

30. Setkání kateder mechaniky tekutin a termomechaniky



22.-24.6. 2011

Špindlerův Mlýn

Jednotlivý příspěvek ze sborníku



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Analýza merania tuhých znečisťujúcich látok rôznymi metódami pri malých zdrojoch tepla

Jozef JANDAČKA¹, Radovan NOSEK², Štefan PAPUČÍK³, Michal HOLUBČÍK⁴

¹ prof. Ing. Jozef Jandačka, PhD., KET, SJF, Žilinská Univerzita, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, e-mail jozef.jandacka@fstroj.uniza.sk

² Ing. Radovan Nosek, PhD., KET, SJF, Žilinská Univerzita, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, e-mail radovan.nosek@fstroj.uniza.sk

³ Ing. Štefan Papučík, PhD., KET, SJF, Žilinská Univerzita, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, e-mail stefan.papucik@fstroj.uniza.sk

⁴ Ing. Michal Holubčík, KET, SJF, Žilinská Univerzita, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, e-mail michal.holubcik@fstroj.uniza.sk

Abstrakt: *V súčasnosti sa pri spaľovaní paliva v zdrojoch tepla kladie vysoký dôraz, okrem iného, na znižovanie produkcie tuhých znečisťujúcich látok. Ich meranie je možné realizovať rôznymi metódami. Jednou z veľmi často používaných metód je meranie pomocou gravimetrickéj metódy. Pri meraní tuhých znečisťujúcich látok touto metódou sa realizuje izokinetický odber vzorky spalín, ktorý sa realizuje na základe merania rýchlosti spalín Pitotovou trubicou, ktorej presnosť merania má značný vplyv na presnosť merania tuhých znečisťujúcich látok. V príspevku sú analyzované merania tuhých znečisťujúcich látok dvoma metódami: pri umiestnení izokinetického odberu hneď za zdrojom tepla a druhý spôsob je meranie zried'ovacom tuneli.*

1. Úvod

Významnou podiel na znečistený ovzdušia majú okrem plyných látok, tuhé znečisťujúce látky ktoré môžu pochádzať z prírodných alebo antropogénnych zdrojov. Medzi antropogénne zdroje môžeme zaradiť dopravu, energetiku, rôzne priemyselné procesy a významným zdrojom emisií sú aj domácnosti.

Novou právnou úpravou ochrany ovzdušia bol v roku 2002 doplnený zoznam znečisťujúcich látok tiež o dve frakcie celkových tuhých znečisťujúcich látok (TZL), konkrétne frakciu PM 2,5 a frakciu PM 10. Spaľovanie tuhých palív v domácnostiach má značný podiel na miestnom znečistení ovzdušia a predstavuje takmer polovicu celkových emisií PM 2,5.

Zvýšené koncentrácie týchto častíc v ovzduší súvisia s určitými chorobami a s nárastom úmrtnosti. Z odborných zdravotníckych štúdií vyplynulo, že v lokalitách s vysokým a dlhodobým výskytom zvýšených koncentrácií malých prachových častíc v ovzduší sa zisťuje zvýšená úmrtnosť obyvateľov na ochorenia dýchacej a srdcovo-cievnej sústavy.

Aby bola v budúcnosti zabezpečená lepšia kvalita ovzdušia, je potrebné stav znečisťujúcich látok kontrolovať.

V tejto práci boli urobené experimentálne merania, pri ktorých sa spaľovalo palivové drevo. Spomedzi tuhých palív je na tom dendromasa, z pohľadu obsahu popolovín, pomerne dobre.

2. Metódy merania TZL

V súčasnosti existujú rôzne metódy používané na meranie častíc počas spaľovania biomasy. V tomto príspevku sú opísané metódy a zariadenia, ktoré boli použité počas experimentálnych meraní. Z hľadiska použitého fyzikálneho princípu, je možné ich kategorizovať do týchto skupín:

Gravimetrická metóda

Je založená na stanovení strednej koncentrácie častíc manuálnym odberom vzorky z prierezu merania a jeho následným gravimetrickým vyhodnotením. Odber reprezentatívnej vzorky sa realizuje odberovou

sondou vhodného tvaru priamo z prúdiaceho plynu. V tejto práci boli použité dva typy meracích zariadení:

a) jednoduchou sondou

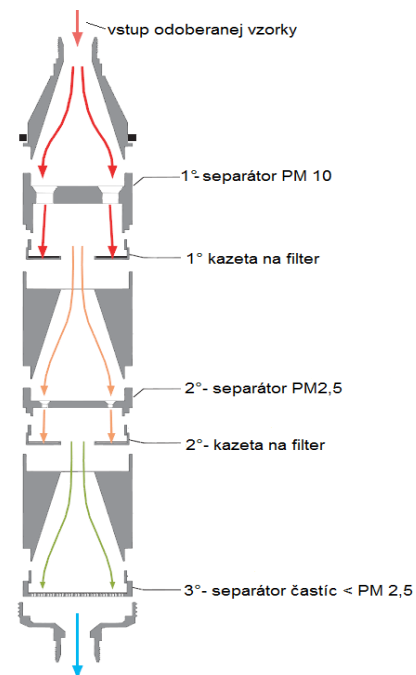
Je to manuálna jednorazová metóda s odberom vzorky sondou (obr.1) z prúdiaceho plynu. Pri tejto metóde sa vychádza z rozdielu hmotnosti membránového filtra pred vzorkovaním a po vzorkovaní. Rozsah merania pomocou tejto metódy je 0,1 až 2 000 mg.m^{-3} . Čím menšia meraná koncentrácia je, tým väčšiu nepresnosť môžeme očakávať.



Obrázok1: Odberová sonda na odber TZL

b) Separačným impaktorom

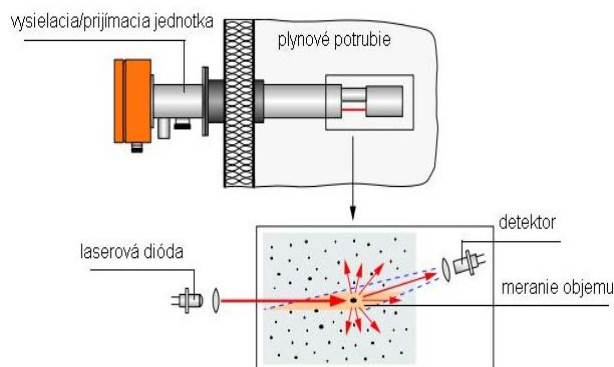
Impaktorový separačný systém je určený pre filtráciu a separáciu tuhých emisií v trojstupňovom impaktore. Konštrukcia zariadenia umožňuje súčasnú separáciu tuhých častíc PM10 a PM2,5 (obr.2). Tento typ impaktora je určený pre koncentrácie do 50 mg.m^{-3} . Pre vyššie koncentrácie sa doporučuje použiť cyklón, ktorého separačný účinok je vyšší. Impaktor môže byť použitý pre vertikálne aj horizontálne polohy merania v smere prúdenia. Zariadenie je určené pre vysoké prietoky, okolo 3 m^3/h .



Obrázok 2: Trojstupňový separačný impaktor

Optická metóda

Optická metóda sa prevádza pomocou laserového zariadenia určeného na meranie veľmi nízkej (0,1 mg.m^{-3}) a strednej (200 mg.m^{-3} a vyššia) koncentrácie prachových častíc. Sonda pracuje na princípe rozptýleného svetelného lúča o vlnovej dĺžke 650 nm, ktorý je modulovaný vo viditeľnej časti spektra. Svetlo rozptýlené časticami sa zaznamenáva vysokocitlivým detektorom ktorý je umiestnený v uhle cca. 15 ° k osi lúča. Detektor zachytáva minimálne zmeny jasu lúča, následne sa získaný signál zosilňuje a smeruje do procesora kde prebieha vyhodnotenie (obr.3).



Obrázok 3: Schéma zapojenia sondy v komíne

3. Popis metodiky merania

Pri meraní tuhých znečisťujúcich látok je cieľom čo najpresnejšie určiť koncentrácie odobratej vzorky.

Pre dosiahnutie tohto cieľa boli v tejto práci porovnané dva spôsoby merania TZL:

1. V meracom úseku v komíne, tj. nad rosným bodom spalín.
2. V zriediacom tuneli, v ktorom dochádza k ochladeniu spalín a odber vzorky je pod rosným bodom spalín (obr.4.).



Obrázok 4: Zriedčovací tunel

Koncentrácie častíc nameraných v meracích bodoch môžu byť ovplyvnené viacerými faktormi, ako napr.:

Straty - častice by mohli byť stratené v meracom systéme, napr. rozptylom.

Tlak - Ak je parciálny tlak pary v spalínach vyšší ako tlak nasýtených pár, môže dôjsť k tvorbe častíc, k takzvanej nukleácii.

Teplota - čím je teplota v mieste merania nižšia, tým viac zložiek je v kvapalnej fáze.

Riedenie - Riedenie vzduchom s izbovou teplotou, znižuje teplotu spalín, a teda kondenzácia má lepší priebeh. Na druhej strane, riedenie s horúcim vzduchom znižuje parciálny tlak a tým aj kondenzácia potenciálnych častíc klesá.

Na základe týchto faktorov je dôležité porovnať a vyhodnotiť jednotlivé metódy.

Počas experimentu boli vykonané dve série meraní TZL, pričom prvá séria prebiehala v meracom komíne a druhá v zriedčovacom tuneli. V oboch sériách bolo vykonané meranie pre každú opísanú metódu.

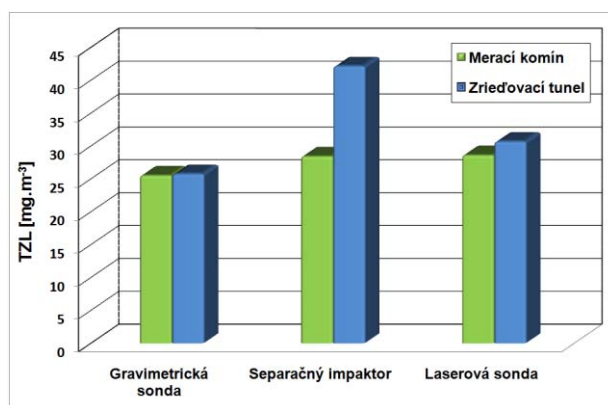
Ako zdroj tepla boli použité krbové kachle o menovitom výkone 6 kW. Počas experimentu sa spaľovalo smrekové drevo s vlhkosťou 11,15 % a výhrevnosťou $16,4 \text{ MJ.kg}^{-1}$. Meranie trvalo 1 hodinu a spálilo sa približne 1,5 kg paliva.

4. Analýza nameraných výsledkov

Výsledky jednotlivých meraní boli vyhodnotené a porovnané. Meraním boli zistené nasledovné hodnoty hmotnostných koncentrácií tuhých znečisťujúcich látok:

Tab.1 Priemerné namerané hodnoty TZL

Metóda merania	TZL [mg.m^{-3}]	
	Merací komín	Zriedčovací tunel
Gravimetrická sonda	25,5	25,75
Separačný impaktor	28,41	42,14
Laserová sonda	28,58	30,68



Obrázok 5: Porovnanie nameraných hodnôt TZL

Z obrázku je vidieť, že pri meraniach v zriedčovacom tuneli boli namerané vyššie koncentrácie TZL. Podstatný rozdiel bol zaznamenaný pri meraniach pomocou separačného impaktora v zriedčovacom tuneli,

kde bolo nameraných až o cca 33% väčšie množstvo TZL ako v meracom komíne.

Pomocou separačného impaktora bolo možné určiť hmotnostné koncentrácie jednotlivých zložiek PM₁₀; PM_{2,5} a častíc menších ako 2,5 mikrometrov. Výsledky meraní sú zhrnuté v tabuľke 2.

Tuhé častice	TZL [mg.m ⁻³]	
	Merací komín	Zriedňovací tunel
PM 10 > 10 mikrometrov	2,28	0,19
PM 2,5 (od 2,5 do 10 mikrometrov)	4,43	0,98
menšie ako PM 2,5	21,7	40,97

Tab.2 Porovnanie hodnôt nameraných pomocou impaktora

5. Záver

Na základe experimentov boli porovnané tri metódy merania tuhých znečisťujúcich látok. V prvej etape boli merania vykonané v meracom komíne a v druhej etape v zriedňovacom tuneli. Z nameraných výsledkov vyplýva, že merania v tuneli sú presnejšie. Tento fakt je založený na skutočnosti, že vzorky spalín sú odoberané pri vyššej rýchlosti (cca 6m/s) a väčšej tlakovej diferencii. Pre zachovanie podmienok izokinetiky, je potrebné aby rýchlosť odberu spalín v ústi sondy bola vyššia, resp. rovná rýchlosti prúdenia plynov. Pri odbere TZL v meracom komíne je rýchlosť spalín nižšia a tým je znížená presnosť merania.

Riedenie v tuneli okolitým vzduchom spôsobuje ochladenie spalín, pričom dochádza ku kondenzácií, čo je dôsledkom zachytenia väčšieho množstva častíc v kvapalnej fáze na filtry. Čím je teplota spalín v mieste odberu vzorky nižšia, tým viac je zachytených častíc v kvapalnej fáze. Z toho vyplýva, že pri použití zriedňovacieho tunela sú namerané väčšie koncentrácie TZL a merania sú presnejšie ako pri meraní priamo v meracom komíne pri odbere neochladených spalín.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA č. 1/0670/10

6. Literatúra

- [1] JANDACKA J., MIKULIK M.: TECHNOLOGIE PRE ZVYŠOVANIE POTENCIÁLU BIOMASY, MOJS, JOZEF BULEJCIK, 2007
- [2] HUZZVAR J., JANDACKA J.: PROJECT OF MICRO CO-GENERATION UNIT ON WOOD PELLETS COMBUSTION, ARCHIVUM COMBUSTIONIS, 2010
- [3] LABAJ J., KAPJOR A., PAPUCIK S.: ALTERNATIVNE PALIVA PRE ENERGETIKU A DOPRAVU, VYDAVATELSTVO JURAJ STEFAN – GEORG, ZILINA 2010.
- [4] LENHARD R.: NUMERICAL SIMULATION DEVICE FOR THE TRANSPORT OF GEOTHERMAL HEAT WITH FORCED CIRCULATION OF MEDIA, FOURTH GLOBAL CONFERENCE ON PCO 2010, KUCHING – SARAWAK - MALAYSIA, 2010
- [5] DZURENDA L.: SPALOVANIE DREVA A KORY, VYDANIE I., VYDAVATELSTVO TU VO ZVOLENE, 2005
- [6] VASZI Z., VARGA A.: DESIGN AND VERIFICATION OF THE MATHEMATICAL MODEL FOR DETECTING THE THROUGHPUT OF THE COMPRESSOR STATIONS, IN: ACTA METALLURGICA SLOVACA, 2009
- [7] HUZZVAR J., NOSEK R.: IMPACT OF FUEL SUPPLY TO CONCENTRATION OF EMISSIONS IN DOMESTIC BOILER, FOURTH GLOBAL CONFERENCE ON POWER CONTROL AND OPTIMALIZATION, 2010