

TECHNOLOGIE PRO PYROLÝZU PALIV A ODPADŮ

Lenka Jilková^a, Karel Ciahotný^a, Radek Černý^b

^aVŠCHT Praha, FTOP, Ústav plynárenství, koksochemie a ochrany ovzduší, Technická 5, 166 28 Praha 6

^bVýzkumný ústav anorganické chemie a. s., Areál Chempark 436 70 Litvínov-Záluží

e-mail: lenka.jilkova@vscht.cz

Příspěvek poskytuje základní přehled pyrolýzních technologií, které se používají pro termické zpracování uhlí, biomasy a odpadů v průmyslovém měřítku. Jednotlivé technologie se liší zejména druhem pyrolýzované suroviny (uhlí, různé druhy biomasy, tuhý komunální odpad, čistírenský kal apod.), procesními podmínkami (teplota pyrolýzy, doba zdržení pyrolýzních produktů v reaktoru, odvod produktů z reakčního prostoru), či v konstrukci pyrolýzního reaktoru (typ, způsob ohřevu).

Klíčová slova: uhlí, biomasa, odpad, pyrolýza

Došlo 2. 8. 2012, přijato 3. 9. 2012

1. Úvod

Proces pyrolýzy byl průmyslově využíván již v 19. století, a to k výrobě olejů a parafinů [1]. Největšího rozvoje se však pyrolýza dočkala až ve 20. století, konkrétně v období 2. světové války, kdy byly tímto způsobem v Německu získávány pohonné hmoty z uhlí. Jeden závod na výrobu pohonných hmot byl i na území České republiky, v Záluží u Litvínova, kde bylo zpracovávalo hnědé uhlí. V 60. letech minulého století nahradila ve výrobě pohonných hmot uhlí ropa a pyrolýza byla odsunuta do pozadí [2].

V posledních letech jsou, díky snaze využívat obnovitelné zdroje energie a nahradit tak alespoň část spotřeby fosilních paliv, rozvíjeny nové technologie pyrolýzy, a to zejména pro termické zpracování biomasy. Velký problém u těchto procesů vyplývá však ze složení biomasy. Ta totiž většinou obsahuje vysoký podíl vody a kyslíku, a s tímto faktem jsou spojené vysoké náklady na dopravu, skladování a úpravu biomasy před samotným energetickým využitím. Proto je výhodnější realizace decentralizovaného systému pyrolýzy s navazující centrální úpravou kapalných produktů, které se skladují a přepravují s vyšší ekonomickou účinností (vyšší energetický obsah v jednotkovém objemu, než u původního materiálu) [3].

2. Charakteristika pyrolýzy

2.1. Základy pyrolýzy

Pyrolýza je fyzikálně - chemický proces probíhající za nepřístupu kyslíku, při kterém je surovina termicky rozložena na nízkomolekulární látky a tuhý zbytek [4].

Žádaným produktem jsou ve většině případů kapalné podíly. Proto je důležité nastavit podmínky procesu tak, aby bylo zabráněno rozkladu materiálu až na molekuly plynu, a aby nedocházelo ani k polymerizačním reakcím, které by vedly ke vzniku dalších vysokomolekulárních látek [5].

2.2. Děje probíhající při pyrolýze

Během pyrolýzy prochází zahříváný materiál několika stádii, která jsou typická pro určité rozmezí teplot.

Při teplotách do 150 °C dochází k odpaření volné i hrubé vody a k desorpci adsorbovaných látek (CO₂, CH₄, C₂H₆, N₂); z materiálu se mohou uvolňovat první páry těkavých uhlovodíků. Za teplot 300 – 500 °C dochází k uvolňování velkého množství dehtových par a z materiálu odchází také vodní pára a CO₂ vznikající odštěpováním hydroxylových a karboxylových skupin. Nejvíce vyvíjeným plynem je v tomto rozmezí teplot methan. Při teplotách nad 500 °C ustává vývoj dehtových par a v reaktoru zůstává pevný zbytek (polokoks). Při teplotách vyšších než 600 °C odcházejí z reaktoru již jen plynné produkty (s rostoucí teplotou roste obsah vodíku a klesá obsah methanu) a polokoks se za těchto teplot přeměňuje na koks [6, 7].

2.3. Chemické reakce probíhající při pyrolýze

Během pyrolýzy dochází k velké řadě chemických pochodů:

- štěpení vysokomolekulárních látek;
- polymeraci nízkomolekulárních látek;
- kondenzaci a polykondenzaci;
- cyklizaci;
- izomeraci;
- dehydrogenaci;
- hydrogenaci.

2.4. Produkty pyrolýzy

K hlavním pyrolýzním produktům patří polokoks, kapalné látky (těžký a lehký dehet, střední olej, karbonizační benzin, pyrolýzní voda) a pyrolýzní plyn [8]. Vlastnosti a množství pyrolýzních produktů závisí na podmínkách procesu (teplota, tlak, rychlost ohřevu, doba zdržení produktů v reakčním prostoru, konstrukce reaktoru). Obecně lze říci, že s rostoucí teplotou procesu klesá výtěžek polokoksu (se současně rostoucím obsahem popela v polokoksu) a roste výtěžek prchavých

látek. S rostoucí dobou zdržení klesá výtěžek kapalných produktů, a to z důvodu probíhajících sekundárních reakcí (termické krakování, polymerizace, kondenzace) [9, 10].

Polokoks je velmi reaktivní a čerstvě vyrobený má sklon k samovznícení [6]. Hnědouhelný polokoks obsahuje vysoké množství popelovin a je nespěkavý. Polokoks z černého uhlí přechází při teplotách okolo 900 °C na koks, který neobsahuje už téměř žádné těkavé látky [6, 8].

Pyrolýzou dřeva se po staletí vyrábí dřevěné uhlí. Dřevěné uhlí se dnes používá k výrobě aktivního uhlí (aktivace vodní parou), nebo k výrobě peletovaného paliva. Dále se využívá také ke grilování potravin a k ohřevu kovových částí před jejich zpracováním v kovárnách [7, 11].

Těžký dehet obsahuje velké množství popelovin a uhelného prachu a jeho část se může v místě výroby využívat přímo jako palivo pro ohřev pyrolýzního reaktoru [5, 12].

Pyrolýzní olej je směs několika stovek látek. Významnou složku tvoří fenolové sloučeniny, organické kyseliny, furfural a jeho deriváty aj. [13, 14, 15].

Pyrolýzní olej lze využít k výrobě tepla, respektive k výrobě elektřiny v kogeneračních jednotkách. Spalování v klasických dieselových motorech brání vysoká kyselost olejů, vysoká viskozita a jejich nestabilita. Bioolej může být i zplyňován, přeměňován Fisher-Tropschovou syntézou na methanol, nebo fermentací na ethanol [5, 11, 12, 16].

Pyrolýzní olej je například v USA používán pro spoluspalování s hnědým uhlím. V Nizozemí je pyrolýzní olej spalován v elektrárně společně se zemním plynem, ve Švédsku pak slouží jako palivo pro kotle dálkového vytápění. V Německu je pyrolýzní olej využíván jako palivo pro kogenerační jednotky [5, 12].

Frakce lehkého dehtu a středního oleje obsahuje cca 70 % uhlovodíků a cca 28 % fenolů. Karbonizační benzin obsahuje uhlovodíkové látky až z 90 %, jeho další složkou jsou fenoly [17].

Hydrogenační a rafinační úpravou kapalných pyrolýzních produktů lze dosáhnout produkce látek svou kvalitou srovnatelných s kvalitou pohonných hmot, vyráběných v současné době v největší míře z ropy [5].

Složení pyrolýzního plynu se odvíjí především od vlastností pyrolýzovaného materiálu a teploty pyrolýzy. Hlavními složkami plynu jsou CH₄, H₂, CO₂ a CO. Pyrolýzní plyn je ve většině případů využíván k ohřevu pyrolýzních reaktorů [8, 18].

2.5. Pyrolýzní proces

Aby bylo dosaženo maximálního výtěžku žádaných kapalných produktů, je výhodný proces tzv. rychlé pyrolýzy, který je charakterizován:

- rychlým ohřevem suroviny (přímým, či nepřímým způsobem),
- udržováním požadované teploty (ideálně kolem 500 °C),

- krátkou dobou setrvání těkavých produktů v reaktoru.

Výtěžek bio-oleje u takové pyrolýzy může dosahovat až 70 % [19, 20].

Pyrolýzovaná surovina by měla být vysušena, aby nedocházelo k dalšímu navýšení obsahu vody v bio-oleji, a dále by měla mít nízký obsah popela, který obvykle způsobuje zvýšení výtěžku polokoksu na úkor kapalných produktů [5].

3. Pyrolýzní technologie

3.1. Pyrolýzní technologie pro zpracování uhlí

3.1.1 Technologie Lurgi

Tento proces byl použit k získávání dehtu a karbonizačního benzínu z hnědého uhlí v období 2. světové války na mnoha místech Německa a také v Záluží u Litvínova. Jedná se o dvoustupňový proces, kde v prvním stupni je uhlí sušeno a zároveň předehříváno na teplotu cca 200 °C v sušících komorách se sesuvným pevným ložem proudem spalin. Vysušené předehřáté uhlí přichází následně do druhého stupně, kde se zahřívá přímým kontaktem s horkým karbonizačním plynem na teplotu až cca 600 °C. Odváděné těkavé produkty jsou ochlazeny a je z nich oddělen těžký a lehký dehet, pyrolýzní olej, karbonizační voda a karbonizační benzin (vypíráním pracím olejem).

3.1.2 Technologie Lurgi-Ruhrgas

Tato technologie je modifikací procesu Lurgi. Pro přenos tepla, které je pro pyrolýzu potřeba, je u tohoto procesu využíván horký koks, který se v mechanickém míšiči promíchá s jemně namletým uhlím. Teplota pyrolýzy se pohybuje v rozmezí teplot 450 – 600 °C. Pyrolýzní plyn prochází přes cyklon, kde se oddělí stržený koksový a uhelný prach, a posléze je chlazen, aby z něj kondenzovala voda a dehet. Dehet je vysokotlakou hydrogenací přeměňován na syntetickou ropu, která se následným hydrokrakováním zpracovává na kapalná paliva [17, 21].

3.1.3 Technologie COED (Char Oil Energy Development)

Vysušené a jemně namleté uhlí je pyrolýzováno ve čtyřstupňovém fluidním systému (300 - 350 °C, 450 °C, 540 °C a 870 °C). Čtvrtý reaktor slouží pro spálení polokoksu a využití uvolněného tepla pro ohřev třetího a druhého reaktoru. Doba zdržení v jednotlivých reaktorech se odvíjí od druhu uhlí a procesních podmínek. Po ochlazení pyrolýzního plynu je dehet na filtru zbavován pevných částic a na katalyzátoru je hydrogenován na syntetickou ropu. Ze zbývajících pyrolýzního plynu je vypírán NH₃ a H₂S a část je využívána jako topný plyn a z části se vyrábí vodík k hydrogenaci dehtu [17].

3.2. Pyrolýzní technologie pro zpracování biomasy

3.2.1 Technologie BTG (Biomass Technology Group)

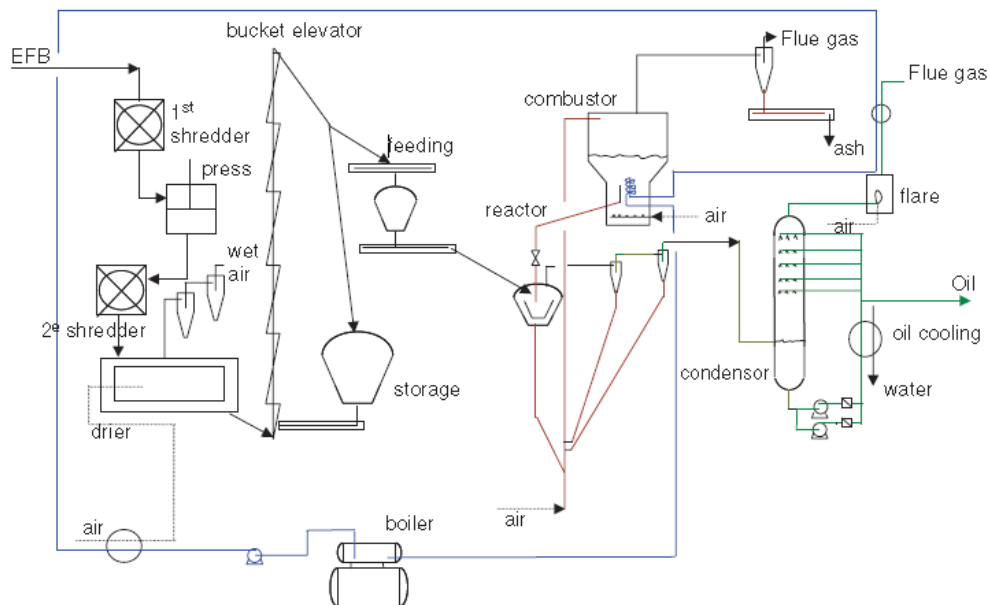
Tato technologie je vyvíjena holandskou společností Biomass Technology Group.

Pyrolýza, provozovaná za účelem získání maximálního množství bio-oleje, probíhá v rotujícím kuželovém reaktoru, kde je biomasa promíchána s teplosměnným médiem, pískem. Pyrolýzovanou surovinou mohou být rozličné druhy biomasy: dřevo, sláma, energetické plodiny, drůbeží trus apod. Od druhu suroviny se však odvíjí množství a kvalita produktů.

Dvě pilotní jednotky jsou v provozu v Holandsku a jedna komerční jednotka byla realizována v Malajsii;

tato jednotka je zároveň prvním průmyslovým zařízením pro rychlou pyrolýzu biomasy na světě.

Jednotka v Malajsii (obr. 1) zpracovává vysušené slupky a vlákna z kokosových ořechů. Výtěžek pyrolýzního oleje činí 50 – 60 % a používá se jako náhrada za topný olej při spoluspalování v energetickém kotli. K ohřevu reaktoru se využívá teplo ze spalování pevného pyrolýzního zbytku. Pyrolýzní plyn je spalován a uvolněné teplo se využívá k výrobě páry [5].

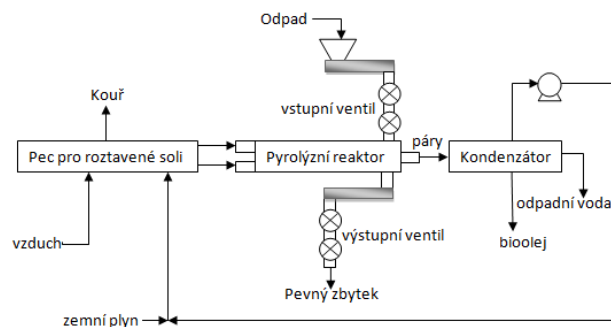


Obr. 1 Schéma procesu BTG v Malajsii [5]

3.2.2 Technologie Pyrovac

Pyrolýza v posuvném loži za vakua byla vyvinuta v Kanadě společností Pyrovac.

V Kanadě je postavena i pilotní jednotka (obr 2.), která zpracovává dřevní kůru. V jednotce je kombinována pomalá a rychlá pyrolýza. Biomasa je pomalu ohřívána teplem přiváděným z taveniny soli na požadovanou teplotu (princip pomalé pyrolýzy) a produkty jsou pomocí vakua rychle odváděny z reakčního prostoru (princip rychlé pyrolýzy). Spalováním pyrolýzního plynu je získáváno teplo pro ohřev taveniny soli [5].

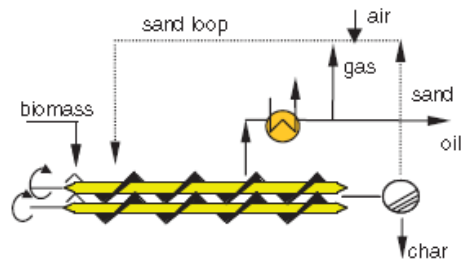


Obr. 2 Schéma procesu Pyrovac [22]

3.2.3 Technologie Bioliq

Tato technologie byla vyvinuta v Německu a pilotní zařízení na pyrolýzu slámy bylo postaveno v Karlsruhe (500 kg·hod⁻¹). V Iowě byla postavena komerční jednotka na zemědělské zbytky (50 t·hod⁻¹).

Pyrolýza probíhá v dvojitém šnekovém reaktoru (převzat od společnosti Lurgi), kde se biomasa míchá s teplosměnným médiem - pískem nebo ocelovými kuličkami (obr. 3). Teplo uvolněné spálením pyrolýzního plynu se využívá k ohřevu teplosměnného materiálu. Hlavním produktem je v tomto případě slurry, což je kapalný podíl s přimíchaným jemně rozemletým polokoksem. Slurry je následně konvertováno zplyňováním na syntézní plyn [5, 23].

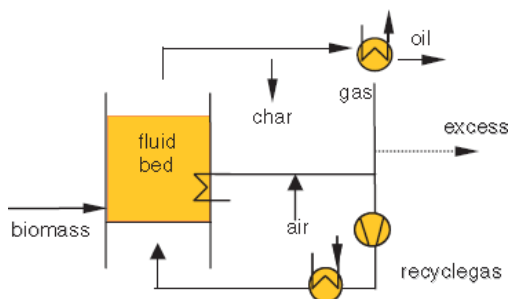


Obr. 3 Schéma pyrolýzního reaktoru [5]

3.2.4 Technologie BioTherm

Pyrolýzu probíhající ve fluidním loži (obr. 4) použila společnost Dynamotive u jednotky v Kanadě, která zpracovává dřevní piliny (cca 100 t·den⁻¹). Tato jednotka však procházela značnými provozními problémy, proto postavila společnost Dynamotive novou jednotku s vylepšenou konstrukcí o kapacitě 200 t·den⁻¹ [23].

Fluidní lože tvoří jemný písek. Problém s pomalým přenosem tepla do fluidní vrstvy je vyřešen velkou plochou výměníku. Bio-olej je spalován v plynové turbíně, o výkonu 2,5 MW, používané k výrobě elektrické energie [5, 24].

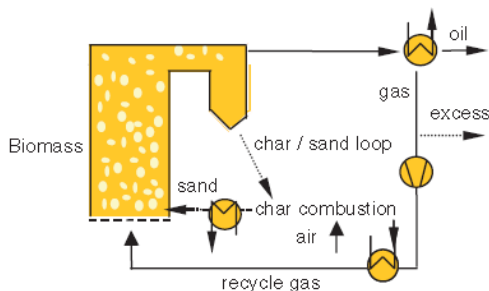


Obr. 4 Schéma procesu BioTherm [5]

3.2.5 Technologie RTP (Rapid Thermal Processing)

U této technologie se jedná o pyrolýzu ve fluidním loži a s cirkulující vrstvou. Společnost Ensyn Technologies vystavila jednotku v kanadské Ottawě za účelem výroby kapalných produktů jako zdroje chemikálií a paliv, a to o kapacitě 625 kg·hod⁻¹. Další menší jednotky byly zprovozněny v Kanadě a ve Finsku (Metso). Cirkulující lože tvoří písek, který funguje jako dobré teplosměnné médium. Písek je s polokoksem veden do spalovací komory, kde se spálí koks a horký písek se vrací do reaktoru. Výtěžky kapalných produktů mohou u této technologie dosahovat až 70 %. Problémem je

velký objem cirkulujícího plynu, který musí být čištěn. Dalším problémem je eroze zařízení [5, 24].



Obr. 5 Schéma procesu RTP [5]

3.2.6 Technologie BTO (Biomass-to-Oil)

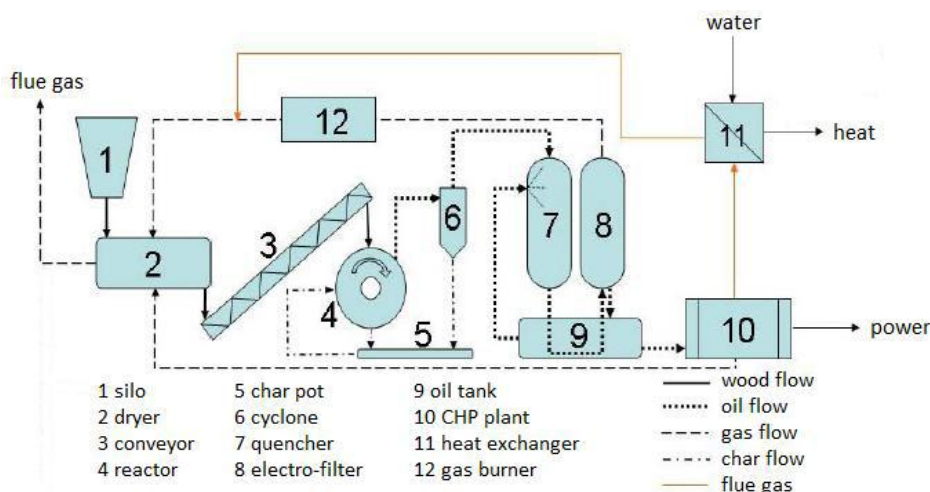
U této technologie se jedná o ablativní pyrolýzu, tzn., že přenos tepla probíhá přes pevnou přepážku, v tomto případě rotující ocelový kotouč. Tento proces byl vyvinut v Německu a jednotka, kterou postavila společnost Pytec, pyrolyzuje dřevní odpad (kapacita 6 t·den⁻¹) [5, 24].

Surovina je rychle zahřívána na 500 °C. Kondenzace bio-oleje je realizována jako kombinace rozprašovací kolony a elektrostatického filtru. Výtěžek bio-oleje se pohybuje mezi 60 a 75 %. Pyrolýzní plyn (výtěžek 15 – 20 %) je spalován a uvolněné teplo se využívá k vysušení suroviny. Pevný zbytek je spalován za účelem ohřevu pyrolýzního reaktoru. Bio-olej slouží jako palivo pro kogenerační jednotku [12].

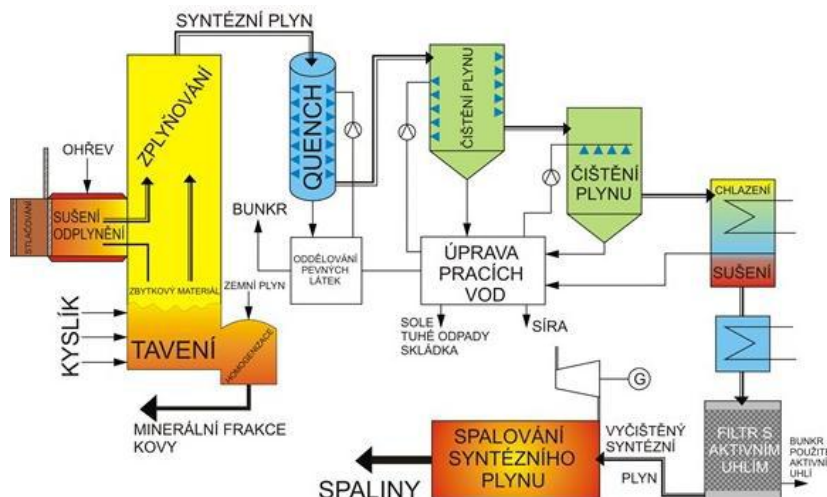
3.3. Pyrolýzní technologie využívané k likvidaci odpadů

3.3.1 Technologie Thermoselect

Pyrolýzní jednotka na zpracování tuhého komunálního odpadu o kapacitě 720 t·den⁻¹ byla postavena společností Thermoselect v německém Karlsruhe. Dalších 6 jednotek je v provozu v Japonsku.



Obr. 6: Schéma procesu BT



Obr. 7 Schéma jednotky Thermoselect [27]

Vstupující odpad je nejprve komprimován, odplyněn a poté za kontrolovaného přídavku kyslíku zplyněn při teplotách až 2000 °C. Získaný plyn se využívá k výrobě elektrické energie pomocí parní turbíny. V Japonsku probíhají testy na použití produkovaného plynu v palivových článcích [25, 26].

3.3.2 Proces Babcock

Tato technologie byla navržena ke zpracování tuhého komunálního odpadu, čistírenských kalů a podobných druhů odpadů. Do provozu byla uvedena jedna zkušební a tři komerční jednotky.

Pyrolýza probíhá ve válcovém nepřímě otápeném reaktoru. Ohřev reaktoru se provádí spalinami ze spálení pyrolýzního plynu a přebytečné teplo je využito v kotli na odpadní teplo. Spaliny jsou čištěny suchou vápencovou metodou, kdy je vápno přidáváno částečně přímo k odpadu a částečně do proudu spalin před tkaninovým filtrem [28].

3.3.3 Proces RCP

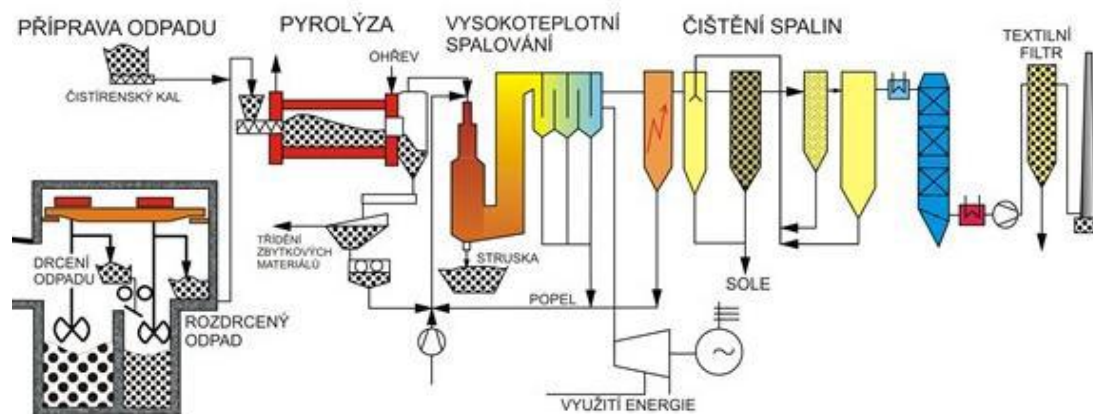
V Bremerhavenu byla postavena jednotka rychlé pyrolýzy na zpracování tuhého komunálního odpadu.

Doba zdržení odpadu v peci je regulována roštem typu Von Roll v závislosti na jeho složení. Anorganické podíly přechází při teplotách okolo 1400 °C na strusku, která se dále upravuje v granulární lázni a poté se používá jako přísada do portlandských cementů. Spaliny jsou chlazené ve fluidní komoře na 1000 °C, poté jsou v odlučovači zbaveny prachu, odsířeny suchou vápencovou metodou, denitřifikovány selektivní nekatalytickou redukcí a zbaveny těžkých kovů v kyselých pračkách [28].

3.3.4 Technologie S-B-V (Schwel-Brenn-Verfahren)

Technologie byla realizována na základě patentu společnosti Siemens – KWU již v roce 1988 na pilotní jednotce v Ulm-Weiblingenu. O deset let později byla zprovozněna provozní jednotka ve Fürthu.

V rotačních pyrolýzních pecích je zpracováván rozdrčený směsný odpad s čistírenským kalem zahříváním na 450 °C. Z tuhého zbytku se na sítích oddělí sklo, kamení a kovy pocházející z původní suroviny. Pyrolýzní plyn je spolu s vyčištěným tuhým zbytkem spalován (1200 – 1300 °C).



Obr. 8: Schéma jednotky S-B-V [27]

Vznikající struska může být po granulaci použita jako součást portlandských cementů nebo deponována na skládkách. Spaliny jsou ještě odsířeny, denitřifikovány a adsorpčním způsobem jsou z nich odstraněny PCDD a PCDF [26].

3.3.5 Technologie Vortex-SERI (Solar Energy Research Institute)

V Coloradu postavila společnost SERI jednotku ke konverzi tuhých organických látek a biomasy na kapalné produkty.

Vysušená surovina, konkrétně pelety z měkkého dřeva, přichází tangenciálně do nepřímo vyhřívaného reaktoru (625 °C), kterým rychle prochází (tuhé částice se v prostoru zdrží o něco déle než uvolněný plyn). Testovací zařízení nebylo prozatím realizováno jako provozní jednotka, a to z důvodu zanášení reaktoru částicemi o vysoké hustotě a kvůli problémům s abrazí [28].

3.4. Závěr

Pyrolýza je proces, který je technicky využíván již více než 80 let. Pyrolýzní technologie pro zpracování uhlí jsou koncipovány za účelem získání maximálního výtěžku polokoksu a kapalných produktů, které se dají dále upravit na standardní pohonné hmoty. Technologie na pyrolýzu biomasy jsou také koncipovány tak, aby produkovaly maximální výtěžek kapalných podílů, které jsou posléze využity jako palivo v plynových turbínách, kogeneračních jednotkách, nebo jsou přeměněny na syntézní plyn. Primárním úkolem technologií na zpracování komunálního odpadu a čistírenských kalů je využití energie, která je v této surovině ještě obsažena, k výrobě elektrické energie a tepla.

Poděkování

Článek byl realizován v rámci projektu UniCRE – Unipetrol výzkumně vzdělávací centrum za podpory Operačního programu Věda a Výzkum pro Inovace č. CZ.1.05/2.1.00/03.0071 z fondů EU a MŠMT.

Literatura

1. Jilek J.: Nízkoteplotná karbonisace a tepelné zpracování hnědého uhlí. Praha, SNTL, 1954.
2. Safarova M.: Brown coal tar hydrotreatment. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2010, 89, 265-270
3. Maggi R.: Delmon B. Characterization and upgrading of bio-oils produced by rapid thermal processing. *Biomass and Bioenergy*, 1994, 7, 245-249
4. Cornelissen T. et al.: Flash co-pyrolysis of biomass: The influence of biopolymers. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2009, 85, 87-97
5. Venderbosch R. H., Prins W.: Fast pyrolysis technology development. *Biofuels, Bioproduct & Biorefining*, 2010, 6, 178-208

6. Riedl R, Veselý V.: Technologie paliv. Praha: SNTL, 1962
7. Landa S.: Paliva a jejich použití. Praha: SNTL, 1956
8. Gerhartz W.: Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry 5th ed. Weinheim: VCH, 1986. Volume A7. ISBN 3-527-20107-6
9. Carrier M., et al.: Comparison of slow and vacuum pyrolysis of sugar cane bagasse. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2011, 90, 12-26
10. Chen Y., He R.: Fragmentation and diffusion model for coal pyrolysis. *Journal of analytical and Applied Pyrolysis*, 2011, 90, 72-79
11. Ertas M., Alma M. H.: Pyrolysis of laurel (*Laurus nobilis* L.) extraction residues in a fix-bed reactor: Characterization of bio-oil and bio-cha. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2010, 88, 22-29
12. PYTEC Thermochemische Anlagen, [online] 2005-2009 [cit. 16. 1. 2011]. Dostupné z www: <http://www.pytec.de>
13. Li J. et al.: Production and separation of phenols from biomass-derived bio-petroleum. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2010, 89, 218-224
14. Sinag A. et al.: Detailed characterization of the pyrolytic liquids obtained by pyrolysis of sawdust. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2011, 90, 48-52
15. De Wild P. J., et al.: Biomass valorisation by staged degasification: A new pyrolysis-based thermochemical conversion option to produce value-added chemicals from lignocellulosic biomass. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2009, 85, 124-133
16. Hornung U.: Sequential pyrolysis and catalytic low temperature reforming of wheat straw. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2009, 90, 145-150
17. Blažek J., Rábl V.: Základy zpracování ropy. VŠCHT Praha, 2006. ISBN:80-7080-619-2
18. Jílková L. et al.: Koprolyza hnědého uhlí a řepkových pokrutin, *Paliva*, 2011, 3 (4). 119-125
19. Mei-Kuei Lee: Pyrolysis of napier grass in an in-durion-heating reactor. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2010, 88, 110-116
20. Azeez A. M. et al.: Temperature dependence of fast pyrolysis volatile products from European and African biomasses. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2011, 90, 81-92
21. Lee S. et al.: Handbook of Alternative Fuel Technologies. CRC Press: 2007. ISBN 978-0-8247-4069-6
22. Anonym [cit. 26. 7. 2012] Dostupné z www: <http://www.techniques-ingenieur.fr/res/media/docbase/table/sl4745571-web/SL4745571TBL-web.html>
23. Meier D. et al.: Practical result from PYTEC's biomass-to-oil (BTO) proces with ablative pyrolyser and diesel CHP plynt. In *Success & Visions for Bioenergy*. 2007. ISBN 978-1-872691-28-2
24. Bridgwater A. V. et al.: An overview of fast pyrolysis of biomass. *Organic Geochemistry*, 1999, 30, 1479-1493

25. Anonym [cit. 28. 7. 2012] Dostupné z www: <<http://www.thermoselect.com>>
26. Hyžík J.: Odpadové hospodářství - jsou alternativní technologie alternativami? Biom.cz [online]. 2006 [cit. 6. 6. 2012]. Dostupné z www: <<http://odpady.ihned.cz/c1-18438120-odpadove-hospodarstvi-jsou-alternativni-technologie-alternativami>>
27. Anonym [cit. 28. 1. 2012]. Dostupné z www: <<http://www.odpadjeenergie.cz/jine-zpusoby/pyrolyza-a-plazma/thermoselect-historie.aspx>>
28. Staf M.: Výzkum termické konverze odpadní biomasy na plynná a kapalná paliva. Biom.cz [online]. 2005 [cit. 8. 6. 2012]. Dostupné z www: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyzkum-termicke-konverze-odpadni-biomasy-na-plynna-a-kapalna-paliva>

Summary

^aLenka Jílková, ^aKarel Cíahotný, ^bRadek Černý

*^aInstitute of Chemical Technology, Prague,
Faculty of Environmental Technology, Department of
Gas, Coke and Air Protection*

^bThe Research Institute of Inorganic Chemistry, j. s. c

Pyrolysis Technology Review

The article provides a basic overview of pyrolysis-technologies, which are used for thermal processing of coal, biomass and waste on an industrial scale. The technologies are different in the type of pyrolysed raw material (coal, different types of biomass, solid municipal waste, sewage sludge, etc.), in the process conditions (pyrolysis temperature, the residence time of the products in the reactor, drainage of pyrolysis products) or in the construction of the pyrolysis reactor (type, method of heating).