



## Termické zhodnocení paliv

Václav PEER<sup>1,\*</sup>, Jan NAJSER<sup>1</sup>, Jaroslav FRANTÍK<sup>1</sup>, Drahomír MAŠEK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Centrum ENET,  
17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava -Poruba, Česká republika

<sup>2</sup>Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava,  
17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava -Poruba, Česká republika

\* **Email:** vaclav.peer@vsb.cz

*V současnosti je širší využití pyrolyzních technologií omezeno kvůli složitějšímu uplatnění jednotlivých produktů pyrolýzy na trhu. Nicméně tento způsob zpracování různých druhů materiálů přináší také výhody v podobě produkce surovin pro chemické účely.*

**Klíčová slova:** pyrolýza, plasty, pyrolyzní plyn, pyrolyzní olej

### 1 Úvod

Využití pyrolyzních procesů pro zpracování odpadních materiálů představuje zajímavý způsob jejich využití. Na rozdíl od zplyňování je možno připravit širší škálu produktů. Ty je možno následně využívat různými způsoby. Plynné produkty nejčastěji slouží k výrobě energie či ohřevu vlastního pyrolyzního reaktoru. Kapalné produkty mohou sloužit k výrobě tepla či elektřiny v hořácích či kogeneračních jednotkách nebo jako surovina pro přípravu chemických přípravků. Tuhý zbytek může být používán dle výchozí suroviny pro úpravu vlastností půdy (biomasa), nebo jako palivo či adsorpční činidlo.

### 2 Technologie pyrolýzy

Vhodně upravené palivo (homogenizace, peletizace) je systémem dopravníků přivedeno do vytlačovacího šneku, kde dochází k ohřevu na teplotu cca 300 °C a plastikaci materiálů. Dále již tekutá hmota přechází do elektricky otáčeného reaktoru, kde dochází k vlastní pyrolýze. Pyrolyzní plyn odchází z horní části reaktoru do vodou chlazených výměníků, kde dochází k rozdělení plynné frakce na pyrolyzní plyn a pyrolyzní olej. Plyn je odváděn ke spálení na dopalovací hořák a pyrolyzní olej přechází do zásobníku.

Celá technologie je řízena počítačem, přičemž jsou sledovány hlavní parametry důležité pro správný chod technologie. Zejména se jedná o otáčky šneku a teplotu v reaktoru.

### 3 Paliva

Pro testy bylo použito 5 druhů paliv.

Prvním byl nízkohustotní polyethylen LDPE, z něhož se běžně vyrábí měkké folie, izolace kabelů, tašky či přepravky.



Dalším byl vysokohustotní polyethylen HDPE, který se využívá pro výrobu mikrotenových folií, potrubí pro vodu či palivové nádrže automobilů.

Dalším plastem, který byl testován, byl polypropylen PP. Ten se využívá zejména pro izolace kabelů, výrobu obalů a lan.

S omezením určitého obsahu je možno zpracovávat také polystyren PS, využívaný zejména pro výrobu izolací, obalů či jednorázového nádobí. Tento plast byl používán ve směsi se složením : 35 hm.% LDPE, 30 hm.% HDPE, 30 hm.% PP a 5 hm.% PS.

Vzhledem k typu termického procesu jsou problematické plasty s vysokou teplotou tavení (PET, PA) a polymery s obsahem chloru (PVC, PVDC).

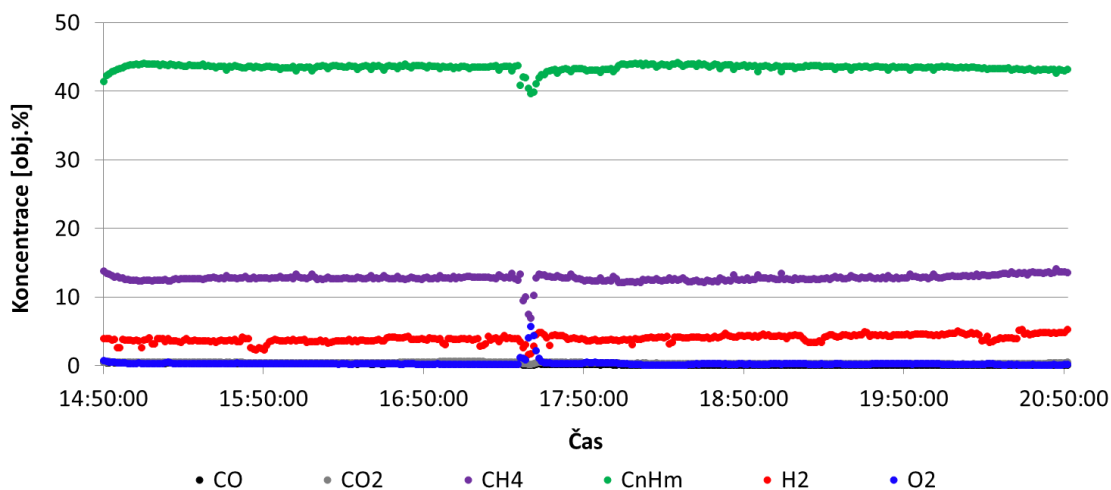
I přes tato omezení byla testována směs obsahující polyethylentereftalát PET, který se využívá zejména pro výrobu vláken, obalů (lahve) a folií. Ten byl zpracováván ve směsi s dalšími plasty se složením : 30 hm.% LDPE, 27 hm.% HDPE, 30 hm.% PP, 3 hm.% PS a 10 hm.% PET.

Všechny materiály byly připraveny tak, aby měly co nejvyšší energetickou hustotu (peletizace).

## 4 Výsledky experimentů

### 4.1 Pyrolyzní plyn

Vzniklý pyrolyzní plyn byl analyzován multikomponentním analyzátozem GAS 3100 SYNGAS, schopným přímého měření složení plynu. Záznam z měření složení plynu vzniklého z nízkohustotního polyethylenu je znázorněn na Obr. 1.



Obr. 1 Složení pyrolyzního plynu z LDPE

Ze složení plynu byla vypočtena jeho výhřevnost, objem byl stanoven pomocí průtokoměru. Tuhé znečišťující částice byly stanoveny hmotnostně jako množství tuhého materiálu zachyceného na filtru ze skleněných vláken. Obsah dehtů byl stanoven pomocí zachycení těchto organických sloučenin do rozpouštědla (isopropanolu) a následně byl stanoven laboratorně pomocí plynové chromatografie GC.



Tab.1. Parametry pyrolyzních plynů

Parametr	LDPE	HDPE	PP	Směs PS	Směs PET
Výhřevnost [MJ/m <sup>3</sup> ]	32,9	32,3	33,5	32,8	32,7
Průtok plynu [l/h]	108	233	298	276	172
TZL [mg/m <sup>3</sup> ]	11	4	8	14	37
Dehet [mg/m <sup>3</sup> ]	1260	2100	900	1820	4880

## 4.2 Pyrolyzní olej

Pyrolyzní olej byl vzorkován během pyrolyzního procesu z potrubí spojovacího pyrolyzní technologie se zásobníkem oleje. Rozborů byly provedeny v laboratoři a jejich výsledky jsou uvedeny v Tab.2.

Tab.2. Parametry pyrolyzních olejů

Parametr	LDPE	HDPE	PP	Směs PS	Směs PET
Výhřevnost [MJ/m <sup>3</sup> ]	43,0	43,0	43,1	43,2	43,3
Obsah uhlíku C [hm.%]	81,2	78,8	78,3	76,7	69,7
Obsah vodíku H [hm.%]	13,6	13,3	13,2	12,9	11,5
Obsah síry S [hm.%]	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Obsah popela [hm.%]	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01
Obsah vody [hm.%]	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03
Hustota oleje [kg/m <sup>3</sup> ]	769	766	765	774	781

## 4.3 Tuhý pyrolyzní zbytek

Tuhý pyrolyzní zbytek byl připraven v laboratorních podmínkách, neboť jej nebylo možno odebrat ze zařízení. Během testování se nepodařilo zjistit množství ani složení tuhého zbytku v technologii. Proto nebylo možno ani stanovit jeho množství v rámci rozdělení jednotlivých produktů pyrolýzy. Výsledky rozborů jsou uvedeny v Tab.3.



Tab.3. Parametry tuhých pyrolyzních zbytků

Parametr	LDPE	HDPE	PP	Směs PS	Směs PET
Výhřevnost [MJ/kg]	7,4	6,7	4,4	5,2	6
Obsah popela [hm.%]	59	55	56	56	58
Obsah hořlaviny [hm.%]	41	45	44	44	42

## 5 Diskuse

Při srovnání výhřevnosti pyrolyzních olejů s benzínem Natural N95 (46,4 MJ/kg) je zřejmé, že oleje vykazují obdobný energetický obsah.

Též výhřevnost pyrolyzních plynů je poměrně vysoká (např. ve srovnání se zemním plynem – 35 MJ/m<sup>3</sup>), což je způsobeno přítomností vyššího množství vyšších plynných uhlovodíků (propan, butan).

Vzhledem k tomu, že nebylo možno zjistit množství tuhého zbytku, který se zřejmě zachycoval ve spodní části pyrolyzátoru, byl alespoň zhodnocen zjištěn poměr energií v plynných a kapalných produktech. Při zpracování plastových materiálů dochází převážně ke vzniku oleje, neboť do plynu přechází pouhé 0,5 – 1,3 % energie z původního paliva. To potvrzuje předpokládané výsledky dosahované na obdobných zařízeních s využitím podobných paliv.

## 6 Závěr

Pyrolyzní jednotka s elektrickým ohřevem představuje velmi kompaktní řešení zpracování specifických druhů materiálů. Během testování bylo potvrzeno, že je snadno ovladatelná a provozně spolehlivá.

Omezením je v tomto směru elektrický ohřev, který je pro tyto typy jednotek velmi nákladný na provoz.

Dalším výrazným omezením je druh zpracovávaného materiálu. Jednotka je schopna zpracovávat čisté plasty, které jsou navíc uzpůsobeny pro dávkování, přičemž drcení, mletí a následné peletování je též velmi investičně i provozně nákladné. Omezení v podobě nemožnosti zpracovat čisté materiály na bázi PET, PS či PVC jsou pro tyto typy zařízení společná.

## Poděkování

Článek vznikl za podpory projektu 2016TH02020032 Vývoj technologie pro čištění a úpravu syntézních plynů (TS 7777911/2505) a Adjustace syntézních plynů pro užití v sekundárních energetických strojích SP2017/98.



## Použitá literatura

- [1] JANKOVSKÁ, Zuzana, VEČEŘ, Marek, FRANTÍK, Jaroslav. Study of pyrolysis of polymers and coal and co-pyrolysis of their blends, kinetics of the process. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava. Řada strojní. 2012, roč. LVIII, č. No. 1, 2012, vol. LVIII, s. 147-156. ISSN 1210-0471
- [2] MIKULOVÁ, Zuzana, HONUS, Stanislav, SASSMANOVÁ, Veronika, FRANTÍK, Jaroslav. Pyrolýza a ko-pyrolýza vybraných polymerů a uhlí. In Sborník příspěvků mezinárodní konference mladých vědeckých pracovníků. Ostrava:VŠB - TU Ostrava, 2011, s. 161-168. ISBN 978-80-248-2486-4.