

# Měření teplot ve spalovací komoře kotlů K2 a K3 spalovny SAKO v Brně

Měření teplot ve spalovacích komorách kotlů je nedílnou součástí modelování spalovacích procesů. Je to nezbytná nástroj, jak provést verifikaci modelování chemicko-fyzikálních procesů ve spalovacích komorách kotlů. Katedra energetiky - Pracoviště pro diagnostiku a provoz tepelně energetických zařízení na VŠB-Technické univerzitě Ostrava vlastní měřicí techniku pro měření teplotních, koncentračních a rychlostních polí ve spalovacích komorách kotlů. V současnosti ji pracoviště vlastní licenci na ANSYS a je možné spalovací proces modelovat a zároveň i verifikovat takto získané informace. Jednou z aplikací bylo měření teplotního pole pro stanovení garantovaného parametru T2s (doba setrvání spalin ve spalovací komoře kotle po dobu 2s) kotle na spalování komunálního odpadu ve spalovně SAKO Brno, a.s. Spalovna byla rekonstruována společností CNIM. Tato měření byla provedena po odstavení a nájzd kotlů K2 a K3. Autor v článku popisuje metodiku měření a dosažené výsledky



Chlazená sonda pro měření teplot

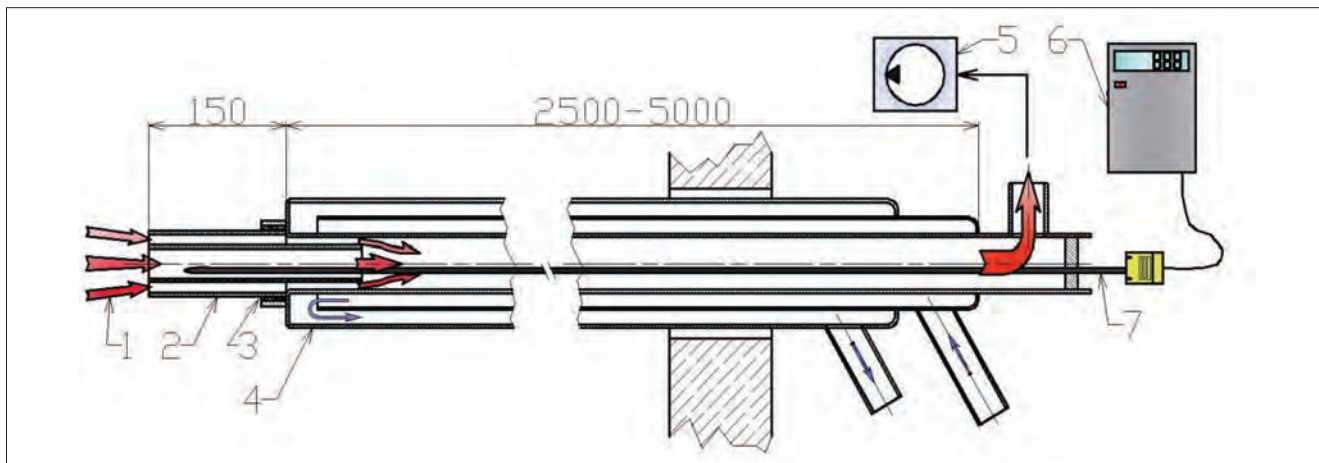
## Metodika měření

Pro měření teplot ve spalovací komoře kotle byly použity dva termočlánky „K“. Průměr termočlánků je 3 mm a délka 5 000 mm. Jeden termočlánek byl vysunut před keramickou hlavici a je označen jako „nestíněný“. Druhý termočlánek byl vsunut do keramické hlavice ze slinutého korundu (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) s garantovanou teplotní odolností do 1 600 °C (výrobce Elektroporcelán Louny). Tento termočlánek je označen jako „stíněný“. Oba termočlánky byly umístěny v chlazené odběrové sondě. Studené konce termočlánků byly kompenzačními vedeními připojeny na měřicí systém National Instruments, kdy byly tyto teploty monitorovány a zapisovány v intervalu 1s. Při měření teplot jsou intenzivně prosávány spaliny přes keramickou hlavici, tak aby tato hlavice měla stejnou teplotu jako spaliny. Tímto způsobem se eliminuje sálavá složka přenosu tepla a „stíněný“ termočlánek měří skutečnou teplotu spalin v místě měření. Tato sonda byla zasunuta v měřicím místě cca 1,5 m do spalovací komory kotlů. Schéma prosávacího pyrometru je na obrázcích č. 1 a 2. Z naměřených hodnot byly provedeny 1 minutové průměry.

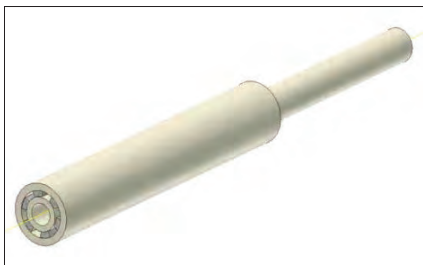
## Metodika vyhodnocení teplotního pole spalin a doby setrvání T2s

Pro výpočet doby setrvání ve spalovací komoře kotlů bylo nutno měřit a stanovit tyto veličiny:

- Průměrné teploty spalin v jednotlivých zónách č. 1 a 2.
- Průtok primárního vzduchu do kotle.
- Průtok sekundárního vzduchu do kotle.



Obr. 1 – Schéma vodou chlazené sondy pro měření teplotního pole spalin ve spalovací komoře kotle



Obr. 2 – Schéma keramické hlavice sloužící k potlačení sálavé složky tepelného toku

- Průtok spalovacího vzduchu do hořáku.
- Průtok zemního plynu do hořáku.

Tyto veličiny slouží k výpočtu vzniklého množství spalin v normálním stavu, které se vypočte tak, že se provede součet průtoků jednotlivých vzduchů a průtoku zemního plynu. Tento součet se vynásobí hodnotou 1,2 (Pozn. tuto konstantu navrhl specialista CNIM) a získáme průtok spalin v normálním stavu v určitém časovém okamžiku (minutový průměr). Množství spalin ve spalovací komoře kotle přepočtené na provozní podmínky v jednotlivých zónách (teplotu spalin ve spalovací komoře) je dáno rovnicí:

$$\dot{V}_{SP,SK,PP,zi} = \dot{V}_{SP,SK} \cdot \frac{T_{sp} - 273,15}{273,15} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$$

Pro výpočet doby setrvání ve spalovací komoře je spalovací komora rozdělena na dvě samostatné části označené jako jednotlivé zóny č. 1 a 2. Zóna č. 1 je dlouhá 3,287 m a zóna č. 2 pak 3,481 m. Pro tyto jednotlivé zóny je vypočítána rychlost spalin v závislosti na průměrné teplotě spalin v jednotlivých zónách otvorů. Rychlost spalin v jednotlivých zónách je dána rovnicí:

$$W_{SP,zi} = \frac{V_{SP,SK,PP,zi}}{S} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$$

Čas spalin potřebný k překonání zóny č. 1 je daný rovnicí:

$$t_{zi} = \frac{3,287}{W_{SP,zi}} \quad [\text{m}]$$

Čas spalin potřebný k překonání zóny č. 2 je daný rovnicí:

$$t_{zi} = \frac{3,481}{W_{SP,zi}} \quad [\text{m}]$$

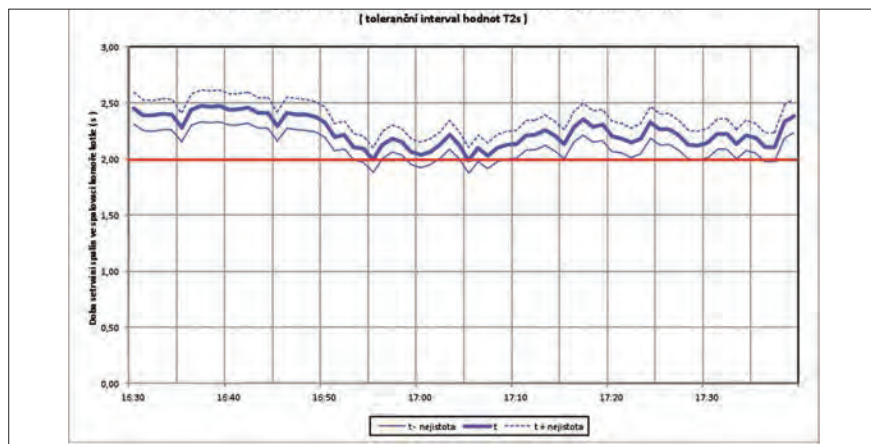
Součet jednotlivých časů ( $t_{\text{celkové}}$ ) pro překonání jednotlivých zón se porovnává s časem 2s

**Jestli-že bude ( $t_{\text{celkové}} \geq 2s$ ) pak je garantovaná hodnota splněna.**

Na následujícím grafu je vidět příklad vyhodnocení doby setrvání spalin ve spalovací komoře kotle K2 pro jeho nájezd. Z grafu je patrné, že v každém časovém okamžiku v průběhu nájezdu kotle byla garantovaná hodnota T2s splněna.

**Ing. Jan Matoušek, Ph.D.,**

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojíni, Katedra energetiky - Pracoviště pro diagnostiku a provoz tepelně energetických zařízení



### Temperature measurement in the combustion chamber of furnaces K2 and K3 at the SAKO incinerator in Brno

Temperature measurement in combustion chambers of furnaces is an integral part of combustion process modelling. It is an essential tool for performing the validation of the modelling of chemical and physical processes occurring in the combustion chambers of the furnaces. The Department of Power Engineering - Section for diagnosis and operation of thermal power equipment at VSB-Technical University Ostrava possesses the measuring instruments required to measure the temperature, concentration and speed fields in the combustion chambers of furnaces. At present the department holds the licence for ANSYS and the combustion process can be modelled and also the information thus obtained can be verified. One of the applications was the measurement of the temperature field to determine the guaranteed parameter T2s (2 s flue gas dwell time in the combustion chamber) of the furnace used for combustion of communal waste at the SAKO Brno, a.s. incineration plant. These measurements were performed after shutdown and start-up of furnaces K2 and K3. In the article the author describes the measuring techniques and the collected results.

### Измерение температур в топке котла K2 и K3 фабрики по сжиганию мусора «SAKO» в Брно

Измерение температур в топке котла является неотъемлемой частью моделирования процессов сжигания. Это необходимая настройка оборудования для верификации при моделировании химических и физических процессов в топках котлов. Кафедра энергетики – лаборатория для проведения диагностики и эксплуатации теплового энергетического оборудования в Горном Институте – Техническом университете Остравы – обладает измерительной техникой для определения температур, концентраций и скоростных полей в топках котлов. На данном этапе у лаборатории есть лицензия на ANSYS, поэтому есть возможность процесс сжигания модернизировать и одновременно сопоставить полученную информацию. Одним из применённых измерений было измерение температурного поля для установления гарантированного параметра T2s (время нахождения продуктов сгорания в топке котла на протяжении 2s) котла для сжигания коммунальных отходов на фабрике по переработке мусора «SAKO – Brno». Фабрика была реконструирована фирмой «CNIM». Эти измерения были проведены для вывода и введения в эксплуатацию котлов K2 и K3. Автор статьи описывает методику измерений и полученные результаты.





L 1588  
Akreditované pracoviště pro provoz a  
diagnostiku tepelně - energetických  
zařízení



## Pracoviště pro provoz a diagnostiku tepelně - energetických zařízení



Pracoviště vyvíjí svou činnost od roku 1996 kdy byla ustavena vedoucím katedry energetiky pracovní skupina se zaměřením na „velkou“ energetiku.

Od roku 2000 je pracoviště akreditováno pro emisní měření. Od roku 2010 je pracoviště akreditováno jako zkušební laboratoř 1588.

Základním požadavkem energetického průmyslu jsou spalovací zkoušky s různými typy paliv, alternativních paliv a biopaliv, ve směsi s uhlím i čistých biopaliv, garanční zkoušky velkých energetických zařízení a různá diagnostická měření spalovacích zařízení. Výsledky měření slouží pro rozhodnutí o záměně paliva, případně slouží projektantům energetických zařízení jako podklad pro rekonstrukci.

Jako jediné pracoviště v ČR je vybaveno speciální diagnostickou technikou pro měření teplot, tlaků a koncentrací plynů v oheňských velkých kotlů, spalovacích traktů a v hořákové oblasti.

Pracoviště provádí měření a optimalizaci mýtnů a mýnských okruhů zejména na černé uhlí, měření hmotových toků a koncentraci prášku v práškovech.



### Nabídka služeb



- Měření plyných emisí (CO, NOx, SO2, CxHy (TOC), O2) a tuhých znečišťujících látek
- Garanční měření elektrárenských bloků, kotlů a souvisejících zařízení, výměníků tepla
- Diagnostika a měření mýtnů a mýnských okruhů
- Měření teplotních, rychlostních a koncentračních polí v oheňských velkých kotlů a v hořákové oblasti
- Měření průtoku vzduchu a vzdušiny rychlostními sondami
- Vzduchové bilance kotlů a obdobných technologií
- Návrh optimalizace provozu kotlů
- Měření povrchových teplot trubek tlakového celku současně až na 80-li místech. Diagnostika tlakového celku, identifikace poruch.
- Termovizní diagnostika
- Monitorování stability spalování
- Měření rosného bodu spalín

### Přístrojové vybavení

Emisní měřicí vůz IVECO vybavený analyzátory emisí firmy Hartmann & Braun a Siemens pracující na principu absorpce infračerveného spektra pro stanovení koncentrací CO, SO<sub>2</sub>, NOx a analyzátor pracující na principu paramagnetických vlastností kyslíku pro stanovení koncentrace O<sub>2</sub>. FID analyzátor pro měření CxHy. Dva měřicí vozy Fiat Ducato vybavené aparaturou pro speciální měření a měření tuhých znečišťujících látek. Speciální chlazené sondy s operační délkou až 6 m pro měření rychlostních, koncentračních a teplotních polí ve spalovacích komorách, příprava pro denitrifikační metody SNCR. Aparatura pro diagnostiku mlecích okruhů a odběr uhlího prášku. Měřicí systém firmy National Instruments. Termovizní diagnostika, termovizní kamera FLIR. Tlakové snímače firem Rosemount a Yokogawa s digitální komunikací Field Bus. Rychlostní sondy (Prandtlůvy, klínové, válčové), vrtákové a žárové anemometry pro měření průtoku. Měření teplot v širokém rozsahu, termočlánky R.B.S.K. Přesné teploměry Pt. Kontinuální záznam měřených hodnot. Aparatura pro měření rosného bodu.



### Reference

Garanční měření retrofitu bloků C a D v Elektrárně Tušimice  
Monitoring stability spalování na Teplárně Karviná, Přerov, Pířčov  
Úpravy kotlů na Elektrárně Opatovice  
Diagnostika poruch tlakových celků - Elektrárna Tisová K9, Biocel Paskov regenerační kotel EKO II, Elektrárna Opatovice závěsné trubky PŘ I  
Likvidace lagun OSTRAMO - spolupráce na odstranění ekologické zátěže.  
Rekonstrukce mýtnů a mýnských okruhů provedených dle návrhů pracoviště v:  
- TČA Karviná  
- Energetika Vítkovice  
- Teplárna Olomouc K3  
- Teplárna ECKG Kladno  
Diagnostika hnědouhelných mýnských okruhů:  
- Elektrárna Tušimice II  
- Elektrárna Prunéřov  
- Elektrárna Opatovice  
- Teplárna Pížeň  
- Teplárna Zvolen (Slovensko)  
- Oroszlány (Maďarsko)  
Topné a spalovací zkoušky s alternativními palivy a biopalivy na většině elektráren a tepláren v ČR. Spalovací zkoušky druhotných energetických surovin ve směsi s uhlím na většině elektráren v ČR. Měření a garanční zkoušky filtrů a elektrofiltrů.

V rámci grantů a podpory výzkumu a vývoje jsou řešeny výzkumné úkoly v oblasti:  
-vývoj kotlů na obilnou slámu  
-vývoj sušárny spalín s využitím tepla  
-zvyšování účinnosti energetických zařízení pro snížení emisí včetně CO2  
-odsířovací zkoušky sorbenty na bázi vápnicku a sodíku  
-vývoj čpávkových odsířovacích metod  
-výzkum, vývoj a optimalizace primárních a sekundárních denitrifikačních metod  
-výzkum a vývoj kotlů na spalování biomasy, dřevní hmota, obilná sláma, traviny a stébelniny



### Seznam pracovníků

Dr. Ing. Bohumír Čech – vedoucí pracoviště pro provoz a diagnostiku tepelně-energetických zařízení  
tel: 597 329 332

email: [bohuc@icm.mva.cz](mailto:bohuc@icm.mva.cz)

Ing. Jan Matoušek, Ph.D. – odborný asistent

tel: 597 329 332

email: [jan.matousek@icm.mva.cz](mailto:jan.matousek@icm.mva.cz)

Ing. Michal Stáňa, Ph.D. – odborný asistent

tel: 597 329 336

email: [mstania@icm.mva.cz](mailto:mstania@icm.mva.cz)

Ing. Zbyszek Szegla, Ph.D. – odborný asistent

tel: 597 329 336

email: [zbyszek.szegla@icm.mva.cz](mailto:zbyszek.szegla@icm.mva.cz)

Ing. Oto Pumprla, Ph.D. – pracovník vědy a výzkumu

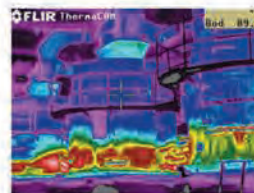
tel: 597 329 335

email: [oto.pumprla@icm.mva.cz](mailto:oto.pumprla@icm.mva.cz)

Ing. Tomáš Výtisk, Ph.D. – odborný asistent

tel: 597 325 182

email: [tomas.vytisk@icm.mva.cz](mailto:tomas.vytisk@icm.mva.cz)



Termovizní diagnostika mýtnů