

MIKROVLNNÁ RECYKLACE ODPADNÍCH PET LAHVÍ

HÁJEK M.

Ústav chemických procesů AV ČR, v. v. i., Hajek@icpf.cas.cz

V roce 2001 bylo v Ústavu chemických procesů AV ČR založeno České centrum mikrovlnných technologií se zaměřením výzkumu na vývoj nových technologií používajících mikrovlnnou energii. První takovou technologií bylo mikrovlnné tavení skla, následovalo sušení knížek po povodních a vyvíjely se další. Expanzní nárůst světové výroby PET lahví (cca 10 % ročně) vyvolává potřebu jejich recyklace. Koncem minulého roku byl po šestiletém výzkumu v Ústavu chemických procesů AV ČR, v.v.i. dokončen vývoj nové technologie recyklace nápojových obalů, zejména odpadních PET lahví (PET=polyethylentereftalát).

Jedná se o chemickou depolymeraci, kde ke štěpení PET materiálů na jednotlivé složky je využita mikrovlnná energie (MW). Získané složky, tj. kyselina tereftalová (KT) a ethylenglykol (EG), se opět vracejí do procesu a polykondenzací obou složek se vytvoří nový čistý PET materiál.

Způsob zpracování odpadních PET lahví

Dosud se ve světě i v České republice kromě skládkování zpracovávají odpadní PET láhve třemi způsoby.

1. Zvlákňování (textilní průmysl)

Metoda zvlákňování vyžaduje jako surovinu čistý, rozříděný, nasekaný, vypraný a usušený PET. Ten se roztaví a zvlákňovacím procesem se přemění na textilní výrobky, např. netkané textilie. Metodu zvlákňování nelze nazvat úplnou recyklací PET materiálu, neboť se jedná pouze o jeho jednorázové nevrátné využití. Textilní polyesterové výrobky vyrobené z odpadního PET materiálu nelze recyklovat a lze je považovat za odpad, např. k likvidaci spaláním.

2. Spálení (energetické využití)

Likvidace PET materiálů *spálením* je motivována vysokou výhrevností PETu, téměř jako u černého uhlí. Spaluje se obvykle velmi znečištěný materiál, který se nevyplatí čistit a dále zpracovávat. Není nutné vstupní surovinu třídít a vyvinuté teplo lze využít k energetickým účelům, např. k výrobě elektřiny. Metodu *spalování* nelze proto považovat za metodu recyklační, neboť se jedná rovněž o nevrátné využití.

3. Recyklace (metoda „bottle to bottle“)

Recyklační metoda je spíše známá pod názvem „bottle to bottle“. Jak z názvu vyplývá, jedná se o metodu, kdy z použité PET láhve se vyrobí nová láhev, k opětovnému použití. Je zřejmé, že tato technologie musí vycházet z velmi čisté vstupní PET suroviny, která se nejprve třídí, drtí, pere a suší. Poté se taví (260–280 °C) a při této teplotě se tavenina filtruje pod tlakem (160 bar) přes keramický filtr za účelem odstranění nečistot. Po ochlazení se produkt nazývaný regranulát zpracuje prostřednictvím preformy (předlišku) vyfouknutím na novou láhev. Tato láhev musí vyhovovat hygienickým předpisům a PET materiál by neměl i při tak drastických podmínkách degradovat, což je obtížné dodržet, zvláště obsahuje-li materiál určitou vlhkost (povoleno max. 0,02 % hm.). To se řeší buď přísadami, které mají schopnost prodlužovat řetězce, nebo snížením teploty s použitím vakua (tzv. dekontaminátorem). Vzhledem k výše popsané metodě ji lze považovat za zcela *recyklační*, neboť probíhá v uzavřeném cyklu. Přesto někdy dojde u recyklovaných lahví ke snížení kvality např. zakalením. V současné době je recyklační metoda „bottle to bottle“ dosti rozšířená, i když je obtížné obdržet vysokou kvalitu produktu. Metoda je zatížena třemi hlavními problémy:

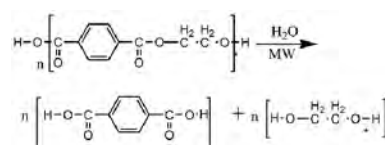
- drastické reakční podmínky (260–280 °C, 160 bar),
- nutnost třídít odpadní PET lahve podle barvy (namáhavá a nákladná práce),
- nutnost vysoce účinného sušení (snížený tlak, nízká vlhkost).

Mikrovlnná technologie recyklace odpadních PET lahví výše uvedené problémy řeší.

Princip a charakteristika mikrovlnné recyklace

Princip depolymerace polyethylentereftalátu na kyselinu tereftalovou a ethylenglykol použitím mikrovln v přítomnosti vody spočívá v řízené interakci mikrovln s polyesterem. Jinými slovy koncentrací mikrovlnné energie do jednoho místa s takovou intenzitou, až dojde k nastartování štěpicího procesu. Výsledkem je selektivní štěpení esterové vazby na kyselinovou a alkoholickou část. Vlivem polárních produktů vzrůstá absorpce, tím i teplota a následně i rychlost depolymerace.

Obr. 4 – Depolymerace polyethylentereftalátu



Depolymerace probíhá působením mikrovln vysokou rychlostí za relativně mírných podmínek. Produkt dosahuje vysoké čistoty a vyhovuje požadavkům pro polykondenzaci tzv. Polymer Grade. Reakční podmínky jsou beztlakové a s teplotou nižší o více než 100 °C ve srovnání s bottle to bottle metodou. Technologie je téměř bezodpadová. Způsob depolymerace PET materiálů je chráněn patenty v pěti zemích Evropy, kde jsou největší výrobci PET lahví a také v Číně. Mikrovlnná metoda depolymerace odstraňuje nevýhody klasické metody bottle to bottle a má řadu výhod.

Obr. 1 – Vstupní surovina, směs odpadních PET vloček



Výhody nové technologie

- Při použití mikrovlnné technologie **není nutné PET láhve třídít** podle barvy, neboť účinkem mikrovln se barvy rozloží a zbytky spolu s ostatními nečistotami se odstraní filtrací. Konečný produkt je bezbarvý.
- Po vyprání vloček **není nutné tuto surovinu před zpracováním sušit**, neboť naopak v tomto případě vlhkost urychluje štěpení esterové vazby (–COOCH₂ mikrovlnami, viz princip mikrovlnné recyklace).

Obr. 3 – Mikrovlnný reaktor



Obr. 2 – Produkt, kyselina tereftalová



- Obsah nečistot ve vstupní surovině může dosahovat až 10 % hm.
- Touto metodou lze depolymerovat a tedy i recyklovat nejen lahve, ale i materiály jako polyesterové tkaniny, koberce, obecně PET materiály vyrobené z PET surovin.
- **Reakční podmínky** depolymerace jsou mírné, nevyžadují zvýšený tlak ani vakuum a teploty se pohybují v rozmezí 150–170 °C.
- Technologie se **vyznačuje vysokou čistotou produktů**, řádově v ppm (mg/kg), nízkou spotřebou energie a je téměř bezodpadová.

Závěr

V poslední době sílí tendence přinutit výrobce, aby část vyrobených a použitých PET lahví recyklovali. Dosud však neexistuje vhodná metoda jak jednoduše a ekonomicky recyklaci odpadních produktů provádět. Předkládaný materiál o nové technologii z oblasti využití mikrovlnné energie se snaží tuto situaci řešit.

Abstract

MICROWAVE RECYCLING OF WASTE PET BOTTLES

Summary: New technology has been developed in order to solve problems of growing production and accumulation of waste PET bottles. This recycling technology is based on use of microwave energy for PET depolymerization and it is characterized by low energy consumption and by high purity of products (terephthalic acid, monoethylene glycol) so called "Polymer Grade" quality. It was tested on pilot plant with capacity 1-10 kg/h PET bottles with MW reactor of 0.12-1.0 m³. This new technology is protected by patent documents both in the Czech Republic (CZ299908) and in 5 countries (EP 2176327), in Germany, Italy, France, UK and in China. The technology was developed by researches at the Czech Center of Microwave Technology of the Institute of Chemical Process Fundamentals, Academy of Sciences of the Czech Republic, v.v.i. Recently the technology was sold to the Polish company NRT Polska Sp. Z.o.o.

Key words: PET recycling, depolymerization, microwave, terephthalic acid
PET recycling, depolymerization, microwave, terephthalic acid

Připravujeme: CHEMAGAZÍN 5/2014

BIOTECHNOLOGIE, BIOCHEMIE A FARMACIE

Zadejte si uveřejnění odborných textů / inzerce zaměřených na:

Procesy: Technologie čistých operací. Procesory a aparáty, CIP/CIF aparatury, čisté prostory, aseptické mat., armatury, čerpadla, zařízení pro přípravu velmi čisté vody, aj.

Laboratoře – Digestoře a rukavicové skříně, čisté prostory, zařízení pro přípravu biologických vzorků, referenční materiály, diagnostika a reagentie. Fluorescenční biochemická spektrometrie, MS technika, sekvenční analýza, elektrochemie. apod.

Uzávěrka: 5.9.2014

Vaše vzorky

naše zkušenost

Analyzátor elementárního složení (C-H-N-S-O)
Thermo Scientific FLASH řady 2000

- organická elementární analýza všech druhů vzorků
- přesné, správné a věrohodné výsledky
- automatizovaný provoz 24/7
- nosný plyn helium nebo ARGON

info.chem@pragolab.cz



pragolab

Thermo
SCIENTIFIC