

# PYROLÝZA

Miloš Horák

## Popis pyrolýzy

**Pyrolýza** (řecky pýr = oheň, lysis = rozpuštění) je fyzikálně-chemický děj, termického procesu. Termické procesy jsou technologie, které působí na hmotu teplotou, jež narušuje jejich chemickou stabilitu. Tyto teploty mohou být v rozmezí 300–2000 °C, chemická povaha probíhajících dějů není brán a v úvahu. Termické procesy se dělí na dvě kategorie:

1. procesy oxidativní – v reakčním prostoru je obsah kyslíku stechiometrický nebo vyšší vzhledem ke zpracovávanému materiálu (nízkoteplotní a vysokoteplotní spalování)
2. procesy reduktivní – v reakčním prostoru je obsah kyslíku nulový nebo substechiometrický (pyrolýza a zplyňování)

Pyrolýza je termický rozklad organických materiálů bez přístupu kyslíku. Její podstatou je ohřev materiálu nad mez termické stability organických sloučenin, což vede k jejich štěpení až na stálé nízkomolekulární produkty a tuhý zbytek. Z technologického hlediska lze pyrolýzní procesy dále rozdělit dle dosažované teploty na:

1. nízkoteplotní (< 500 °C)
2. středněteplotní (500–800 °C)
3. vysokoteplotní (> 800 °C)

V závislosti na dosažené teplotě lze při pyrolytickém procesu pozorovat řadu dějů, které je možné rozdělit do 3 teplotních intervalů.

V oblasti teplot do 200 °C dochází k sušení a tvorbě vodní páry, tyto procesy jsou silně endotermické.

Při teplotách 200 až 500 °C probíhá tzv. suché destilace. Zde nastává přeměna makromolekulárních struktur na plynné a kapalné organické produkty a pevný uhlík.

V oblasti teplot 500 až 1200 °C jsou produkty vzniklé suchou destilací dále štěpeny a transformovány. Přitom jak z pevného uhlíku, tak i z kapalných organických látek vznikají stabilní plyny, jako je H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> a CH<sub>4</sub>.

V současnosti je většina provozovaných pyrolýz založena na termickém rozkladu odpadu v rotační peci vytápěné pomocí následného spalování pyrolýzních plynů v tzv. termoreaktoru. Pyrolýzní jednotky jsou vhodné pro spalování odpadů, které nemají příliš vysoký obsah škodlivin a nemají tendenci ke spékání. Zbytek energie ze spálení plynu, který se nespoteřebuje na ohřev vložených odpadů, se dále využívá. Modernější přístup předpokládá využití pyrolýzního plynu jako chemické suroviny nebo jako topného plynu pro kogenerační jednotky.

## Rychlá a pomalá pyrolýza

Tzv. rychlá pyrolýza je jeden z nejnovějších procesů ve skupině technologií, které mění biomasu<sup>1</sup> na produkty vyšší energetické úrovně, jako jsou plyny, kapaliny a pevné látky. Jejím primárním energetickým produktem je kapalina – bioolej, kterou lze snadno skladovat a přepravovat. Je to tmavě hnědá kapalina s hustotou asi 1,2 kg/dm<sup>3</sup>, výhřevností 16–19 kJ/kg. Nezbytným krokem pro omezení obsahu vody v biooleji je předsoušení biomasy na vlhkost nižší než 10 % (výjimečně až 15 %). Správný průběh pyrolýzního procesu je dán extrémně rychlým přívodem tepla do suroviny, udržováním potřebné teploty, krátkou dobou pobytu par v reakční zóně a co nejrychlejším ochlazením vzniklého produktu.

Produkcí tekutého paliva pyrolýzou lze uskutečnit z libovolné biomasy. Rychlé pyrolýzy jsou intenzivně vyvíjeny řadou výrobců. Biomasu je nutno před vstupem do reaktorů rozdrtit na požadovanou velikost (různou podle typu reaktoru), což zabezpečuje rychlý průběh reakce a snadnou separaci pevných částí. Topení může být provedeno různými způsoby.

Pomalé pyrolýzy jsou známé jako karbonizace a používají se především na produkci dřevěného uhlí.

## Odpady vhodné k pyrolýznímu zpracování

1. **Ostatní kaly** – vznikající především z praní a čištění, z čištění odpadních vod, z dekarbonizace, ze septiků a žump, a jiné kaly nezařazené mezi nebezpečný odpad
2. **Kaly klasifikované jako nebezpečné:**
  - kaly ze dna nádrží na ropné látky
  - kaly z čištění odpadních vod
  - kaly z barev nebo z laků obsahující organická rozpouštědla nebo jiné nebezpečné látky
  - kaly z biologického čištění průmyslových odpadních vod obsahující nebezpečné látky a z jiných způsobů čištění průmyslových odpadních vod
  - brusné kaly
3. **Pneumatiky** – typově označené jako ostatní odpad
4. **Různé druhy olejů**

## Využití pyrolýzy v praxi

V minulosti byl pohled na možnosti materiálového a energetického využití pyrolýzních produktů dost skeptický, v posledních letech se podstatně mění. Příkladem může být velký rozvoj technologií zpracovávajících převážně odpadní biomasu v USA. Rozvíjí se mimo jiné zpracování odpadního dřeva a dalších substrátů dříve skládkovaných, čímž se rozšiřuje rozsah užitých zdrojů. Také stoupá zájem o energetické využívání chlévské mrvy a kejdy, protože se zpřísnují předpisy zajišťující ochranu spodních vod před znečištěním. Technologie, které na základě rychlé pyrolýzy vyrábějí vysoce kvalitní pyrolýzní olej, se už dostaly v posledních letech na komerční úroveň. Ačkoli hlavní upotřebení kvalitního dřevního oleje je v oblasti biochemie, probíhá výzkum jeho užití i jako náhradního paliva, např. po úpravě pro pohon pomaloběžných lodních a podobných dieselových motorů nebo

---

<sup>1</sup> Biomasou se rozumí jakýkoliv typ organické látky, jejíž bezprostřední původ je rostlinný či živočišný biologický proces.

spalovacích turbin. Někteří výrobci dodávají na trh malé agregáty na využívání zplynované práškové biomasy s výkonem 12 až 400 kW, určené především pro rozvojové země. Další výrobci dodávají malé spalovací turbíny s výkony o rozsahu 30 až 75 kW. Tyto mikroturbíny jsou miniaturními spalovacími turbinami, jejichž rychloběžná rotační součást se ve vysokých otáčkách pohybuje na vzduchových ložiscích.

### **Pyrolýza – tradiční technologie**

Spalování dřevní hmoty v milířích je pyrolýzní technologie, která je známá více jak tisíc let. Tato tradiční metoda spočívá v pokrytí dřeva nebo vhodné biomasy zeminou. Nechá se malý přístup vzduchu a kanál na vypouštění dýmu. Hmota je navršena na hromadu nebo do jámy. Ve chvíli, kdy je takto připravena, proces začíná spálením části hmoty, čímž se uvnitř vytvoří teplo. U základů se vytvoří šest až deset otvorů na přívod vzduchu, přičemž otvor na vrcholku o průměru 20 cm umožní unikání vzduchu při rozhořívání. Po uplynutí nějakého času se otvory neprodyšně uzavřou hlínou. Díky vnitřnímu teplu a nedostatku kyslíku začne proces pyrolýzy a začne vznikat dřevěné uhlí. Dochází k uvolňování plynů a produktů (např. dehtu), které kondenzují za normálních teplot a jsou odváděny z tělesa milíře pomocí kanálků. Plyn odchází skrz zeminu, kterou je milíř pokryt.

Tuto technologii lze využít k odstranění odpadů a získání paliva k dalšímu využití. Jako hmotu určenou ke spalování v milířích lze využít biomasu (odpadní), která však neobsahuje více vody jak 10 % z objemu celkové sušiny. V milířích není vhodné spalovat nebezpečný odpad, nebo odpad, který při hoření vytváří jedovaté plyny (PET lahve apod.). Doporučuje se, aby při spalování odpadů min. 50 % hmoty tvořilo dřevo (nebo pevné biomasy – sláma ap), ať již ve formě štěpků nebo celých kusů.

Pyrolýzní plyny vystupují na povrch otvorem nebo kanálkem a mají silně kontaminující a karcinogenní složky, které ohrožují jak životní prostředí, tak zdraví lidí. Pokud člověk nebo zvíře přejde přes zasypanou jámu, může dojít ke smrtelným popáleninám.

### **Pece a vylepšené milíře**

U některých vylepšených milířů je jeden výstup pro jímání dehtu a komín pro vypouštění výparů. Komín je mobilní, stačí aby se milíř odklidil a může se opět použít. Pomáhá odvádět plyny a rozptýlit je do atmosféry. Nezlepšuje dopady na životní prostředí, ale na zdraví lidí pracujících v této oblasti ano.

Sběr kondenzátů je dovoluje dále využívat. V první fázi procesu se sesbírá velké množství kyseliny, která je formována vodou a rozpustnými látkami. Její sběr má ovšem nevýhodu – nepoužívá se v rozvojových zemích. V posledních fázích procesu se mohou sesbírat dehty nerozpustné ve vodě. Ty se mohou dále použít např. k impregnaci střech.

Kontrolovatelné otvory se vzduchem dodávají větší efektivnost než je u tradičních milířů.

Argentinský poloviční milíř má polokulovitý tvar a je postaven z dvojité vrstvy cihel a opět v něm jsou otvory pro přístup kyslíku. Dřevo je vkládáno a uhlí vykládáno otvorem s průměrem asi 1 metr.

Brazilský milíř typu „úl“ má průměr až 5 m a větší kapacitu než Argentinský milíř. Kompletní cyklus je také kratší, při 9 dnech se vyrobí až 5 tun dřevěného uhlí. Jak zjišťujeme, tento typ milíře disponuje šesti bočními komíny. Zážeh probíhá z venkovní části.

## **Pokročilé technologie**

Rozvojové země s menším stupněm chudoby a větším stupněm industrializace mohou rozvíjet moderní technologie užití biomasy, které slouží jako odrazový můstek pro zemědělsko – dobytkářský průmysl a výrobu paliv, elektřiny a čistých plynů, což celé znamená vzestup na energetickém žebříku.

Spolupůsobení zemědělství jakožto výrobce potravin a zároveň výrobce energie může vést k mnoha přínosům, např. zvýšení zemědělské produktivity, posílení ekonomie, lokální infrastruktury a zaměstnanosti.

## **Biopaliva**

Příklady získávání a použití biopaliv v dopravním sektoru v Latinské Americe bychom našli v Brazílii (s alkoholovým programem), v Argentině (s biodiesel programem) a v poslední době v Kolumbii a Peru. Brazilský program měl pozoruhodný úspěch díky různým politikám, které zvýšily použití a rozvoj vylepšených technologií a v důsledku snížení nákladů na výrobu etanolu z cukrové třtiny.