

Zplyňování a pyrolýza odpadů

1

Zplyňování: co nejúplněji termická přeměna uhlíkatého materiálu (tj. např. odpadu) na **hořlavé plyny** působením zplyňovacích médií.

Jako zplyňovací médium se používá:

- volný kyslík (čistý O_2 nebo vzduch, příp. směs)
- vázaný kyslík (H_2O pára, CO_2)
- vodík
- směsi výše uvedených (např. vodní pára + kyslík)

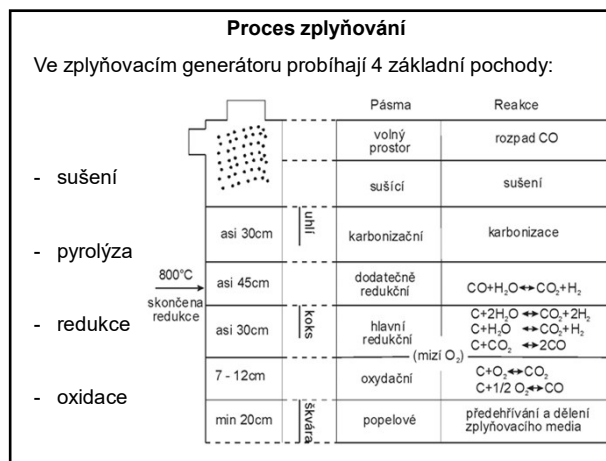
Produktem je:

- hořlavý plyn (**generátorový plyn, syngas**), který obsahuje
 - žádoucí hořlavé složky, zejména CO , H_2 a CH_4
 - doprovodné - obvykle nežádoucí či balastní - složky, např. N_2 , CO_2 , H_2O , sirmé sloučeniny, karbonizační produkty (např. dehet), tuhé částice
- odpadní tuhý zbytek (popel, škvára) s minimálním zbývajícím obsahem uhlíku

2

	Hlavní reakce zplyňování	Reakční enthalpie [kJ/mol]
<ul style="list-style-type: none"> • 1. oxidace • 2. oxidace • 3. Boudouardova reakce • 4. reakce vodního plynu 	I. Heterogenní reakce zplyňování	
	1. $C + O_2 = CO_2$	-406,4
	2. $2C + O_2 = 2CO$	-246,4
	3. $C + CO_2 = 2CO$	+160,9
	4. $C + H_2O = CO + H_2$	+118,6
	5. $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$	+16,2
<ul style="list-style-type: none"> • 6. hydrogenační zplyňování (heterogenní metanizace) 	6. $C + 2H_2 = CH_4$	-83,8
	II. Homogenní reakce při zplyňování	
	7. $2CO + O_2 = 2CO_2$	-567,3
	8. $2H_2 + O_2 = 2H_2O$	-482,2
	9. $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$	-801,1
	10. $CO + H_2O = CO_2 + H_2$	-42,4
<ul style="list-style-type: none"> • 10. konverze vodního plynu • 11. metanizace • 12. metanizace 	11. $CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O$	-206,7
	12. $2CO + 3H_2 = CH_4 + CO_2$	-248,4
	III. Reakce při přetváření metanu	
	13. $CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$	+206,7
	14. $CH_4 + 2H_2O = CO_2 + 4H_2$	+163,8
	15. $CH_4 = C + 2H_2$	+83,8
	16. $CH_4 + 1/2 O_2 = CO + 2H_2$	-35,2
17. $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2$	-801,1	

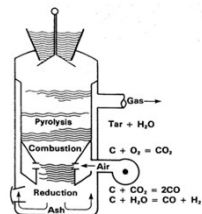
3



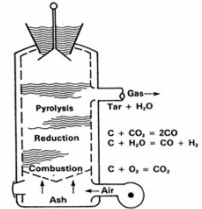
4

Typy zplyňovacích generátorů

- 1) Sesuvná vrstva, souproudý pohyb materiálu a plynu



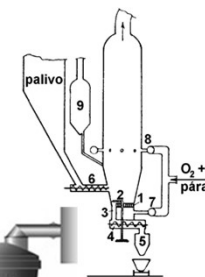
- 2) Sesuvná vrstva, protiproudý pohyb materiálu a plynu



5

Typy zplyňovacích generátorů

- 3) Fluidní (Winklerův)



- 4) S plazmovým obloukem



6

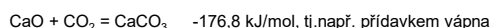
Způsob zajištění tepla pro zplyňovací reakce

Celková tepelná bilance zplyňovacích reakcí je endotermní - v závislosti na typu generátoru a vlastnostech paliva se 15 – 35 % paliva ze vstupu spotřebuje pro produkci potřebného tepla. Protiproudé systémy dosahují uvedené dolní hranice, horní hranici se blíží generátory s vrstvou paliva v únosu. Spotřeba fluidních generátorů leží zhruba uprostřed.

a) Přímé zásobení spálením části paliva (autotermní zplyňování) nebo nezreagovaného uhlíkatého zbytku. Spalování může probíhat ve stejném časovém intervalu, ale v různých zónách, nebo ve stejné zóně generátoru, ale v různých časových intervalech.

b) Přímé zásobení teplem teplosoiče ohřívávaného v odděleném reaktoru (allotermní zplyňování), kde se spaluje palivo nebo nezreagovaný zbytek ze zplyňování. Teplosoič může být pevný (popel) nebo tekutý (solná lázeň nebo struska).

c) Přímé zásobení teplem exotermní chemickou reakcí, např.

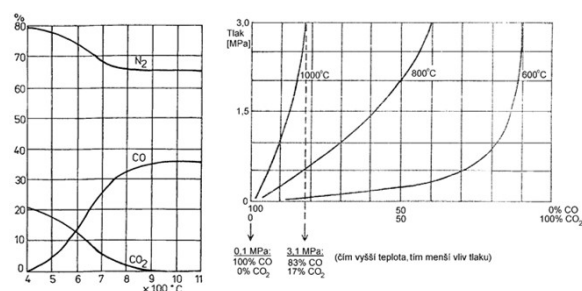


d) Nepřímé zásobení teplem, kdy toto je do generátoru předáváno z teplosoiče přes teplosměnnou plochu.

7

Ovlivnění složení produktů tlakem a teplotou

1) Boudouardova reakce

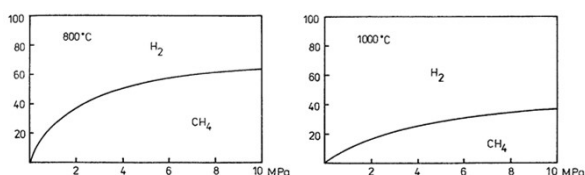


2) Reakce vodního plynu: podobná závislost

8

Ovlivnění složení produktů tlakem a teplotou

3) Heterogenní metanizace



9

Ovlivnění složení produktů zplyňovacím médiem

1) Vzduch: výroba chudého plynu. Plyn je zatížen dusíkovým balastem, výhřevnost nejvýše kolem 4,5 MJ/m³. Hlavní hořlavá složka je CO – největší vliv má rovnováha Boudouardovy reakce, tj. je třeba vysoká teplota a nízký tlak. Teplo se dodává částečným spálením suroviny.

2) Vodní pára: výroba tzv. vodního plynu. Protože však reakce vodního plynu je endotermní, je třeba do generátoru dodávat teplo. Historická technologie, dnes se již prakticky nepoužívá.

Při klasické výrobě vodního plynu z uhlí se teplo pro reakci akumulovalo v loži generátoru periodickým spalováním části paliva. V tzv. topné periodě se do generátoru vháněl vzduch, spálením části uhlíku se zbytek rozzhavlil. V následující periodě - výrobní - se vháněla pára, která reagovala s uhlíkem za vzniku vodního plynu.

Výhřevnost vodního plynu se pohybuje od 11 do 12 MJ/m³, pro zplyňování odpadu se nevyužívá kvůli nízké výhřevnosti odpadu.

10

Ovlivnění složení produktů zplyňovacím médiem

3) Vzduch+vodní pára: výroba smíšeného plynu. Zplyňuje se vzduchem nasyceným vodní parou tak, aby exotermní reakce kryly tepelné ztráty a teplo potřebné pro endotermní reakce (tzv. autotermní zplyňování). Syčením vzduchu vodní parou se dosáhne zvýšení účinnosti zplyňování, neboť předehříváním reakční vodní páry (s vyšší cp) na odcházejícím popelů se využije jeho odpadní fyzické teplo. Výhřevnost smíšeného plynu se pohybuje od 4,8 do 7,6 MJ/m³.

4) Pára+kyslík za tlaku: výroba tlakového plynu (syntézní, redukční, svítiplyn, apod.). Zplyňuje se za zvýšeného tlaku (nad 2 MPa). Teplo pro endotermní reakce je zajišťováno spálením části paliva a exotermní reakcí metanizace, která je podporována zvýšeným tlakem. Výhřevnost tlakového plynu se může pohybovat mezi cca 15 - 17 MJ/m³.

5) Kyslík: největší vliv má rovnováha Boudouardovy reakce a reakce vodního plynu; plyn není zatížen dusíkovým balastem, obecně vyšší zplyňovací teploty

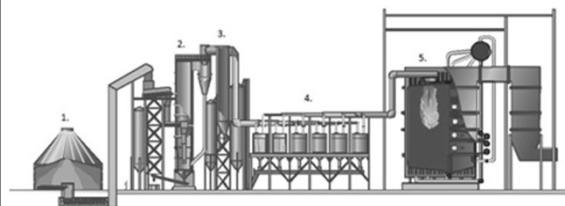
11

Možnosti využití vyrobeného plynu ze zplyňování odpadu

1) Přímé spálení v plynovém kotli/dopalovací komoře: plyn se využívá přímo, bez chlazení a bez čištění - příklad:

Lahti Energia, Finsko – zplyňování SKO vzduchem (atmosférický CFB, 25 m výška, materiál fluidní vrstvy písek+vápno), výhřevnost plynu 4,6 – 5,8 MJ/m³, roční kapacita 215 tis. tun odpadu:

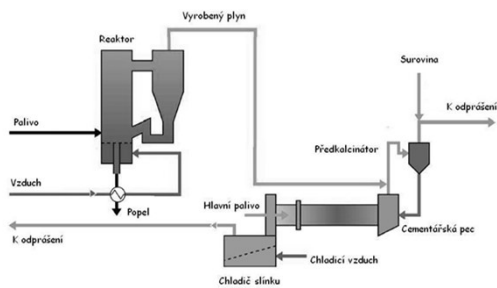
- zplyňování při 900°C, odprášení za horka
- chlazení plynu na 400°C (kondenzace chloridů alk. kovů)
- filtrace za horka – 300 svíčkových keramických filtrů; regenerace dusíkem
- plyn je za horka spálen v nízkoemisních hořácích v parním kotli, roční výroba 300 GWh elektřiny a 600 GWh tepla



12

Možnosti využití vyrobeného plynu ze zplyňování odpadu

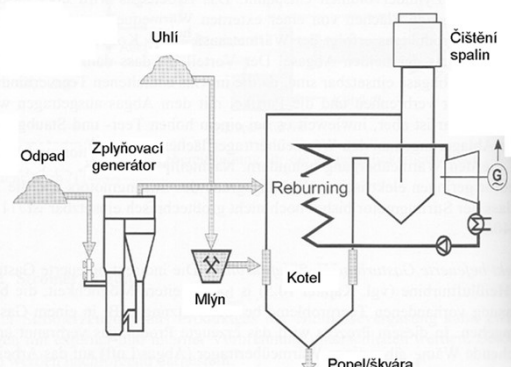
2) **Výroba procesního tepla** (např. cementárny – cementárna Prachovice, zplyňování tříděného TKO, kapacita 6 000 t/rok). V současnosti odstaveno



13

Možnosti využití vyrobeného plynu

3) **Využití jako sekundární palivo** v kotli na tuhá paliva (uhlí), vhodné zejm. pro RDF(TAP) z důvodu menšího zatížení plynu nebezpečným složkami



14

Možnosti využití vyrobeného plynu

4) **Využití pro výrobu elektřiny** v plynovém motoru nebo turbíně. Z důvodu požadavků na čistotu plynu se nepoužívá.

5) Využití pro výrobu syntézního plynu – je nutné upravit poměr H_2/CO .

Požadavky:

plynový motor: co nejméně kondenzujících dehtů a prachových částic – riziko zapečení či koroze sedel ventilů, zalepení přívodního potrubí; omezení obsahu NH_3 a H_2S – zkracují životnost oleje.

plynová turbína: přísnější požadavky na prach a alkálie; omezení S a N sloučenin zejm. z důvodu emisí; není dáno omezení pro dehty, pokud nezalepí přívody a filtry.

syngas: nelze využít zplyňování vzduchem – omezení N_2 v plynu; požadavek na maximální čistotu; výběr zplyňovacího média a tlaku podle potřebného poměru $CO : H_2$; požadována vysoká čistota z hlediska obsahu těžkých kovů-katalytické jedy.

15

Požadavky na čistotu plynu

Gas-Parameter	Verbrennungs-motor	Gasturbine	Synthese-rektoren	Brennstoffzelle (SOFC)
Partikelgehalt	< 50 mg/m^3	< 30 mg/m^3	< 0,1 mg/m^3	k.A.
Partikelgröße	< 3 μm	< 5 μm	k.A.	k.A.
Teergehalt	< 100 mg/m^3	k.A.	< 0,1 mg/m^3	< 100 mg/m^3
Alkalienghalt	< 50 mg/m^3	< 0,25 mg/m^3	< 10 ppb	k.A.
NH_3 -Gehalt	< 55 mg/m^3	k.A.	< 1 ppm	< 0,1 mg/m^3
S-Gehalt	< 1 150 mg/m^3	k.A.	< 0,1 ppm	< 200 ppm
Cl-Gehalt	< 500 mg/m^3	k.A.	< 0,1 ppm	< 1 ppm

k.A. keine verlässlichen Angaben verfügbar

16

Nežádoucí složky v plynu a možnosti jejich odstranění

- Chlazení:** odstranění složek z kondenzovatelných při běžných teplotách (především dehty); chladí se nástřikem vody do proudu plynu (tzv. quenching), popř. nepřímé chlazení; obvykle dvoustupňové (na 100°C a na 20°C)
- Zachycování plynů a par:** výše uvedeným se ze surových plynů zachytí značný podíl doprovodných látek (dehet, prach, část vody, čpavku, sirovodíku, naftalenu atd.). Pro většinu případů však dosažený stupeň znečištění nevyhovuje. Další separace se provádí absorpcí, adsorpcí, kondenzací a chemickou transformací.
- Odstraňování dehtů:** především na principu absorpce nebo adsorpce; získávají se kapalné produkty, vhodné pro další využití (např. oleje, naftalen, C3 a C4 uhlovodíky, apod.). Jedná se např. o vypírku pracím olejem. Další variantou je katalytický rozklad na CO a H_2 , který se provádí pomocí přírodních katalyzátorů (např. vápěnc, dolomit, nebo kovové katalyzátory Ni, Fe) – při teplotě 850 – 900°C mají až 99% účinnost

17

Nežádoucí složky v plynu a možnosti jejich odstranění

- Vypírání NH_3 :** obvykle vypírka kyselinou sírovou, výsledný produkt je $(NH_4)_2SO_4$
- Odstranění sirných sloučenin a H_2S :** cca 35 různých procesů, vedlejším (cenným) produktem je často koncentrovaná H_2SO_4 .
 - absorpční procesy:** např. vypírání podchlazeným methanolem (proces Rectisol), nebo N-methyl-2-pyrrolidon (proces Purisol-vysoká selektivita k H_2S). Ekonomicky výhodné jsou pouze u velkých jednotek
 - adsorpční procesy:** použití v případě potřeby dosažení velmi nízkých koncentrací v menším měřítku, použ. např. adsorpce na ZnO , regenerace desorpčí
- Sušení:** např. molekulová síta, nebo vypírka TEG

18

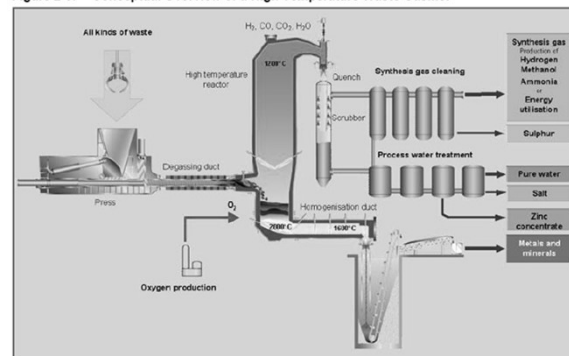
Scrubbery – kapalinové pračky

	Sprechová věž	Trysková pračka	Vříšková pračka	Rotací pračka	Venturiho pračka
Velikost částic (nm) pro hustotu 2.42 g/cm ³	0,7 – 1,5	0,8 – 0,9	0,6 – 0,9	0,1 – 0,5	0,05 – 0,2
Relativní rychlost (m/s)	1	10 – 25	8 – 20	25 – 70	40 – 150
Tlaková ztráta (mbar)	2 – 25	–	15 – 28	4 – 10	30 – 200
Zkrápěcí poměr L/G (l/m ³)	0,05 – 5	5 – 20 ^a	neurčeno	1 – 3 ^a	0,5 – 5
Spotřeba energie (kWh 1000 m ³ plynu)	0,2 – 1,5	1,2 – 3	1 – 2	2 – 6	1,5 – 6

19

Technologie pro zplyňování odpadu: Thermoselect

Figure 2-8: Conceptual Overview of a High Temperature Waste Gasifier^[25]



Source: Thermoselect. 2003. Thermoselect – High Temperature Recycling. Accessed February 3, 2010. <http://www.thermoselect.com/index.cfm?fuseaction=Verfahrensbereich&id=2>

20

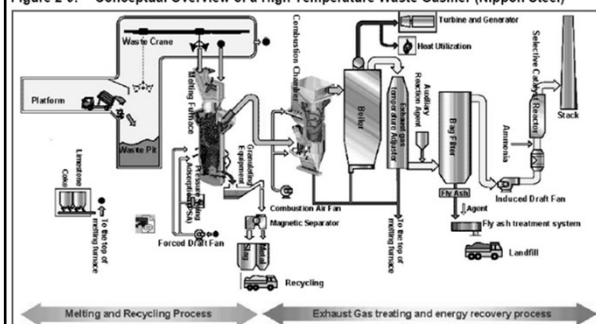
Technologie pro zplyňování odpadu: Thermoselect

- neupravený odpad se slisuje za účelem snížení obsahu vody a vzduchu slisovaný odpad je protlačován do otáčeného odplynovacího kanálu
- přívodem tepla se odpad vysuší, organické složky se zplyní
- tuhé zbytky bohaté na uhlík a plyn vstupují do vysokoteplotního reaktoru
 - uhlík se zplyňuje za řízeného přívodu kyslíku při teplotách až do 2000 °C v prostředí bohatém na vodní páru
 - plyn se zdrží nejméně 2 sekundy v teplotách nad 1200 °C, kdy se spolehlivě ničí polychlorované uhlovodíky, dioxiny a furany
- následné šokové chlazení syntetického plynu z 1200 °C na méně než 90 °C vodou zabraňuje recombinači chlorovaných uhlovodíků
- syntetický plyn prochází vícestupňovým čištěním
- tuhé zbytky se taví ve vysokoteplotním reaktoru při teplotách až 2000 °C,
- roztavený materiál se homogenizuje v potrubí připojeném k vysokoteplotnímu reaktoru při 1600 °C
- roztavená hmota se šokově ochladí vodou, kovy a minerály se oddělí a extrahují z vodní lázně jako granulát, kovy se magneticky separují
- výhodou je vysoká čistota vyráběného plynu a inertní minerální granulát

21

Technologie pro zplyňování odpadu: Nippon Steel

Figure 2-9: Conceptual Overview of a High Temperature Waste Gasifier (Nippon Steel)



Source: Dvirka and Bartlucci Consulting Engineers. 2007. Waste Conversion Technologies: Emergence of a New Option or the Same Old Story? Presented at: Federation of New York Solid Waste Associations Solid Waste and Recycling Conference

22

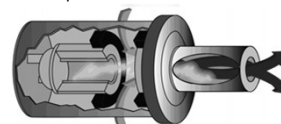
Technologie pro zplyňování odpadu: Nippon Steel-zkušenosti

- zařízení v provozu od r. 2000
- dvě linky 2 x 15 t/h (reálná kapacita 250 – 260 t/den nebo 159 – 171 tis. t/rok podle aktuální disponibility)
- čištění syngasu praním vodou a katalyticky
- zařízení využívalo SKO pouze za prvních 6 měsíců
- nyní používá pouze homogennější předtříděné odpady
 - průmyslové – 50 % (80 % plasty, 20 % dřevo/papír)
 - přetříděné plasty – 50 %
- vstupní materiál je rozdrcen na 5 - 15 cm
- TZ: popel se ochladí ve vodní lázni, separuje se železo, vitrifikace
- produkce plynu 10 - 11 000 Nm³/h s výhřevností 8,4 – 9,2 MJ/Nm³
- zařízení spotřebuje více energie než produkuje – čistá energetická bilance vychází – 3 %
- dostupnost zařízení je 5300 až 5700 h/r (cca 65 %), plánované i neplánované opravy zahrnují zejména výměnu vyzdívky a odstraňování netěsností zplynovacího reaktoru
- vstupní poplatky přibližně 365 USD za tunu průmyslového odpadu a 545 USD za tunu za plastů

23

Technologie pro zplyňování odpadu: Plazmové zplyňování

- Pro zplyňování je využita vysokoteplotní plazma produkovaná plazmovým hořákem - plazmatronem



Plazmové zplyňování

- Výhodou je vysoká teplota procesu v řádu několika tisíc °C, která vede na kompletní termický rozklad vstupního materiálu – lze využít i pro likvidaci vysoce toxického a nebezpečného odpadu
- Produktem je procesní plyn a inertní tavenina - virifikát

Technologie lze rozdělit do dvou principiálních kategorií:

- technologie pro plazmové zplyňování odpadu, kdy plyn je vyráběn přímo v plazmovém zplyňovací reaktoru
- modifikované klasické zplyňovací technologie, u nichž je plazma použita pro čištění a zajištění potřebné kvality vyráběného plynu

24

Technologie pro zplyňování odpadu: Plazmové zplyňování

- Jednostupňové plazmové zplyňování SKO – technologie Westinghouse

- Čištění syntézního plynu zahrnuje vypírku hydroxidem sodným, elektrostatičticky odlučovač tuhých částic a filtr s aktivním uhlím
- Anorganické složky se roztaví a při teplotě cca 1650 °C se vypouští v dolní části
- Železné kovy se oddělí a inertní frakce se používá jako stavební materiál

25

Technologie pro zplyňování odpadu: Plazmové zplyňování

- Dvoustupňové plazmové zplyňování SKO – technologie Europlasma

- V první fázi je přetříděný a rozdrčený odpad zplyňován v pevném loži na roštu.
- Rošt je rozdělen na sušící a zplyňovací zónu.
- Plyny ze sušící zóny jsou zahřívány v kotli na odpadní teplo a vráceny na rošt.
- Ve druhé fázi vzniká odděleně syntézní plyn a pevný zbytek
 - syntézní plyn se plazmatem zahřívá na teplotu vyšší než 1200 °C, což má za následek rozklad složitých uhlovodíků – podmínka užití plynu GT a SM
 - pevný zbytek se roztaví v druhé plazmové komoře a odvádí se z procesu .

26

PYROLÝZA

z řeckého „pyros“ = oheň a „lysis“ = rozpuštění

je fyzikálně-chemický děj, patřící do skupiny termických procesů.

Jedná se o tepelný rozklad organických materiálů za nepřístupu médií obsahující kyslík (zejména vzduchu). Podstatou je ohřev vstupního materiálu nad mez termické stability přítomných organických látek, což vede k jejich rozkladu za vzniku stabilních nízkomolekulárních produktů (plynných i kapalných) a tuhého zbytku

- nízkoteplotní: do 500°C
- středněteplotní: 500 – 800°C
- vysokoteplotní: nad 800°C

27

Teplotní profil pyrolýzy

do 220°C: fáze sušení, vznik vodní páry, částečný rozklad, vznik CO₂

220-280°C: počátek pyrolytického rozkladu, uvolnění většího množství CO₂ (dekarboxylace); endotermní proces

280 – 500°C: nízkoteplotní fáze; štěpení polymerních látek (např. polymerní plasty, apod.) vznik primárního nízkoteplotního dehtu; konverze reaktivních produktů rozkladu na dehet; proces je exotermní do 400°C, v této fázi se uvolní asi 880 kJ/kg (dřevo), vznik plynných produktů z rozkladu (CO, CO₂, methanol)

500 – 1200°C: fáze zvýšené tvorby plynu; sekundární štěpení pyrolyzních produktů na plyn (CO, CO₂, H₂, CH₄), konverze části primárního dehtu na tuhý uhlíkatý zbytek, plyn a sekundární dehet

Hlavní produkty:

- plyn** - hlavní složky CO, CO₂, H₂, CH₄, vodní pára
- kapalina** – primární dehet (hlavní složky benzen, toluen a xyleny), sekundární dehet (výševroucí aromatické sloučeniny-např. anthracen: Tt=218°C, Tv=340°C, naftalen 80/218°C)
- tuhý karbonizovaný zbytek**

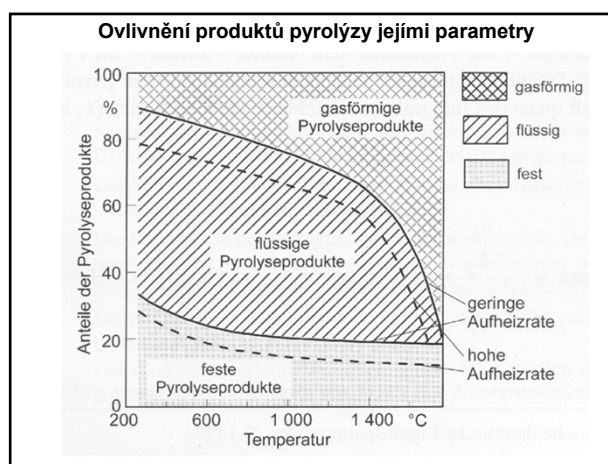
28

Probíhající děje při pyrolýze

nízkoteplotní pyrolýza, štěpení polymerních struktur surovině, tvorba primárního nízkoteplotního dehtu; konverze reaktivních meziproductů termické depolymerace na dehet

fáze zvýšené tvorby plynu, sekundární štěpení pyrolyzních produktů na plyn, konverze části primárního dehtu na tuhý uhlíkový zbytek, plyn a sekundární dehet

29



30

Produkty pyrolýzy

- **pyrolýzní olej:** kapalná směs organických látek, obsahující velký podíl vázaného kyslíku. Obvykle vznikají 2 frakce – nízkoviskózní pyrolýzní olej (nazývaný také bio-olej) a vysokoviskózní dehty
- **voda:** vzniklá pyrolýzním rozkladem a z vlhkosti obsažené v odpadu; tvoří směs s polárními organickými složkami oleje, od nepolárních složek se samovolně separuje
- **pyrolýzní plyn:** hlavními složkami jsou CO_2 , CO a CH_4
- **tuhý koksový zbytek:** spolu s popelem tuhý produkt, v určitém případě schopný spálení, zejm. v případě, kdy pyrolýzovaný materiál obsahoval velký podíl vysokovroucích složek

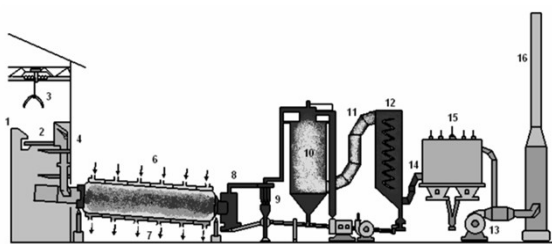
31

Praktické využití pyrolýzy v současnosti

- především pro zpracování směsných komunálních odpadů
- obvykle dávkový provoz v rotační peci, nepřímo ohřívané spalinami ze spalování vzniklých plynných produktů, ale i technologie s kontinuálním provozem; prioritně vysokoteplotní pyrolýza s cílem maximalizovat plynný podíl
- možné další využití přebytečného plynu, např. plynové motory kogeneračních jednotek
- výroba kvalitního oleje tzv. rychlou pyrolýzou – hlavní využití v biochemii, ale probíhají práce na využití jako alternativní palivo pro velké dieselové motory; v současnosti aplikováno pouze u rostlinných odpadů
- pyrolýza ojetých pneumatik, kapalné produkty jsou surovinou pro petrochemický průmysl

32

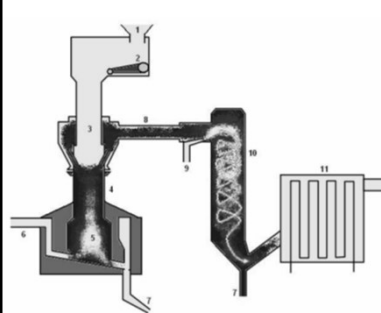
Pyrolýzní systém Babcock - zpracování SKO



- Technologický proces je kombinací pyrolýzy a řízeného spalování neupraveného surového plynu.
- Pyrolýza probíhá v nepřímě otápném bubnu při teplotách 500 - 600 °C. Plyn z pyrolýzní pece je v cyklonech zbaven většinového podílu tuhých částic a vstupuje do spalovací komory, kde shoří za teploty okolo 1200 °C.
- Vznikajících spalin je využíváno dvojitým způsobem
 - slouží k vytápění válcové pyrolýzní pece, které se provádí nepřímým způsobem
 - zbytkové teplo spalin je využíváno v kotli na odpadní teplo
- Čištění plynu pomocí vápna

33

Kombinovaný systém Andco-Torrax



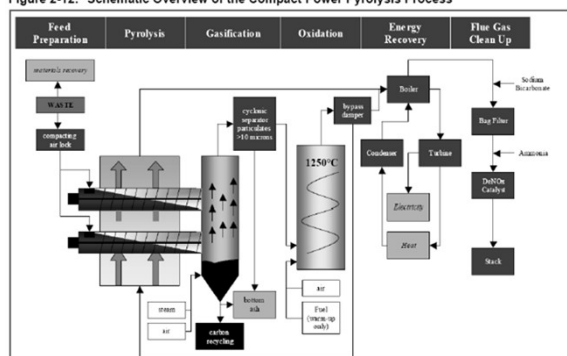
- pyrolýzér/zplyňovač se sesuvným ložem, který zpracovává drvený SKO
- pyrolýzní zóna pokrývá velmi široké teplotní rozmezí a přechází plynu do zóny zplyňovací až primární spalovací, kde maximální teplota dosahuje 1200 °C.

1 – násyp odpadu, 2 – dopravník, 3 – sušicí zóna, 4 – pyrolýzní zóna, 5 – primární spalovací zóna, 6 – přívod primárního vzduchu, 7 – výsypka popela, 8 – odtah plynu, 9 – přívod hlavního spalovacího vzduchu, 10 – sekundární (hlavní) spalovací zóna, 11 – kotel na odpadní teplo

34

Kombinovaná pyrolýza/zplyňování/spalování

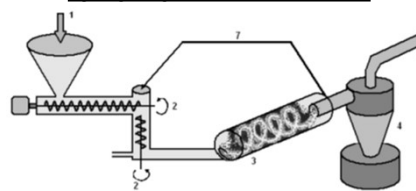
Figure 2-12: Schematic Overview of the Compact Power Pyrolysis Process



Source: Thomas Malkow, 2004. Novel and innovative pyrolysis and gasification technologies for energy efficient and environmentally sound MSW disposal. In Waste Management 24 (2004) 53-79

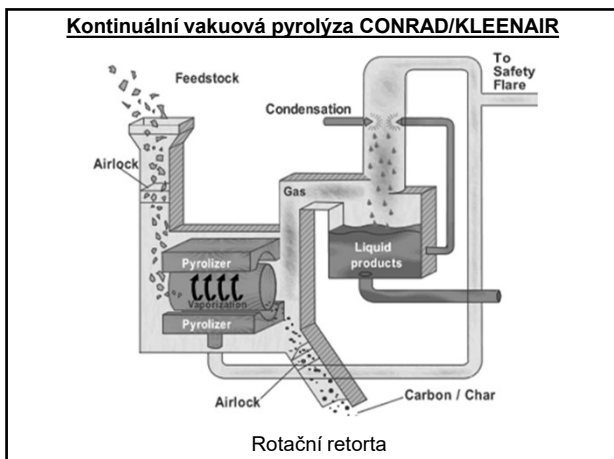
35

Pyrolýzní jednotka Vortex-SERI

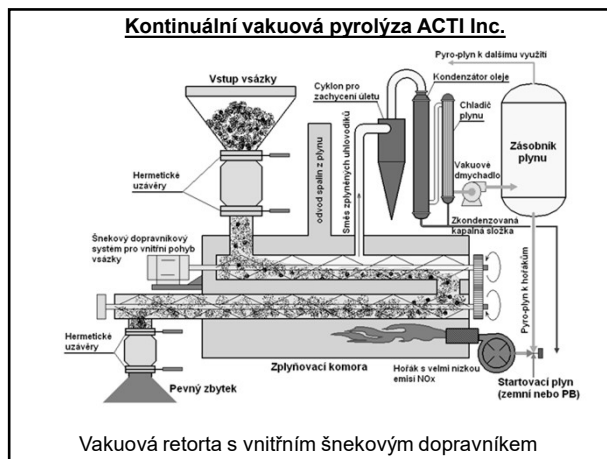


- 1 – vstup suroviny, 2 – šnekový podavač, 3 – reaktor s tangenciálním vstupem, 4 – cyklon, 5 – kolektor tuhého zbytku, 6 – odtah pyroplynu, 7 – recykl prachových částic
- je určena pro konverzi tuhých organických látek (a biomasy) především **na kapalné produkty**, tj. kdy bezprostředně po pyrolýze suroviny nedochází ke spálení vzniklých produktů; transport pomocí inertního plynu
- obvodová rychlost cca 350 m/s, rychlá pyrolýza za teploty stěny 625 °C
- při hmotnostním toku suroviny 10,6 kg/h vyprodukováno 10 – 12 % tuhých zbytků, 13 – 16 % vody a 54 % kapalného organického produktu.

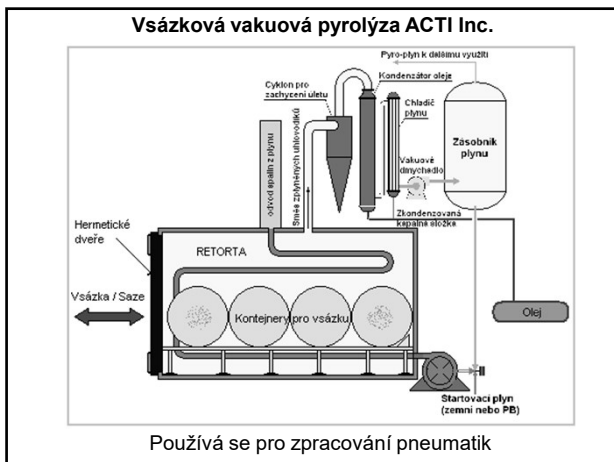
36



37



38

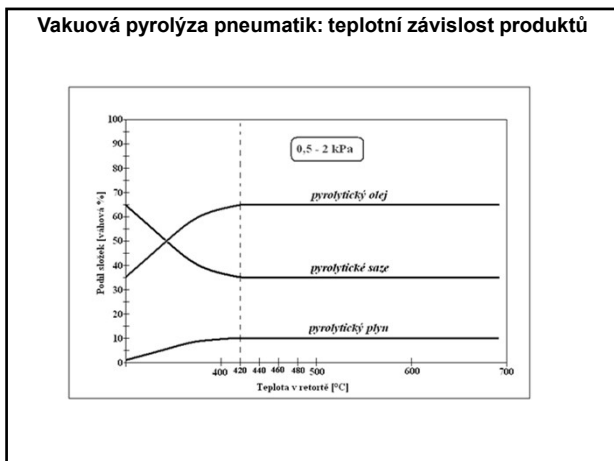


39

Vsázková vakuová pyrolýza pneumatik: produkty

<ul style="list-style-type: none"> • PLYN Složení (objemová %): H₂ 12% CO 2,6% CO₂ 5% O₂ 3,4% N₂ 10,7% metan 32% etan 7% etyleny 9% propan 2,5% propylen 7,6% ostatní 8,2% Hustota: 1,2 kg/m³ Výhřevnost: 47,5 MJ/m³ 	<ul style="list-style-type: none"> • OLEJ (po frakční destilaci) #2 LTO hustota: 829,4 kg/m³ výhřevnost: 43,27 MJ/kg #4 LTO hustota: 861,5 kg/m³ výhřevnost: 42,89 MJ/kg obsah síry: 0,4% popeloviny: 0,1% bod vzplanutí: 37,78°C 	<ul style="list-style-type: none"> • Uhlík 1. Sazce pro gumárenský průmysl Vlastnosti: C (čistý uhlík) 85-88% těkavé látky 1,7% max vlhkost 1,5% S (síra) 1,5-2,0% 2. Aktivní uhlí pH 5,5 povrch 950-1000 m²/g popel 8-10% sypaná hmotnost 477 kg/m³
--	---	---

40



41

Vakuová pyrolýza jiných druhů odpadů

Produkty v závislosti na vsázce	Vsázka - odpad			
	Přezhový odpad (pneumatiky)	Polyolefiny	Směs plastů	Biomasa
ELTO (#2)	✓	✓		
LTO (#4)	✓			
Bionafta				✓
Topný plyn	*	✓	✓	✓
Uhlík	✓	✓	✓	✓
Ocel	✓			

*spotřebován v procesu

Nejvýhodnější využití přebytečného plynu je použití jako paliva pro kogenerační jednotky. Lze úplně dosáhnout pokrytí energetických potřeb transformačního závodu, takže tento pracuje bez připojení na síť.

42

Válcová pyrolýzní retorta

- Závod na zpracování pneumatik, Kanada, 3 x 3t/h



43

Mobilní pyrolýzní jednotka 150 kg/h ACTI



NÁDRAŽNÁ OHŘÍVANÁ SPALOVNĚ
Z PLYNOVÝCH HOŘÁKŮ ACTI
SPALOVÁK MUSÍ BÝT CERTIFIKOVAN
VĚŠÍ HERMETICKÝ UZAVĚR



44