

TEPELNOFYZIKÁLNE VLASTNOSTI DREVOCEMENTOVÝCH DOSÁK S PRÍSADOU UHLÍKA

THERMAL PROPERTIES OF WOOD-CEMENT COMPOSITES MODIFIED WITH CARBON

Richard Hrčka – Ivan Makovíny

ABSTRAKT

The article deals with thermal properties of wood-cement composites modified with carbon. We investigated thermal conductivity, volume and mass specific heat capacities, thermal diffusivity and thermal resistance. The results indicate that the thermal properties are strongly influenced with density. The carbon admixture at its range till 25 % of used cement is not significant as much as density. This result is important because the purpose of these modified boards was to shield electromagnetic radiation and the thermal properties were preserved simultaneously.

Key words: thermal conductivity, thermal diffusivity, specific heat, wood-cement composites, carbon.

ÚVOD

Drevo cementové dosky nachádzajú uplatnenie v stavebníctve, kde sa používajú najmä ako obkladový materiál na plášte budov, pretože majú výborné tepelné a zvukovo izolačné vlastnosti. Dôraz sa kladie aj na tepelnotechnické schopnosti izolovať priestor, ktorý obklopujú. Úloha o množstve tepla prechádzajúceho stenou využíva informácie o koeficiente tepelnej vodivosti. Poznanie tepelných charakteristík týchto dosiek umožňuje riešiť úlohy o množstve tepla potrebného na ich ohriatie alebo o rýchlosti vyrovnávania dvoch rôznych teplôt v dvoch rôznych bodoch dosky. Prvá úloha spočíva v určení špecifickej tepelnej kapacity a druhá v určení koeficientu teplotnej vodivosti.

Tepelnofyzikálne vlastnosti betónu modifikovaného uhlíkom popisuje práca AITAIN (2005). Výrobou drevo cementových dosiek sa zaoberajú práce LEE (1985), SATTLER (1993), SEMPLE a EVANS (2006).

Modifikácia drevo cementových dosiek z drevnej vlny uhlíkom umožňuje významne meniť tepelnofyzikálne vlastnosti. Vlastnosti samotného uhlíka môžu ovplyvniť útlm elektromagnetického žiarenia. Preto cieľom príspevku je popis skúmania účinku koncentrácie uhlíka a hustoty na základné tepelnofyzikálne vlastnosti drevo cementových dosiek.

MATERIÁL A METÓDA MERANIA

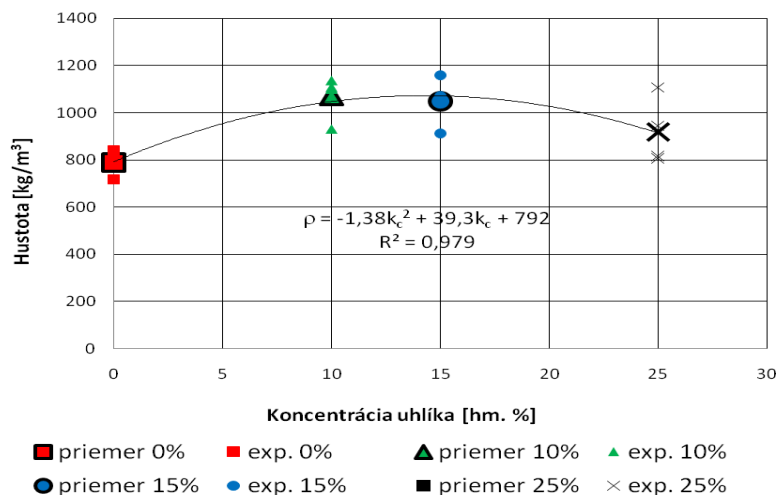
Príprava skúšobných telies s rôznou hustotou spočívala v tom, že laboratórne sa pripravovali telesá zmenou tlaku pri lisovaní (do 10 MPa). Na výrobu sa použila drevná vlna zo smrekového dreva. Vzorky sa vyrábali s rôznou koncentráciou elektricky vodivej prísady – práškoveho uhlíka 0; 5; 10 a 25 (hm. %) z hmotnosti dreva. Na 100 g drevnej vlny prislúchalo aj 100 g portlandského cementu a 200 g vody. Na začiatku sa zmiešala zmes cementu, vody a uhlíka,

nakoniec sa pridávala drevná vlna. Dosky dosahovali 9–13 % rovnovážnu vlhkosť v prostredí vlhkého vzduchu o teplote 20 °C a relatívnej vlhkosti 75 %.

Na meranie tepelnofyzikálnych veličín sme použili prístroj Isomet 104, ktorý je poloautomatický. Metóda merania vychádza z nestacionárnej metódy ohrevu materiálu horúcim drôtom. Meranie pozostávalo z troch fáz. Počas prvej fázy, po priložení sondy k povrchu telesa, sonda identifikovala čas, kým sa dosiahla konštantná teplota povrchu telesa. Počas druhej fázy, sonda vyvíjala teplo ohrievajúce povrch telesa a súčasne merala teplotu povrchu, ktorá narastala. Približne v polovici merania nastala tretia fáza merania podľa programu, počas ktorej povrchová teplota telesa klesala v dôsledku nedodávania tepla telesu sondou. Povrchová teplota bola meraná počas celého procesu. Mikroprocesorový prístroj spracoval údaje o teplote v čase tak, že vykonal rozbor polynómov a z ich koeficientov určil koeficient tepelnej vodivosti, objemovú špecifickú tepelnú kapacitu a koeficient teplotnej vodivosti.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

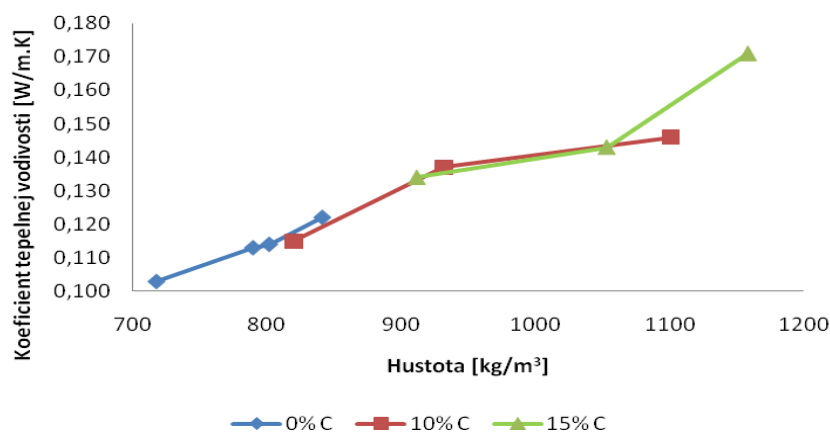
V práci sme skúmali vplyv dvoch faktorov, hustoty a hmotnostnej koncentrácie uhlíka na tepelnofyzikálne vlastnosti. Koeficient tepelnej vodivosti, koeficient teplotnej vodivosti a objemová špecifická tepelná kapacita sú navzájom závislými veličinami. V tomto vzťahu vystupuje aj hustota materiálu, o ktorej vplyv na spomínané vlastnosti sa budeme opierať v ďalších úvahách. Vyrobené dosky mali rôznu hustotu, jej závislosť od hmotnostnej koncentrácie uhlíka vyjadríme parabolickou funkciou (obr. 1), ktorej vrchol sa nachádza v skúmanom intervale hmotnostnej koncentrácie uhlíka.



Obr. 1 Závislosť hustoty vyrobených drevocementových dosák s prídavkom uhlíka od hmotnostnej koncentrácie uhlíka.

Fig. 1 Dependence of density of wood-cement composites modified with carbon on carbon concentration.

Výsledky meraní prístrojom Isomet 104 – koeficient tepelnej vodivosti, objemová špecifická tepelná kapacita a následne vypočítané hodnoty – koeficient teplotnej vodivosti, hmotnostná špecifická tepelná kapacita a tepelný odpor sú zhrnuté v tab. 1 a na obr. 2 a 3.



Obr. 2 Závislosť koeficienta tepelnej vodivosti od hustoty drevecementových kompozitov pri koncentráciách uhlíka C: 0; 10 a 15 (hm. %).

Fig. 2 Dependence of thermal conductivity on density of wood-cement composites with carbon admixture C: 0; 10 and 15 (mass. %).

Tab. 1 Priemerné hodnoty hrúbky h, hustoty ρ , koeficienta tepelnej vodivosti λ , koeficienta teplotnej vodivosti a, hmotnostnej špecifickej tepelnej kapacity c a tepelného odporu R pre skúmaný rozsah hmotnostnej koncentrácie uhlíka, hrúbky a hustoty drevecementových dosák s prídavkom uhlíka.

Tab. 1 Average values of thickness h, density ρ , thermal conductivity λ , thermal diffusivity a, specific heat capacity c and thermal resistance R at investigated interval of carbon admixture, thickness and density of wood-cement boards with carbon admixture.

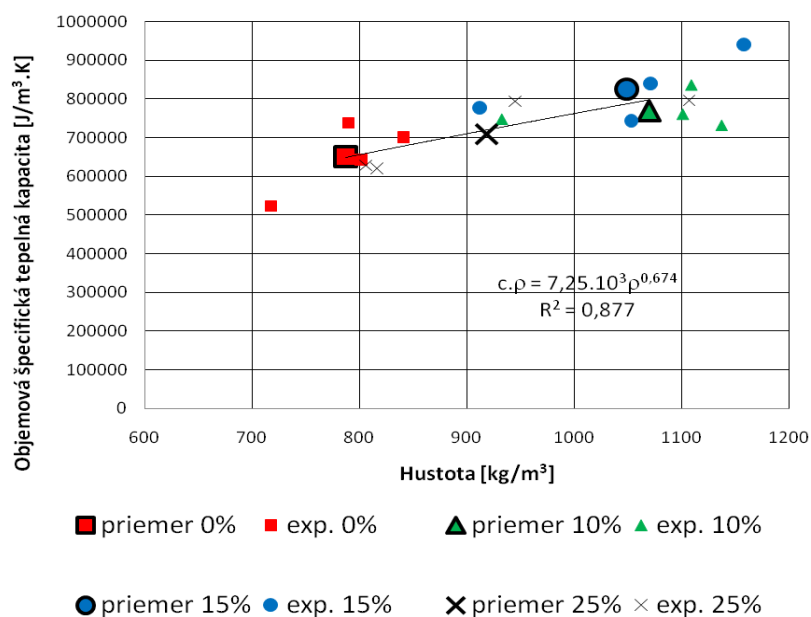
Koncentrácia uhlíka [hm. %]	h [mm]	ρ [kg·m ⁻³]	λ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	a·10 ⁷ [m ² ·s ⁻¹]	c [J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	R [m ² ·K·W ⁻¹]	Počet meraní
0	11,78	787	0.113	1,75	825	0,1050	4
10	9,69	1070	0.149	1,94	722	0,0658	4
15	10,78	1048	0.156	1,90	788	0,0707	4
25	12,47	918	0.139	1,96	775	0,0904	4

Na koeficient tepelnej vodivosti mala silný vplyv hustota, zatiaľ čo vplyv koncentrácie uhlíka sa výrazne neprejavil. Hustotu dosiek, okrem hmotnosti zložiek – drevná vlna, portlandský cement, praškový uhlík ovplyvňoval aj technologický postup. Vplyv hustoty na túto vlastnosť bola vyjadrená regresnou mocninnou funkciou:

$$\lambda = 1,82 \cdot 10^{-4} \rho^{0,967}$$

s indexom korelácie 0,96. Hodnoty koeficienta tepelnej vodivosti boli v rozpätí 0,1–0,2 (W·m⁻¹·K⁻¹). Uhlík má v kompaktnej forme rádovo vyššie hodnoty tepelnej vodivosti než drevo (POŽGAJ 1997) resp. aj cement (KREMPASKÝ 1969), teda sa dá očakávať že ako prísada zvýši tento koeficient. Avšak ako vyplýva z tab. 1 priemerná hodnota koeficientu tepelnej vodivosti dosky s 15% prísadou uhlíka vzhľadom na dosku bez prísady sa zvýšila o 38 %. Vyššiu hodnotu λ o 12 % pri 15% prísade uhlíka vzhľadom na λ pri 25% koncentrácii je možné vysvetliť zvýšenou hustotou skúšobných telies. Je zrejme, že pri konštantných hustotách zložiek (drevo, cement, uhlík, voda) pri výrobe ich zmesi, na vlastnosti dosák vplyva aj spôsob ich výroby. Počas výroby môžu sa v doske objaviť vzduchové bubliny, ktoré v doske môžu zotrvať aj po je vytvorení. Takýto vzduch je napríklad ako zložka v drevnej časti dosky. Závislosť koeficienta tepelnej vodivosti od hmotnostnej koncentrácie uhlíka je konkávna a kopíruje závislosť hustoty od hmotnostnej koncentrácie uhlíka.

Podobné trendy ako ukazuje funkcia λ na ρ a hmotnostnej koncentrácii uhlíka, ukazuje aj funkcia objemovej špecifickej tepelnej kapacity v závislosti na týchto dvoch faktoroch, obr. 3.



Obr. 3 Vplyv hustoty na objemovú špecifickú tepelnú kapacitu drevocementových dosák s prísadou uhlíka.

Fig. 3 Influence of density on volume specific heat capacity of wood-cement boards with carbon admixture.

Koeficient tepelnej vodivosti, objemová špecifická tepelná kapacita a koeficient teplotnej vodivosti sú závislými veličinami, preto je výhodné ich vyjadriť mocninou funkciou. Po prepočítaní koeficient teplotnej vodivosti sa vyznačuje mierne rastúcim charakterom funkcie na hustote a súčasne na prísade uhlíka, teda nemôžeme s istotou tvrdiť čo je príčinou nárastu tejto veličiny.

Výsledok o hmotnostnej špecifickej tepelnej kapacite drevocementových dosák s prídavkom uhlíka je otázný. Hodnoty tejto veličiny pre celú dosku sú nižšie než hodnoty pre jednotlivé zložky ($c_{\text{cement}} = 1,3 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, $c_{\text{uhlík}} = 0,836 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ (KREMPASKÝ 1969)), čo zo zmiešavacieho pravidla nie je možné.

Najtesnejšiu lineárnu závislosť na hustote dosiahol tepelný odpor ($R = -0,99$). So vzrastajúcou hustotou tepelný odpor drevocementových dosák s prísadou uhlíka klesá.

ZÁVER

Z nameraných údajov vyplýva, že hustota je podstatne výraznejším faktorom ako koncentrácia uhlíka na ovplyvňovanie koeficientu tepelnej vodivosti aj objemovej špecifickej tepelnej kapacity na skúmaných intervaloch týchto faktorov. Koeficient tepelnej vodivosti dosahoval porovnateľné hodnoty ako pre drevo v priečných smeroch.

Zistilo sa, že hmotnostná špecifická tepelná kapacita celej dosky je nižšia, ako sú hodnoty tejto veličiny pre jednotlivé zložky. So vzrastajúcou hustotou tepelný odpor drevocementových dosiek s rastúcou koncentráciou uhlíka klesal.

Ďalej sa zistilo, že vplyv elektricky vodivej prísady (práškový uhlík) na intervale koncentrácie uhlíka 0 až 25 hm. % na zmenu tepelnofyzikálnych vlastností nie je výrazný. Zmeny hodnôt sa pohybovali do 30 % vplyvom hustoty.

Tento poznatok je dôležitý pre použitie uhlíkom modifikovaných dosiek v praxi, pretože zvýšená koncentrácia uhlíka výrazne zlepšuje elektromagnetické vlastnosti dreva, čo umožňuje použiť tento materiál na tienenie nežiaducich elektromagnetických polí, pričom však nezhoršia jeho tepelnofyzikálne vlastnosti z pohľadu izolácie tepla.

LITERATÚRA

- AITAIN, P.C. 2005. *Vysokohodnotný betón*. Praha: Evpodata-Didat. 2005, 320 s.
- KREMPASKÝ, J. 1969. Meranie termofyzikálnych veličín. Bratislava: Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied. 288 s.
- LEE, A.W.C. 1985. Effect of cement/wood ratio on bending properties of cement-bonded southern pine excelsior board. In. *Wood and Fiber Science*, 17(3): 361–364.
- POŽGAJ, A., CHOVANEC, D., KURJATKO, S., BABIAK, M. 1997: *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Bratislava: Príroda a.s. 486 s. ISBN 80-07-00960-4.
- SATTLER, H. 1993. *Werkstoffe aus Holz und anorganischen Bindemitteln*. Holz Erzeugung und Verwendung-Ein Kreislauf der Natur Tagungsband. Garmisch – PartenKirchen. DGfH, 1993, 295 s.
- SEMPLE, K. E., EVANTS, P.D. 2006. Manufacture of wood cements composites Acacia Mangium. In. *Wood and Fiber Science*, 39(1): 121–131.

Pod'akovanie

Táto práca bola financovaná Vedeckou grantovou agentúrou Ministerstva školstva Slovenskej republiky a Akadémiou vied – projekt No. 1/0071/10.

Príspevok vznikol za podpory Agentúry na podporu výskumu a vývoja v rámci riešenia projektu APVV-0229-06 „Aplikovaný výskum drevo cementových dosiek pre tienenie elektromagnetických polí a pre zvýšenie požiarnej odolnosti“.

Adresy autorov

Ing. Richard Hrčka, PhD.
Technická univerzita vo Zvolene
Drevárska fakulta
Katedra náuky o dreve
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
rhrcka@vsld.tuzvo.sk

prof. Ing. Ivan Makovíny, CSc.
Technická univerzita vo Zvolene
Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky
Katedra drevárskych strojov a zariadení
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

