

## FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ STANOVENÍ NÁCHYLNOSTI UHELNÉ HMOTY

### K SAMOVZNÍCENÍ

#### ABSTRAKT

Samovznícení uhelné hmoty představuje stále závažný problém pro bezpečnost a ekonomiku provozu důlních závodů. V současné době existuje několik metod stanovení náchylnosti samovznícení uhelné hmoty. V OKR je používána metoda pulsní kalorimetrie, avšak v minulosti zde byla používána metoda Olpinského, metoda adiabatická a na VŠB-TU Ostrava, byly v poslední dekádě ověřeny metody CPT (Crossing Point Temperature), Izotermická metoda sorpce kyslíku a jako poslední Modifikovaná adiabatická metoda. Tento článek popisuje faktory ovlivňující průběh měření Modifikovanou adiabatickou metodu, avšak lze předpokládat obdobné ovlivnění také některých dalších výše uvedených metod stanovení náchylnosti samovznícení uhelné hmoty.

**Klíčová slova:** samovznícení, adiabatická metoda, modifikace

#### ÚVOD

I přes postupný útlum těžby uhlí v OKR, je potřeba věnovat zvýšenou pozornost samovznícení uhelné hmoty na důlních závodech. Samovznícení uhelné hmoty představuje svým negativním dopadem na provoz a ekonomiku závodů závažný problém, ale jsou také ohroženy životy pracovníků. Přes veškerou snahu minimalizovat toto riziko hornické činnosti dochází každoročně k několika případům samovznícení uhelné hmoty s následným přechodem v endogenní požár. V roce 2011 došlo k 4 případům endogenních požárů v OKR [1].

Problematika endogenních požárů v OKR byla řešena na VVUÚ, a.s. především v 70 a 80-tých letech minulého století. Zde byla ověřena oxidace za adiabatických podmínek. Od 1. ledna 2009 je pro potřeby OKR uložena závazná povinnost stanovení míry samovznícení metodou Pulsní kalorimetrie před samotným dobýváním bloku [2]. Na pracovišti Institutu hornického inženýrství a bezpečnosti VŠB-TU Ostrava byla v letech 2007-2010 experimentálně ověřena modifikovaná adiabatická metoda stanovení náchylnosti k samovznícení uhelné hmoty [3]. V rámci ověření použitelnosti této metody pro doly OKD, a. s. byly také ověřeny faktory ovlivňující tuto metodu.

#### 1. Oxidace za adiabatických podmínek

Náchylnost uhelné hmoty k samovznícení je považována za vlastnost, kterou lze stanovit laboratorní zkouškou. Základem této metody je hodnocení ověřovaného vzorku při styku s oxidačním médiem za podmínek blízkých adiabatickým, tzn. bez výměny energie s okolím, při dostatečném přísunu oxidačního media a minimálním odvodu tepla [4]. Jedny z prvních poznatků o dané metodě, publikovali autoři Davis a Byrne v roce 1924 [5]. Tato

metoda našla uplatnění v mnoha zemích např. Velká Británie, ČR, JAR, SRN, atd. Ve Velké Británii zaujala místo jako základní metoda pro ověřování náchylnosti uhlí k samovznícení.

V OKR jsou v této době dvě aktivní pracoviště zabývající se klasifikací náchylnosti samovznícení, jedná se o pracoviště Ostravské university a pracoviště Institutu hornického inženýrství a bezpečnosti VŠB-TU Ostrava (obr.1,2). V letech 2007-2010 byla na pracovišti VŠB-TU Ostrava ověřená modifikovaná adiabatická metoda dle zkušeností výzkumného ústavu INSEMEX v Petrošani v Rumunsku. Podstatný rozdíl oproti „klasické adiabatické metodě“ spočívá v nastavení počáteční teploty testu uhelného vzorku, kdy je zvolena počáteční teplota zkoušky na 120 °C [6].

V rámci ověření použitelnosti modifikované adiabatické metody pro podmínky OKR proběhlo současně ověření faktorů ovlivňujících tuto metodu.

## **2. Faktory ovlivňující modifikovanou adiabatickou metodu**

Za faktory ovlivňující průběh měření modifikované adiabatické metody lze považovat především vlhkost, zrnitost a inertizaci uhelného vzorku dusíkem a také změnu koncentrace kyslíku oxidačního média.

### **2.1 Vliv obsahu vody**

Vodu považujeme za elementární neoddělitelnou součást uhelné hmoty, která doprovází uhelnou hmotu ve všech vývojových stádiích. Dle zkušeností autorů [4,7] ztráta vlhkosti uhelné hmoty ovlivňuje její dynamiku oxidace.

Při hodnocení náchylnosti samovznícení nevysušených uhelných vzorků docházelo k prodloužení doby temperace vlivem uvolňování vlhkosti. Temperace probíhala v dusíkové atmosféře, což mělo za následek zvýšení expozice ověřovaného vzorku dusíkem [8]. Sušení uhelných vzorků bylo následně prováděno dle normy ČSN 44 1304 s mírným odchýlením v použití vakua namísto dusíkové atmosféry. Po sušení byl vzorek ponechán v atmosféře laboratoře po dobu 1 hodiny z důvodu sorpční temperace. Poté byl vzorek standardně analyzován modifikovanou adiabatickou metodou. Výsledkem bylo snížení doby temperace o cca 45 min. Průběh měření je znázorněn na (obr. 3).

Z grafického průběhu obr. 3 je patrný zvýšený nárůstu teploty vysušeného uhelného vzorku ve srovnání s nárůstem teploty vzorku nevysušeného.

### **2.2 Vliv zrnitosti**

Obecně známým faktem je, že kusové uhlí podléhá obtížněji oxidaci, než-li uhlí rozmělněné [9]. Z tohoto důvodu byl zkoumán vliv zrnitosti na dynamiku procesu oxidace uhelné hmoty. Vliv byl ověřen na čtyřech náhodně vybraných uhelných vzorcích.

Standardní zrnitost ověřovaného uhlí je u modifikované adiabatické metody 0,1-0,3 mm z tohoto důvodu bylo přistoupeno k ověření vlivu vyšší zrnitosti a to v rozmezí 0,3-1,0 mm a následně 1,0-2,5 mm.

Příprava vzorků probíhala standardně a vliv zrnitosti vyplynul ze srovnání průběhu nárůstu teploty zkoušky základního rozboru a rozboru totožného vzorku po úpravě zrnitosti ve vztahu k nárůstu teploty po dobu 60 minut.

Nejvyšší oxireaktivita bylo dosaženo při použití zrnitosti 0,1-0,3 mm. Ke značnému snížení oxireaktivita došlo při použití zrnitosti 0,3-1 mm. Zatím co zrnitost 1-2,5 mm nevykázala v čase 60ti minut testu žádnou oxireaktivitu ověřovaných vzorků. Z výše uvedených zjištění byla zvolena jako vhodná zrnitost pro ověření uhelného vzorku modifikovanou adiabatickou metodou zrnitost 0,1-0,3 mm. Porovnání vlivu zrnitosti na průběh měření je patrný také z obr. 4.

### 2.3 Vliv inertizace uhelného vzorku dusíkem

Ověření vlivu inertizace uhelného vzorku na průběh měření modifikovanou adiabatickou metodou proběhlo na čtyřech náhodně vybraných uhelných vzorcích. Vzorky byly vystaveny relativně dlouhodobému působení plynného dusíku při teplotě 100 °C. Temperování na tuto teplotu a následné udržení bylo provedeno pomocí sušárny JOUAN do níž byl vložen skleněný reaktor se vzorkem. Bylo využito objemového průtoku dusíku o hodnotě 10 ml.min<sup>-1</sup>. Z důvodu zpětné sorpční temperance byl uhelný vzorek po uplynutí doby 72 hodin ponechán 1 hodinu na vzduchu. Ověření vlivu dusíku probíhalo modifikovanou adiabatickou metodou, kdy doba zkoušky byla stanovena na 150 minut.

Porovnání vlivu inertizace vyplynulo ze srovnání průběhu nárůstů teplot zkoušky základního rozboru vzorku a rozboru totožného vzorku po inertizaci. V průběhu ověření vlivu došlo vždy k vyššímu nárůstů teplot u inertizovaných uhelných vzorků. Nejpatrnější vliv inertizace uhelné hmoty na průběh ověření modifikovanou adiabatickou metodou byl pozorován u vzorku č. 18. Inertizovaný vzorek č. 18 dokázal již od počátku měření předstihnout vzorek původní (obr. 5). Rozdíl v dosažení maximálních teplot činil 7,66 °C. Lze také pozorovat dynamičtější průběh zkoušky modifikovanou adiabatickou metodou.

Na základě provedených měření lze konstatovat, že inertizace dusíkem vedla vždy k zvýšení oxireaktivita uhelných vzorků (tab. 1).

Tabulka 1: Vliv dusíku - maximální dosažené teploty modifikovanou adiabatickou metodou

Vzorek číslo	Důl	Dosažená maximální teplota		Rozdíl teplot
		Původní vzorek	Inertizovaný vzorek N <sub>2</sub>	
–	–	°C	°C	°C
11	ČSA	178,57	182,58	4,01
13	ČSA	169,08	177,58	8,50
<b>18</b>	<b>Lazy</b>	<b>160,09</b>	<b>167,75</b>	<b>7,66</b>
31	ČSM-Sever	161,52	161,84	0,32

### 2.4 Vliv změny koncentrace kyslíku oxidačních směsí

Pro ověření vlivu koncentrace kyslíku na dynamiku nárůstu oxidačního tepla uhelné hmoty byly náhodně vybrány čtyři reprezentativní vzorky. Vliv změn koncentrace kyslíku byl ověřen modifikovanou adiabatickou metodou. Vliv byl posouzen pomocí tří plynných směsí:

- 100% O<sub>2</sub>
- 21% O<sub>2</sub> (vzduch)
- 10% O<sub>2</sub> a 90% N<sub>2</sub>

Temperace uhelných vzorků probíhala v inertní atmosféře. Vliv koncentrace kyslíku byl posouzen z nárůstu teploty za dobu 60 minut.

Při použití 100% O<sub>2</sub> došlo např. u vzorku č. 13 k nárůstu teploty o 30,29 °C. Při použití vzduchu ovšem došlo k nárůstu pouze o 4,23 °C a použitím směsi 10% O<sub>2</sub> nedošlo k žádnému nárůstu teploty za dobu 60 minut. Průběh měření znázorňuje obr. 3.

Pro potřeby měření modifikovanou adiabatickou metodou bylo přistoupeno k využití oxidační směsi 100% O<sub>2</sub>. Použitím 21% směsi O<sub>2</sub> došlo jen k mírnému nárůstu teplot všech ověřovaných vzorků a to v rozmezí od 3,40 do 4,56 °C. Při použití 10% směsi O<sub>2</sub> spolu s N<sub>2</sub>, byl zaznamenán pouze nepatrný nárůst teploty u dvou vzorků v průběhu 60 minutového měření, avšak z pohledu 150 minutového měření došlo u všech ověřovaných vzorků k ustálení teploty a následně k pozvolnému poklesu teploty (zapříčiněno chladnutím aparatury). Změna koncentrace kyslíků a následné ovlivnění průběhu měření modifikovanou adiabatickou metodou je patrný z obr. 6.

## Závěr

Významnými faktory ovlivňující stanovení náchylnosti uhelné hmoty k samovznícení laboratorní zkouškou lze považovat inertizaci plyným dusíkem, koncentrace kyslíku v oxidačním mediu, zrnitost a vlhkost. V rámci potvrzení použitelnosti modifikované adiabatické metody pro podmínky OKR proběhlo současně také ověření výše uvedených faktorů ovlivňující tuto metodu. Míra ovlivnění výše uvedenými faktory se může měnit v závislosti na použitém druhu laboratorní zkoušky, avšak lze vždy předpokládat ovlivnění dynamiky oxidačního procesu uhelné hmoty. Modifikovaná adiabatická metoda nemá ambice se stát univerzální metodou, avšak může přispět k zlepšení stavu zkoumání náchylnosti uhlí k samovznícení.

## Literatura

- [1] HBZS Ostrava: Výroční zpráva 2012 [http://www.hbzs-ov.cz/dokums\\_soubory/vz\\_hbzs2012\\_0.pdf](http://www.hbzs-ov.cz/dokums_soubory/vz_hbzs2012_0.pdf)
- [2] Rozhodnutí Spis. zn.: S 0300/2008-6-68/Ing.Kp/Pe Obvodního báňského úřadu v Ostravě, k zajištění jednotného plnění požadavků vyhlášky Českého báňského úřadu v Praze č. 22/1989 Sb., ve znění pozdějších předpisů, Ostrava 2008.
- [3] Zubíček, V.: Modified Adiabatic Method of Verification of Coal Susceptibility to Spontaneous Combustion. Proceedings of the „International Symposium on Earth Science and Technology 2009“, Kyushu University, Fukuoka, Japan, 2009.
- [4] Věžníková H., et.al., 1999: Pasportizace uhelných slojí České republiky – náchylnost k samovznícení –I. Dílčí zpráva k programu VaV ČBÚU č. 2435/99/III, VŠB-TUO, Ostrava, prosinec 1999.
- [5] Davis, J.D., Byrne, J.F. 1924: An adiabatic method for studying spontaneous heating of coal. Journal of Am Ceram Soc 7, pp. 809–816. 1924.
- [6] Zubíček, V., Adamus, A., 2013 :Susceptibility of coal to spontaneous combustion verified by modified adiabatic method under conditions of Ostrava-Karvina Coalfield, Czech Republic, Fuel Processing Technology, 2013.

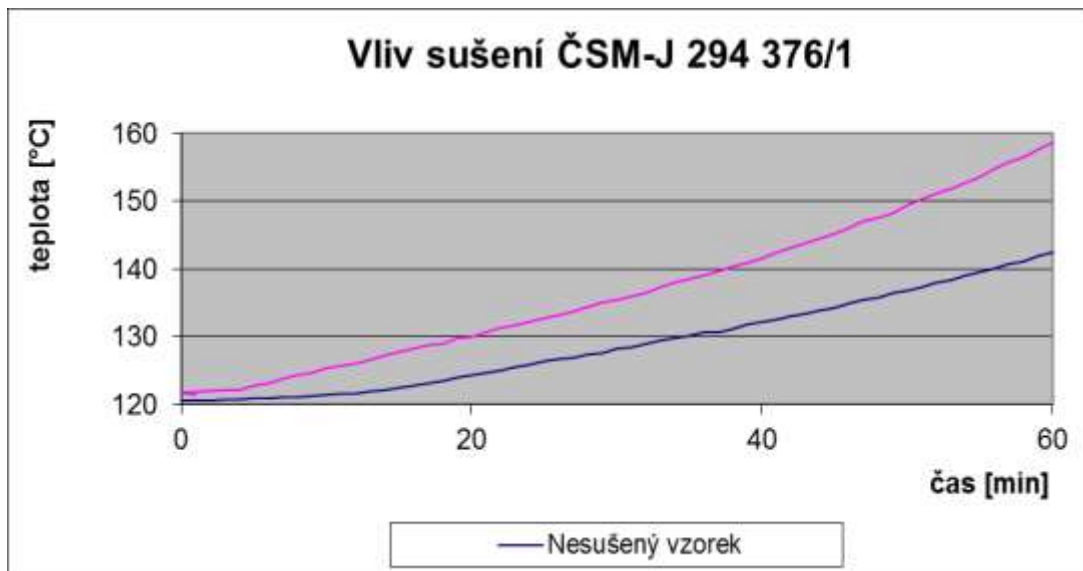
- [7] Benerjee, S.C., 2000: Prevention and combatinting mine fire, A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 2000, ISBN 90-5809-212-7.
- [8] Zubíček, V. 2010: Modifikace adiabatické metody ověřování náchylnosti uhlí k samovznícení pro podmínky OKR. Doktorská disertační práce VŠB-TUO, Ostrava 2005.
- [9] Taraba, B., 2003: Nízkoteplotní oxidace a samovzněcování uhelné hmoty, Ostravská univerzita, 2003, ISBN 80-7042-832-5.



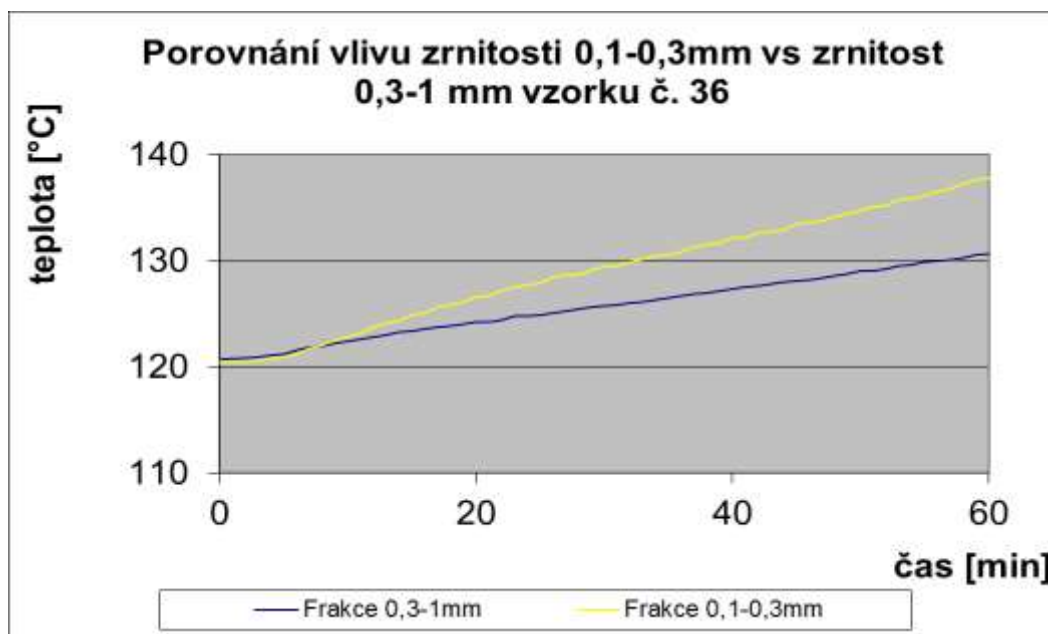
*Obr. 1: Měřicí aparatura modifikované adiabatické metody spolu s plynovou linkou*



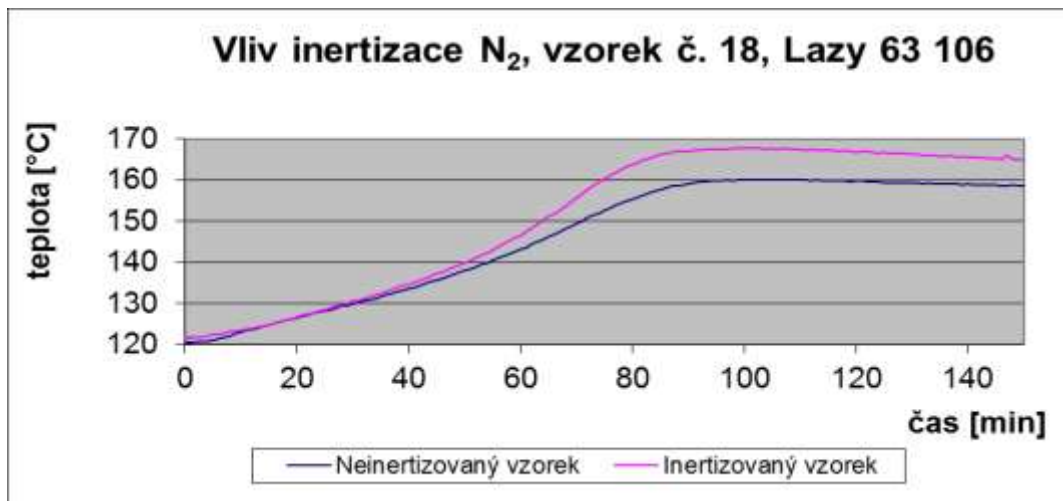
*Obr. 2: Reakční nádoba adiabatického termostatu*



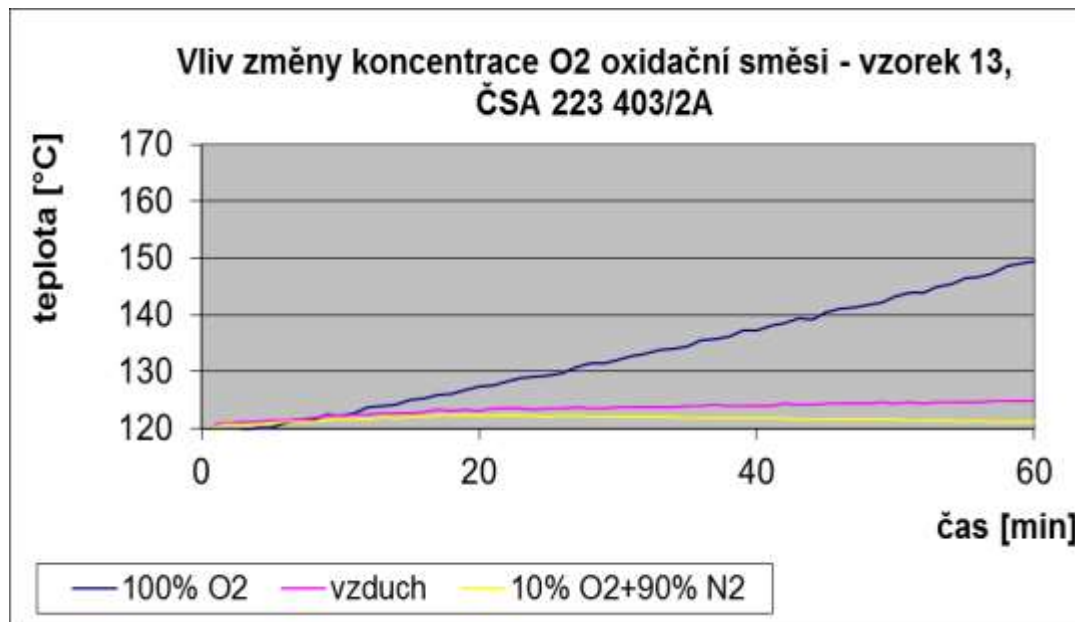
Obr 3: Vliv sušení vzorku na průběh zkoušky modifikovanou adiabatickou metodou



Obr. 4: Vliv zrnitosti 0,3-1 mm na nárůst teploty  $\Delta t_{60}$  v průběhu měření modifikovanou adiabatickou metodou



Obr. 5: Vliv inertizace N<sub>2</sub> na průběh měření modifikovanou adiabatickou metodou – vzorek č. 18



Obr. 6: Vliv změny koncentrace kyslíku oxidační směsi, vzorek č. 13