

KOPYROLÝZA HNĚDÉHO UHLÍ A ŘEPKOVÝCH POKRUTIN

KAREL CIAHOTNÝ^a, JAROSLAV KUSÝ^b,
LUCIE KOLÁŘOVÁ^a, MARCELA ŠAFÁŘOVÁ^b
a LUKÁŠ ANDĚL^b

^a Ústav plynárenství, koksochemie a ochrany ovzduší,
FTOP, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze,
Technická 5, 166 28 Praha 6, ^b Výzkumný ústav pro hnědé
uhlí a.s., Budovatelů 2830, 434 37 Most

Karel.Ciahotny@vscht.cz, Lucie.Kolarova@vscht.cz,
kusy@vuhu.cz, safarova@vuhu.cz, andel@vuhu.cz

Došlo 20.8.10, přijato 31.3.11.

Klíčová slova: uhlí, pokrutiny, kopyrolýza, kapalná paliva

Úvod

V současné době jsou hledány nové postupy výroby pohonných hmot z alternativních surovin. Takovými surovinami mohou být např. hnědé uhlí nebo řepkové pokrutiny vznikající při lisování řepkového semene. Některé druhy českých hnědých uhlí se vyznačují zvýšeným obsahem dehtu² přesahujícím 20 hm.%, který je při pyrolýze transformován většinou do kapalných produktů. Tato uhlí jsou zvláště vhodná pro použití k „chemickým účelům“ a je škoda je spalovat za účelem pouhého získání tepelné energie. Proto byla v rámci řešení grantového úkolu GA ČR 105/09/1554 „Konverze českých hnědých uhlí s látkami bohatými na vodík jako postup získání kapalných a plyných uhlovodíků“ zkoumána možnost využití technologie kopyrolýzy k výrobě pohonných hmot ze surovin na bázi českého hnědého uhlí a řepkových pokrutin produkovaných při lisování řepkového semene.

Experimentální část

Kopyrolýza směsi hnědého uhlí a řepkových pokrutin byla zkoumána s použitím laboratorní pokusné aparatury. Cílem prováděných pokusů bylo najít vhodný poměr hnědého uhlí a pokrutin v pyrolyzované směsi a vhodné podmínky pyrolýzy, které by zajistily co nejvyšší výtěžky kapalných produktů s pokud možno nízkým podílem kyslíkatých látek. K laboratorním testům kopyrolýzy bylo zvoleno hnědé uhlí s vysokým obsahem dehtu a pokrutiny vznikající jako druhotný produkt při lisování řepkového oleje z řepkového semene. Obě komponenty jsou v ČR v současné době dostupné ve velkém množství potřebném pro eventuální budoucí průmyslovou výrobu pohonných hmot.

Suroviny použité k pyrolýze a jejich vlastnosti

K laboratorním testům bylo použito hnědé uhlí z lomu ČSA a pokrutiny vznikající při lisování řepkového semene ve firmě Preol, a.s. Základní vlastnosti těchto surovin jsou uvedeny v tab. I.

Obě suroviny byly před pyrolýzou upraveny mletím na velikost částic menší než 3 mm v talířovém stolním mlýnku a následně smíchány v požadovaných poměrech dohromady v mísiči firmy Eirich. Pro experimenty bylo připraveno celkem 5 vzorků s různými poměry hnědé uhlí – pokrutiny s obsahy 100, 95, 90 a 85 hm.% uhlí, poslední vzorek tvořily pouze pokrutiny bez uhlí.

Pro stanovení základních vlastností byly obě výchozí suroviny dále upraveny na analytický vzorek (zrnitost pod 0,2 mm) a vysušeny při teplotě 105 °C. Navážky vzorků použitých k pyrolýzním testům činily ve všech případech 1000 g.

Laboratorní pyrolýzní aparatura

Pyrolýzní testy byly prováděny v laboratorní jednotce s kovovou retortou³ ve tvaru kvádrů o rozměrech 165 × 200 × 74 mm (objem cca 2450 ml) umožňující pyrolyzovat vsázky o hmotnosti cca 1 kg. Laboratorní pyrolýzní jednotka je znázorněna na obr. 1.

Podmínky měření

Pyrolyzovaný vzorek materiálu byl naplněn do retorty, která byla vložena do elektricky otápěné pece a inertizována proplachem dusíkem. Retorta byla zahřívána na konečnou teplotu 650 °C s teplotním gradientem 3,5 °C min⁻¹ a časovou prodlevou 1 hodina na konečné teplotě. Těkavé produkty odcházející z horní části retorty byly vedeny do

Tabulka I

Základní vlastnosti surovin použitých k pokusům

Parametr	Jednotka	Hnědé uhlí	Řepkové pokrutiny
W ^a	hm. %	6,0	6,3
A ^d	hm. %	4,1	6,4
S ^d	hm. %	0,8	0,7
C ^d	hm. %	72,3	49,1
H ^d	hm. %	5,7	7,2
N ^d	hm. %	0,9	5,3
O ^d	hm. %	16,4	31,4
V ^d	hm. %	54,8	78,1
T _{SK} ^d	hm. %	25,4	34,1
W _{SK} ^d	hm. %	8,4	20,8
Q _s ^d	MJ kg ⁻¹	31,3	22,0
Q _t ^d	MJ kg ⁻¹	30,1	20,4



Obr. 1. Laboratorní jednotka pro studium kopyrolýzy hnědého uhlí a řepkových pokrutin

nepřímého vodního chladiče a dále do tří za sebou zařazených odlučovačů pro odlučování dehtové mlhy. Odcházející plyn byl pro analýzy odebírán do vzorkovacích nádob (tedlarové vaky) a jeho přebytky byly spalovány v plynovém hořáku. Odběry vzorků plynu byly prováděny při teplotě v pyrolýzní retortě 510 °C. Po ukončení pyrolýzy byl systém opět propláchnut dusíkem a samovolně chlazen na teplotu okolí. Po ukončení každého testu byla zjištěna hmotnostní bilance pevného a kapalného podílu pyrolýzy. Množství plynných produktů nebylo měřeno, ale v bilanci dopočítáváno do 100 %. Jednotlivé produkty pyrolýzy byly následně podrobeny analytickému zhodnocení.

Použité analytické metody

Pro stanovení většiny parametrů výchozích surovin byly použity normované postupy používané v palivářské analytické chemii. Úprava zrnitosti vzorků surovin byla prováděna podle ČSN 44 13 04 (cit.⁴). Obsah vody ve vzorcích surovin byl stanovován podle ČSN 44 1377 (cit.⁵), obsah popela podle ČSN ISO 1171 (cit.⁶) a obsah prchavé hořlaviny podle ČSN 44 1351 (cit.⁷). Elementární rozbor surovin i produktů pyrolýzy byl prováděn na přístroji Elementar Vario EL III dokonalým spálením vzorků v proudu helia s přidavkem kyslíku při teplotě až 1200 °C s následnou adsorpcí vzniklých produktů v systému adsorbérů a stanovením obsahů uhlíku, vodíku, dusíku a síry při zpětné desorpci do proudu plynu pomocí tepelně vodivostního detektoru. Stanovení spalného tepla surovin a výpočet výhřevnosti byly provedeny podle ČSN ISO 1928 (cit.⁸) a ČSN 44 1310 (cit.⁹) za použití kalorimetru PARR 6300. Při stanovení spalného tepla byla prováděna korekce na vznik kyseliny dusičné a kyseliny sírové. Nízkoteplotní karbonizační zkouška pro stanovení obsahu dehtu ve výchozích surovinách byla prováděna postupem podle ČSN ISO 647 (cit.¹⁰).

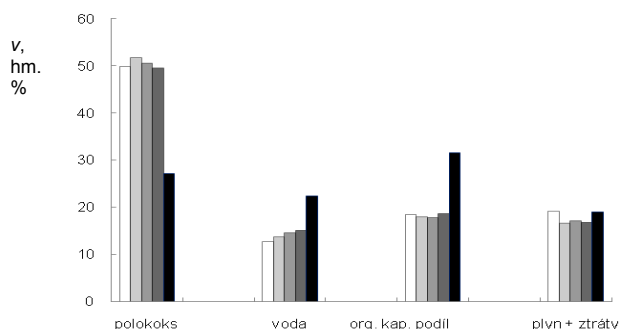
Složení pyrolýzních plynů bylo analyzováno na plynovém chromatografu 82TT Labio Praha s dvojítm tepelně-vodivostním detektorem. Jedna chromatografická kolona naplněná molekulovým sítem 5A byla používána ke stanovení obsahu vodíku, kyslíku, dusíku, methanu a oxidu uhelnatého. Jako nosný plyn byl používán argon. Druhá kolona byla naplněna Porapakem Q a byla používána ke stanovení obsahu CO₂, vyšších uhlovodíků a sulfanu. Jako nosný plyn pro tuto kolonu bylo používáno helium.

Simulovaná destilace kapalných podílů pyrolýzy byla prováděna s použitím chromatografu TRACE 2000 s FID detektorem a kapilární kolonou o délce 5 m se zakotvenou nepolární fází. Jako nosný plyn bylo použito helium. Separace směsí org. látek probíhala v gradientovém teplotním režimu s počáteční teplotou – 30 °C, konečnou teplotou 410 °C a gradientem ohřevu 15 °C min⁻¹. Ke kalibraci byla použita směs *n*-alkánů C₇ až C₁₂.

Výsledky a diskuse

Výtěžky jednotlivých produktů testů laboratorní pyrolýzy hnědého uhlí, pokrutin a směsí těchto surovin v různých poměrech jsou uvedeny na obr. 2.

Z hmotnostní bilance pyrolýzních produktů jsou patrné velké rozdíly v případě pyrolýzy uhlí a řepkových pokrutin. Zatímco při pyrolýze uhlí i všech směsí uhlí s přidavkem biomasy, tj. pokrutin, připadá největší výtěžek na tuhý pyrolýzní zbytek (polokoks), při pyrolýze pokrutin je produktem s největším výtěžkem organický kapalný podíl a podíl polokoksu je zhruba poloviční ve srovnání s pyrolýzou uhlí a uhelných směsí. Tyto rozdíly se u použitých surovin daly očekávat; řepkové pokrutiny obsahují po lisování ještě vysoký podíl zbytkových olejů, které během pyrolýzy přecházejí hlavně do organického kapalného podílu. Výtěžky pyrolýzního plynu jsou ve všech případech podobné. Velké rozdíly vykazují výtěžky pyrolýzní vody, které bylo v případě pyrolýzy řepkových



Obr. 2. Výtěžky (v) jednotlivých produktů z pyrolýzy hnědého uhlí, řepkových pokrutin a směsí těchto surovin při 650 °C: □ 100 % uhlí, ▒ 95 % uhlí, ▒ 90 % uhlí, ▒ 85 % uhlí, ■ 100 % pokrutiny

Tabulka II
Vlastnosti pevných pyrolýzních zbytků

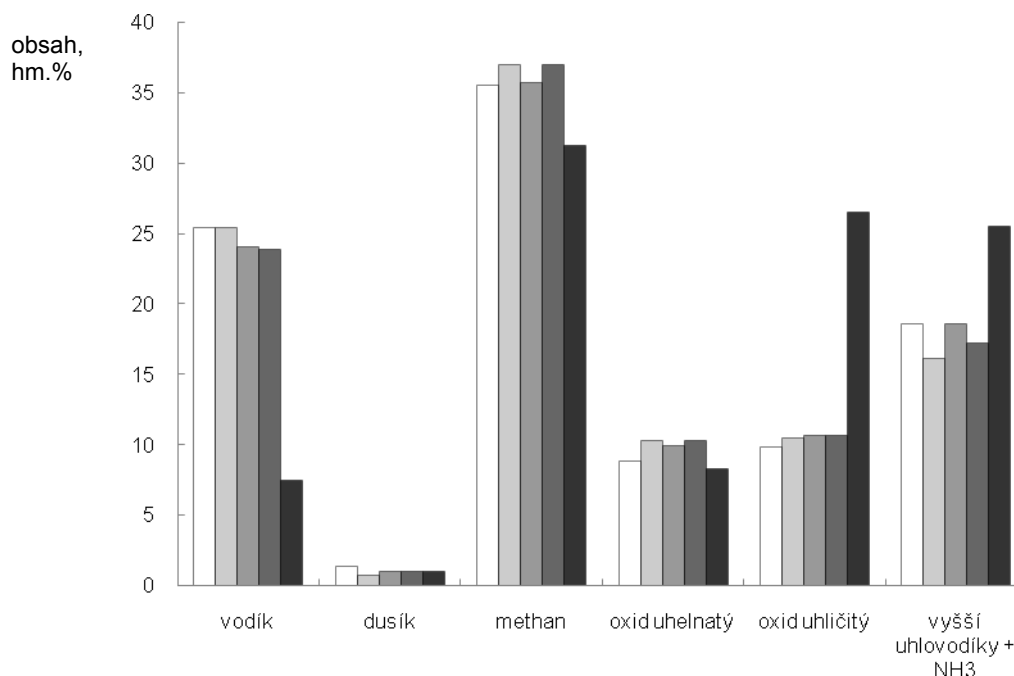
Parametr	Jednotka	100 % uhlí	95 % uhlí	90 % uhlí	85 % uhlí	100 % pokrutiny
W ^a	hm. %	0,08	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,94
A ^d	hm. %	8,1	8,0	7,9	8,3	16,1
S ^d	hm. %	0,7	0,3	0,4	0,3	0,5
C ^d	hm. %	85,1	84,6	84,5	84,1	63,7
H ^d	hm. %	2,1	2,2	2,1	2,3	3,9
N ^d	hm. %	1,2	1,4	1,5	1,6	7,1
O ^d	hm. %	2,9	3,5	3,5	3,5	8,8
V ^d	hm. %	4,3	4,6	4,3	4,3	27,2
Q _s ^d	MJ kg ⁻¹	32,2	32,4	32,3	32,0	27,0
Q _i ^d	MJ kg ⁻¹	31,8	31,9	31,9	31,5	26,2

pokrutin vyprodukováno asi o jednu třetinu více než při pyrolýze uhelných směsí. Je to patrně ovlivněno zejména tvorbou tzv. pyrogenické vody, která vzniká během pyrolýzy z OH skupin odštěpovaných z pyrolyzované hmoty jejich rekombinací s vodíkovými radikály. Vlhkost obou surovin použitých k pyrolýze byla obdobná (viz tab. I). Z bilance vody vyplývá, že při pyrolýze hnědého uhlí tvoří pyrogenická voda asi polovinu z celkového množství odloučené vody (53 %), zatímco při pyrolýze pokrutin je podíl pyrogenické vody v odloučené vodě asi tři čtvrtiny

(72 %).

Obdobným způsobem, jak bylo provedeno hodnocení obou surovin použitých k pyrolýze, byly zhodnoceny také vzorky tuhého pyrolýzního zbytku (polokoksu). Výsledky těchto analýz jsou uvedeny v tab. II.

Při porovnání vlastností pevných pyrolýzních zbytků (tab. II) s vlastnostmi surovin použitých k pyrolýze (tab. I) je zřejmé, že popeloviny obsažené v surovinách zůstávají z největší části v polokoksu; u hnědého uhlí je to z 99 %, u směsi uhlí a pokrutin obsahující 95 % uhlí je to z 95 %, u směsi uhlí a pokrutin obsahující 90 % uhlí je to z 90 %, u směsi uhlí a pokrutin obsahující 85 % uhlí je to z 85 %, u směsi uhlí a pokrutin obsahující 100 % pokrutin je to z 100 %.



Obr. 3. Průměrné složení pyrolýzních plynů: □ 100 % uhlí, ■ 95 % uhlí, ■ 90 % uhlí, ■ 85 % uhlí, ■ 100 % pokrutiny

u směsi obsahující 90 % uhlí z 94 %, u směsi obsahující 85 % uhlí z 93 % a u řepkových pokrutin z 69 %; je možné, že část těkavějších složek popelovin obsažených v řepkových pokrutinách (zejména složky obsahující alkalické kovy) odejde během pyrolýzy z reaktoru spolu s těkavými produkty. Z hodnocení obsahu prchavé hořlaviny ve vzorcích tuhých pyrolýzních zbytků je zřejmé, že u pokrutin zůstává při teplotě pyrolýzy 650 °C ještě asi 27 hm.% prchavých látek v tuhém zbytku, což je přibližně 6× více než u pyrolýzních zbytků z uhlí a uhelných směsí. Zvýšením teploty pyrolýzy, případně dalšími změnami experimentálních podmínek, by patrně bylo možné snížit obsah prchavé hořlaviny v tuhém zbytku z pyrolýzy pokrutin a tím dosáhnout vyšších výtěžků organického kapalného podílu.

Průměrné složení pyrolýzních plynů z jednotlivých pokusů je pak uvedeno na obr. 3.

Složkou s nejvyšší koncentrací v pyrolýzních plynech je ve všech případech methan, který má vysokou výhřevnost a podílí se tak významně na vysoké výhřevnosti pyrolýzního plynu, blížíci se výhřevnosti zemního plynu. Velké rozdíly jsou v koncentraci vodíku v pyrolýzních plynech. Zatímco u plynů vzniklých pyrolýzou uhlí a uhelných směsí je koncentrace vodíku v plynu kolem 25 obj.%, je u vzorku plynu z pyrolýzy řepkových pokrutin přibližně 3× nižší (7,5 obj.%). Je to patrně způsobeno již výše zmíněnou skutečností, že určitá část vodíku z plynu vniklého pyrolýzou řepkových pokrutin se spotřebuje na tvorbu pyrogenické vody rekombinací s hydroxylovými radikály. Další velké rozdíly ve složení pyrolýzních plynů je možné pozorovat u koncentrace oxidu uhličitého. U plynů z pyrolýzy uhlí a uhelných směsí se jeho koncentrace pohybuje kolem 10 obj.%, u plynu z pyrolýzy pokrutin pak činí více než 26 obj.%. To je možné vysvětlit rozdílným obsahem karboxylových skupin přítomných v uhlí a v pokrutinách. Tyto skupiny jsou během pyrolýzy při teplotách do 650 °C z materiálu odštěpovány a pravděpodobně generují zejména CO₂.

Tab. III uvádí výsledky analýz kapalných organických podílů z jednotlivých zkoušek a obr. 4 jejich destilační charakteristiky.

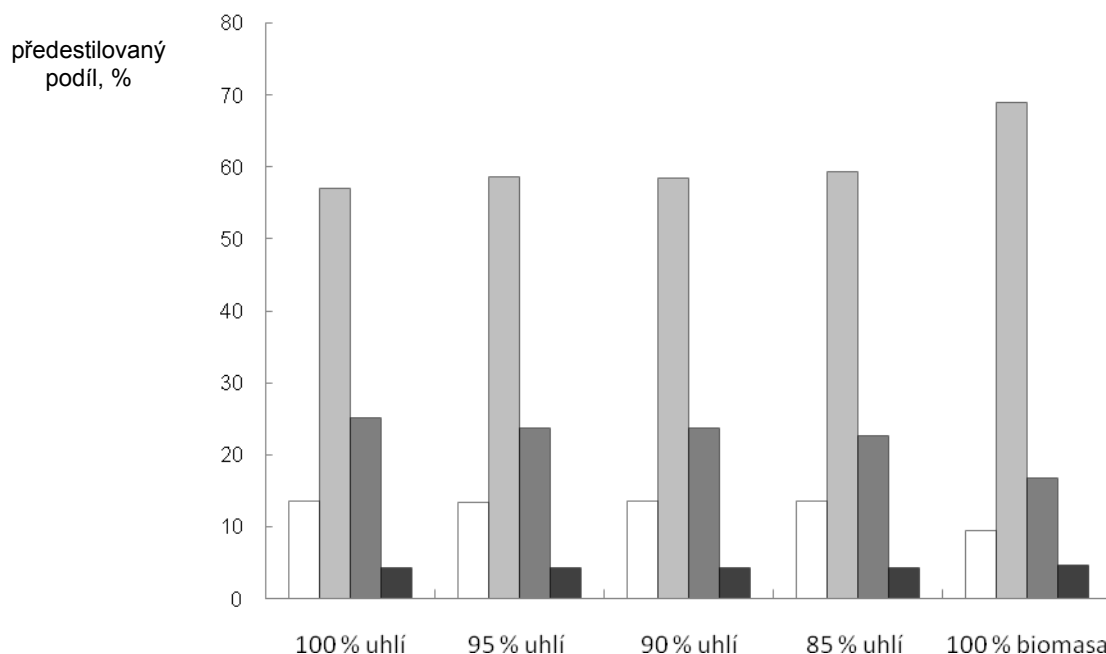
Spalné teplo a výhřevnost kapalných organických podílů pyrolýzy byly zjišťovány výpočtem z jejich elementárního složení.

Při porovnání výsledků analýz kapalných organických produktů pyrolýzních testů jsou největší rozdíly patrné především v obsahu dusíku a obsahu kyslíku. Zatímco u kapalných organických podílů z pyrolýzy uhlí a uhelných směsí obsah kyslíku nepřekročí 1 hm.%, u kapalného organického podílu z pyrolýzy řepkových pokrutin činí 6,5 hm.%. Obsah dusíku v kapalných organických podílech z pyrolýzy uhlí a uhelných směsí roste od 0,9 hm.% (kap. podíl z pyrolýzy uhlí) po 2,7 hm.% (kap. podíl z pyrolýzy uhelné směsi obsahující 15 % pokrutin). U kapalného organického podílu z pyrolýzy řepkových pokrutin je obsah dusíku dokonce 7,7 hm.%. Rozdílné obsahy dusíku jsou dány rozdílným složením surovin použitých k pyrolýze (viz tab. I). Je zřejmé, že zvýšený obsah dusíku v kapalných organických produktech vniklých při pyrolýze směsí obsahujících pokrutiny, zatímco v případě kyslíku tomu tak není.

Kapalné organické podíly z pyrolýzy uhlí a uhelných směsí a z pyrolýzy řepkových pokrutin vykazují také určité rozdíly v teplotách varu jednotlivých organických látek. Kapalné organické podíly získané pyrolýzou uhlí a uhelných směsí mají ve srovnání s tímto podílem z pyrolýzy řepkových pokrutin vyšší obsah látek s body varu do 200 °C i vysoce vroucích látek s body varu v rozmezí 400–540 °C; naproti tomu je u kapalného organického podílu z pyrolýzy pokrutin daleko vyšší obsah látek s destilačním rozmezím 200–400 °C. Je to dáno rozdílným složením kapalných podílů z pyrolýzy uhlí a uhelných směsí a pyrolýzy řepkových pokrutin¹¹. Vyhodnocení chromatografických záznamů s hmotnostní detekcí dokládá, že v kapalných organických podílech z pyrolýzy uhlí a uhelných směsí převládají aromatické sloučeniny (především monoaromáty), zatímco kapalný organický podíl z pyrolýzy řepkových pokrutin je tvořen převážně organickými kyselinami. To se mohlo odrazit také při stanovení destilačního rozmezí kapalného podílu z pyrolýzy pokrutin, ve kterém převažují polární organické kyseliny, meto-

Tabulka III
Vlastnosti kapalných organických podílů

Parametr	Jednotka	100 % uhlí	95 % uhlí	90 % uhlí	85 % uhlí	100 % pokrutiny
S ^d	hm.%	0,29	0,25	0,14	0,19	0,14
C ^d	hm.%	88,31	86,86	87,27	86,70	73,20
H ^d	hm.%	9,95	10,30	10,13	10,29	12,48
N ^d	hm.%	0,89	1,87	2,11	2,70	7,70
O ^d	hm.%	0,55	0,72	0,33	0,11	6,47
Q _s ^d	MJ kg ⁻¹	44,69	44,67	44,63	44,71	42,07
Q _i ^d	MJ kg ⁻¹	42,55	42,45	42,45	42,49	39,38



Obr. 4. Destilační charakteristika kapalných organických podílů: □ do 200 °C, ■ 200–400 °C, ■ 400–540 °C, ■ nad 540 °C

dou simulované destilace. Tyto látky eluují při simulované destilaci ze separační kolony dříve, než by odpovídalo jejich teplotě varu.

Závěr

Hnědé uhlí s vysokým obsahem dehtu i řepkové pokrutiny jsou vhodnými surovinami pro získávání kapalných uhlovodíků postupem pyrolýzy za teplot do 650 °C. Výtěžky kapalných organických produktů dosahují v případě uhlí a směsí uhlí s pokrutinami cca 20 %, v případě pokrutin cca 30 % z hmotnosti použitých surovin. Kapalně organické produkty jsou v případě uhlí a uhelných směsí tvořeny především monoaromáty a jejich deriváty, v případě řepkových pokrutin pak hlavně vyššími mastnými kyselinami.

Při kopyrolýze směsí uhlí s pokrutinami s obsahem uhelné složky 85–95 hm.% přechází dusík obsažený ve vysoké koncentraci v pokrutinách hlavně do kapalných organických podílů, zatímco kyslík přítomný ve vyšší koncentraci v pokrutinách je transformován hlavně do podoby CO₂ a pyrogenické vody. To se projeví také v rozdílném energetickém obsahu kapalných organických produktů získaných při pyrolýze uhlí a směsí uhlí a pokrutin ve srovnání s energetickým obsahem kapalného podílu z pyrolýzy pokrutin, který je nižší.

Výtěžky pyrolýzního plynu se pohybují v rozmezí 17 až 19 hm.%, spalné teplo plynu je 31–32 MJ m⁻³ plynu.

Nejvyšších koncentrací v pyrolýzních plynech dosahuje methan, dále pak v případě pyrolýzy uhlí a uhelných směsí vodík. Obsah vodíku v pyrolýzním plynu z pyrolýzy pokrutin je nižší, což je způsobeno jeho rekombinací s OH radikály při tvorbě pyrogenické vody. Plyn z pyrolýzy pokrutin obsahuje naopak vysoké koncentrace CO₂, protože kyslík obsažený v pokrutinách ve vysokých koncentracích je během pyrolýzy transformován z velké části právě do podoby CO₂.

Výtěžky tuhého pyrolýzního zbytku, tj. polokoku, dosahují v případě uhlí a uhelných směsí 50–52 %, v případě pokrutin pak pouze 27 %. Polokoks je tvořen hlavně uhlíkem (u uhlí a uhelných směsí 84–85 %, u pokrutin pouze 64 %); polokoks z pokrutin obsahuje ve srovnání s polokoksem z uhlí a uhelných směsí asi trojnásobně vyšší koncentrace kyslíku a asi čtyřnásobně vyšší koncentrace dusíku. Proto je energetický obsah polokoku z pokrutin nižší ve srovnání s polokoksem z uhlí a uhelných směsí. Výhřevnosti polokoku z uhlí a uhelných směsí jsou 32 MJ kg⁻¹, z řepkových pokrutin 27 MJ kg⁻¹, což je způsobeno vyšším obsahem balastních látek (popel, dusík, kyslík) v polokoku z pokrutin.

Práce vznikla s podporou Grantové agentury ČR při řešení projektu č. 105/09/1554 „Konverze českých hnědých uhlí s látkami bohatými na vodík jako postup získávání kapalných a plyných uhlovodíků“. Autoři článku děkují GA ČR za poskytnutou finanční podporu.

Seznam symbolů

A^d	obsah popela v sušině vzorku, hm. %
C^d	obsah uhlíku v sušině vzorku, hm. %
H^d	obsah vodíku v sušině vzorku, hm. %
N^d	obsah dusíku v sušině vzorku, hm. %
O^d	obsah kyslíku v sušině vzorku, hm. %
Q_i^d	výhřevnost vzorku, MJ kg ⁻¹ , MJ m ⁻³
Q_s^d	spalné teplo vzorku, MJ kg ⁻¹ , MJ m ⁻³
S^d	obsah síry v sušině vzorku, % hm.
T_{SK}^d	obsah dehtu v sušině vzorku, hm. %
V^d	obsah prchavé hořlaviny v sušině vzorku, hm. %
W^a	obsah vody v analytickém vzorku, hm. %
W_{SK}^d	obsah pyrogenické vody, hm. %

LITERATURA

1. Plechač I: *Schémat výroby syntetických paliv a přidružených výrob.* Stalinovy závody n.p., Záluží v Krušných horách 1959.
2. Macůrek V., Valeš J., Kusý J., Anděl L., Šafářová M.: *Zpravodaj Hnědé uhlí* 2, 15 (2010).
3. Šafářová M., Kusý J., Anděl L.: *Fuel* 84, 2280 (2005).
4. ČSN 44 1304: *Tuhá paliva. Metody odběru a úpravy vzorků pro laboratorní zkoušení* (1992).
5. ČSN 44 1377: *Tuhá paliv – Stanovení obsahu vody* (2004).
6. ČSN ISO 1171 (44 1378): *Tuhá paliva – Stanovení popela* (2001).
7. ČSN 44 1351: *Tuhá paliva – Vážková metoda stanovení prchavé hořlaviny* (1981).
8. ČSN ISO 1928 (44 1352): *Tuhá paliva – Stanovení spalného tepla kalorimetrickou metodou v tlakové nádobě a výpočet výhřevnosti* (1999).
9. ČSN 44 1310: *Tuhá paliva – Označování analytických ukazatelů a vzorce přepočtů výsledků rozborů na různé stavy paliva* (1979).
10. ČSN ISO 647: *Stanovení výtěžku dehtu, vody, plynu a koksového zbytku při nízkoteplotní destilaci* (1994).
11. Kolářová L.: Diplomová práce, VŠCHT Praha, Praha 2010.

K. Ciahotný^a, J. Kusý^b, L. Kolářová^a, M. Šafářová^b, and L. Anděl^a (^a Department of Gas, Coke and Air Protection, Institute of Chemical Technology, Prague, ^b Brown Coal Research Institute, Most): **Brown Coal and Rape Cakes Copyrolysis**

Copyrolysis of brown coal with biomass is a method for recovery of liquid hydrocarbons, which can be used after refining as a fuel for engines. The results of brown coal – rape cake copyrolysis on laboratory scale, carried out at up to 650 °C are described. The mass balance of semicoke, liquid and gas products from the copyrolysis of brown coal (85–100 %) – rape cake was estimated. The yields of liquid products were 20 %, whilst those in rape cake pyrolysis 30 %. The yields of gases ranged between 17 and 19 % and their calorific values were 31–32 MJ m⁻³.