

Nánosy na teplosměnných plochách kotle spalovny komunálních odpadů

Předmětem příspěvku je tvorba nánosů na teplosměnných plochách kotle spalovny komunálních odpadů. Nežádoucí nánosy vytvořené ve spalínových tazích mohou komplikovat provoz všech energetických zařízení spalujících tuhá paliva. V případě energetického využívání komunálního odpadu to vzhledem k různorodosti spalovaného materiálu platí dvojnásob.

Obecně zanesení teplosměnných ploch zhoršuje předávání tepla ze spalin do pracovní látky, a tím dochází ke snížení účinnosti zařízení. Dále nánosy ovlivňují tvar a zmenšují velikost průtočného kanálu spalin. Tvorbou nánosů se také zvyšuje drsnost povrchu uvnitř spalinového kanálu. Tyto dva efekty zpravidla zvětšují tlakovou ztrátu spalinových tahů. Finálním důsledkem může být nárůst spotřeby spalinového ventilátoru, nebo snížení celkového množství spalin. Hlavní problém však nastává, pokud míra zanesení spalinových tras dosáhne takového stavu, kdy spaliny nemohou v dostatečné míře proudit kotlem, pak může dojít vlivem tvorby nánosů k nucenému odstavení zařízení. První krok k redukci tvorby nánosů představuje specifikace nejčastějších míst a podmínek vzniku nánosů. Další část výzkumu se zaměřuje na mechanismus vzniku a růstu vrstvy nežádoucích nánosů.

ÚVOD

Odpad provází lidstvo od počátku utváření lidské společnosti. S narůstajícím rozsahem a vyspělostí lidské společnosti se logicky mění také množství a složení produkovaného odpadu. Výrazný nárůst množství odpadu sebou přinesla jako vedlejší produkt průmyslová revoluce v 19. století. Nejrazantnější změny z hlediska produkce odpadu však přinesla až transformace naší společnosti směrem ke konzumnímu způsobu života ruku v ruce s prudkým nárůstem populace na naší planetě v průběhu 20. století. V tomto století došlo k exponenciálnímu nárůstu produkovaného odpadu. S tím jak se měnila struktura společnosti a míra vyspělosti se také měnilo složení odpadu. Jednu z možností nakládání s odpadem představuje právě termická likvidace odpadu, kdy lze energii chemicky vázanou v odpadu spalováním uvolnit a následně využít pro energetické účely.

Problematika tvorby nánosů se vyskytuje v různé míře téměř u všech energetických zařízení spalujících tuhá paliva. Formování nánosů silně závisí na typu kotle, používaném palivu a teplotě v systému. Například u uhlí spalujících elektráren se nánosy tvoří za vysokých teplot kolem 900 °C a vykazují vysoký obsah amorfních fází, anhydrit, hematit a křemičitany [1]. Při spalování biomasy představuje významný problém relativně vysoký obsah vstupujícího draslíku a chloru, který iniciuje tvorbu lepkavé a korozivně působící usazeniny na stěnách přehříváku [2].

Komunální odpad je kombinací nehomogenních materiálu obsahujících velký podíl síry,

chloru, alkalických kovů, kovů alkalických zemin a malé množství těžkých kovů jako olovo nebo zinek [3]. Tyto prvky jsou během spalování odpařeny a transportovány ve spalinách společně s popelovými částicemi ze spalovacího lože. Všechny tyto komponenty formují nánosy na teplosměnných plochách zejména konvektivní části kotle. Z těchto materiálů se následně formují velice tvrdé nánosy, které omezují přestup tepla ze spalin do pracovní látky. Nárůst nánosů na povrchu teplosměnných ploch spalovny při spalování pevného komunálního odpadu představuje významný problém pro operátory spaloven.

SPALOVNA KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ BRNO – SAKO BRNO A.S.

Společnost SAKO Brno a.s. umožnila realizovat odběr vzorků a studium vlivu nánosů ve svém provozu. Spalovna komunálních odpadů v Brně je jednou ze tří provozovaných spaloven komunálních odpadů v České Republice. Společnost SAKO Brno a.s. patří statutárnímu městu Brno a město Brno spalovnu využívá k redukování množství komunálního odpadu. Primární účel spalovny tedy představuje hygienická likvidace tuhého komunálního odpadu a vybraného průmyslového odpadu spalováním. Vznikající odpadní tepelná energie se využívá na výrobu páry dodávané do parních rozvodů města Brna. Část páry bývá spotřebována na výrobu elektrické energie pomocí parní kondenzační turbíny s jedním regulovaným a jedním neregulovaným odběrem.

Výstavba spalovny Brno byla zahájena v roce 1984, uvedení spalovny do provozu následovalo v roce 1989. V období let 1996 a 1997 byla provedena úprava kotlů za účelem dosažení nově zpřísněných emisních limitů. Kompletní rekonstrukce spalovny proběhla v letech 2009 až 2011. Součástí rekonstrukce byla výstavba dvou parních kotlů nahrazujících staré kotle K2 a K3, nového systému čištění spalin, odškvárování a odpopílkování. Kotel K1 využívaný v průběhu výstavby byl po zprovoznění nových kotlů demontován. [4] Ve spalovně se jako palivo používá směsný komunální odpad, který nelze jinak materiálově využít, tedy odpad, který je svážen z popelnic a kontejnerů černé barvy a též vybraný odpad z průmyslu. [5]

POPIS KOTLE SPALOVNY

V kotelně jsou umístěny dva vodotrubné kotle od francouzského výrobce CNIM se šikmými vratísuvnými rošty firmy MARTIN se jmenovitým výkonem 16 t/hod odpadu (tun za hodinu)



Obr. 1 – Brněnská spalovna komunálních odpadů (SAKO Brno a.s.)

Jmenovité množství páry o parametrech 400 °C a 40 bar je 52,3 t/hod. Každý kotel je osazen plynovým hořákem France Thermique o výkonu 26 MW. Spalovány mohou být odpady o výhřevnosti v rozmezí 8,0 až 15 MJ/kg s maximální vlhkostí 50 % a obsahem popela 20 až 40% při dodržení povolených emisních limitů. Řešení spalovny umožňuje nastavení spalovacího režimu na roštu v jednotlivých pásmech pro široký sortiment spalovaných odpadů při správné intenzitě spalování. [4]

Znečišťující látky ve spalinách na výstupu z kotlů se vyskytují ve formě tuhých částic a v plynné fázi. Před vypuštěním do ovzduší jsou spaliny upravovány polosuchým procesem v absorbéru, dále spaliny prochází systémem odlučování prachu pomocí textilního filtru. Čištění spalin není předmětem tohoto výzkumu, proto se o něm zpráva podrobněji nezmiňuje.

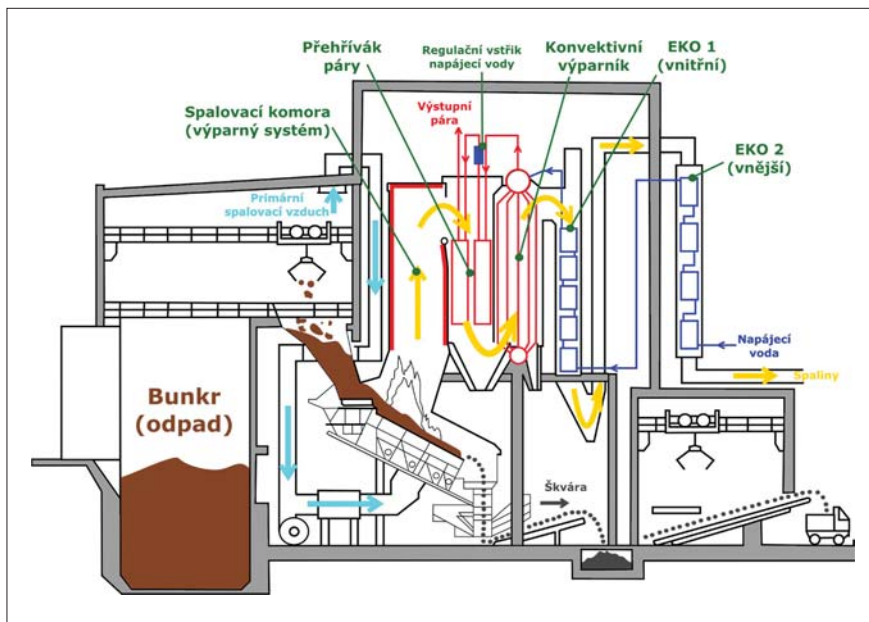
Kotel je tvořen pěti tahy, kterými procházejí spaliny:

- První tah (spalovací komora) tvoří membránové stěny chráněná žáruvzdornou vzdílkou ve spodní části komory. Horní část spalovací komory je ošetřena inconelem.
- Druhý tah (radiální komora) obsahuje dvě sestavy zavěšených panelů deskových přehříváku s hladkými trubkami spojenými žebrovím. Náběžné hrany těchto panelů a nosné trubky jsou chráněny kryty. Tato koncepce přehříváku umožňuje jejich fungování převážně vyzařováním. Komora s těmito výměníky je tvořena membránovými stěnami.

- Třetí tah obsahuje konvekční výparníkový svazek
- Čtvrtý tah je tvořen plechovým pouzdem obsahujícím pět svazků ekonomizérových trubek (Economizér 1)
- Pátý tah je tvořen plechovým pouzdem obsahujícím čtyři svazky ekonomizérových trubek (Economizér 2) Pátý tah je umístěn ve venkovní části. [4]

Podrobnější uspořádání teplosměnných ploch kotle přehledněji zobrazuje následující obrázek (obr. 2).

Z důvodu vysoké agresivity spalin by teplota na stěně trubek ekonomizéru neměla poklesnout pod teplotu rosného bodu spalin (cca 190°C). Velkou výhodou v tomto ohledu představuje možnost regulace teploty spalin na výstupu z kotle. Regulace teploty na konci spalinové cesty je realizována řízením teploty napájecí vody vstupující do EKO. Touto cestou lze udržet v podstatě neměnnou komínovou ztrátu kotle,



Obr. 2 – Schéma kotle brněnské spalovny komunálních odpadů s naznačeným uspořádáním teplosměnných ploch



Obr. 3 – Ukázka silného zanesení spalinového kanálu z konce února 2014, kdy kotel K2 musel být kvůli zanesení odstaven

kteřá nejpodstatněji ze všech ztrát ovlivňuje celkovou účinnost kotle. Účinnost kotle jako celku vychází o něco nižší, avšak výrazně nezávisí na stupni zanesení teplosměnných ploch. Dále je kotel vybaven šotovými přehříváky, které dokáží předávat teplo i vyšší míře zanesení teplosměnné plochy.

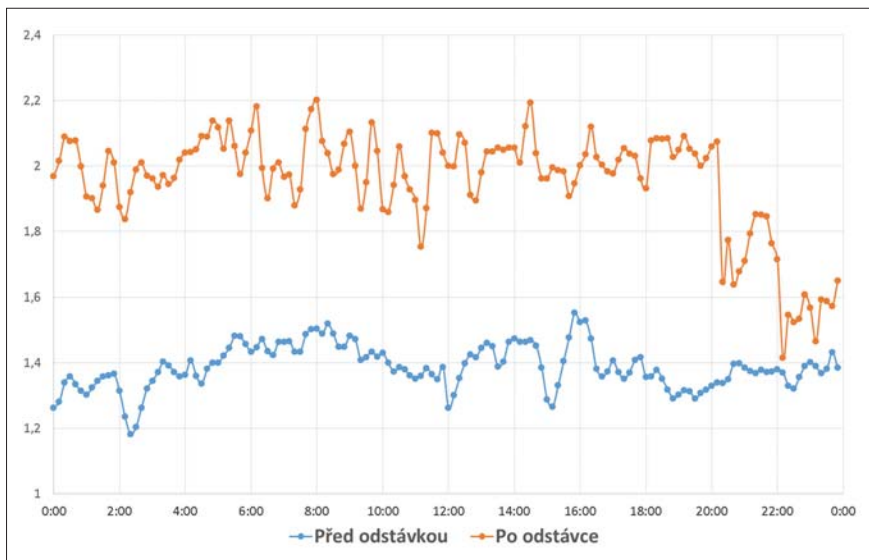
NEGATIVNÍ VLIV NÁNOSŮ NA PROVOZ ZAŘÍZENÍ

Obecně nánosy uchycené na teplosměnných plochách mohou snižovat účinnost kotle, zhoršuje se předávání tepla ze spalin do pracovní látky. To znamená, že se spalinové hůře vychlazuje, a tím vzrůstá tím teplota spalin na výstupech z jednotlivých teplosměnných ploch. V konečném důsledku se zvyšuje výsledná komínová ztráta.

Dále usazené nánosy mění tvar a zmenšují velikost průtočného kanálu spalin. Tvorbou nánosů se také zvyšuje drsnost povrchu na teplosměnných plochách. Tyto dva efekty zpravidla zvětšují tlakovou ztrátu spalinových tahů. Finálním důsledkem bývá nárůst spotřeby spalinového ventilátoru, nebo snížení celkového množství spalin. To ovšem neplatí, pokud míra zanesení takového stavu, kdy spalinové nemohou kotle.



Obr. 4 – Porovnání zanesení trubek výparníku před a po odstávce a údržbě (říjen 2014)



Graf 1 – Ukázka rozdílné velikosti regulačního vstříku napájecí vody mezi stupně přehříváku při provozu kotle před a po odstávce

Další negativní vliv tvorby nánosů představuje riziko zvyšování korozivních účinků zejména chlorových a sírných sloučenin na materiál stěny trubek. Korozie na trubkách přehříváku ve spalovacích odpádech bývá způsobena sulfitací alkalických chloridů na alkalické sírany [6]. Provedené testy ukazují nižší obsah chloru v přechodové vrstvě nánosů na přehříváku. Proto i když nějaký chlor nebo chlorid zkondenzoval na povrchu teplosměnných ploch, byl částečně nahrazen síranem [7]. Uvolněný chlor dále pokračuje spolu se spalinami ve formě HCl a může nepříznivě působit na další teplosměnné plochy kotle ve směru proudění spalin.

POSOUZENÍ VLIVU NÁNOSU Z NAMĚŘENÝCH PROVOZNÍCH DAT

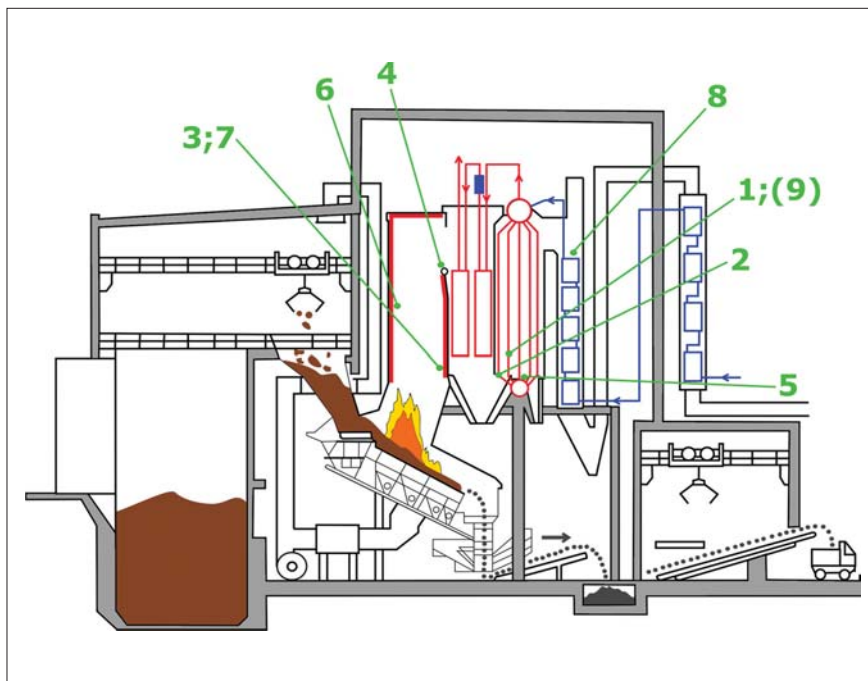
Součástí výzkumu bylo také zpracovávání provozních dat získaných při provozu zařízení. S cílem posoudit vliv zanesení teplosměnných ploch na provoz zařízení byly sledovány provozní parametry před a po plánované odstávce zařízení. V tomto ohledu se ukazují jako podstatné pouze některé provozní parametry, protože se s tvorbou nánosů ve spalovně počítá už při návrhu zařízení. Celé zařízení je tedy koncipováno tak, aby dokázalo efektivně pracovat i při určité míře zanesení teplosměnných ploch. A zejména výstupní parametry páry musí být splněny vždy, na těchto parametrech by se tedy míra zanesení teplosměnných ploch neměla projevit vůbec.

Projevy nánosů na provozních parametrech zařízení

Pro správné posouzení vlivu nánosů na zařízení se ukazuje nutné najít provozní režimy před a po odstávce s co nepodobnějšími provozními parametry, aby byl minimalizován vliv provozního režimu na sledované hodnoty. Mezi podstatné provozní parametry v tomto ohledu spadá množství produkované páry, množství spalin a teplota ve spalovací komoře. Současně musí být provozní režimy během porovnávacího intervalu co nejstabilnější. Vzhledem k velikosti kotle a množství produkované páry lze považovat za dostatečně dlouhý stabilní interval čtyři hodiny.

Projevy snížení účinnosti předávání tepla na teplosměnných plochách se projeví například horším ohřevem pracovní látky. Jinými slovy hůře se dosahuje požadovaných výstupních parametrů páry. Asi nejlépe patrný je vliv zanesení kotle na množství regulačního vstříku napájecí vody mezi jednotlivé stupně přehříváku páry.

Z regulačních a provozních důvodů bývají parní kotle mírně naddimenzovány, aby se pomocí regulačního vstříku napájecí vody mezi stupně přehříváku dosáhlo snížení parametrů páry na požadovanou výstupní hodnotu. Logicky se by se tedy s časem provozu a narůstající vrstvou nánosů na teplosměnných plochách mělo zmenšovat množství napájecí vody vstříkované jako regulační vstřík mezi stupně přehříváku páry. Tento efekt je možno sledovat na následujícím grafu.



Obr. 5 – Naznačení konkrétních míst odběru vzorků nánosů z kotle spalovny při odstávce zařízení

Vzorek č.	Místo a čas odběru vzorku	Popis vzorku
1	Konvektivní výpamík – únor 2014	Materiál vzorku vykazuje sypkou konzistenci (drolí se), z odebraných vzorků má nejnižší teplotu tavení (cca 620°C)
2	Spodní část konvektivního výpamíku (u přechodu z 2. tahu kotle) – únor 2014	Nános je tvořen převážně tvrdým pevným materiálem bez pórů, tento tvrdý materiál je proložen vrstvami sypkého drolivého materiálu podobný vzorku 1 (i vlastnosti podobné – taví se při cca 620°C). Tvrdé vrstvy se naopak taví při vysokých teplotách (cca 1 250°C)
3	Spalovací komora spodní část – únor 2014	Velmi tvrdý, porézni materiál s vysokou teplotní stabilitou, zřejmě uhlíkový nedopal. (začíná se tavit při cca 1 160°C)
4	Spalovací komora horní část (obrat tahu u mříže) – říjen 2014	Nános střední tvrdosti, začíná se tavit při cca 1 140°C
5	U spodního bubnu – říjen 2014	Konzistencí je podobný vzorku 2, ale s nižší teplotou tavení. (první deformace při cca 900°C)
6	Spalovací komora střední část (3. patro lešení při odstávce) – říjen 2014	Tvrdší materiál s jemnými póry. Zřejmě z něj pozvolným stečením po stěně spalovací komory vznikne nános podobný vzorku 3 a 7.
7	Spalovací komora spodní část – říjen 2014	Velmi tvrdý, porézni materiál, zřejmě uhlíkový nedopal. Stejný jako vzorek 3, jen odebraný v říjnu 2014. (začíná se tavit při cca 1 150°C)
8	Ekonomizer 1 horní část (čtvrtý tah kotle) – říjen 2014	Tvrdý a relativně křehký nános, oproti ostatním vyniká světlou barvou. (teplota tavení cca 890°C)
9	Zřejmě z konvektivního výpamíku (Vzorek odebrán při odstávkách nánosů těsně před odstavením kotle, místo tedy není přesně specifikováno) – říjen 2014	Vlastnostmi je vzorek nánosů velice podobný vzorku 1, jen teplota tavení je o hodně vyšší. (začíná se tavit až při cca 1 140°C)

Tab. 1 – Souhrn všech odebraných a testovaných vzorků nánosů

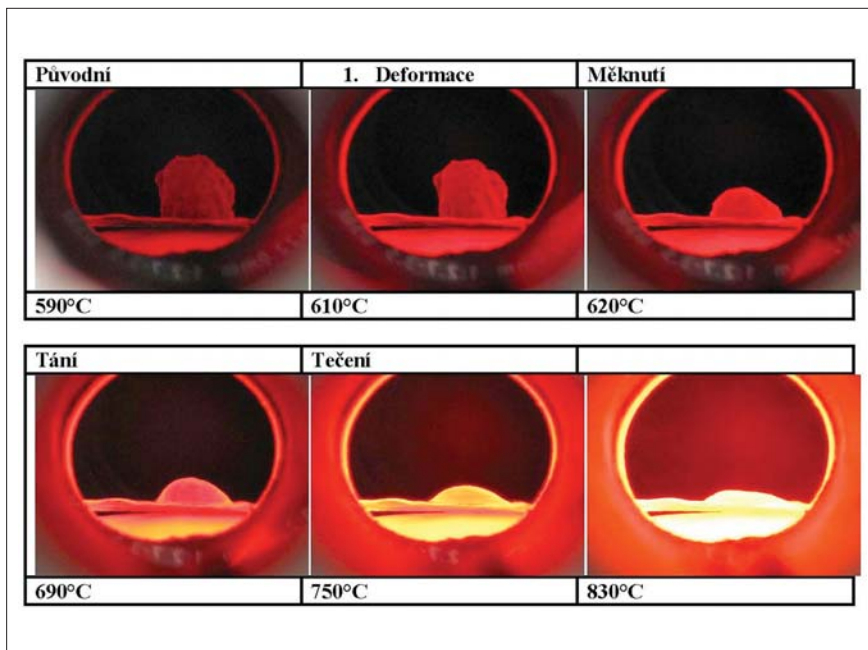
VZORKY NÁNOSŮ ZE SAKO BRNO

V průběhu plánované odstávky zařízení (říjen 2014) došlo k odběru vzorků nánosů usazených na teplosměnných plochách kotle spalovny. Konkrétní místa odběru znázorňuje obr. č. 5

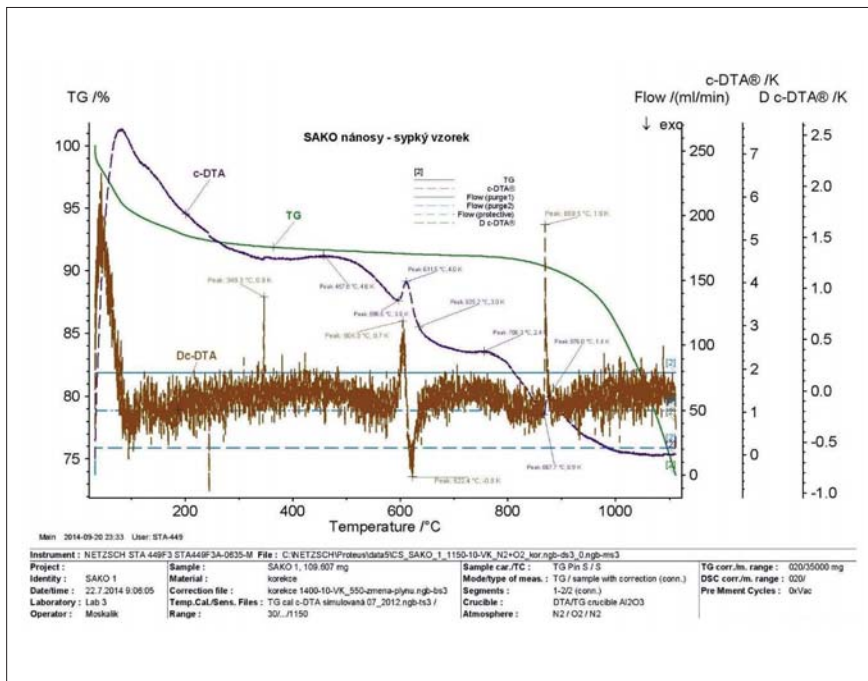
Odebrané vzorky nánosů byly v rámci možností podrobeny termogravimetrické analýze a měření teplotní stability pomocí laboratorní pozorovací tavicí pece. Každý z odebraných vzorků vykazuje specifické vlastnosti související s místem, kde se nános utvořil. Z důvodu

vzájemného posouzení vlastností nánosů byly vzorky odebrány na různých místech kotle.

Pozn.: První tři vzorky byly odebrány servisní obsluhou kotle při havarijní odstávce zařízení koncem února 2014. Vlivem silného zanesení teplosměnných ploch došlo k omezení průtoku spalin v kritickém místě kotle. Tím došlo také k výraznému nárůstu tlakové ztráty spalinové trasy a kotel K2 musel být odstaven. Ostatní vzorky byly odebrány při plánované odstávce v říjnu 2014.



Tab. 2 – Ukázka vyhodnocování měření vzorků nánosu v pozorovací peci (sypeký nános z konvektivního výparníku)



Obr. 6 – Termogravimetrická analýza vzorku nánosu z konvektivního výparníku [9]

Měření teplotní stability nánosu

Pro měření teplotní stability nánosu byla částečně převzata metodika měření teploty tavení popelovin. Klasickou metodu určování charakteristických teplot popelovin představuje měření popela v laboratorní pozorovací peci. Princip metody spočívá ve sledování průběhu deformace testovacího tělíska v pozorovací peci při nárůstu teploty. Testovaný vzorek popeloviny je vylisován do tvaru zkušebního tělíska nejčastěji válečku. Testovací tělísko se umístí do prostoru pozorovací pece, kde dochází k řízenému nárůstu teploty. Při dosažení charakteristických teplot začne vzorek měnit svůj tvar a na základě tvaru deformace je usuzována konkrétní charakteristická teplota. Blíže pak

metodu s pozorovací pecí popisuje norma ČSN P CEN/TS 15370 – 1.[8]

Při měření vlastností nánosů v pozorovací peci je třeba vzít v potaz určitá specifika testovaného materiálu nánosu. Materiál nánosu většinou vykazuje hodně pevnou a tvrdou konsistenci. Nelze z něj tedy vylisovat klasické testovací tělísko a podrobit jej klasickému stanovení charakteristických teplot jako u popelovin. Do pozorovací pece je možno umístit částečně vytvarovaný kousek materiálu nánosu a sledovat změny, které v něm probíhají při nárůstu teploty v peci.

Materiál nánosu již většinou slinování prošel a změny odpovídající charakteristickým teplotám v něm již proběhly. Metodika měření

charakteristických teplot popelovin je tedy převzata jen do určité míry. Označení jednotlivých stavů vzorku (teplota deformace, měknutí, tání a tečení) lze uvažovat pouze jako orientační. Záznam měření pak spíše než jednoznačné teploty tavení poskytuje dokreslení procesu odehrávajících se při tvorbě nánosu. Tyto záznamy však nejsou většinou jednoznačně interpretovatelné, získané informace by měly posloužit jako podklady pro další diskuzi.

Termogravimetrická analýza (TGA) vzorků nánosů

Jak již název (termogravimetrie) napovídá, jedná se o spojení měření hmotnosti (gravimetrie) a přesného měření teploty (termo) váženého vzorku. Nejčastěji dochází k řízenému zahřívání vzorku testovaného materiálu a sledování průběžného úbytku hmotnosti vzorku vlivem termo-chemických dějů. Analyzátoři tyto křivky většinou zpracovávají ve formě termogravimetrického signálu, který lze dále analyzovat. Při termogravimetrické analýze vlastně dochází ke zpětnému vyhodnocování naměřených hodnot úbytků hmotnosti a na jejich základě se usuzuje k jakým termo-chemickým a termo-fyzikálním změnám v materiálu došlo.

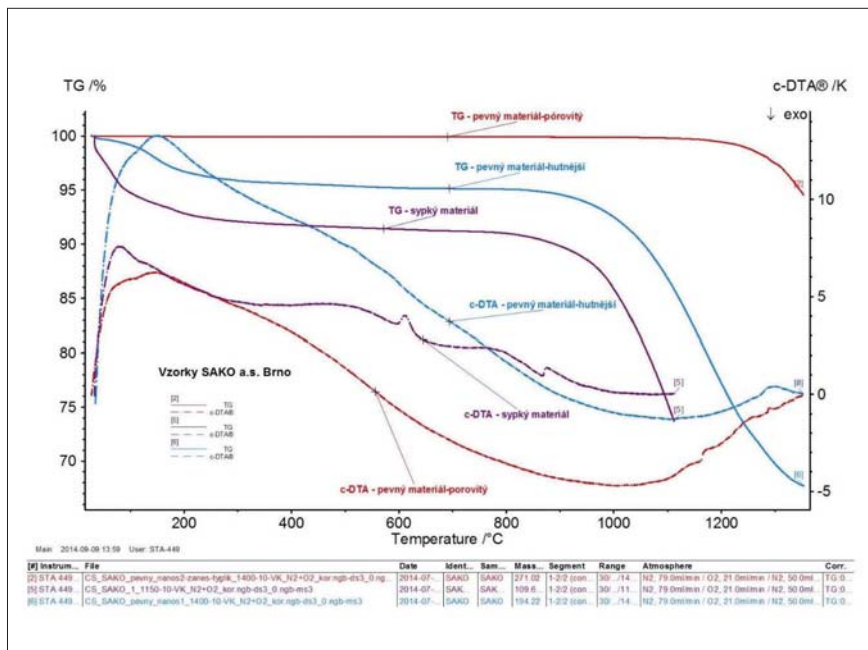
Popis experimentů

Vzorek testovaného materiálu je umístěn do speciálního kelímku (tzv. tyglíku) vyrobeného z Al₂O₃ kuli vysoké teplotní stabilitě. Tento tyglík se napojí na vrchol měřicího modulu, kde je také zapojen termočlánek. Celý modul je zaveden do pisky, kde dochází k ohřevu vzorku. Vzorek se zahřívá podle obsluhou definovaného teplotního programu. Testovaný vzorek je průběžně vážen a hodnota hmotnosti se souvisle zaznamenává, tak dojde k záznamu tzv. TGA-signálu.

TGA-signál je časově souvislý záznam úbytku hmotnosti vzorku vlivem jeho zahřívání. Pro lepší přehlednost se naměřená data převedou do grafu, kde na ose x je vynášena teplota a na ose y se vynáší hmotnostní úbytek (viz. obr. 6.).

Naměřené hodnoty TGA-signálu samy o sobě nic konkrétního nevyprávějí. Záleží tedy na správně zvolené interpretaci výsledků, zda poskytne žádané údaje a závěry o probíhajících procesech uvnitř testovaného vzorku. Přesnější vyhodnocení vyžaduje dobrou znalost termo-fyzikálních a termo-chemických procesů a širší diskuzi.

Na předešlém obrázku je uvedena ukázka záznamu a vyhodnocení termogravimetrické analýzy vzorku nánosu z konvektivního výparníku (vzorek č.1). Zelená křivka označená TG ukazuje průběh úbytku hmotnosti TG-signál. Fialová křivka zobrazuje c-DTA (computed Differential Thermal Analysis), kde je možné detekovat např. fázové změny v materiálu. Pro lepší přehlednost je provedena derivace c-DTA signálu (Dc-DTA), aby lépe vynikly jeho změny



Obr. 7 – Porovnání TGA vzorků nánosů odebraných při odstávce v únoru 2014 (sypký materiál – vzorek 1, pevný materiál hutnější – vzorek 2, pevný materiál pórovitý – vzorek 3) [9]

(hnědá křivka). V tomto případě je vidět, že hodnoty teplot tavení nánosů změřených v pozorovací peci korespondují s hodnotami získanými vyhodnocením signálu z TGA.

ZÁVĚR

V rámci řešení projektu byla otevřena zajímavá problematika zanášení teplosměnných ploch energetických zařízení spalujících komunální odpad. Provedená rešerše a základní testy odebraných vzorků ukazují potřebu řešit problematiku tvorby nánosů co nejkompaktněji. Při vyhodnocování vlastností a vlivu nánosů se spojuje celá řada vědeckých disciplín.

Vyhodnocování fázových změn pomocí TGA dává jednoznačné výsledky zejména u homogenních jednosložkových materiálů (např. kovy a slitiny). V případě nánosů složených z mnoha různých sloučenin je vyhodnocování složitější. Každá složka nánosů má rozdílnou teplotu tavení, nehledě na to, že některé složky mezi sebou vytváří eutektika. Výstupem TG analýzy tak bývá křivka zachycující celou řadu thermochemických a fyzikálních změn v materiálu nánosů.

Porovnání TG analýz vzorků nánosů z různých míst kotle dokazuje, že každý typ nánosů vykazuje rozdílné vlastnosti, zejména co se teplotní stability týče (viz obr. 7). Vzájemné porovnání analýz vzorků také podle očekávání dokazuje různorodost složení nánosů z rozdílných míst kotle. Při porovnání měření z pozorovací tavicí pece a výsledků z termogravimetrické analýzy je patrné, že při vyšších teplotách dochází ve vzorku ke změnám, které nejsou v pozorovací peci opticky zaznamatelné. Podstatná změna týkající se změny skupenství však byla u některých vzorků (vzorky z konvektivního výparníku) shodně zaznamenána jak pomocí TGA, tak v pozorovací peci.

Obecně z hlediska vylepšování provozu energetických zařízení se ukazuje výhodné širší poznání vlivů působících na provoz zařízení. Studium tvorby nánosů bude vyžadovat ještě spoustu úsilí, aby na jeho základě bylo možno stanovit jednoznačná opatření minimalizující tvorbu nánosů i jejich negativní důsledky na provoz zařízení. Bylo by tedy vhodné se této problematice věnovat i nadále. Poděkování

patří v první řadě společnosti SAKO Brno a.s., která realizaci a průběh celé stáže umožnila zpřístupněním svých technologických prostor. Výzkumný materiál vznikl za podpory Evropské unie a Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy. Projekty: Nové kreativní týmy v prioritách vědeckého bádání; registrační číslo projektu CZ.1.07/2.3.00/30.0055 NETME Centre – New technologies for Mechanical Engineering, registrační číslo projektu CZ.1.05/2.1.00/01.0002

Literatura

- [1] Kostakis, G., Mineralogical composition of boiler fouling and slagging deposits and their relation to fly ashes: the case of Kardias power plant. J Hazmat 185,1012-1018. (2011)
- [2] Baxter, L.L., Ash deposition during biomass and coal combustion: a mechanistic approach. Biomass Bioenergy 4, 85-102. (1993)
- [3] Pfrang-Stotz, G., Reichelt, J., Seifert, H., Belagsbildung und Korrosion in Abfallverbrennungsanlagen. In: Thomé-Kozmiansky, K.J. Optimierung der Abfallverbrennung, Band 1. Neuruppin. TK Verlag, S. 525-538. (2004)
- [4] Karásek M.: Spalovenské kotle – místní provozní řád (PS 102 – kotelná)
- [5] Webové stránky společnosti SAKO Brno a.s. – dostupno na: www.sako.cz
- [6] Nielsen HP. Deposition and high temperature corrosion in biomass fired boilers [Dissertation]. Denmark: Technical University of Denmark; (1998)
- [7] Guanyi Chen, Nan Zhang, Wenchao Ma, Vera Susanne Rotter, Yu Wang: Investigation of chloride deposit formation in a 24 MWe waste to energy plant, Elsevier Fuel 140, 317-327 (2015)
- [8] ČSN P CEN/TS 15370-1: Tuhá biopaliva - Metoda pro stanovení teploty tání popela – Část 1: Metoda stanovení charakteristických teplot.
- [9] NETZSCH-Gerätebau GmbH: Výstup z programu Proteus Analysis.

Ing. Jiří Moskalík, Ph.D.,
VŠB - Technická Univerzita Ostrava
a Energetický ústav FSI VUT Brno

Deposits on heat-transfer surfaces of the boiler of municipal waste incinerator

The subject of this paper is the formation of deposits on heat transfer surfaces of the boiler of municipal waste incinerators. Unwanted deposits formed in the flue could complicate the operation of all power plants burning solid fuels. In the case of energy recovery from municipal waste this is doubly true, given the diversity of burnt material.

Отложения на теплообменных поверхностях котла на заводе по сжиганию бытовых отходов

Предметом данной статьи является образование отложений на теплообменных поверхностях котла на заводе по сжиганию бытовых отходов. Нежелательные отложения, образующиеся в дымоходе, могут осложнять работу всего электрооборудования, сжигающего твердые виды топлива. В случае энергетического использования бытовых отходов, это с учетом разнообразия сжигаемого материала верно вдвойне.