca 700 °C na výstupu 300 °C. Dřevní štěpka jako palivo se jeví jako vhodné, nedochází k jejímu rozpadávání vlivem otáček šnekového dopravníku. Doba setrvání paliva v pyrolýzním reaktoru přibližně 40 minut při frekvenci 10 Hz, tomu odpovídá dopravní výkon ~ 6 kg/h. Teplota plynu před ventilátorem < 150 °C.

- Vyšší výnos a výhřevnost oproti jednostupňovému zplyňování
- Lepší účinnost konverze paliva
- Nižší koncentrace dehtu
- Možnost řídit a optimalizovat jednotlivé procesy odděleně.

Z experimentálního měření vyplývá, že funkční vzorek plní úlohu technologie dvoustupňového zplyňování, která dosahuje mnohem nižších výstupních koncentrací dehtu v generovaném plynu a zároveň vyšší energetické hodnoty (vyšší výhřevnost). Tyto skutečnosti jsou docíleny optimální regulací jednotlivých procesů v pyrolýzním a zplyňovacím reaktoru.

5. Reference

- [1] J.M. Encinar, J.F. Gonzalez, J. Gonzalez, Fixed-bed pyrolysis of *Cynara cardunculus* L. Product yields and compositions, *Fuel Processing Technology* 68 (2000) 209–222.
- [2] W.F. Fassinou, L. Van de Steene, E. Martin, F. Broust, J.S. Teglbjaerg, H.L. Pham. Char quality and tar formation interdependence: first experiments in a new two-stage gasifier proceedings of 14th European Biomass Conference, Paris (2005), pp. 620-623
- [3] TEIXEIRA, G., L. VAN DE STEENE, E. MARTIN, F. GELIX a S. SALVADOR. Gasification of char from wood pellets and from wood chips: Textural properties and thermochemical conversion along a continuous fixed bed. *Fuel*. 2012, 102, 514-524. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.05.039>. ISSN 0016-2361.