

Získávání kyseliny tereftalové vysokofrekvenčním rozkladem odpadního polyethyltereftalátu

Valeš Josef, RNDr. Ing., Kusý Jaroslav, Anděl Lukáš, Ing., Šafářová Marcela, Ing., Ph.D.,

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Budovatelů 2830, 434 37 Most, tel: 476 208 627,
 fax.: 476 706 948, e-mail: vales@vuhu.cz

Úvod

V roce 2006 Úřad průmyslového vlastnictví ČR udělil technickému řešení „Způsob fyzikálně – chemické recyklace odpadního polyethyltereftalátu“ CZ patent č. 296343. Recyklační postup je jednoduktový, poskytuje pouze jednu užitkovou složku. Magnetrony emitovaná vysokofrekvenční energie (mikrovlnné záření) působící v kyselém prostředí na zrna polyethyltereftalátu (PET) vyvolává destrukci jejich molekul za vzniku suspenze kyseliny tereftalové (TPA). Technické řešení VF (vysokofrekvenčního) rozkladu odpadního PET bylo ověřováno na čtvrt provozní stacionární aparatuře podle vlastního návrhu s instalovaným elektrickým výkonem 2000 W. Cílem bylo ověření navrženého VF způsobu beztlakého rozkladu odpadního PET, definování technicko-technologických podmínek rozkladu, určení výtěžností procesu, získání technických podkladů a veličin pro orientační ekonomické posouzení.

Vysokofrekvenční, beztlakový rozkladný reaktor

Pro stanovení parametrů základních procesních podmínek rozkladu odpadního polyethyltereftalátu (PET) a jejich následnou optimalizaci bylo použito vysokofrekvenčního rozkladného reaktoru typu MWG2k-07, postaveného specializovaným výrobcem podle požadavku VÚHU a.s. Most. Reaktor je celý v nerezovém provedení, má kubický tvar o velikosti hrany $a = 0,4$ m. Zdrojem vysokofrekvenční energie jsou dva magnetrony emitující vysokofrekvenční vlnění o celkovém výkonu 2×850 W, které je do pracovního prostoru reaktoru vedeno dvěma vlnovody situovanými proti sobě. Vlnovody jsou na vstupu do reaktoru opatřeny clonami proti zpětnému úniku VF záření z prostoru reaktoru. VF vlnění, produkované magnetrony a vedené vlnovody dopadá na rozkladnou skleněnou nádobu z obou stran současně. Experimenty rozkladu odpadního PET na tomto zařízení bylo možné provádět pouze vsádkovým způsobem. Na obr. č.1 je celkový pohled na experimentální VF rozkladný reaktor.

Základní technická data experimentálního rozkladného reaktoru:

- napájení	230V/ 50Hz
- příkon	2,8 kW
- ovládací napětí	24 V AC
- mikrovlnný výkon	1700 W
- kmitočet	2,45 GHz
- napětí anod magnetonů	4 kV
- rozsah pracovních teplot	0 až +40°C

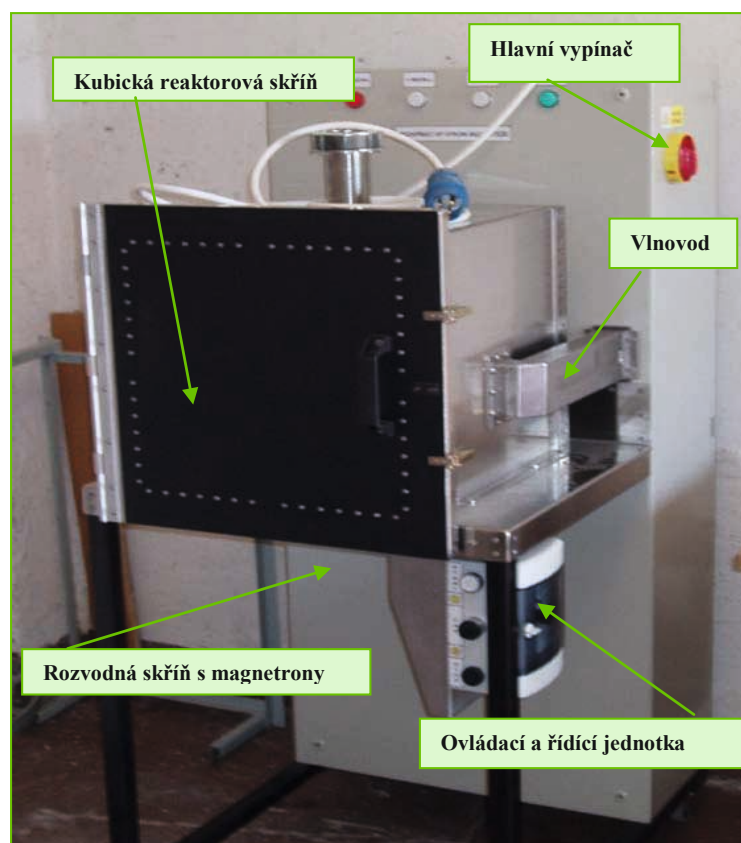
Základní technické a technologické podmínky testování

Beztlakový, vysokofrekvenční rozklad PET probíhá v prostředí suspenze kyseliny dusičné za energetického přívodu VF emise. Na podkladech prvotního poloprovozního testování VF aparatury pro rozklad PET byly pro další testy zvoleny následující technické a technologické podmínky:

- Geometrie uspořádání VF rozkladu odpovídá dané rozkladné aparatuře, je středová.
- Rozkladná nádoba musí mít dostatečný volný prostor nad hladinou rozkládané suspenze, aby mohly být eliminovány změny objemu suspenze vyvolané rozkladem za varu a byl zajištěn odvod vznikajících plynných zplodin oxidů dusíku mimo rozkladnou nádobu.

- Rozklad odpadního PET vyvolaný dopadem VF energie probíhá v kapalně suspenzi drceného nebo mletého odpadního PET v koncentrované kyselině dusičné HNO_3 tj. 68 % (14 M).
- Plynné dusíkaté zplodiny rozkladu jsou z rozkladné nádoby vedeny přes vodní chladič do tří sériově zapojených promývaček naplněných 10 % roztokem NaOH, kde dochází k jejich částečnému záchytu.
- Výkonové parametry magnetronů jsou stavitelné po 200 W do konečného maxima el. výkonu 2 000 W, tomu odpovídá vysokofrekvenční výkon 1 700 W s nastavitelným časovým spínačem přívodu VF energie.

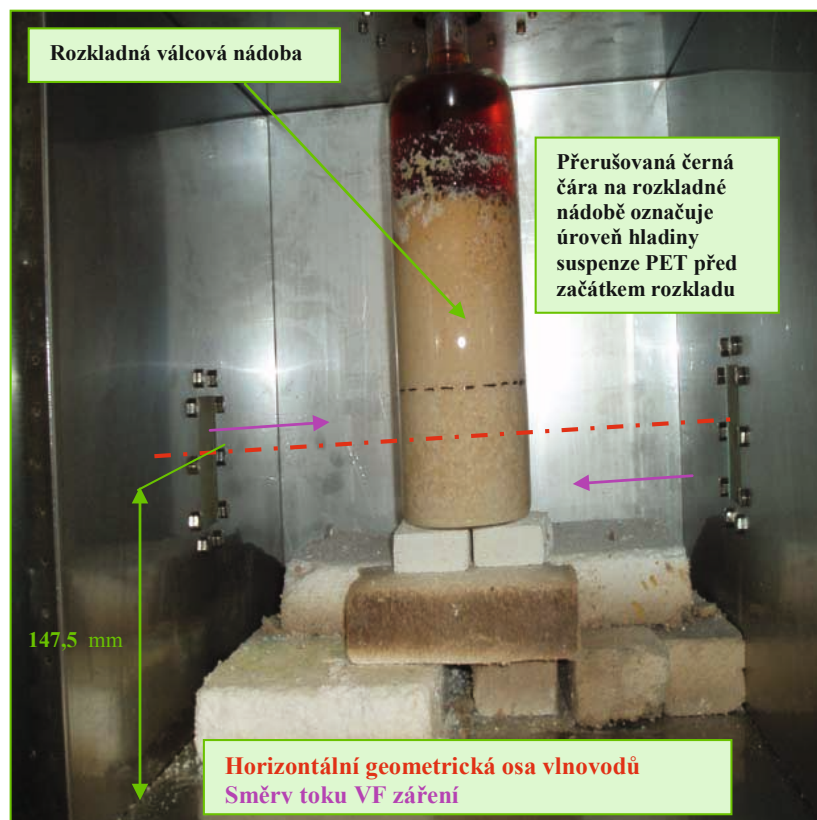
Obr. č. 1 – Vysokofrekvenční reaktor, celkový pohled



Umístění rozkladné nádoby uvnitř reaktoru a geometrické uspořádání VF rozkladu

Nastavení podmínek pro optimální průběh VF rozkladu PET je velmi citlivé na geometrické umístění rozkladné nádoby uvnitř reaktorové skříně ve vztahu k zaústění přívodu energetických vlnovodů. Osa vlnovodů v bocích reaktoru leží cca 150 mm nade dnem rozkladné skříně. Vlnovody emitují energii VF záření proti sobě tak, že dopadá na rozkladnou nádobu z obou stran současně. Tvar a velikost rozkladné nádoby musí umožňovat eliminaci objemových změn suspenze, ke kterým během rozkladu dochází. Rozkladná nádoba byla válcového tvaru a měla poměr průměru válcové části k výšce válcové části 1 : 3. Po řadě ověřovacích rozkladných testů byla geometrie VF rozkladu upravena tak, aby dno rozkladné nádoby leželo ve výšce cca 110 mm nade dnem reaktorové skříně, tzn. v úrovni spodní hrany vnitřního vyústění vlnovodů do reaktorové skříně. Geometrie optimálního uspořádání VF rozkladu PET pro danou konstrukci experimentálního rozkladného zařízení je zřejmá z obr. č. 2. Geometrická osa středu plochy vlnovodů leží 147,5 mm nad úrovní dna reaktorové skříně a prochází středem výšky naplněné rozkladné nádoby před začátkem rozkladu.

Obr. č. 2 – Geometrie optimálního uspořádání VF rozkladu PET pro danou konstrukci experimentálního zařízení



Odpadní polyetylentereftalát (PET)

Pro testování a optimalizaci podmínek VF rozkladu byly připraveny vzorky, odpadních PET materiálů v několika zrnitostních třídách a odlišné materiálové skladbě. První skupinu tvořil barevný PET z netříděných, nemytých obalů sypkých materiálů a kapalin. Vzorek obsahoval materiál PE uzávěrů, potištěných papírových či PE etiket, včetně zbytků lepidel. Druhou skupinu tvořil odpadní PET neznečištěný, bezbarvý nebo mléčný, z použitých obalů průmyslových či potravinářských výrobků (žárovky, lodičky na ovoce či zeleninu atp.). Vzorky vsázkového PET byly upraveny drcením v nožových drtičích v jednom nebo více stupních s následným mletím v nožových mlýnech za sucha na požadované zrnitostní třídy. Pro testování bylo připraveno pět zrnitostních tříd ve dvou kvalitativních materiálových druzích vzorků s rozsahem zrnitosti od 0,3 mm do 30 mm, jak ukazuje tabulka č. 1. Odpadní PET je po mechanické stránce surovinou vysoce pevnou, houževnatou a abrazivní. Úprava zrnitosti vsázkového PET na technologicky nutnou velikost zrna klade zvýšené nároky na spotřebu elektrické energie.

Tabulka č. 1 – Charakteristika, technologická příprava a zrnitostní skladba vzorků vhodných pro přípravu pracovní suspenze.

Technologická úprava vzorku odpadního PET	Kvalitativní skupina vzorku PET	zrnitostní skladba vzorku [mm]
Jednostupňové, hrubé drcení	Neseparovaný, obalový PET, (víčka, etikety)	0 - 30
Dvoustupňové drcení hrubé a střední	Neseparovaný, obalový PET, (víčka, etikety)	0 - 4
Dvoustupňové drcení a mletí	Neseparovaný, obalový PET, (víčka, etikety)	0 - 0,3
Jednostupňové drcení	Separovaný, obaly průmysl. výrobků – PET	0 - 8
Dvoustupňové drcení a mletí	Separovaný, obaly průmysl. výrobků – PET	0 - 0,5

Parametry suspenze odpadního PET

Rozkladná reakce PET probíhá v suspenzi. Suspenze je heterogenní směsí jemně dispergované pevné látky (PET) v kapalině (v koncentrované kyselině dusičné). Charakteristickou vlastností suspenzí je, že se u nich v čase uplatňuje pomalý, samovolný gravitačně-segregační proces oddělování složek směsi (sedimentace pevné látky, zatěžkávadla). V úpravárenských technologických aplikacích bývá pevná látka (fáze) označována jako zatěžkávadlo. Užité vlastnosti suspenzí jsou posuzovány podle kvantitativních a kvalitativních veličin. Základním požadavkem kladeným na vlastnosti připravovaných suspenzí PET bylo dosažení jejich technologicky maximálně přípustných hodnot zahuštění v gramech zatěžkávadla na 1 l suspenze [$\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$], při kterém jsou zrna zatěžkávadla smočená a současně ještě volná (mohou v suspenzi vykonávat samostatný pohyb). Na technické vlastnosti suspenze má vliv zrnitostní skladba použitého zatěžkávadla. V průběhu ověřování vhodného zrnitostního složení pevné fáze a její přípustné koncentrace v kyselině dusičné pro přípravu suspenze byly testovány oba vzorky odpadního PET a všechny zrnitostní třídy vzorků uvedených v tabulce č. 1.

Neseparovaný, barevný obalový PET: - Vzorky pevné fáze byly připraveny drcením a mletím neseparovaného odpadního PET na nožových zařízeních ve třech zrnitostních třídách: 0 – 0,3 mm, 0 – 4 mm a 0 – 30 mm. Zrnitostně upravená vsázka obsahovala znečišťující podíly potišťených papírových a plastových etiket, materiál PE víček a zbytky lepidel. Neseparovaná vsázka odpadního PET se pro přípravu suspenze ukázala jako nevhodná. Při přípravě suspenze vykazuje pevná fáze dobré smočení kyselinou, ale po smočení a promíchání se v suspenzi začne uplatňovat samorozdružovací efekt na základě rozdílných měrných hmotností pevné fáze. Samorozdružovací efekt v suspenzi, který je vyvolaný měrnou hustotou kapalně fáze suspenze (koncentrovaná kyselina dusičná cca $1,51 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) způsobí rozdělení pevné fáze suspenze na podíl plovoucí a kleslé frakce. V plovoucí frakci jsou zastoupeny hmotnostně lehčí, znečišťující podíly etiket, papíru a zbytků plastových fólií a víček. V plovoucí frakci je současně uzavřena i řada čistých zrn PET. Při mechanickém promíchání suspenze nedochází k jejich uvolnění a přechodu do kleslé frakce. Kleslá frakce obsahuje čistá zrna PET, ale i podíl podrcených PE víček. Samorozdružovací efekt v suspenzi z neseparovaného odpadního PET se projevuje v zrnitostních třídách 0 – 30 mm a 0 – 4 mm, jak ukazuje obr. č. 3. Zrnitostní třída 0 – 0,3 mm po smočení koncentrovanou kyselinou dusičnou vytvoří shluk zrn („spečenec“) jemně zrnitého PET, který je pružný, má houbovitě-porézní charakter a má značnou mechanickou soudržnost. Zrna nejsou volná a ve vznosu, ale vázána do shluku zrn, který plave po hladině kyseliny. Neseparovaný PET není vhodnou vsázkovou surovinou pro přepracování VF rozkladem v žádné zrnitostní třídě. Nečistoty obsažené v zatěžkávadle snižují výtěžnost technologického procesu rozkladu a následně je nezbytné je ekologicky odstraňovat a likvidovat jako odpad.

Obr. č. 3 – Samorozdružovací efekt v suspenzi PET, zrnitost zatěžkávadla 0 – 4 mm



Separovaný, jednobarevný PET: - Vzorke zatěžkávadla s upravenou zrnitostí skladbou neobsahují znečišťující látky (zbytky papíru, fólií etiket a PE víček) a jsou v zrnitostních třídách 0 – 8 mm, 0 – 6 mm a 0 – 4 mm v kyselině dobře smočitelné. Vzniklá suspenze má vhodné technicko-technologické vlastnosti. Jednotlivá zrna tvořící suspenzi jsou volná a v částečném vznosu. Pouze suspenze připravená ze zatěžkávadla zrnitostní třídy 0 – 0,5 mm po smočení koncentrovanou kyselinou vytvoří shluk zrn (speče se), který je pružný, houbovitý a odolný proti mechanickému rozmíchání. Shluk zrn plave na hladině kyseliny jak ukazuje obr. č. 4.

Obr. č. 4 – Plovoucí shluk „spečených zrn zatěžkávadla“ zrnitostní třídy 0,0 – 0,5 mm (bezbarvý PET) a 0,0 – 0,3 mm (neseparovaný barevný PET)



Pro další testování parametrů VF rozkladu PET bylo používáno vzorků PET v zrnitostních třídách 0,0 – 10 mm. Nepřítomnost znečišťujících podílů umožňovala exaktnější stanovení výtěžku vzniklé kyseliny tereftalové (TPA). V dalším postupu bylo hledáno maximální zahuštění suspenze tj. poměru podílu pevné fáze (zatěžkávadla) PET v zrnitostním rozmezí 0 – 8 mm a kapalně fáze, kterou tvoří koncentrovaná kyselina dusičná u kterého dojde působením VF energie k úplnému rozkladu PET na kyselinu tereftalovou. Zahuštění je vyjádřeno hmotnostně tzn. v gramech zatěžkávadla na 1 l vytvořené suspenze. Ověřování zahuštění suspenze zrnitostně upraveného PET v koncentrované HNO_3 bylo ukončeno při dosažení koncentrace zatěžkávadla v suspenzi $300 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, kdy se hmotnost jednoho litru suspenze pohybovala v rozmezí hmotnosti $1,316 - 1,398 \text{ kg} \cdot \text{l}^{-1}$ (v závislosti na použité zrnitostní třídě PET). Vyšší hodnoty zahuštění suspenze používané k VF rozkladu mají za následek neúměrný nárůst hustoty rozkladem vzniklé suspenze kyseliny TPA v rozkladné nádobě. Vyniklá suspenze TPA v rozkladné nádobě působením zbytkového tepla doznívající samovolné rozkladné reakce rychle vysychá a houstne.

Závislost doby VF rozkladu na el. výkonu magnetronů

V rámci stanovení optimalizovaných procesních podmínek byla zkoumána doba nutná pro započítání průběhu rozkladné reakce a jejího bezpečného samovolného průběhu v suspenzi PET s koncentrovanou kyselinou dusičnou v závislosti na výkonu magnetronů (na množství dodávané energie). Výkon magnetronů je krokově ovládaný a volitelný po 200 W od 0 W do 2 000 W elektrických.

Podmínky testování:

- zahuštění rozkládané suspenze odpadního PET – 300 g . l⁻¹
- objem rozkládané suspenze – 500 ml
- HNO₃ – koncentrovaná 65 %
- PET separovaný z průmyslových obalů, bezbarvý, zrnitostní frakce – 0 – 8 mm
- Geometrie uspořádání – upřesněná, středová
- Nastavení časového spínače výkonu: 1. a druhý krok – 5 min.
3 a další kroky – 3 min.
- Nastavený elektrický výkon magnetronů: 800, 1 200, 1 600 a 2 000 W

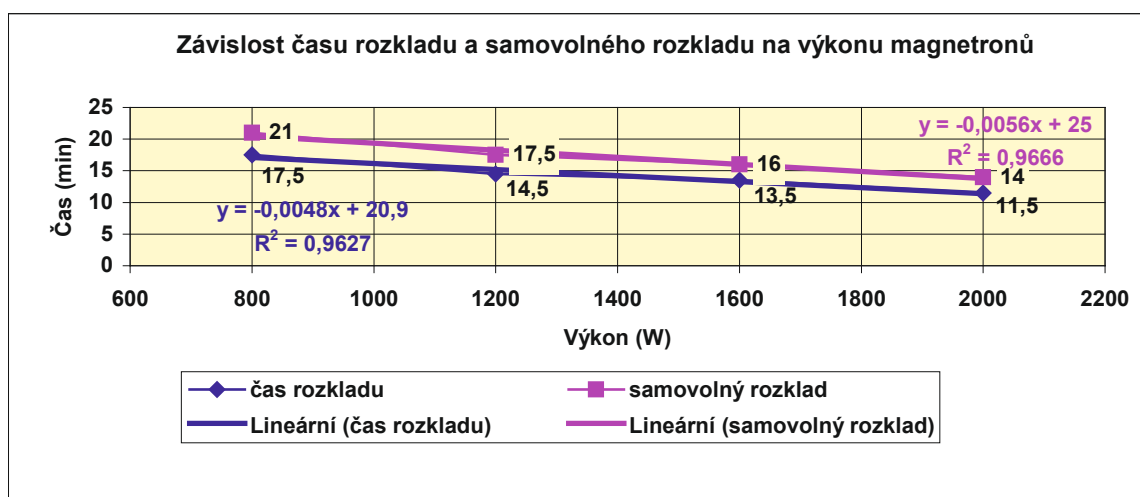
Tabulka č. 2 – Závislost času počátku samovolného rozkladu na výkonu magnetronů

Test č.	Výkon magnetronů [W]	čas počátku rozkladu PET [min]	Počátek samovolného rozkladu [min]	čas ukončení testu [min]	Poznámka
1	800	17,5	21	45	VF příkon odstaven po 22. min., *
2	1 200	14,5	17,5	54	VF příkon odstaven po 19. min., *
3	1 600	13,5	16	47	VF příkon odstaven po 19. min., *
4	2 000	11,5	14	36	VF příkon odstaven po 15. min., *

* - po odstavení příkonu VF energie probíhal samovolný rozklad suspenze

Z provedených testů VF rozkladu suspenze odpadního PET při různém elektrickém výkonu magnetronů vyplývá, že čas (doba) nezbytně nutný k započetí rozkladu suspenze stejných parametrů tzn. zahuštění, zpracovávaného objemu, stejného druhu a zrnitosti zatěžkávadla a geometrie uspořádání klesá (se zkracuje) s velikostí nastaveného výkonu magnetronů. Aby rozkladná reakce v suspenzi proběhla úplně tzn., aby došlo k totálnímu rozkladu všech zrn PET je vhodné přidávkem VF emitované energie zabezpečit samovolný průběh rozkladné reakce. Počátek samovolného rozkladu suspenze je časově posunut zhruba o 2,5 - 3 minuty. Samovolný rozklad je bouřlivý, probíhá za varu a je doprovázen výrazným zvýšením objemu v rozsahu 80 – 100 % v porovnání s objemem suspenze na počátku rozkladu (viz obr. č. 2). Samovolný průběh reakce je doprovázen uvolňováním tepla, které udržuje reakci v chodu. Po nástupu samovolné rozkladné reakce a vypnutí přívodu VF energie reakce probíhá dále. Počáteční teplota rozkládané suspenze leží v intervalu 90 – 103 °C a v průběhu samovolného rozkladu klesá. Uvolňovaným reakčním teplem dochází k silnému zahušťování vzniklé suspenze kyseliny TPA v rozkladné nádobě.

Graf č.1 – Časová závislost počátku rozkladu a nástupu samovolného rozkladu na výkonu



Zhodnocení dílčích výsledků VF rozkladu odpadního PET pro získávání kyseliny tereftalové (TPA)

Testování rozkladu odpadního PET bylo prováděno na VF aparatuře podle vlastního návrhu, která má středovou geometrii rozkladu a max. VF mikrovlnný výkon 1 700 W. Cílem testování bylo stanovení a prověření optimálních procesních podmínek rozkladu PET, včetně získání potřebných technických a technologických dat, informací a podkladů, která budou umožňovat komplexnější posouzení celého procesu. Získané výsledky lze shrnout do následujících závěrů:

1. Geometrie každé VF aparatury je dána jejím provedením a bude sehrávat v procesu převodu technologického postupu rozkladu PET VF energií do praktické aplikace podstatnou roli. Aplikaci musí předcházet poloprovozní ověření. V případě vsádkového technologického procesu VF rozkladu se středovou geometrií uspořádání musí být dopad VF energie směřován do prostoru dna rozkladné nádoby. Ohřevem je tak zajištěn pohyb a promíchávání rozkládané vsázkové suspenze PET i odvod rozkladem vznikající plynné fáze NO_x v době ohřevu a při nástupu samovolné rozkladné reakce.
2. Rozkladná nádoba vsázkové suspenze odpadního PET musí mít dostatečný volný prostor nad úrovní hladiny suspenze, aby umožňovala eliminaci tepelně-objemových změn vsázkové suspenze v době ohřevu a zejména po nástupu samovolného rozkladu. Konstrukce rozkladné nádoby musí mít zajištěno chlazení a odvod vznikajících, kyselých reakčních dusíkatých plynů. Objem volného prostoru u rozkladné nádoby by měl činit cca 100 % objemu zpracovávané vsázkové suspenze.
3. Zatěžkávadlo vsázkové suspenze připravované z odpadního PET nesmí být znečištěno zbytky etiket a PE uzávěry z obalových materiálů sypkých nebo kapalných materiálů. Při přípravě vsázkové suspenze ze znečištěného PET se uplatňuje rozduřovací efekt podle rozdílných hustot materiálů. Vhodnější je příprava zatěžkávadla z odpadního PET obalů průmyslových výrobků a některých potravin. Podíl znečištění ve vsázce bude snižovat výtěžnost TPA a vyvolává nutnost likvidace vzniklých odpadů silně kyselé povahy. Pro přípravu zatěžkávadla je možné používat i PET barevný z obalů kapalných či sypkých látek, ale musí být separovaný, zbavený etiket a uzávěrů, předupravený (praný).
4. Vhodná zrnitostní skladba zatěžkávadla pro přípravu vsázkové suspenze leží v zrnitostním rozmezí 0,0 – 10 mm. Jemně zrnitá vsázková surovina pro přípravu zatěžkávadla není vhodná. Smočením jemně zrnitého zatěžkávadla koncentrovanou kyselinou dusičnou vzniká „slepenec“ zrn, který je pružný, houbovitého charakteru, mechanicky obtížně rozmíchatelný a plave na povrchu rozkladné nádoby (mimo přímý dopad VF energie). Příprava jemně zrnitého zatěžkávadla mletím z houževnatého a vysoce abrazivního odpadního PET je energeticky náročná a musí probíhat v několika technologických krocích, což nepříznivě zatěžuje výrobní náklady a konečnou cenu zatěžkávadla.
5. Zahuštění vsázkové suspenze VF rozkladu je technologickou veličinou, která bude mít rozhodující vliv na hodinový výkon celého procesu. Snaha po dosažení max. zahuštění je limitována požadovanými technologickými vlastnostmi vsázkové suspenze. Suspenze musí umožňovat smočení všech zrn zatěžkávadla, zrna musí být volná a v částečném vznosu. Za hraniční zahuštění vsázkové suspenze připravené ze zatěžkávadla PET v zrnitostní skladbě 0 – 10 mm pro VF rozklad lze považovat hodnotu $300 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Při vyšších zahuštěních suspenze vzniká VF rozkladem poměrně velmi hustá suspenze TPA, která má vysokou viskozitu a tomu odpovídá snížená tekutost. Při vsádkovém technologickém procesu VF rozkladu PET musí být vzniklá suspenze TPA následně ředěna technologickou vodou před vyjmutím z rozkladné nádoby. Při kontinuálním procesu VF rozkladu by nebyl umožněn její dostatečný a potřebný pohyb uvnitř technologického zařízení kontinuálního rozkladu.
6. Pro přípravu vsázkové suspenze musí být použito pouze koncentrované 65 % kyseliny dusičné. Ověřovací testy potvrdily, že při použití zředěné kyseliny nedojde k rozkladu PET ani při maximálním elektrickém výkonu magnetronů 2 000 W a neúměrně dlouhé expoziční době VF energetického toku, až 70 min.

7. V rámci optimalizace procesních podmínek VF rozkladu bylo nutné stanovit a ověřit minimálně potřebnou dobu průběhu samovolné rozkladné reakce na úplnost rozkladu (převodu) odpadního PET na kyselinu tereftalovou (TPA). Určení minimálně potřebné doby průběhu samovolné rozkladné reakce bylo posuzováno a hodnoceno na základě stanovení čistoty získané TPA. Ověřování probíhalo při různých energetických výkonech magnetronů, různém zahuštění vsázkové suspenze a různé zrnitosti zatěžkávadla vsázkové suspenze. Při testech se zrnitostí zatěžkávadla 0 – 8 mm a zahuštěním $300 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ byl sledován průběh teplot samovolně se rozkládající vsázkové suspenze v čase do ukončení reakce. Stanovení teplot bylo prováděno bodově mezi dnem rozkladné nádoby a výškově vyrovnávací izolační podložkou. Teploty počátku samovolného rozkladu vsázkové suspenze, po vypnutí magnetronů se pohybovaly v rozmezí 90 – 103 °C. V dalším průběhu samovolné reakce teplota rozkládané suspenze klesala. Doba trvání samovolné rozkladné reakce byla sledována v intervalu 10 – 50 min. s krokem po 10ti min. V době ukončení ověřovaného časového kroku byl odebrán vzorek suspenze vzniklé TPA pro analytické stanovení její výtěžnosti. Výtěžnost TPA testů se pohybovala v intervalu 81,5 až 88 % s průměrem všech stanovení 85,1 %. Postačující doba trvání průběhu samovolně probíhající rozkladné reakce leží v intervalu 10 – 30 min. V tomto čase proběhne rozklad PET v suspenzi na TPA úplně.

Určení orientační výtěžnosti TPA rozkladného procesu PET

Ze vzorku vzniklé suspenze kyseliny tereftalové ve směsi se zbytkem kyseliny dusičné po vysokofrekvenčním rozkladu byl odebrán cca 20 g vzorek do filtrační nálevky s papírovým filtrem. Vzorek byl promýván destilovanou vodou do pH 5-6. Takto získaná kyselina tereftalová zbavena obsahu kyseliny dusičné byla následně vysušena při 105°C do konstantní hmotnosti. Z vysušené kyseliny tereftalové byly odebrány 2,00 g do kádinky a poté bylo přidáno 150 ml roztoku hydroxidu sodného o koncentraci 2 mol $\cdot \text{l}^{-1}$. Po promíchání byla směs zahřívána až k dosažení varu, který byl udržován po dobu 5 minut, kdy došlo k úplnému rozpuštění kyseliny tereftalové za vzniku tereftalátu sodného. Úplné rozpuštění v daném případě znamenalo, že ve směsi nezbyl žádný zbytek nerozloženého polyethyltereftalátu. Po vychladnutí směsi byla provedena neutralizace hydroxidu za současného vytěsnění kyseliny tereftalové kyselinou chlorovodíkovou. Neutralizace byla prováděna až k dosažení pH 5. Vzniklá směs se poté nechala odstát. Filtrací a následným promýváním na filtru byla oddělena kyselina tereftalová. Promýváním destilovanou vodou oddělilo chlorid sodný, vzniklý neutralizací hydroxidu sodného a kyseliny chlorovodíkové, a též nadbytek kyseliny chlorovodíkové. Filtrační koláč získané, přečištěné TPA byl pak sušen při 105°C až do konstantní hmotnosti.

Shrnutí a závěr

Provedené testy prokázaly, že způsob recyklace odpadního PET VF rozkladem je realizovatelný vsádkovým i kontinuálním způsobem. Výtěžnost technologického procesu získávání TPA z odpadního PET ověřená čtvrt provozními testy se pohybuje v intervalu od 81,5 do 88 %.

Poděkování MŠMT ČR

Práce je dílčím výstupem řešení Výzkumného záměru MSM 4456918101 “Výzkum fyzikálně chemických vlastností hmot dotčených těžbou a užitím uhlí a jejich vlivů na životní prostředí v region severozápadních Čech“ a vznikla za finanční podpory MŠMT ČR.

Literatura:

- [1] Kusý J., Anděl L., Šafářová M., Valeš J., Patent CZ 296343 Způsob fyzikálně-chemické recyklace odpadního polyethyltereftalátu,
- [2] J. Kozák, Z. Cagaš., Hodnocení upravitelnosti a způsobů úpravy nerostných surovin, SNTL/SVTL, Praha 1965,
- [3] Kusý V., a kol.: Analytika petrochemických surovin, závěrečná zpráva, oborový úkol – 165, CHZ ČSSP – VÚCHVU Litvínov, 1975,

Anotace: Ověření čtvrt provozního vsádkového způsobu beztlakového, vysokofrekvenčního rozkladu odpadního polyethyltereftalátu (PET) za vzniku kyseliny tereftalové (TPA) a definování optimalizovaných podmínek rozkladného technologického postupu.