

Posouzení kvality produktů hydrokonverze kapalných podílů z kopyrolýzy směsí hnědouhelného dehtu s biomasou

Jaroslav Kusý¹, Ing. Petr Svoboda, CSc.¹, Ing. Marcela Šafářová, Ph.D.¹, RNDr. Ing. Josef Valeš¹,
Ing. Lukáš Anděl¹, doc. Ing. Karel Ciahotný, CSc.²

¹Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., tř. Budovatelů 2830/3, Most, kusy@vuhu.cz

²Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav plynárenství, koksochemie a ochrany ovzduší, Technická 5, 166 28 Praha 6

Přijato: 31. 10. 2012, recenzováno: 11. a 23. 1. 2013

Abstrakt

Byla provedena série pyrolýzních testů se vzorky s různým poměrem hnědého uhlí a biomasy z dřevních pilin. Při této kopyrolýze byly sledovány výtěžky jednotlivých pyrolýzních produktů – kapalně organické fáze, pyrolýzní vody, pevného produktu pyrolýzy a plynných produktů. Vzniklá organická kapalná fáze byla podrobena hydrogenační reakci v hydrogenačním reaktoru a následně byla hodnocena kvalita všech vzorků.

Quality assessment of products of hydroconversion of liquid proportion of copyrolysis of the mixture of lignite tar and biomass

A series of pyrolysis tests was carried out with samples with various ratio of lignite (brown coal) to sawdust biomass. Yields of individual pyrolysis products – liquid organic phase, pyrolysis water, pyrolysis solid products, and gaseous products were observed at the copyrolysis. Obtained organic liquid phase was hydrotreated in a hydrogenation reactor and the quality of all the samples was assessed then.

Bewertung der Qualität von Produkten der Hydrokonversion der flüssigen Co-Pyrolyseanteile des Gemisches von Braunkohlenteer und Sägespäne-Biomasse

Es wurde eine Reihe von Pyrolysetests mit Proben mit unterschiedlichen Anteilen von Braunkohle und Sägespäne-Biomasse durchgeführt. Bei dieser Co-Pyrolyse wurden Erträge einzelner Pyrolyseprodukte – der flüssigen organischen Phase, des Pyrolysewassers, des Feststoffproduktes und der Gasprodukte – verfolgt. Die entstandene organische flüssige Phase wurde der Hydrierungsreaktion im Hydrierungsreaktor unterworfen und anschließend wurde Qualität aller Proben bewertet.

Klíčová slova: hnědé uhlí, biomasa, dehet, pyrolýza, hydrogenace.

Keywords: lignite, biomass, tar, pyrolysis, hydrogenation.

1 Úvod

Při procesu pyrolýzy hnědého uhlí vznikají různé pyrolýzní produkty [1]. Jedním z nich je polokoks, který při vhodně zvoleném procesu aktivace může sloužit jako sorbent, využitelný při různých environmentálních aplikacích pro čištění kapalin či plynů [2,3,4,5]. Dalšími produkty pyrolýzy jsou voda, plyn a dehet [6]. Dehet je významným zdrojem organických látek a po úpravě jej lze použít jako výchozí surovinu pro výrobu podobných produktů jako v případě ropy [7].

Vedle zvolených reakčních podmínek ovlivňuje výtěžky a kvalitu produktů pyrolýzy kvalita, resp. složení použité suroviny.

V předchozí práci byly hodnoceny materiály, použitelné pro kopyrolýzu, a to hnědé uhlí a různé typy biomasy. Jako nejvhodnější se ukázaly dřevní hmota vznikající při zpracování dřeva a hnědé uhlí s vysokým obsahem organických látek z dolu ČSA, které byly vybrány jako suroviny pro kopyrolýzní experimenty provedené v této práci.

2 Experimentální část

2.1 Vstupní materiál – vsázkové hnědé uhlí a piliny

Vedle hnědého uhlí z dolu ČSA byla použita směs jemných pilin z různých druhů dřevin zpracovávaných na pile Mariánské

Radčice. Tyto materiály byly vysušeny a upraveny na zrnitost 1-5 mm. V rámci předchozí etapy práce byly u těchto materiálů stanoveny základní ukazatele charakterizující paliva. [6]

Pro pyrolýzu bylo připraveno celkem jedenáct vzorků s různým poměrem hnědého uhlí (HU) a dřevní hmoty (BP – biomasa-piliny) od čistého uhlí až po čistou dřevní hmotu vždy po 10% změně hmotnostního poměru obou složek. Takto smíchané materiály byly homogenizovány a peletizovány v peletizačním lisu Kahl 14-175 s použitím raznice o průměru 6 mm. Připravené vzorky peletizovaných směsí byly následně pyrolýzovány na laboratorní pyrolýzní jednotce.

2.2 Pyrolýzní testy

Pyrolýzní testy byly provedeny se vzorky o hmotnosti 1 000 g v laboratorním pyrolýzním zařízení [1] s objemem retorty 2 500 cm³. Pyrolýza probíhala za shodných procesních podmínek, tj. od počáteční teploty 25 °C do konečné teploty 650 °C s nárůstem 6 °C.min⁻¹. Na této teplotě byla pec udržována po dobu 60 minut. Poté byl vzorek samovolně zchlazen na laboratorní teplotu 25 °C. Vzniklá kapalná organická fáze byla po vysušení síranem sodným (bezvodým) použita pro hydrokonverzní testy. Tabulka č. 1 uvádí výsledky elementární analýzy kapalně organické fáze a stanovený obsah popela.

Tab. 1: Výsledky rozborů kapalné organické fáze.

		HU	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	BP
		100 %	90+10 %	80+20 %	70+30 %	60+40 %	50+50 %	40+60 %	30+70 %	20+80 %	10+90 %	100 %
S_t^d	% hm.	0,95	0,93	0,53	0,71	0,54	0,59	0,19	0,27	0,14	0,24	0,23
C^d	% hm.	78,90	75,89	73,62	66,34	70,53	70,59	68,48	67,72	64,69	62,00	61,30
H^d	% hm.	7,77	8,00	7,87	7,46	7,47	7,95	7,80	7,56	7,37	6,69	7,03
N^d	% hm.	0,58	0,47	0,48	0,40	0,40	0,27	0,30	0,31	0,25	0,23	0,13
O^d	% hm.	11,80	14,71	17,50	25,09	21,06	20,60	23,21	24,10	27,55	31,08	31,31
A^d	% hm.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

2.3 Hydrokonverze kapalných organických produktů kopyrolýzy

Hydrokonverze kapalných organických produktů kopyrolýzy byla prováděna v reaktoru PARR, model 4520 (viz obrázek č. 1). Zařízení je vybaveno kondenzačním okruhem chlazeným vodou pro odlučování kapalné fáze tvořící se hydrogenačními pochody v reaktoru.

Pracovní podmínky hydrokonverzních testů byly zvoleny na základě předchozích experimentů tak, aby bylo možno provést porovnání vlivu složení suroviny na hydrokonverzi kapalného organického produktu pyrolýzy a vlastnosti získaných produktů. Při nastavení podmínek experimentu bylo nutno vzít v úvahu také pracovní limity použitého reaktoru. Vsázkové provedení testů omezovalo možnost provedení aktivace katalyzátoru

prevedením do sulfidické formy před zahájením hydrogenace. Na základě dříve provedených testů tedy byla zvolena aktivace katalyzátoru in-situ pomocí sirných sloučenin obsažených v hydrogenovaných surovinách. Funkčnost tohoto postupu byla ověřena v předcházejících pracích. Správnou funkci katalyzátoru demonstruje pokles obsahu síry v kapalných produktech hydrogenace pod 0,01 hm. % (viz tabulka č. 4). Také obsah síry ve zbytku po hydrokonverzi je u všech studovaných směsí prakticky stejný (viz tabulka č. 5) a ukazuje na shodnou funkci katalyzátoru ve všech provedených experimentech.

Experimenty byly provedeny při teplotě 350 °C (teplota 350 °C je maximální přípustná teplota pro použitý typ reaktoru), vstupním tlaku vodíku 3 MPa a reakční době 4 hodiny za přítomnosti hydrogenačního katalyzátoru na bázi niklu a wolframu (Ni-W) naneseném na oxidu hlinitém (ASTIN Catalysts and Chemicals, s.r.o. - složení Ni-W katalyzátoru: 15 % hm. NiO, 35 % hm. WO₃, zbytek je tvořen nosičem - Al₂O₃ a SiO₂; velikost částic je 3 mm v průměru a 10 mm na délku). Množství katalyzátoru v katalyzátorovém koši bylo 80 g, množství kapalné organické fáze pak cca 80 g při všech provedených experimentech.

Po naplnění reaktoru vzorkem a vložení koše obsahujícího katalyzátor (viz obrázek č. 2) byl reaktor uzavřen a propláchnut dusíkem. Tím byla zároveň provedena tlaková zkouška systému. Následně byl reaktor odtlakován na atmosférický tlak. Poté byl ventilem do reaktoru přepuštěn vodík na zvolený vstupní tlak 3 MPa. Reaktor byl vytápěn na 350 °C. Každý test byl ukončen po 4 hodinách, po této době se již tlak plynu v reaktoru neměnil po dobu alespoň 1 hodiny. Vznikající reakční plyny byly vedeny kapilárou do kondenzačního zařízení, kde byly ochlazovány, zkondenzované kapalné produkty byly jímány a byla oddělena vodná a organická fáze těchto produktů. Plyn zbavený kapalnou fází byl veden přes vodní hodiny (plynůměr G) a po proplachu pěti litrů plynu byl odebrán vzorek do antidifuzního vaku [8] pro následnou analýzu metodou plynové chromatografie (GC) s tepelně-vodivostním detektorem (TCD), aby bylo zjištěno složení vznikajícího plynu.

Oddělená organická fáze byla zbavena prachových nečistot filtrací na smotku skleněné vlny, zbytková voda byla odstraněna pomocí bezvodého síranu sodného.

U všech realizovaných testů byly stanoveny výtěžky vznikajících produktů, tj. vodné a organické fáze a hydrogenačního zbytku.



Obr. 1: Reaktor PARR použitý pro hydrokonverzi kapalných pyrolýzních produktů.



Obr. 2: Katalyzátor, koš s katalyzátorem a míchadlo.

3 Výsledky a diskuse

3.1 Výtěžky produktů hydrokonverze

Produktem hydrokonverze kapalné organické fáze produktu kopyrolýzy je voda, vznikající druhotně při hydrogenaci kyslíkatých látek, přítomných v organické kapalné fázi, plynné produkty, vznikající rozkladem vyšších uhlovodíků při hydrogenaci, organická kapalná fáze (hydrogenační organický kapalný produkt) a hydrogenační zbytek, tvořený převážně vyššími organickými sloučeninami. Tabulka č. 2 uvádí výtěžky jednotlivých produktů hydrogenace.

Z tabulky č. 2 je patrné, že s rostoucím podílem biomasy v pyrolyzní surovině se podle očekávání výrazně zvětšuje po-

díl vzniklé vody, a to z 12 % hm. až na 31 % hm., a naopak se výrazně zmenšuje podíl kapalného organického produktu hydrokonverze. Oproti tomu změny ve výtěžcích plynu, resp. pevného zbytku (včetně ztrát), jsou podstatně menší (14, resp. 30 % rel.).

3.2 Analýza plynných produktů hydrokonverze

Plynné produkty hydrokonverze byly analyzovány metodou GC/TCD. Tabulka č. 3 uvádí koncentrace základních plynných složek v plynném produktu hydrogenace. Poslední řádek uvádí tlakový rozdíl mezi počátečním a konečným pracovním tlakem plynu v reaktoru.

Z tabulky č. 3 je zřejmé, že se zvyšujícím se podílem biomasy ve vstupní pyrolyzní surovině se pokles tlaku zmenšuje. Z koncentrací vodíku je patrné, že jeho nejmenšího využití je dosaženo při nižších podílech biomasy v původní surovině. Koncentrace methanu, ethanu a propanu jsou nejvyšší přibližně v oblasti poměrů biomasy a hnědého uhlí v původní surovině kolem 1:1 hm. Naproti tomu, se zvyšujícím se podílem biomasy v původní vstupní surovině, se zvyšuje koncentrace oxidu uhličitého v plynném produktu. Koncentrace oxidu uhelnatého zůstává za podmínek hydrogenace stabilní, pouze při nižších podílech biomasy je nižší. Ve zbytku jsou započítány ostatní plyny, které nebyly stanovovány jako dopočet do 100 % (sulfan, amoniak, dusíkaté organické sloučeniny, vyšší uhlovodíky atd.).

3.3 Kapalný produkt hydrokonverze

V tabulce č. 4 jsou uvedeny výsledky elementární analýzy kapalného organického produktu. Výsledky dokládají, že s rostoucím podílem biomasy v původní vstupní surovině se ve vzniklém produktu hydrokonverze zmenšuje podle očekává-

Tab. 2: Výtěžky produktů hydrokonverze.

		HU	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	BP
		100 %	90+10 %	80+20 %	70+30 %	60+40 %	50+50 %	40+60 %	30+70 %	20+80 %	10+90 %	100 %
vodná fáze	%	12,0	20,5	21,0	22,0	21,9	24,6	26,4	26,6	31,4	31,1	30,8
organická fáze	%	49,2	47,7	48,1	44,2	43,1	40,3	38,8	36,8	35,4	33,2	29,5
ztráty + zbytek	%	24,9	22,6	19,5	18,1	19,8	20,1	21,8	20,7	18,4	19,8	21,4
plyn	%	14,0	9,2	11,5	15,7	15,2	15,0	13,0	15,9	14,8	15,8	18,3

Tab. 3: Tabulka rozborů plynné fáze.

		HU	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	BP
		100 %	90+10 %	80+20 %	70+30 %	60+40 %	50+50 %	40+60 %	30+70 %	20+80 %	10+90 %	100 %
vodík	% hm.	64,2	60,0	56,4	55,0	53,6	53,2	51,1	53,6	53,6	55,5	55,7
dusík	% hm.	12,7	13,2	10,3	11,1	10,0	9,9	10,9	10,0	11,0	6,7	8,3
oxid uhelnatý	% hm.	1,2	2,3	2,7	3,6	3,8	4,8	5,5	3,8	4,3	3,1	4,6
methan	% hm.	3,1	7,9	6,4	9,5	9,8	9,0	10,0	9,8	6,7	7,7	7,3
oxid uhličitý	% hm.	1,5	4,1	3,2	5,6	5,9	6,8	8,6	5,9	7,1	10,3	9,7
ethan	% hm.	0,5	0,9	0,6	0,9	1,1	1,1	1,2	1,1	0,8	1,2	1,1
propan	% hm.	1,7	2,2	1,7	1,8	2,0	2,0	1,4	2,0	1,5	1,8	1,2
zbytek	% hm.	15,1	9,4	18,7	12,5	13,9	13,2	11,4	13,9	15,1	13,7	12,2
tlak. úbytek	MPa	-1,9	-1,6	-1,5	-1,4	-1,3	-1,2	-0,9	-0,9	-0,9	-0,8	-0,7

Tab. 4: Výsledky analýz hydrogenačního kapalného organického produktu.

		HU	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	BP
		100 %	90+10 %	80+20 %	70+30 %	60+40 %	50+50 %	40+60 %	30+70 %	20+80 %	10+90 %	100 %
S_t^d	% hm.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
C^d	% hm.	87,2	84,21	84,91	82,31	81,61	82,12	81,46	80,9	81,02	81,06	79,9
H^d	% hm.	10,81	9,82	10,54	10,4	10,3	10,19	10,04	9,94	10,17	9,96	9,61
N^d	% hm.	0,24	0,17	0,19	0,17	0,18	0,16	0,16	0,14	0,19	0,16	0,14
O^d	% hm.	1,75	5,8	4,36	7,12	7,91	7,53	8,34	9,02	8,62	8,82	10,35

Tab. 5: Výsledky analýz hydrogenačního zbytku.

		HU	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	HU : BP	BP
		100 %	90+10 %	80+20 %	70+30 %	60+40 %	50+50 %	40+60 %	30+70 %	20+80 %	10+90 %	100 %
A^d	% hm.	1,54	1,63	0,30	0,65	0,41	0,36	0,01	0,36	0,01	0,01	0,01
S_t^d	% hm.	0,26	0,40	0,31	0,32	0,33	0,22	0,23	0,25	0,10	0,26	0,28
C^d	% hm.	91,12	90,31	91,72	92,45	93,05	93,40	93,47	93,00	93,10	93,10	92,90
H^d	% hm.	6,69	6,38	5,50	5,25	4,50	4,60	5,50	5,85	5,45	5,00	4,35
N^d	% hm.	0,66	0,86	1,37	1,22	1,27	0,94	0,85	0,82	0,57	0,41	0,20
O^d	% hm.	<0,01	0,42	0,80	0,12	0,44	0,48	<0,01	<0,01	0,78	1,23	2,27
V^d	% hm.	62,42	58,39	41,94	30,55	22,7	20,94	21,54	21,70	20,85	19,39	20,80

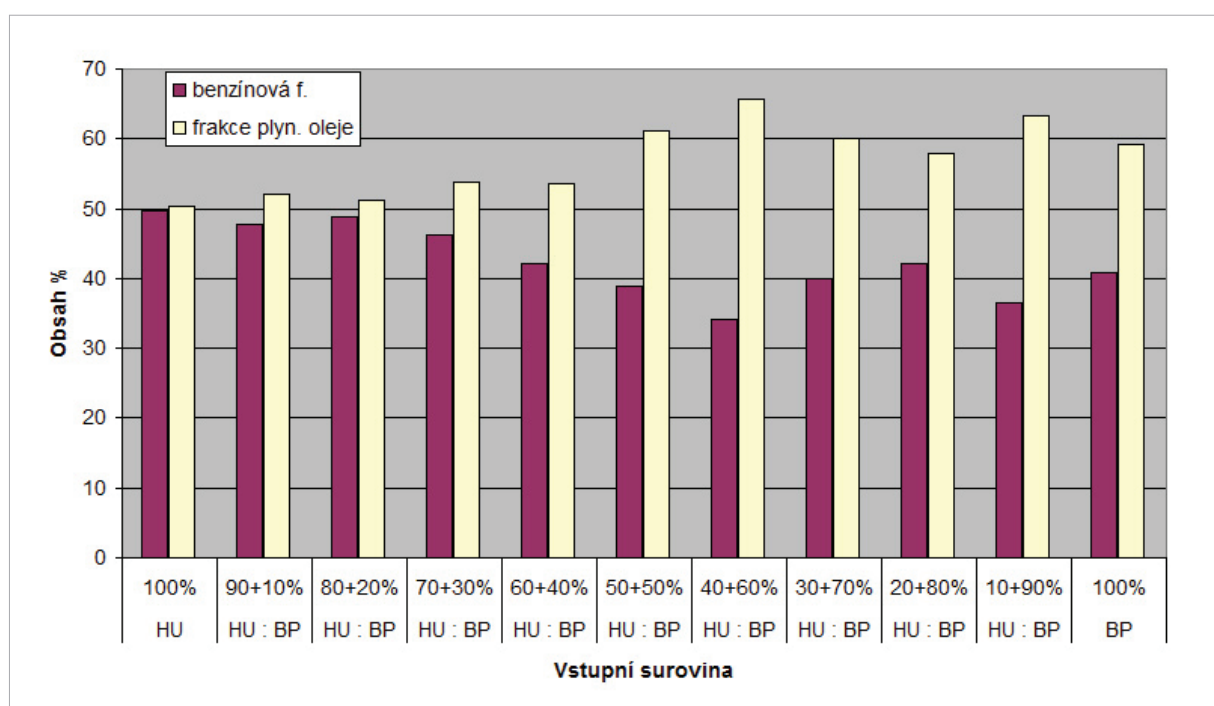
ní obsah vodíku a uhlíku a naopak se zvětšuje obsah kyslíku, a to od 1,75 % hm. u uhlí až do 10 % hm. v případě čisté biomasy (kyslík byl stanoven dopočtem). Koncentrace dusíku zůstává přibližně stejná a koncentrace síry je u všech zkoumaných vzorků pod mezí detekce (100 ppm).

Pomocí analýzy GC-MS byla provedena identifikace jednotlivých složek hydrogenačního kapalného organického produktu. Po identifikaci byly jednotlivé látky rozděleny do benzínové frakce a frakce plynového oleje. Graf č. 1 uvádí rozdělení produktu do jednotlivých frakcí. Z grafu vyplývá, že při

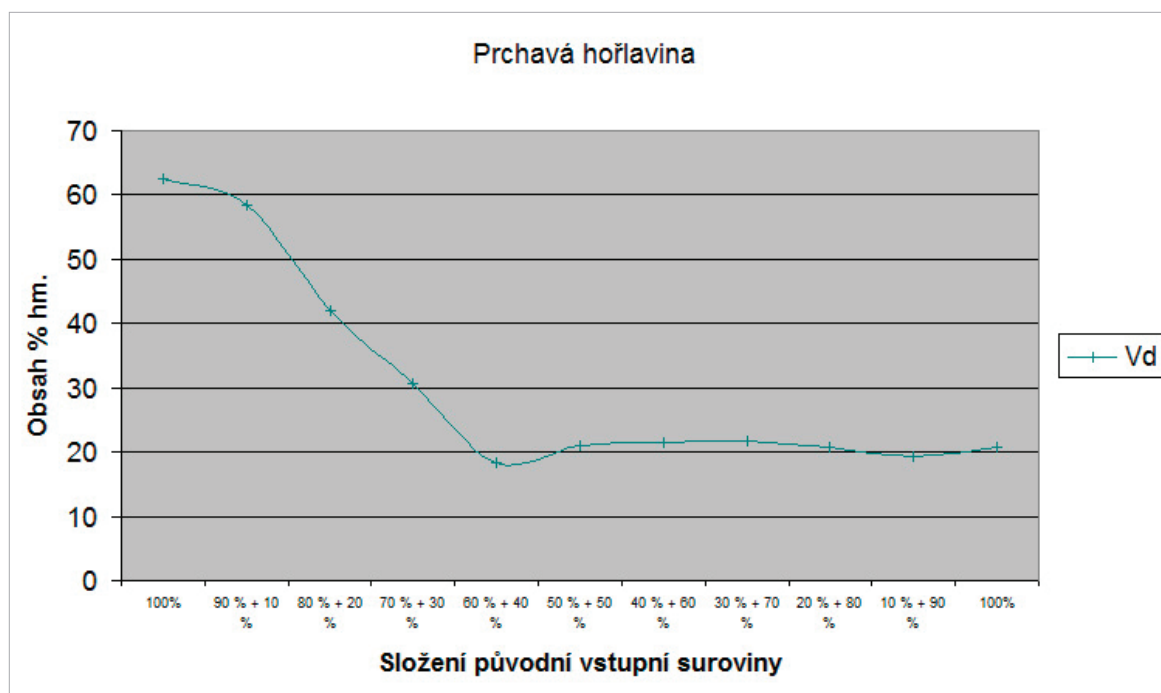
nižších podílech biomasy v původní vstupní surovině je podíl benzínové frakce a frakce plynového oleje přibližně stejný. Počínaje obsahem biomasy v pyrolyzované surovině 30 % hm. je s dalším zvětšováním jejího obsahu dosahováno větších výtěžků plynového oleje na úkor menších výtěžků benzínové frakce.

3.4 Zbytek z hydrokonverze

U hydrokonverzního zbytku byl proveden elementární rozbor (C, H, N, O, S) a stanoven obsah popela a prchavé hořlaviny.



Graf 1: Rozdělení kapalného organického produktu po hydrogenaci do frakcí.



Graf 2: Závislost podílu obsahu prchavé hořlaviny ve vzorku hydrogenačního zbytku na složení původní vstupní suroviny.

Výsledky těchto analýz jsou uvedeny v tabulce č. 5. Graf č. 2 zobrazuje průběh obsahu prchavé hořlaviny v závislosti na složení vstupní pyrolyzní suroviny.

S výjimkou obsahu prchavé hořlaviny jsou všechny ukazatele v tabulce č. 5 relativně konstantní a nevykazují významné změny v závislosti na složení původní vstupní pyrolyzní suroviny. Obsah prchavé hořlaviny klesá s rostoucím podílem biomasy v původní vstupní surovině, a to od 60 % hm. v případě čistého hnědého uhlí až na 20 % hm. u pyrolyzní suroviny obsahující 40 % hm. biomasy. Dále tato hodnota zůstává v podstatě konstantní při zvyšujícím se podílu biomasy. Z výsledků lze usuzovat, že při hydrogenaci organické kapalně fáze, vzniklé pyrolyzou hnědého uhlí či směsi hnědého uhlí s nízkým podílem biomasy, vznikají nižší kapalně uhlovodíky.

4 Závěr

Na základě získaných experimentálních dat lze konstatovat, že s rostoucím podílem biomasy v pyrolyzované surovině se zvětšuje podíl vody a plynů v produktu hydrokonverze kapalněho pyrolyzního produktu, a naopak se zmenšují podíly kapalněho a zbytkového produktu hydrokonverze. V plynném produktu hydrokonverze s rostoucím podílem biomasy roste obsah oxidu uhličitýho. Pokud se týká sledovaných heteroatomů síry, kyslíku a dusíku v kapalném produktu hydrokonverze, jejich obsah je z pohledu dalšího zhodnocení stále ještě vysoký.

Porovnáním kvality vstupní kapalně organické fáze a vzniklého hydrogenačního zbytku lze zaznamenat snížení obsahu kyslíku z hodnot v rozmezí 11-30 % hm. ve vstupní organické fázi (z pyrolyzy) až na hodnoty do max. 2,3 % hm. v hydrogenačním zbytku vlivem hydrogenace. Při zvolených podmínkách hydrogenace se kyslíkaté organické látky pravděpodobně rozkládají za vzniku vody a malého množství oxidů uhličitých

a uhelnatého. Ke snížení došlo i u obsahu dusíku a síry. V porovnání vyšší je obsah uhlíku, který se zvýšil z původních 60 až 80 % hm. na 90 až 93 % hm.

Hydrogenací došlo prakticky k odstranění sirných sloučenin v hydrogenačním kapalně organickém produktu. Provedené prvkové bilance ukazují, že většina síry při hydrogenaci přechází do formy plynných sirných sloučenin a část zůstává v hydrogenačním zbytku.

Porovnáním elementárního složení vzniklého hydrogenačního kapalně organického produktu a vstupní suroviny lze zaznamenat snížení obsahu kyslíku z hodnot 11-30 % hm. ve vstupní surovině až na hodnoty 2-11 % hm. v hydrogenačním produktu. Obsah uhlíku a vodíku je u hydrogenačního kapalně organického produktu v porovnání se vstupní surovinou vyšší.

Vybrané vzorky pyrolyzní suroviny a získaného kapalněho hydrogenačního produktu budou dále analyzovány pomocí simulované destilace a techniky GCxGC pro posouzení změn typového složení surovin před hydrogenací a výsledných produktů po hydrogenaci.

Poděkování

Výzkumná práce byla provedena za podpory Grantové agentury České republiky v rámci řešení grantového projektu GA 105/09/1554 „Konverze českých hnědých uhlí s látkami bohatými na vodík jako postup získávání kapalných a plynných uhlovodíků“.

Literatura

- [1] ŠAFÁŘOVÁ, M., KUSÝ, J., ANDĚL, L.: *Pyrolysis of brown coal under different process condition*, Fuel 84 (2005), pp. 2280-2285, Elsevier Ltd., 2005.

- [2] CIAHOTNÝ, K.: *Možnosti odstraňování CO₂ ze spalín fosilních paliv a jeho bezpečné ukládání*, Aprochem 2009, Milovy – Sněžné n.M.
- [3] VRBOVÁ, V., CIAHOTNÝ, K., PROCHÁZKOVÁ, A.: *Adsorption of CO₂ the special adsorbents*, 2nd CO₂ NET EAST Workshop, CO₂ Capture and Storage –Response to Climate Change, 3 –4 March 2009, Bratislava, 2009.
- [4] VRBOVÁ, V., CIAHOTNÝ, K., PROCHÁZKOVÁ, A.: *Odstraňování CO₂ z bioplynu na speciálních sorbentech*, Mezinárodní konference Bioplyn 2009, České Budějovice, 8. –9. dubna 2009.
- [5] VRBOVÁ, V.: *Carbon dioxide removal from biogas*, International Conference of students and young researchers April 22 – 24, 2009, St. Petersburg, Russia, 2009.
- [6] KUSÝ, J., ANDĚL, L., ŠAFÁŘOVÁ, M., VALEŠ, J.: *Vliv přídavku biomasy na kvalitu produktů pyrolýzy hnědého uhlí*, Zpravodaj Hnědé uhlí 2/2012, s. 16-23, ISSN 1213–1660.
- [7] KUSÝ, J., ANDĚL, L., ŠAFÁŘOVÁ, M., VALEŠ, J., CIAHOTNÝ K.: *Hydrogenation process of the tar from pyrolysis of brown coal*, Fuel 101 (1012), pp 38-44, Elsevier Ltd., 2012.
- [8] KUSÝ, J., BREJCHA, J., HAUTKE, P.: *Antidifuzní vak pro odběr a uchování plynů a vzdušnin*, autorské osvědčení č. 245959, Úřad průmyslového vlastnictví,

Použitá symbolika a zkratky

A^d	obsah popela v sušině
S_i^d	celkový obsah síry v sušině
C^d	obsah uhlíku v sušině
H^d	obsah vodíku v sušině
N^d	obsah dusíku v sušině
O^d	obsah kyslíku v sušině
V^d	obsah prchavé hořlaviny v sušině

Aktualita

Konference

Jezera a mokřady ve zbytkových jámách po těžbě nerostů

Ve dnech **16.-18. dubna 2013** proběhne v Mostě konference zaměřená na problematiku hydrických rekultivací těžebních jam - především po těžbě hnědého uhlí.

Témata konference:

- Sanace a rekultivace zbytkových jam po těžbě nerostů, projekce
- Rekultivace menších těžeben, specifika různých nerostů
- Hydrologické, hydrogeologické a hydrobiologické aspekty zatápnění těžebních jam
- Vývoj chemických a biologických parametrů zatápněných jam
- Ekologická obnova těžebních jam a jejich význam pro zvyšování biodiverzity
- Možnosti využití jezer ve zbytkových jámách (rekreace, zdroj vody)

Kontakt na pořadatele: Mgr. Richard Lhotský, Ph.D., ENKI, o.p.s., Dukelská 145, 379 01 Třeboň, e-mail: enki@enki.cz, web: www.enki.cz

