

VYHODNOTENIE ÚBYTKU NA HMOTNOSTI A RÝCHLOSTI ODHORIEVANIA AKO PARAMETRA TESTOVANIA SADROKARTÓNOVÝCH DOSIEK PO VYSTAVENÍ TEPELNÉMU NAMÁHANIU

EVALUATION OF LOSS OF WEIGHT AND BURNING SPEED AS A TESTING PARAMETERS OF PLASTERBOARD AFTER EXPOSURE TO HEAT STRESS

Patrik MITRENGA¹

SUMMARY:

Plasterboards represent material that is often used in construction. They can be used for various purposes, such as soffit ceiling, wall and ceiling tiles, and also to increase the fire resistance of constructs. Plasterboards are several species, by area of use. Their comparison in terms of fire can be achieved for example various test methods. There are several tests to evaluate materials. The paper deals mainly test method that monitors loss of weight. Based on executed experiment are compared test results of classical, acoustic, impregnated and fire plasterboards. Implemented of test method is briefly described and are assessed the results of testing.

KEYWORDS: Plasterboard, testing, loss of weight, rate of burning, heat stress

ÚVOD

Testovanie materiálov je proces, ktorý sa vyvíja už desaťročia. Už v minulosti sa používali rôzne testovacie metódy, ktorými boli materiály hodnotené z hľadiska požiarnej bezpečnosti. Testovacích metód bolo mnoho, avšak nie všetky boli vhodné pre každý materiál. V súčasnosti sa u nás materiály z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti testujú podľa noriem EÚ.

Na porovnanie materiálov a zistenie ich správania sa pri požiari možno vykonať aj rad iných nenormových testov, avšak treba vybrať tie vhodné.

Jedným zo základných princípov testovania materiálov bolo sledovanie úbytku na hmotnosti. Toto kritérium nebolo však dostatočne výpovedným údajom u všetkých materiáloch, keďže k úbytku na hmotnosti môže dochádzať aj u materiálov s vyšším obsahom vody, pričom tieto môžu byť aj nehorľavé. Jedným z materiálov ktorý obsahuje pomerne veľa vody sú sadrokartónové dosky. Tieto sa často používajú ako podhlady stropov, obklady stien

a pod. Uvedené materiály sme skúmali z hľadiska odolnosti proti požiaru, pričom sme sa zamerali na úbytok hmotnosti po vystavení vzorky tepelnému namáhaniu. Na základe vykonaných testov a získaných výsledkov môžeme vyhodnotiť vhodnosť uvedenej metódy, ale aj popísať procesy a deje prebiehajúce v sadrokartónových doskách pri požiari.

1. SADROKARTÓNOVÉ DOSKY

V príspevku sú vyhodnotené sadrokartónové dosky od firmy Rigips. Tieto dosky sú základnou súčasťou interiérových konštrukcií zo sadrokartónu. Sú vyrobené zo sadry a vysokopevnostného kartónu. Vyrábajú sa vo viacerých prevedeniach.

Základnými sadrokartónovými doskami od firmy Rigips sú:

- **Stavebná doska RB (A).** Je to doska so šedým lícovým kartónom s modrým popisom na hrane dosky. Označenie (A) uvádza, že ide o základnú sadrokartónovú dosku pre použitie v bežnom interiéri. Možno ju použiť aj v nevykurovaných miestnostiach. Pri teplote 20 °C ju možno

¹ Patrik Mitrenga, Ing., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, tel.: +421 41 513 6670, e-mail: patrik.mitrenga@fbi.uniza.sk.

použiť pri vlhkosti vzduchu až do 60 %. Výrobca uvádza maximálne úžitkové zaťaženie teplom na povrchu dosky 45 °C [1].

- **Impregnovaná doska RBI (H2).** Je doska so zeleným lícovým kartónom a modrým popisom na hrane dosky. Označenie (H2) udáva že ide o dosku, ktorá ma jadro a plášť upravené špeciálnou impregnáciou, aby bola schopná odolávať prostrediu s vyššou relatívnou vlhkosťou vzduchu. Možno ju použiť pri teplote 20 °C až do vlhkosti vzduchu 75 %, to znamená že svoje využitie nájde napríklad v kúpeľniach, sprchových priestoroch, WC a pod. Maximálne úžitkové zaťaženie teplom na povrchu ostáva rovnaké ako u predchádzajúceho typu dosiek, teda 45 °C [1].
- **Protipožiarna doska RF (DF).** Doska má ružový lícový vzhľad s červeným popisom na hrane dosky. Označenie (DF) znamená že ide sadrokartón s jadrom dodatočne spevneným skleneným vláknom. Tieto dosky sa používajú za účelom dosiahnutia vyššej požiarnej odolnosti budovaných konštrukcií. Sklená výstuž zapríčiní pri požiari predĺženie celistvosti opláštenia, to znamená že plamene požiaru nepresiahnu za sadrokartónovú konštrukciu. Podmienky použitia sú rovnaké ako u základnej stavebnej sadrokartónovej dosky, teda pri teplote 20 °C ju možno použiť do vlhkosti 60 % [1].
- **Modrá akustická doska MA (DF).** Doska má modrý lícový vzhľad s červeným popisom. Rovnaké označenie v zátvorke (DF) uvádza, že dosky možno použiť aj na dosiahnutie vyššej požiarnej odolnosti, tak ako u protipožiarnych sadrokartónových dosiek. Hlavným rozdielom je však použitie týchto dosiek za účelom dosiahnutia vyšších hodnôt vzduchovej nepriezvučnosti konštrukcií. Inak povedané, konštrukcie vyhotovené z týchto dosiek v správnom konštrukčnom prevedení môžu výrazne znížiť prestup zvuku. Podmienky použitia sú opäť rovnaké ako u predchádzajúcich neimpregnovaných dosiek [2].

2. ÚBYTOK NA HMOTNOSTI AKO PARAMETER TESTOVANIA

V minulosti bol úbytok na hmotnosti často sledovanou veličinou, na základe ktorej sa materiály hodnotili z hľadiska ich horľavosti. Testovacie metódy, ktorými sa sledovala táto veličina sa používali pre všetky materiály. Avšak aj niektoré materiály, ktoré neboli

horľavé, sa mohli podľa týchto metód zaradiť ako horľavé, keďže jedným z hlavných hodnotiacich kritérií bol aj úbytok na hmotnosti. Išlo najmä o materiály obsahujúce veľké množstvo naviazanej vody. V prípade testovania podľa uvedených metód by aj kocka ľadu bola horľavá, pretože pri jej topení tiež dochádzalo by k úbytku na hmotnosti.

Jednou z najznámejších metód z minulosti je Genal – Kopytkovského metóda. Tá pozostávala z keramickej misky, v ktorej sa zapalovalo určité množstvo liehu. Nad plameňom sa pod uhlom 45° k vodorovnej rovine umiestnila vzorka testovaného materiálu. Hodnotiacim kritériom bol úbytok na hmotnosti. Ďalšou známou metódou bola Truax – Harrisonova. Táto metóda mala nevhodné vzorky (1000 x 20 x 10 mm), umožňovala však kontinuálne merať úbytok na hmotnosti. Tieto metódy boli určené len na porovnávanie materiálov [3].

Úbytok na hmotnosti, ako hlavné hodnotiace kritérium, bolo zahrnuté aj v starej testovacej metóde podľa STN 73 0862 dodatok b) z roku 1986. Metóda pozostáva z priameho pôsobenia plynového horáka na skúšobné teleso po stanovenú dobu (10 minút). Skúšobné teleso muselo byť umiestnené pod uhlom 45° voči vodorovnej rovine. Hlavným hodnotiacim kritériom bol úbytok na hmotnosti skúšobných teliesok [4].

Ďalšou známou normou, ktorá na hodnotenie materiálov používala aj spomenuté kritérium, bola nemecká DIN 4102. Konkrétne test nazvaný „horí – nehorí“. Sledovalo sa ním chovanie materiálu počas testu. Plameň nad vzorkou nesmel zmeniť rozmery počas trvania testu. Hodnotiacim kritériom bol aj úbytok na hmotnosti [5].

V súčasnosti je však zavedený systém klasifikácie materiálov do tried reakcie na oheň podľa noriem EU, ktorý je veľmi dobre prepracovaný a materiály sa podľa týchto metód hodnotia komplexne z hľadiska ich horľavosti. Avšak aj v týchto metódach je jedným z hodnotiacich kritérií úbytok na hmotnosti a to konkrétne v norme STN EN ISO 1182 – Skúšky reakcie výrobkov na oheň - skúška nehorľavosti. Pomocou tejto skúšky sa určujú výrobky, ktoré neprispievajú alebo významne neprispievajú k požiaru bez ohľadu na ich konečné používanie. Skúška sa používa pri triedach reakcie na oheň A1 a A2. Výsledky sa vyjadrujú vypočítaním úbytku na hmotnosti, plameňového horenia a zvýšenia teploty [6].

Ako vidíme, úbytok na hmotnosti bol nielen v minulosti sledovaný parameter na hodnotenie horľavosti materiálov, ale je zahrnutý aj v súčasne platných testovacích metódach. Pri niektorých materiáloch z vyšším obsahom vody môže byť hodnotenie horľavosti klamlivé. Sadrokartónové dosky obsahujú taktiež veľa vody. Avšak na porovnávanie a hodnotenie medzi nimi môže byť uvedený parameter postačujúci a čiastočne nám umožní zistiť, ako sa správa sadrokartón pri požiari. Na základe výsledkov z testovania môžeme tiež vyvodiť čiastočné závery o vhodnosti spomínanej metódy.

3. EXPERIMENT

Na zistenie správania sa sadrokartónových dosiek pri požiari a zistenie rozdielov medzi jednotlivými doskami sme vykonali experiment, ktorým sme sledovali dve veličiny. Prvou je úbytok na hmotnosti a druhou je rýchlosť odhorievania. Rýchlosť odhorievania vypočítanú podľa vzťahu (2) sme vypočítali z úbytku na hmotnosti vypočítaného zo vzťahu (1), to znamená že hlavná sledovaná veličina pri testovaní bol pokles hmotnosti sadrokartónových dosiek pri pôsobení plameňa.

$$\Delta_m(\tau) = \frac{m - m(\tau)}{m} \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

kde:

- $\Delta m(\tau)$ úbytok na hmotnosti [%],
- m pôvodná hmotnosť [g],
- $m(\tau)$ hmotnosť [g] v čase (τ).

$$v_r = \frac{\delta_m}{\Delta \tau} [\%.s^{-1}] \quad (2)$$

kde:

- $\delta m(\tau)$ relatívny úbytok hmotnosti v čase (τ) [%],
- $\Delta \tau$ časový interval, v ktorom sa odčítavajú hmotnosti [7].

$$\delta_m(\tau) = \frac{m(\tau) - m(\tau + \Delta \tau)}{m(\tau)} \cdot 100 [\%] \quad (3)$$

kde:

- $\delta m(\tau)$ relatívny úbytok hmotnosti v čase (τ) [%],
- $m(\tau)$ hmotnosť vzorky v čase (τ) [g],
- $m(\tau + \Delta \tau)$ hmotnosť vzorky v čase ($\tau + \Delta \tau$) [g],
- Δm rozdiel hmotností [g] [8].

Na experiment sme použili jednoduché zariadenie, ktorého hlavné časti sú horák, držiak horáka, držiak vzorky, váhy a plynová bomba plnená propán-butánom. Držiak vzorky so samotnou vzorkou je umiestnený na váhach, aby sa dala priebežne počas experimentu sledovať hmotnosť vzorky. Plameň z horáka pôsobil kolmo na vzorku z jej spodku. Horák je umiestnený na stojane, ktorý zabezpečí požadovanú vzdialenosť plameňa od vzorky. Zároveň nebude ovplyvňovať váženie, keďže nestojí na váhach.

Ako testovacie vzorky boli použité sadrokartónové dosky od firmy Rigips. Testovali sme všetky vyššie spomenuté druhy sadrokartónov, teda základnú stavebnú dosku RB, impregnovanú dosku RBI, protipožiarnu dosku RF a akustickú dosku MA. Všetky vzorky boli o rozmeroch 100 x 100 mm a jednotnej hrúbky 12,5 mm. Z každého druhu boli otestované tri vzorky.

Pri testovaní bola vždy zachovaná presne definovaná výška plameňa 12 cm a vzdialenosť ústia horáka od vzorky 10 cm. Pôsobenie plameňa bolo intenzívne, 2 cm plameňa zasahovalo priamo na vzorku. Každá vzorka sa testovala počas 30 min, pričom každých 10 s sa zaznamenávala aktuálna hmotnosť.

4. VÝSLEDKY EXPERIMENTU

Po vykonaní experimentu a spracovaní nameraných údajov bolo možné spracovať grafy úbytku na hmotnosti a relatívnej rýchlosti odhorievania. Úbytok na hmotnosti je u niektorých materiálov jeden z najvýpovednejších údajov, čo sa týka ich horľavosti. V tabuľke 1 sú uvedené hmotnosti pred a po experimente.

Tabuľka 1

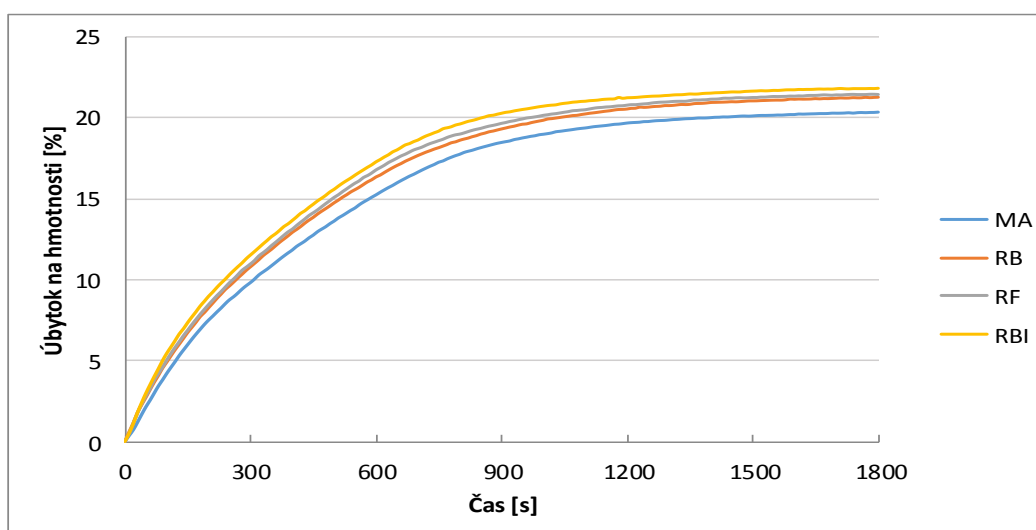
Hmotnosti vzoriek pred a po experimente a ich celkový úbytok na hmotnosti

Označenie	m_1 [g]	m_2 [g]	Δm [g]	Δm [%]
MA vzorka 1	115,35	91,57	23,78	20,62
MA vzorka 2	118,15	94,15	24,00	20,31
MA vzorka 3	112,24	89,66	22,58	20,12
MA priemer	115,25	91,79	23,45	20,35
RB vzorka 1	89,63	70,52	19,11	21,32
RB vzorka 2	90,37	71,18	19,19	21,23
RB vzorka 3	90,91	71,56	19,35	21,28
RB priemer	90,30	71,09	19,22	21,28
RF vzorka 1	85,56	67,08	18,48	21,60
RF vzorka 2	85,01	66,81	18,20	21,41
RF vzorka 3	87,61	68,93	18,68	21,32
RF priemer	86,06	67,61	18,45	21,44
RBI vzorka 1	81,78	63,57	18,21	22,27
RBI vzorka 2	82,87	64,99	17,88	21,58
RBI vzorka 3	82,99	65,02	17,97	21,65
RBI priemer	82,55	64,53	18,02	21,83

V tabuľke 1 vidíme priemerné hmotnosti vzoriek pred experimentom m_1 , priemerné hmotnosti vzoriek po experimente m_2 , priemerné celkové úbytky na hmotnosti v gramoch Δm [g] a priemerné celkové úbytky na hmotnosti v percentách Δm [%]. Vidíme, že vzorky jednotlivých druhov sa navzájom odlišujú v hmotnosti. Najťažšie vzorky sú akustické sadrokartónové dosky MA. Tie majú aj najväčší úbytok na hmotnosti v gramoch, v percentách ho však majú nižší. Pre správanie sa sadrokartónu pri požiari je však

výpovednejší úbytok na hmotnosti v percentách. Taký údaj čiastočne vypovedá o celistvosti a mechanickej pevnosti sadrokartónových dosiek pri požiari.

Priemerné úbytky na hmotnosti v gramoch počas celej doby testovania, teda zapisované v 10s intervaloch sú znázornené na obrázku 1. Pomocou tohto grafu je možné lepšie pozorovať správanie sa vzoriek počas experimentu.



Obrázok 1. Priemerný úbytok na hmotnosti vzoriek v čase

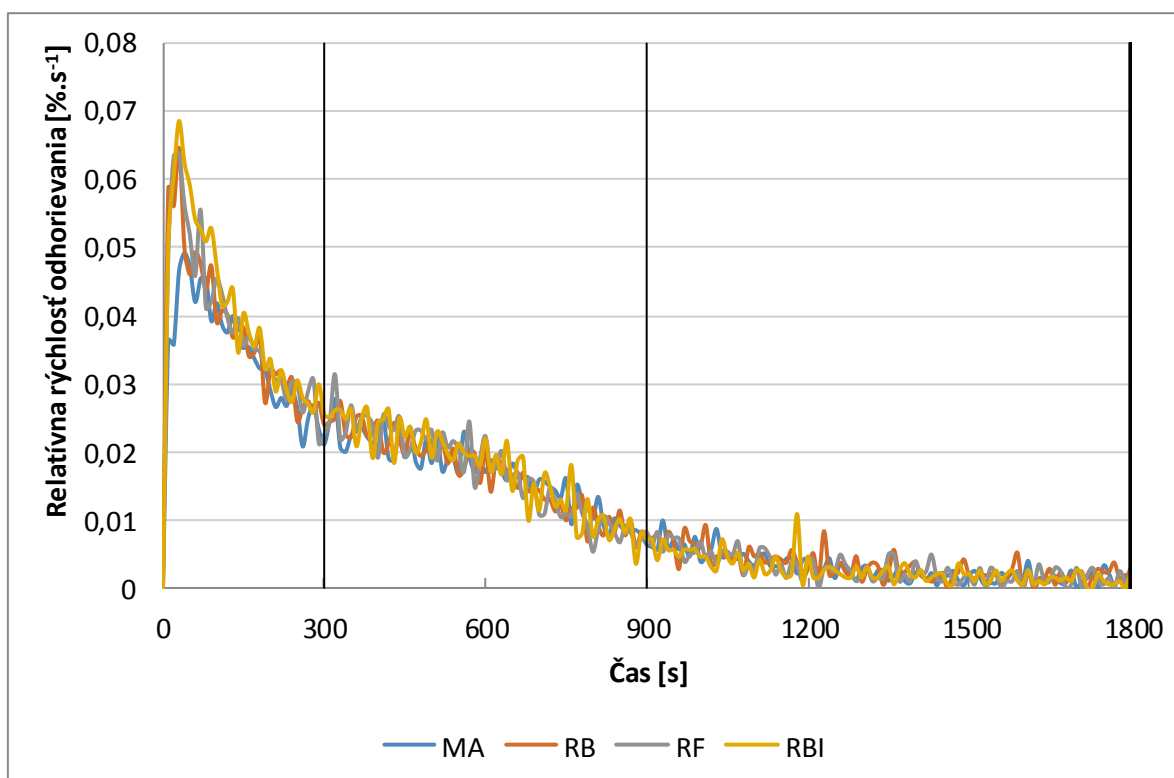
Z obrázka 1 je vidno, že najnižší percentuálny úbytok na hmotnosti majú vzorky MA. Sú to akustické sadrokartónové dosky, ktoré je

možné použiť aj ako protipožiarne. Aj keď z tabuľky 1 pozorujeme celkový úbytok na hmotnosti v gramoch väčší, úbytok

v percentách je menší ako u ostatných vzoriek. Znamená to že tieto dosky by mali lepšie odolávať požiaru ako ostatné. Rozdiel je však veľmi malý a zvlášť u sadrokartónov ťažko hodnotiť ich horľavosť z hľadiska úbytku na hmotnosti (keďže sadrokartónové dosky obsahujú veľa vody). Vzhľadom na pozorovania po experimente však môžeme tvrdiť, že sú na tom z hľadiska odolnosti proti ohňu lepšie ako ostatné. Sadrokartónové dosky MA mali po experimente len malé trhliny, pričom celistvosť ostala zachovaná. Podobnú vlastnosť sme sledovali aj u dosiek RF, aj keď majú väčší úbytok na hmotnosti. Ostatné sadrokartónové dosky sa navzájom veľmi nelíšili a po experimente obsahovali značné trhliny pričom bola narušená ich celistvosť.

Skúmanie sadrokartónových dosiek z pohľadu úbytku na hmotnosti teda nie je vhodným spôsobom na porovnávanie a stanovenie ich horľavosti. Sadra obsahuje veľa vody, ktorá sa pri požari odparuje. To na jednej strane spôsobuje ochladzovanie chránených konštrukcií, na druhej strane veľký úbytok vody spôsobí popraskanie sadrokartónu a narušenie jeho celistvosti.

Skúmaním úbytku na hmotnosti a rýchlosti odhorievania sadrokartónu v čase môžeme však sledovať ich správanie sa pri požari a pomôže nám lepšie pochopiť zmeny, ktoré v sadrokartóne nastávajú pri požari. Na obrázku 2 je uvedený graf relatívnej rýchlosti odhorievania vzoriek v čase.



Obrázok 2. Priemerná relatívna rýchlosť odhorievania vzoriek v čase

Z obrázku 2 vidíme že priemerné relatívne rýchlosti odhorievania sadrokartónových dosiek sa veľmi nelíšia. Na začiatku experimentu pozorujeme náhly nárast rýchlosti odhorievania. Vzorky s označením MA majú však začiatočnú rýchlosť odhorievania omnoho nižšiu ako ostatné vzorky. To môže byť spôsobené povrchovou úpravou týchto dosiek. Veľká rýchlosť odhorievania všetkých vzoriek na začiatku dosahuje hodnoty takmer až $0,07 \text{ \%} \cdot \text{s}^{-1}$ s výnimkou vzoriek MA. Je to

zrejme spôsobené rýchlym odhorením kartónovej vrstvy. Uvedený graf je rozdelený na tri časti. V prvej časti grafu, to je do doby 300 s, odhorieva vrstva kartónu. Postupne ako kartón horí sa rýchlosť odhorievania znižuje. Keď je zhorená vrstva kartónu na mieste kde pôsobí plameň, rýchlosť odhorievania sa začína znižovať pomalšie, čo pozorujeme v druhej časti grafu. Úbytok na hmotnosti sa znižuje, dochádza k odparovaniu vody. Čím menej tejto vody ostáva v sadrokartóne, tým

menšia je rýchlosť odhorievania. V tejto druhej fáze sa pohybuje približne v rozmedzí od 0,03 do 0,01 %·s⁻¹. Rozdiel rýchlostí odhorievania od začiatku tejto fázy po koniec, teda počas 600 s predstavuje približne 0,02 %·s⁻¹. Spomínaný proces pokračuje približne do času testovania 900 až 1200 s. Potom, ako je vidno v tretej časti grafu, je rýchlosť odhorievania malá a veľmi pomaly sa blíži k nule. V tejto fáze už došlo k odpareniu väčšiny vody obsiahnutej v sadrokartónových doskách. Zostalo len minimum vody, ktorá je istým spôsobom v sadrokartóne viazaná, a preto sa odparuje len veľmi pomaly. Počas doby 900 s sa rýchlosť odhorievania nezmení ani o 0,01 %·s⁻¹. V tejto fáze však dochádza k výraznej deštrukcii materiálu, u väčšine vzoriek je možné pozorovať trhliny a ich celkové narušenie. Celistvosť si pri pozorovaní zachovali len dosky označované RF a MA, teda protipožiarne a akustické. Všetky sadrokartónové dosky, vrátane protipožiarnych, mali však po experimente výrazne znížené pevnostné vlastnosti a ľahko sa lámali.

ZÁVER

Hodnotenie odolnosti materiálov proti požiaru je zložité a vyžaduje si vykonanie vhodných

testov. Nie všetky testy sú vhodné pre každý materiál. Doteraz sa ako veľmi dobre výpovedný údaj o horľavosti materiálov považoval úbytok na hmotnosti. Vidíme však, že u sadrokartónových dosiek to celkom neplatí. Tie obsahujú veľa vody, ktorá dokonca dobre pôsobí na konštrukcie svojim vyparovaním tým, že ich ochladzuje. Pri značnom úbytku tejto vody však dochádza k zjavnému narušeniu väzieb sadrokartónu. Úbytok na hmotnosti sadrokartónových dosiek teda vplýva najmä na ich súdržnosť a celistvosť.

Z výsledkov experimentu najlepšie obstála akustická sadrokartónová doska MA, pri ktorej nedošlo k trhlinám. Z hľadiska rýchlosti odhorievania môžeme priebeh experimentu rozdeliť na tri časti, ako už bolo popísané. Ak chceme hodnotiť a pozorovať správanie sadrokartónových dosiek pri požiari, musíme vykonať rad iných testov, pretože aj keď ide o nehorľavý materiál, pri požiari stráca svoju pevnosť, dochádza k narušeniu väzieb a vznikajú trhliny, ktorými sa môže požiar rozšíriť. Preto by vhodnými testami na overenie vlastností sadrokartónových dosiek boli také, ktoré by hodnotili aj ich celistvosť a izoláciu, teda možný prestup tepla na neexponovanú stranu prípadného požiaru.

LITERATÚRA

- [1] RIGIPS: *Sadrokartón zvládneme sami*. [Online]. [17.3.2015]. Dostupné na internete: <http://www.rigips.sk/nastiahnutie/literatura/>.
- [2] RIGIPS: *Modré akustické systémy*. [Online]. [17.3.2015]. Dostupné na internete: <http://www.rigips.sk/nastiahnutie/literatura/>.
- [3] HORSKÝ, D.; OSVALD, A. 1983: *Laboratórne testovacie metódy horľavosti dreva*. In: Vedecké a pedagogické aktuality 2/83. Zvolen : ES VŠLD, 1983, 104 s., (monografia) ISBN 85-1370-83.
- [4] STN 73 0862 b: 1986: *Stanovenie stupňa horľavosti stavebných hmôt*.
- [5] DIN 4102: 1970: *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen*.
- [6] STN EN 13501-1+A1: 2010: *Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň*.
- [7] ZACHAR, M. 2008: *Vzájomné porovnanie niektorých požiaro-technických vlastností bukového, smrekového a topoľového dreva*, Stavebné hmoty 2008, č. 4, ročník 4, str. 14-18.
- [8] OSVALD, A. a kol.: *Hodnotenie materiálov a konštrukcií pre potreby protipožiarnej ochrany*. Zvolen: TU vo Zvolene, 2009. 355 s. ISBN 978-80-228-2039-4.