



Návrh zařízení na testování katalytických filtrů pro čištění spalin ze zařízení na energetické využití odpadu

Boleslav ZACH^{1,2,*}, Michael POHOŘELÝ^{1,2}, Michal ŠYC¹, Karel SVOBOBA¹,
Miroslav PUNČOCHÁŘ¹

¹ Ústav chemických procesů AV ČR, v.v.i., Rozvojová 1/135, 165 02 Praha 6 – Suchbátka

² Ústav energetiky, VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6

* Email: zach@icpf.cas.cz

Příspěvek se zabývá návrhem experimentálního zařízení pro testování katalytické filtrace. Katalytické filtry umožňují současné odstraňování tuhých znečišťujících látek (TZL), sorpci kyselých plynů, selektivní katalytickou redukcí oxidů dusíku (SCR) a katalytickou destrukcí organických látek. Tato technologie je zamýšlena především pro malá zařízení na energetické využití odpadů a pro teplárny. Může umožnit jejich vznik právě díky možnosti zbavovat spaliny více skupin znečišťujících látek v jednom kroku, absenci produkce odpadní vody a možnost použití selektivní katalytické redukce bez nutnosti přehřívání spalin.

Klíčová slova: čištění spalin, katalytická filtrace, energetické využití odpadu

1 Úvod

Všechna zařízení spalující komunální odpad musí ze zákona splňovat emisní limity a pro dosažení těchto limitů je nutná technologie upravující složení spalin. Od sedmdesátých let 20. století, kdy čištění spalin začalo být ve větší míře předmětem zkoumání, se výrazně zvýšily nároky na kvalitu života a tím se i zpřísnily emisní limity. Aktuální pozornost věnovaná chlorovaným látkám ve spalinách a neustálé zpřísnování limitů pro emise oxidů dusíku jsou důvodem pro vývoj katalytických filtrů a pro to, že se katalytické čištění spalin stává perspektivnější technologií.

Použití katalyticky aktivních filtrů umožňuje odstraňovat tuhé znečišťující látky, sorbovat kyselé složky, destruovat organické látky a redukovat oxidy dusíku. Jejich použití navíc umožňuje suché čištění spalin, takže při jejím použití není potřeba zpracovávání odpadní vody, které je jak investičně, tak provozně nákladné. Použití katalyticky aktivních filtrů by tedy mohlo výrazně zlevnit čištění spalin malých zařízení a tak umožnit jejich vznik.

Přítomnost tuhých znečišťujících látek je pro katalytické čištění spalin nevhodná. Zároveň ale katalýza nemůže probíhat při příliš nízké teplotě. Při použití katalytických filtrů jsou na jejich povrchu zachycovány tuhé znečišťující látky a sorbent, který slouží k odstraňování kyselých složek spalin. Do vnitřních pórů filtru se už dostává relativně čistý plyn, který ale stále obsahuje organické látky. Tento plyn má ještě teplotu vhodnou pro jejich katalytickou destrukci na vnitřním povrchu filtru, který je pokryt katalyticky aktivní vrstvou. Zároveň na katalytické vrstvě uvnitř filtru může v případě dávkování redukčního činidla probíhat i selektivní katalytická redukce (SCR).



Materiálem, se kterým se pro filtrační elementy počítá, je keramika a polytetrafluorethylen (PTFE). Další možností je kov [1]. Katalyzátory pro současné odstraňování NO_x a organických polutantů jsou většinou na bázi oxidu V-W-Ti. Byly testovány další, jako je například oxid Pt-V-Ti. Tento oxid má sice lepší aktivitu pro destrukci organických látek, ale má nízkou selektivitu pro SCR [2].

Katalytické filtry jsou již v praxi používány. Například spalovna komunálního odpadu v Liberci používá pro čištění spalin katalytické filtry od firmy GORE[®], které jsou na bázi PTFE. Před nimi je však zařazen elektrostatický odlučovač.

Při testování katalytických filtrů REMEDIA[®] bylo dosaženo při teplotě 220 °C a dávkování 1,1 molu NH_3 na mol oxidu dusíku účinnosti 33,2 %. Toto je relativně dobrý výsledek, protože tato teplota je pro SCR nízká (obvykle mezi 300 a 500 °C [3]). Byla zvolena takto nízká teplota, protože při teplotách nad 250 °C již probíhá de novo syntéza dioxinů [4] (maximální produkce dioxinů pomocí de novo syntézy je při teplotě kolem 325 °C [5,6]).

2 Zařízení na testování katalytických filtrů

Aparatura je navržena tak, aby na ní bylo možné testovat vliv provozních parametrů, jako je průtok, teplota, typ filtru, četnost regenerace, případná nutnost a způsoby zaprašování, charakter popílku a sorbentu apod.

2.1 Jednotlivé části aparatury a jejich možnosti

První částí aparatury je retortový hořák (1), který slouží jako zdroj reálných spalin. Palivem mohou být pelety modelového odpadu či dřevní biomasy. Spaliny jsou dále chlazeny v souproutém vzduchovém chladiči (2). Byl zvolen souproutý vzduchový chladič, aby bylo možno docílit co nejlepší regulace teploty.

Dalším celkem aparatury je spalinovod 1 (3), který umožňuje úpravu složení spalin. Je zde možné přidávat vodní páru, plynné a pevné polutanty, sorbent (pro sorpci kyselých složek spalin) a redukční činidlo pro selektivní katalytickou redukci (amoniak). Spalinovod 1 je také uzpůsoben k odebrání plynných vzorků a tuhých znečišťujících látek.

K vlastnímu procesu čištění spalin dochází v největší míře na filtračních elementech, které jsou umístěny ve filtračním reaktoru (4). Tyto elementy mohou být z PTFE či keramiky. Na povrchu těchto filtrů může být nanášena katalytická vrstva, která umožní průběh selektivní katalytické redukce (SCR) a oxidaci organických látek (např. PCDD a PCDF). Filtrační reaktor je válcový, v dolní části ukončený násypkou, ze které je přes uzávěry možné během experimentu odebírat vzorky filtračního koláče. Spaliny mohou být do filtračního reaktoru zavedeny dvěma způsoby. První možností je tangenciální vstup v horní části, kdy je kromě bariérové filtrace uplatňován i princip cyklónu. Druhou variantou je vstup ve spodní části přes „stříšku“, při které jde o kombinaci bariérové filtrace a gravitačního usazování.

Regenerace filtračních elementů je realizována tlakovým vzduchem nebo dusíkem pomocí pulzního ventilu. Z filtračního reaktoru odcházejí spaliny spalinovodem 2 (5), na kterém jsou taktéž odběrová místa, která umožňují odběr plynu a tuhých znečišťujících látek.

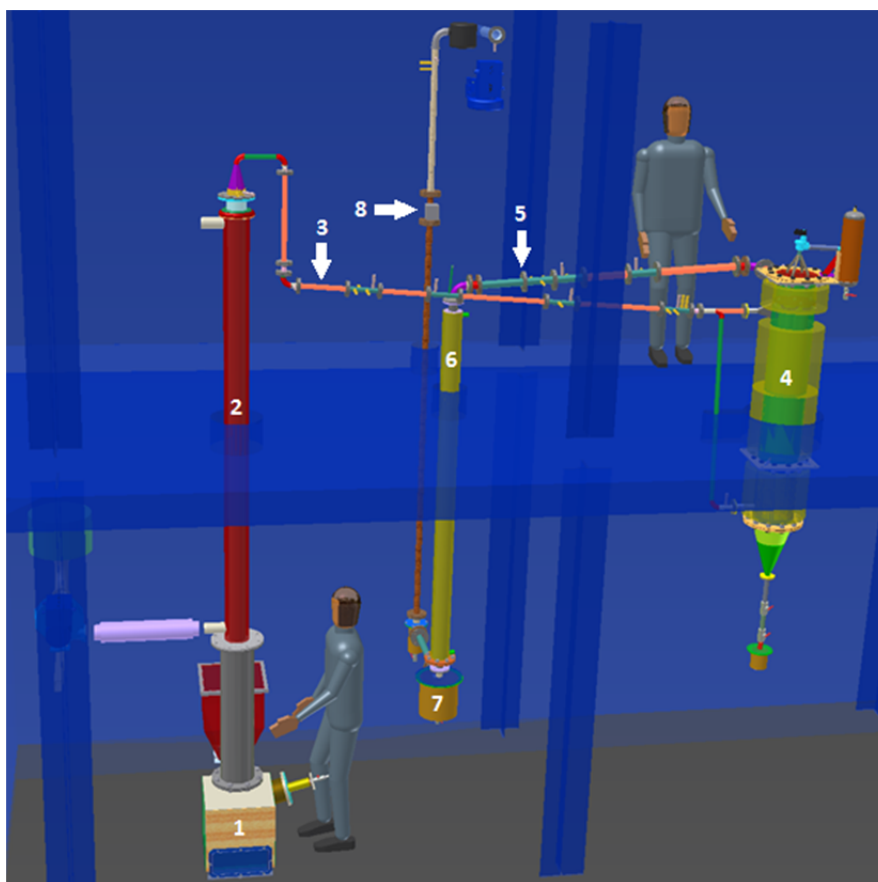
Spalinovod 1, filtrační reaktor a spalinovod 2 jsou osazeny elektrickými pecemi, aby nedošlo k poklesu teploty spalin pod teplotu rosného bodu. Z toho důvodu je také v těchto částech aparatury monitorována teplota spalin. Aparatura je také osazena tlakovými čidly,



kteřá jsou důležitá především pro měření tlakové ztráty filtračních elementů a regulaci dmyhadla, které vyhání spaliny ven z laboratorní haly.

Oba spalínovody jsou navrženy tak, aby bylo proudění plynu ve spalínovodech v turbulentní oblasti ($Re > 5000$). Turbulentní proudění zajišťuje dobré mísení v případě přidávání polutantů, sorbentu nebo redukčního činidla a spolu s malým sklonem spalínovodů minimalizuje usazování částic.

Za spalínovodem 2 jsou spaliny chlazeny v protiproudém vodním chladiči (6) a kondenzát je jímán do kondenzačních nádob (7). V poslední části aparatury procházejí spaliny dlouhou rovnou trubkou, kde dochází k ustálení toku spalin. Vzápětí je měřen jejich objemový průtok průtokoměrem (8). Poté spaliny procházejí dmyhadlem a opouštějí laboratorní halu. Vyobrazení celého zařízení v 3D modelu je možno vidět na Obr. 1.



Obr. 1 – Pohled na aparaturu v 3D modelu. 1 – retortový hořák, 2 – souprůdný vzduchový chladič, 3 – spalínovod 1, 4 – filtrační reaktor, 5 – spalínovod 2, 6 – protiproudý vodní chladič, 7 – kondenzační nádoba, 8 – průtokoměr

2.1.1 Analytika

Spaliny mohou být analyzovány pomocí přístrojů Oxymat 5 M (O_2), Uras 14 (CO , N_2O) a Horiba PG 350 (O_2 , CO , CO_2 , SO_2 , NO_x/NO). Dále je možno odebírat vzorky TZL podle normy ČSN EN 13284-1 nebo měřit koncentraci TZL použitím přístroje Wöhler SM 500 a stanovovat chlorované organické látky podle normy ČSN EN 1948-4. Také je možno stanovovat hmotnostní koncentraci chlorovaných a fluorovaných látek podle normy ČSN EN 1911, hmotnostní koncentraci těžkých kovů podle normy ČSN EN 14385, hmotnostní



koncentraci rtuti podle manuální metodou podle ČSN EN 13211 nebo instrumentální metodou podle normy ČSN EN 14884. Pro určení čpavkového skluzu bude použita manuální metoda měření emisí amoniaku podle normy ČSN 834728-2, která je založena na absorpci amoniaku do roztoku kyseliny sírové.

3 Závěr

Aparatura umožní testování filtračních elementů z polytetrafluorethylenu a keramiky, na kterých může být nanášena vrstva katalyzátoru. Bude možno upravovat složení spalin a realizovat odběry jak před filtračním reaktorem, tak za ním. Na rozličných místech aparatury bude možno měřit teploty a tlaky.

Zařízení umožní testování selektivní katalytické redukce, regenerace filtračních elementů, odprášení a odstraňování kyselých složek spalin. Z důvodu sorpce a desorpce organických látek na povrch aparatury a z něj vyžaduje ustálení stavu koncentrace organických látek delší chod zařízení (tzv. memory effect). Z toho důvodu bude pravděpodobně od zkoumání destrukce organických látek upuštěno.

Poděkování

Tato práce vznikla díky finanční podpoře projektu Technologické agentury České republiky „Centrum kompetence pro energetické využití odpadů“ č. TE02000236 a podpoře projektu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy č. 20/2015 (specifický vysokoškolský výzkum).

Použitá literatura

- [1] SEVILLE, J. *Gas cleaning in demanding applications*. 1st ed. New York: Blackie Academic, 1997, xv, 308 p. ISBN 07-514-0351-2.
- [2] HACKEL, Marius, Georg SCHAUB, Manfred NACKEN a Steffen HEIDENREICH. Kinetics of reduction and oxidation reactions for application in catalytic gas-particle-filters. *Powder Technology*. 2008, vol. 180, 1-2, s. 239-244.
- [3] VDI 3476. *Filternde Abscheider: Heißgasfiltration*. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, 2010.
- [4] Radek Dvořák, Petr Chlápek, David Jecha, Radim Puchýř, Petr Stehlík, New approach to common removal of dioxins and NOx as a contribution to environmental protection, *Journal of Cleaner Production*, vol. 18, 9, June 2010, s. 881-888.
- [5] WASTE TO ENERGY: A Technical Review of Municipal Solid Waste Thermal Treatment Practices FINAL REPORT, Project No.: 1231-10166.
- [6] Céline Xhrouet, Catherine Pipard, Edwin de Pauw, De Novo Synthesis of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans on Fly Ash from a Sintering Process, *Environ. Sci. Technol.* vol. 35, 2001, s. 1616-1623.