

VPLYV HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU NA TERMICKÝ ROZKLAD OSB

THE INFLUENCE OF HEAT FLUX DENSITY ON THE THERMAL DECOMPOSITION OF OSB

Peter Rantuch – Danica Kačíková – Jozef Martinka – Karol Balog

ABSTRACT

This paper investigates the influence of external heat radiation on the burning of oriented strand board (OSB). The experiments were performed by using a cone calorimeter. Five different heat fluxes were used to stain the samples: $20 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$, $30 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$, $40 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$, $50 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ and $60 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. Time to ignition, heat release rate, mass loss and smoke production rate was measured at each heat flux. The obtained data showed that the ignition time of samples was decreased exponentially with increasing heat flux density. The theoretic critical heat flux was calculated to $16.72 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ and the critical heat flux at 30 minutes was $17.53 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. The curves of heat release rate and smoke production rate contained two peaks: the first was detected shortly after the ignition and the second was detected before flameout. The maximum values of heat release rate were in the range from $195.68 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ to $235.80 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ and the maximum values of smoke production rate were between $84.51 \text{ cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ and $253.95 \text{ cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$. After the test, the residue of samples was 4.76 % – 14.63 % of samples weight, depending on external heat flux.

Keywords: oriented strand board, cone calorimeter, fire protection, heat flux.

ÚVOD

Dosky z orientovaných triesok (OSB) sú v STN EN 300 (2007) definované ako viacvrstvé dosky vyrobené z drevných triesok stanoveného tvaru a hrúbky a lepidla. Triesky vo vonkajších vrstvách sú orientované rovnobežne s dĺžkou, alebo šírkou dosiek. Triesky v stredovej vrstve alebo vrstvách môžu byť orientované náhodne, alebo všeobecne kolmo na triesky vonkajších vrstiev. Optimálnou orientáciou triesok je možné dosiahnuť zvýšenie pevnosti dosiek pri dodržaní rovnakej hustoty, alebo dodržanie požadovanej pevnosti pri súčasnom znížení hustoty (SHARMA, SHARON 1993).

OSB sa používajú na konštrukcie podláh, stien a striech (SHARMA, SHARON 1993, NORITA a kol. 2007), ako podkladová vrstva skladanej drevenej podlahy (BARBUTA a kol. 2012., BARBUTA a kol. 2011, SU a kol. 2011), či ako materiál na debnenie, avšak v tomto prípade sa opakovaným použitím zvyšuje ich sorpčná schopnosť, čo má vplyv na vzhľad povrchu betónu (COURARD a kol. 2012). V oblasti stavebníctva je možné

často sa stretnúť s konštrukciami sendvičového typu, kde sa medzi dvoma OSB nachádza expandovaný polystyrén, či iný tepelno-izolačný materiál (IDDON, FIRTH 2013).

Ako vo svojej práci uádzajú REBOLLAR a kol. (2007), OSB sú vďaka svojim mechanickým vlastnostiam vhodné aj na výrobu častí nábytku. Inou možnosťou je využitie vo forme obkladov, ktoré dosahujú pri hrúbke nad 10 mm triedu protipožiarnej ochrany K₂ 10, prípadne K₁ 10 ak sú umiestnené na podklade s hustotou vyššou ako 300 kg·m⁻³ (ÖSTMAN, BOSTRÖM 2014).

Podobne ako v prípade iných materiálov môžu OSB dosky obsahovať látky majúce za účel zlepšiť ich úžitkové vlastnosti. Napríklad prídavok malého množstva nanočastíc SiO₂ do živíc môže výrazne zlepšiť mechanické vlastnosti, vodeodolnosť a znížiť uvoľňovanie formaldehydu z OSB dosiek. Tento typ technológie umožňuje využiť na výrobu kvalitných OSB dosiek aj drevo nižšej kvality, čím dochádza k šetreniu lesov (SALARI a kol. 2013). Na zlepšenie protipožiarnych vlastností OSB sú vhodné látky ako uhličitan draselný či borax (OZKAYA a kol. 2007).

Iným z možných spôsobov zlepšenia niektorých vlastností materiálov na báze dreva je ich termická modifikácia (MARTINKA a kol. 2013). Tento spôsob má však zároveň vplyv na zhoršenie iných vlastností. ÜNSAL a kol. (2010) uvádzajú pokles drsnosti povrchu OSB panelov a zhoršenie navlhavosti. Výraznejší vplyv je možné dosiahnuť termickou modifikáciou triesok pred samotným procesom výroby OSB dosiek (MENDES a kol. 2013).

V prípade tepelného zaťaženia s narastajúcou teplotou a časom jej pôsobenia klesá pevnosť OSB, pričom pri vyšších teplotách je rýchlosť tejto zmeny vyššia (SINHA a kol. 2011).

CHEN a kol. (2013) testovali kombináciu za studena tvarovaných oceľových systémov a OSB vzhľadom na použitie v stenách budov majúcich strednú výšku. Na základe testov konštatujú ich nevhodnosť, nakoľko OSB počas požiaru môžu horieť. Napriek tomu nachádzajú široké uplatnenie pri výstavbe menších budov, ako aj v ostatných vyššie uvedených oblastiach. Vzhľadom na pomerne krátku dobu výstavby, ako aj nižšie finančné náklady, je možné predpokladať ich ďalší vzostup a čoraz častejšie využitie.

Pri testovaní OSB vrámci medzilaboratórnych testov na kónickom kalorimetri bol pri tepelnom toku 75 kW·m⁻² nameraný čas do zapálenia OSB od 7 do 10 s, maximálna rýchlosť uvoľňovania tepla medzi 298 kW·m⁻² a 356 kW·m⁻², celkové uvoľnené teplo v rozsahu 103,4 MJ·m⁻² až 110,8 MJ·m⁻² a priemerná rýchlosť uvoľňovania tepla za 60 sekúnd od 275 kW·m⁻² do 326 kW·m⁻² (URBAS 2002).

Cieľom tejto práce je posúdiť vplyv hustoty tepelného toku na základné charakteristiky popisujúce iniciáciu horenia OSB ako aj jeho ďalší termický rozklad vo vzduchu.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

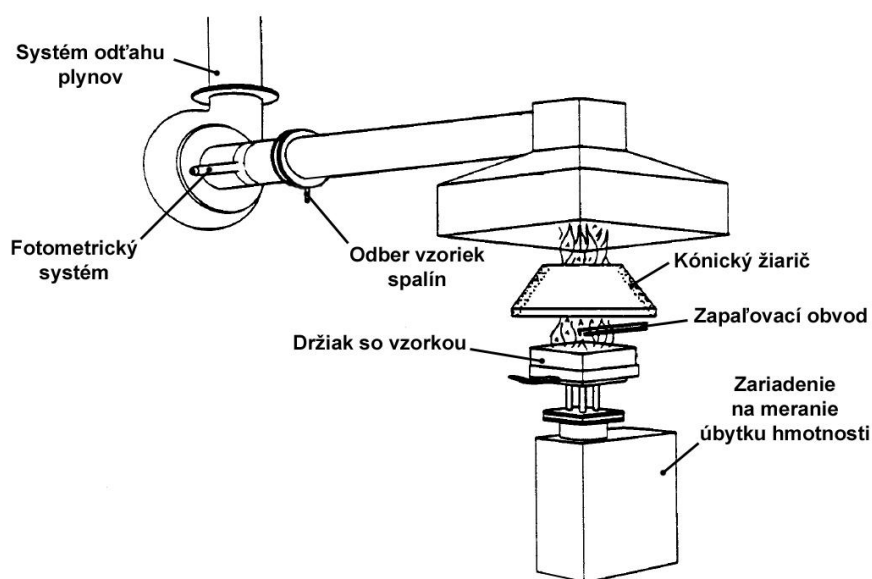
Na praktické merania bolo použitých 5 vzoriek OSB typu 3 (konštrukčné dosky určené na použitie v prostredí s miernou vlhkosťou na vonkajšie aj vnútorné použitie) hrúbky 14 mm narezané na štvorce s dĺžkou strany 100 mm. Popis vzoriek je uvedený v tabuľke 1.

Tab. 1 Charakteristika testovaných OSB.
Tab. 1 Characteristic of tested OSB.

Hmotnosť	77,577 g ± 3,854 g.	
Hustota	570 ± 35 kg.m ⁻³	
Vlhkosť	5,29 ± 0,10	
Emisivita	0,89	
Zloženie	Ihličnatá drevná hmota	93,6 % hm.
	Polyuretánová (MDI) živica	4,7 % hm.
	Parafín	1,7 % hm.

Na termické zaťaženie vzoriek boli použité tepelné toky 20 kW/m², 30 kW/m², 40 kW/m², 50 kW/m² a 60 kW/m², pričom každá vzorka bola vystavená inému z nich. Vlhkosť testovaných OSB bola určená metodikou podľa STN 49 0103 (1979). Teplota okolia predstavovala 23 °C – 24 °C a relatívna vlhkosť vzduchu testovacej miestnosti 28 % – 30 %.

Ako testovacie zariadenie slúžil kónický kalorimeter. Skúšobný postup spĺňal normy ISO 5660-1 (2015) pre meranie rýchlosti uvoľňovania tepla, hmotnostného úbytku a času do zapálenia a ISO 5660-2 (2002) na určenie množstva uvoľňovaného dymu. Čas trvania skúšky bol z dôvodu zlepšenia porovnateľnosti výsledkov stanovený na 1800 s. Schematické znázornenie meracieho zariadenia je na obrázku 1.

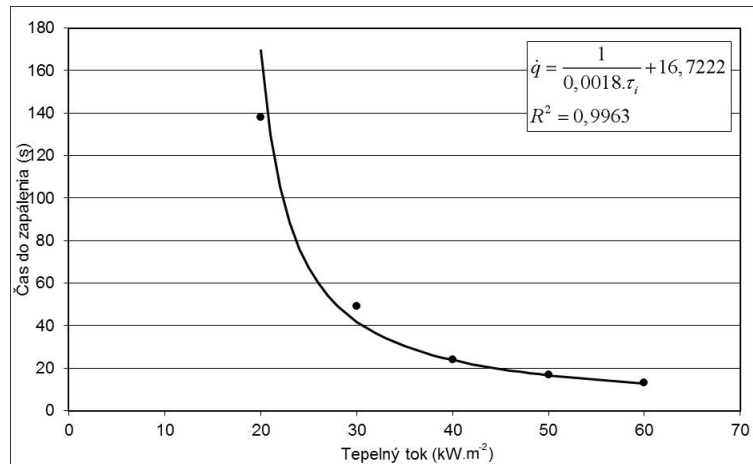


Obr. 1 Schematické znázornenie základných častí kónického kalorimetra (BROWN a kol. 1988).
Fig. 1 Schematic description of based parts of cone calorimeter (BROWN *et al.* 1988).

VÝSLEDKY

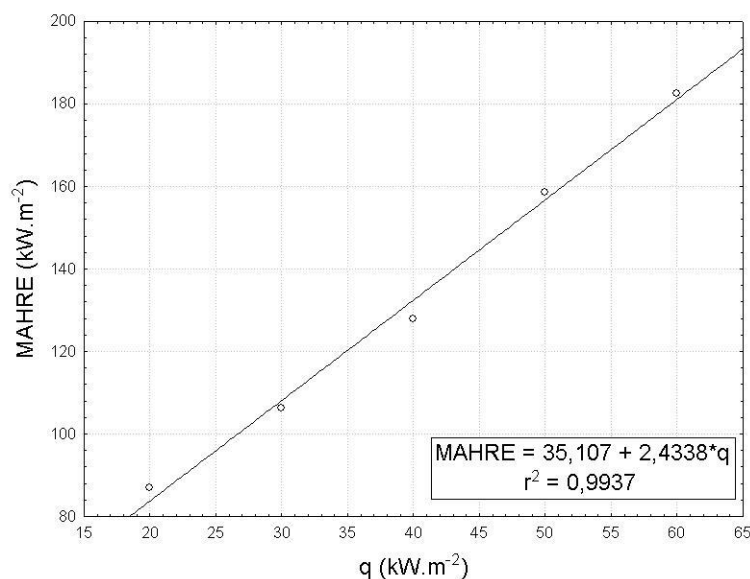
Čas do zapálenia vzorky je možné charakterizovať ako dobu od začiatku pôsobenia tepelného toku na povrch vzorky po ustálenie plameňového horenia. Z hľadiska správania sa materiálu v prípade požiaru sa jedná o jednu z jeho najdôležitejších vlastností. V závislosti od hustoty tepelného toku sa namerané hodnoty času do zapálenia pohybovali od 13 s do 138 s, pričom so zvyšujúcou hustotou tepelného toku sa čas do zapálenia znižuje. Toto zníženie je výraznejšie pri nižších hustotách tepelného toku. Vplyv tepelného toku (q) na čas do zapálenie testovaných

OSB (τ_i) je znázornený na obrázku 2. Hranicu medzi tepelným tokom schopným vzorku zapáliť a tepelným tokom, pri ktorom za podmienok skúšky vzplanutie nenastane je potom možné dostať ako limitu funkcie (1) pre τ_i blížiacie sa k nekonečnu, ktorá predstavuje hustotu tepelného toku $16,72 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. Túto hodnotu je možné považovať za teoretický kritický tepelný tok.



Obr. 2 Závislosť času do zapálenia vzoriek od hustoty tepelného toku.
Fig. 2 Relationship between the time to ignition of samples and heat flux density.

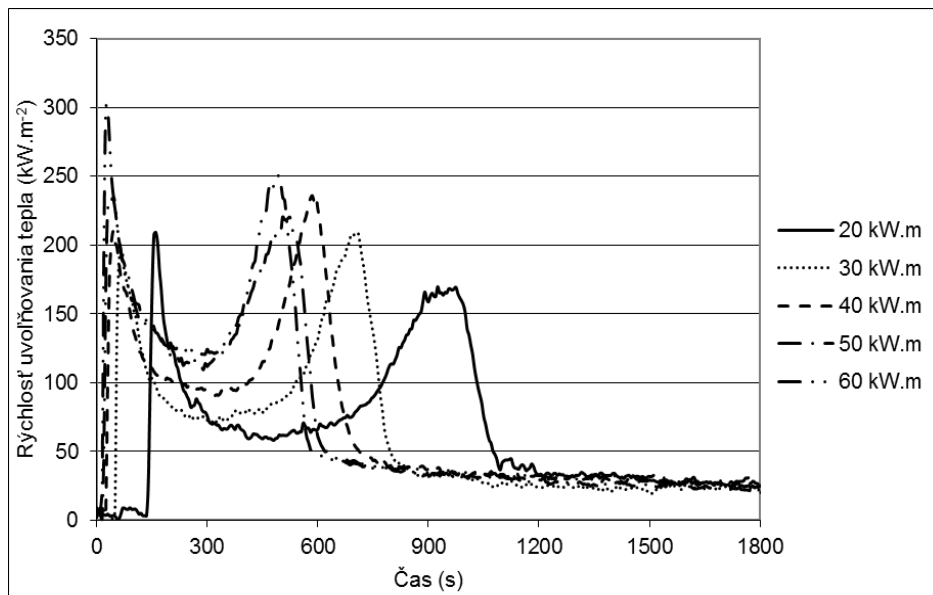
Ďalším dôležitým parametrom získaným z meraní je maximálna priemerná rýchlosť uvoľňovania tepla od zapálenie vzorky, označovaná ako MAHRE. Vyjadruje správanie sa materiálu vo fáze rozvoja požiaru ako aj schopnosť podieľať sa na jeho šírení. Tento parameter bol navrhnutý na hodnotenie rozvoja požiaru v reálnych podmienkach (DUGGAN a kol. 2004, SACRISTÁN 2010). Jeho zmena v závislosti na tepelnom toku pôsobiacom na vzorku je graficky zobrazená na obr. 3. Z grafu je zrejmé, že v rozsahu tepelných tokov zodpovedajúcim podmienkam meraní ($20 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2} - 60 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$) je možné závislosť zjednodušiť ako lineárnu a priamo úmernú.



Obr. 3 Vplyv hustoty tepelného toku na maximálnu priemernú rýchlosť uvoľňovania tepla.
Fig. 3 The influence of heat flux on maximum average heat release rate.

Časové priebehy rýchlosti uvoľňovania tepla počas testovania vzoriek sú uvedené na obrázku 4. Krivky je možné rozdeliť na 5 fáz. Počas prvej fázy, trvajúcej od začiatku skúšky po zapálenie vzorky, je rýchlosť uvoľňovania tepla prakticky nulová. Fáza číslo dva nasleduje po iniciácii. Dochádza počas nej k prudkému nárastu a následnému poklesu krivky. Dosiagnuté maximá sa pohybujú medzi $195 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ a $302 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. Podobne ako v prípade časov do iniciácie aj časy nadobudnutia maxim rýchlosti uvoľňovania tepla s rastúcou hustotou externého tepelného toku klesajú. Najdlhší čas (160 s) bol nameraný pri pôsobení tepelného toku s hustotou $20 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ a naopak najkratší (25 s) pri hustote tepelného toku $60 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$.

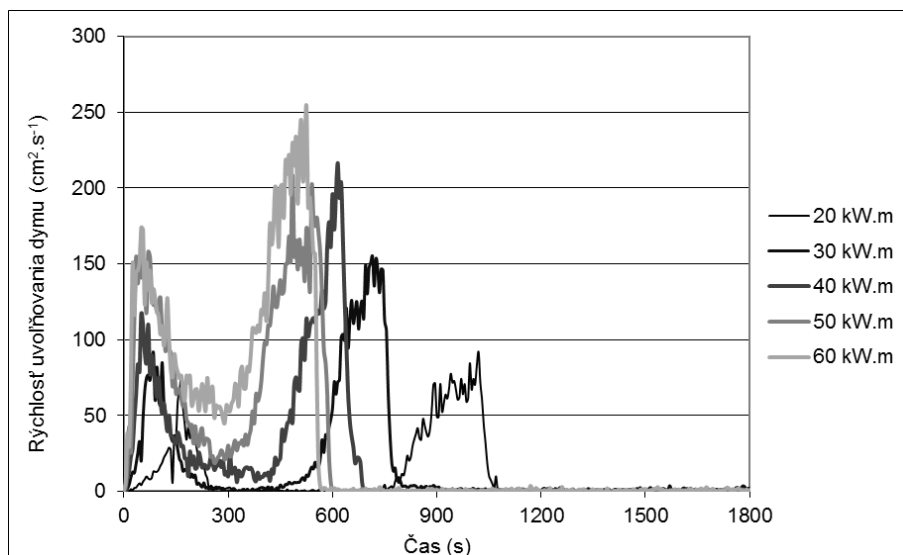
Nasleduje tretia fáza s pomerne rovnomerným uvoľňovaním tepla. Horenie je v nej možné považovať za ustálené a rovnomerné. Vo štvrtej fáze začína rýchlosť uvoľňovania tepla opäť narastať a pred termináciou procesu horenia dosahuje vrchol. Píky nadobúdajú hodnoty od $160 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ do $251 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. Aj v tomto prípade sa čas dosiahnutia maxima znižuje s nárastom hustoty tepelného toku na vzorky. Zatiaľ, čo pri $20 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ nastalo druhé maximum po 925 s, v prípade hustoty tepelného toku $60 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ to bol tento čas takmer polovičný (495 s). Posledná fáza má taktiež prakticky lineárny priebeh. Vzorka už nehorí plameňom a uvoľňované teplo je možné priradiť bezplamennému horeniu jej zvyšku.



Obr. 4 Rýchlosť uvoľňovania tepla.

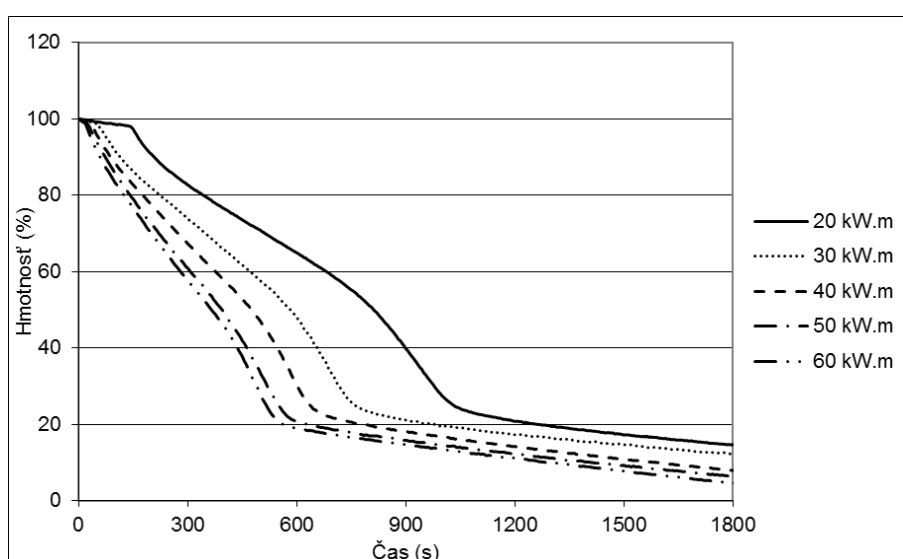
Fig. 4 Heat release rate.

Jednotlivé fázy merania sú dobre rozoznateľné aj v priebehoch rýchlosti uvoľňovania dymu znázornených na obrázku 5. Krivky dosahujú dve jasné maximá, pričom druhé z nich je výrazne vyššie ako prvé. S rastúcim tepelným tokom narastajú aj hodnoty uvoľňovania dymu. Tento nárast je viditeľný nielen v prípade maximálnych hodnôt, ale počas celého priebehu plamenného horenia vzoriek. Pre prvý peak boli namerané hodnoty od $74,6 \text{ cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ do $174,1 \text{ cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ a pre druhé medzi $84,5 \text{ cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ a $254 \text{ cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$. Vo fáze bezplamenného horenia je možné rýchlosť uvoľňovania dymu považovať za nulovú.



Obr. 5 Rýchlosť uvoľňovania dymu.
Fig. 5 Smoke production rate.

Obrázok 6 zobrazuje zmenu hmotnosti vzorky ako funkciu času. Z dôvodu lepšieho porovnania jednotlivých vzoriek bola hmotnosť prepočítaná na percentá. Vo všetkých prípadoch sú na grafoch viditeľné zmeny, ktoré prislúchajú fázam popisovaným pri rýchlostiach uvoľňovania tepla a dymu. V prvej fáze klesá hmotnosť vzorky len pozvoľna. Tento pokles je spôsobený predovšetkým uvoľňovaním plynných látok, ktoré sú zriedené vodnou parou natoľko, že iniciátor používaný pri testovaní neposkytuje dostatočnú energiu na ich vzplanutie. Po dosiahnutí dostatočnej koncentrácie horľavých plynov a pár dochádza k zapáleniu vorky. Jej hmotnosť počas pomerne krátkej doby výrazne poklesne. V tretej fáze klesá krivka hmotnostného úbytku menej výrazne a pomerne rovnomerne. Po už spomínanom prehriatí vzorky tvar prechádza krivka do strmšieho priebehu. Nakoniec, počas bezplamenného horenia, sa rýchlosť úbytku hmotnosti vzorky zníži a stabilizuje a odhorievanie prebieha rovnomerne až do konca skúšky.



Obr. 6 Závislosť hmotnosti vzorky od času pri rozličných tepelných tokoch.
Fig. 6 Evolution of the mass loss as a function of the time at different heat fluxes.

Čas do iniciácie, MAHRE, peaky rýchlosti uvoľňovania tepla a dymu ako aj percentuálne vyjadrené zvyšky vzoriek po testovaní sú uvedené v tabuľke 2.

Tab. 2 Vybrané hodnoty výsledkov meraní.

Tab. 2 Selected values of measuring results.

Hustota tepelného toku [$\text{kW}\cdot\text{m}^{-2}$]	Čas do iniciácie [s]	MAHRE [$\text{kW}\cdot\text{m}^{-2}$]	HRR _{p1}	HRR _{p2}	SPR _{p1}	SPR _{p2}	Zvyšok [%]
20	138	86,89	209,34	168,23	74,57	84,51	14,63
30	49	106,40	195,68	208,65	91,33	154,98	12,27
40	24	127,96	209,97	235,80	116,81	216,49	17,95
50	17	158,54	234,03	220,52	157,72	208,50	6,43
60	13	182,50	301,54	250,61	174,10	253,95	4,76

DISKUSIA

Tepelný tok vypočítaný podľa vzťahu (1) je tepelný tok potrebný na vznietenie vzorky v nekonečne dlhom čase, nastáva problém s jeho implementáciou do praktickej roviny. V niektorých prípadoch je preto vhodnejšie ako kritický tepelný tok uvádzať hodnotu vzťahujúcu sa ku konkrétnemu času zapálenia, ktorý je bližší reálnym podmienkam. FATEH a kol. (2014) uvádzajú v prípade preglejok kritický tepelný tok pre čas 30 minút rovnajúci sa $12 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2} - 14 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. Pri použití rovnakej hranice je kritický tepelný tok zapálenia testovaných OSB za podmienok skúšky možné stanoviť na $17,03 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. Rozdiel medzi uvedenými hodnotami môže byť spôsobený rozdielnymi vlastnosťami povrchu vzoriek, predovšetkým jeho kompaktnosti, kde v prípade OSB dochádza k pôsobeniu tepelného toku na väčšiu plochu materiálu ako aj priamo na lepidlo slúžiace na lepenie triesok. Druhou možnosťou rozdielnosti je iný tvar všeobecnej rovnice použitý spomínanými autormi, kde sa neuvažuje so závislosťou hustoty tepelného toku od času do iniciácie, ale od jeho druhej odmocniny.

Krivky zobrazujúce rýchlosť uvoľňovania tepla dosahujú podobne ako býva uvádzané v prípade iných materiálov na báze dreva dva píky. HAGEN a kol. (2009) popisuje, že prvý pík nastáva vo fáze horenia vzorky pred vytvorením zuhoľnatej vrstvy na jej povrchu. Táto vrstva sa vyznačuje vysokou tepelnoizolačnou schopnosťou, čím spomaľuje rýchlosť horenia (ZACHAR 2009). Druhý nastáva na konci plamenného horenia, keď tepelné pole pôsobiace na vzorku dosiahne jej odvrátený povrch a jej materiál je dostatočne predohriaty na teplotu pyrolýzy. Tým je znížené efektívne teplo pyrolýzy (HAGEN a kol. 2009). S narastajúcou hodnotou pôsobiaceho tepelného toku sa, ako už bolo spomínané, oba píky na časovej osi posúvajú smerom doľava, pričom sa zároveň skracuje časový úsek medzi nimi.

Dym zaznamenaný počas termického zaťaženia vzoriek vzniká v dôsledku viacerých javov. HAGEN a kol. (2009) popisujú uvoľňovanie kvapalných častíc, pár, anorganických látok a uhlíkatých častíc. Kvapalné častice, pary a anorganické látky priradzujú dymu pred zapálením a uhlíkaté častice fázam po zapálení vzorky. Nárast prehavých produktov obsahujúcich oxidy uhlíka a dusíka pri teplotách blízkyh iniciáčnej teplote horenia bukového dreva uvádza tiež MALATINEC (2008).

Ako je z obrázku 6 zrejme, hodnota tepelného toku má výrazný vplyv na hmotnostný úbytok vzorky. S rastúcou hustotou tepelného toku sa fáza do iniciácie skracuje a časť krivky zodpovedajúca fáze horenia nadobúda kolmejší tvar. Počas bezplamenného horenia sa smernice kriviek pri rôznych hustotách tepelných tokov takmer vyrovnávajú. Na základe tohto zistenia je možné povedať, že pri heterogénnom horení má externý tepelný tok výrazne nižší vplyv na odhorovanie vzorky, ako v prípade plamenného

horenia. Ďalšou skutočnosťou viditeľnou z priebehov kriviek je vplyv tepelného toku na zvyšok po testovaní. Tento je tým vyšší, čím na vzorku pôsobí nižší tepelný tok. Je možné konštatovať, že pri vyššej hustote tepelného toku síce fáza plamenného horenia vzorky trvá kratšie, avšak je počas nej odhorené väčšie množstvo materiálu vzorky. Podobné priebehy hmotnostného úbytku uvádzajú FATEH a kol. (2014) pri popise vplyvu hustoty tepelného toku na preglejky.

Z nameraných údajov je zrejmé rozdelenie procesu horenia OSB do piatich fáz. Prvou z nich je fáza pred zapálením vzorky. V tejto fáze je teplo prijaté vzorkami spotrebúvané na ich ohrev, avšak koncentrácia plynných horľavých produktov termickej degradácie nie je dostatočná na iniciáciu plamenného horenia. Druhá fáza nastáva po zapálení vzorky. Množstvo uvoľnených horľavých plynov je dostatočné na udržanie ustáleného plamenného horenia a zároveň ešte nie je na povrchu OSB vytvorená zuhoľnatená vrstva. Hmotnostná rýchlosť odhorievania ako aj rýchlosť uvoľňovania tepla majú preto vysoké hodnoty. Po vytvorení zuhoľnatej vrstvy na exponovanom povrchu vzoriek dochádza k fáze ustáleného horenia. Rýchlosť uvoľňovania tepla je takmer konštantná a hmotnostný úbytok rovnomerný. Nasleduje fáza horenia prehriatej vzorky, charakteristická výraznou pyrolýzou v celom jej objeme. Zvýšenie koncentrácie pyrolýzných produktov sa prejavuje výraznejším horením a teda aj nárastom rýchlosti uvoľňovania tepla. Po dohorení plynných produktov pyrolýzy nastáva bezplamenné horenie vzorky. Rýchlosťou uvoľňovania tepla je nízka a hmotnostný úbytok len mierny.

ZÁVER

Hustota externého tepelného toku má výrazný vplyv na priebeh horenia OSB. Parameter MAHRE s narastajúcou hustotou tepelného toku narastal, čo spolu s klesajúcim časom do zapálenia naznačuje výrazný vplyv tepelného toku v iniciačnej aj v propagačnej fáze požiaru. Rastúca hustota tepelného toku mala za následok tiež skrátenie času plameňového horenia ako aj rýchlejšie odhorievanie vzorky. Jej vplyv na bezplamenné horenie je výrazne nižší a prakticky zanedbateľný.

Rýchlosť uvoľňovania tepla dosahovala dve maximá, prvé je možné pripísať horeniu vzorky pred vytvorením zuhoľnatej vrstvy a druhé prehriatiu celej hrúbky vzorky.

Na základe času potrebného na zapálenie testovaného materiálu bol teoretický kritický tepelný tok pre OSB určený na $16,72 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ – $17,03 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$.

Dosiahnuté výsledky dobre popisujú predovšetkým počiatočné fázy požiaru, ktoré sú charakteristické jeho iniciáciou a šírením. Z hľadiska ochrany pred požiarom sú práve informácie o materiáloch v týchto fázach najdôležitejšie, nakoľko počas nich môže dôjsť k najvýraznejšej minimalizácii škôd.

LITERATÚRA

BARBUTA, C., BLANCHET, P., CLOUTIER, A., YADAMA, V., LOWELL E. 2012. OSB as substrate for engineered wood flooring. *European Journal of Wood and Wood Products*, 2012, 70(1–3): 37–43.

BARBUTA, C., CLOUTIER, A., BLANCHET, P., YADAMA, V., LOWELL E. 2011. Tailor made OSB for special application. *European Journal of Wood and Wood Products*, 2011, 69(4): 511–519.

BROWN, J. E., BRAUN, E., TWILLEY, W. H. 1988. Cone Calorimeter Evaluation of the Flammability of Composite Materials. US Department of Commerce, National Bureau of Standards, National Engineering Laboratory, Center for Fire Research, Gaithersburg, 1988, 62.

- COURARD, L., GOFFINET, C., MIGEOTTE, N., MARTIN, M., PIERARD, J., POLET, V. 2012. Influence of the reuse of OSB and marine plywood formworks on concrete surface aesthetics. *Materials and Structures*, 2012, 45: 1331–1343.
- DUGGAN, G.J., GRAYSON, S.J., KUMAR, S. 2004. New fire classifications and fire test methods for the European railway industry. *Flame retardants*, London: Interscience Communications, 2004.
- FATEH, T., ROGAUME, T., LUCHE, J., RICHARD, F., JABOUILLE, F. 2014. Characterization of the thermal decomposition of two kinds of plywood with a cone calorimeter – FTIR apparatus. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2014, 107:87–100.
- HAGEN, M., HEREID, J., DELICHATSIOS, M.A., ZHANG, J., BAKIRTZIS, D. 2009. Flammability assessment of fire-retarded Nordic Spruce wood using thermogravimetric analyses and cone calorimetry. *Fire Safety Journal*, 2009, 44(8): 1053–1066.
- CHEN, W., YE, J., BAI, Y., ZHAO, X. L. 2013. Improved fire resistant performance of load bearing cold-formed steel interior and exterior wall systems. *Thin-Walled Structures*, 2013, 73: 145–157.
- IDDON, C. R., FIRTH, S. K. 2013. Embodied and operational energy for new-build housing: A case study of construction methods in the UK. *Energy and Buildings*, 2013, 67: 479–488.
- ISO 5660-1:2015, Reaction-to-fire tests, Heat release, smoke production and mass loss rate, Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method).
- ISO 5660-2:2002, Reaction-to-fire tests, Heat release, smoke production and mass loss rate, Part 2: Smoke production rate (dynamic measurement).
- MALATINEC, M. 2008. Oxidy dusíka a uhlíka vznikajúce pri termickom rozklade bukového dreva. 2008. *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, 2008, 50(2): 55–64.
- MARTINKA, J., HRONCOVÁ, E., CHREBET, T., BALOG, K. 2013. Posúdenie požiarneho rizika termicky modifikovaného smrekového dreva. *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, 2013, 55(2): 117–128.
- MENDES, R. F., BORTOLETTO, G. JÚNIOR, FERREIRA DE ALMEIDA, N., SURDI, P. G., BARBEIRO, I. N. 2013. Effect of thermal treatment on properties of OSB panels. *Wood Science and Technology*, 2013, 47(2): 243–256.
- NORITA, H., KOJIMA, Y., SUZUKI S. 2007. The aging effect of water immersion treatments in wet-bending for standardized testing of wood panels. *Journal of Wood Science*, 2008, 54 (2): 121–127.
- OZKAYA, K., ILCE, A. C., BURDURLU, E., ASLAN, S. 2007. The effect of potassium carbonate, borax and wolmanit on the burning characteristics of oriented strandboard (OSB). *Construction and Building Materials*, 2007, 21 (7): 1457–1462.
- ÖSTMAN, B., BOSTRÖM, L. 2014. Fire Protection Ability of Wood Coverings, *Fire Technology*. *Fire Technology*, 2014, 69(4): 511–519.
- REBOLLAR, M., PÉREZ, R., VIDAL R. 2007. Comparison between oriented strand boards and other wood-based panels for the manufacture of furniture. *Materials & Design*, 2007, 28(3): 882–888.
- SACRISTÁN, M., HULL, T. R., STEC, A. A., RONDA, J. C., GALIÀ, M., CÁDIZ V. 2010. Cone calorimetry studies of fire retardant soybean-oil-based copolymers containing silicon or boron: Comparison of additive and reactive approaches. *Polymer Degradation and Stability*, 2010, 95(7): 1269–1274.
- SALARI, A., TABARSA, T., KHAZAEIAN, A., SARAEIAN, A. 2013. Improving some of applied properties of oriented strand board (OSB) made from underutilized low quality paulownia (*Paulownia fortunei*) wood employing nano-SiO₂. *Industrial Crops and Products*, 2013, 42: 1–9.
- SHARMA, V., SHARON, A. 1993. Optimal Orientation of Flakes in Oriented Strand Board (OSB). *Experimental Mechanics*, 1993, 33(2): 91–98.
- SINHA, A., NAIRN, J. A., GUPTA, R. 2011. Thermal degradation of bending strenght of plywood and oriented strand board: a kinetics approach. *Wood Science and Technology*, 2011, 45(2): 315–330.
- SU, J. Z., BÉNICHOU, N., BWALYA, A., LOUGHEED, G., TABER, B., LEROUX, P. 2011. Unprotected Floor Assemblies and Tenability Conditions in a Test House Under Two Basement Fire Scenarios. *Fire Technology*, 2011, 47(3): 631–664.

STN EN 300:2007 Dosky z orientovaných triesok (OSB). Definície, triedenie a požiadavky.
STN 49 0103:1979, Drevo. Zisťovanie vlhkosti pri fyzikálnych a mechanických skúškach.
Unsal, O., Candan, Z., Buyuksari, U., Kornut, S., Babiak, M. 2010. Effects of thermal modification on surface characteristics of OSB panels. Wood Research, 2010, 55 (4): 51–58.
Urbas, J. 2002. BDMC interlaboratory cone calorimeter test programe. Fire and Materials, 2002, 26(1): 29–35.
ZACHAR, M., MARKOVÁ, I. 2009. Sledovanie rozdielu v termickej degradácii vzoriek topola. Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen, 2009, 51(1): 33–46.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-0057-12.

Adresa autorov

Ing. Peter Rantuch, PhD.
Ing. Jozef Martinka, PhD.
Prof. Karol Balog, PhD.
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave
Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality
peter.rantuch@stuba.sk
jozef.martinka@stuba.sk
karol.balog@stuba.sk
Paulínska 16
917 24 Trnava
Slovenská republika

Doc. RNDr. Danica Kačíková, PhD.
Technická univerzita vo Zvolene
Drevárska fakulta
Katedra protipožiarnej ochrany
kacikova@tuzvo.sk
T.G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovenská republika