

Stanovenie termofyzikálnych vlastností materiálov stacionárnou metódou

Stacionárne metódy predstavujú skupinu postupov, ktoré sa používajú na stanovenie termofyzikálnych vlastností materiálov (najmä koeficienta tepelnej vodivosti λ , tepelného odporu R , plošnej tepelnej vodivosti Λ , koeficient prechodu tepla konštrukciou U). Pre potreby merania je potrebné vytvoriť stacionárne podmienky s konštantnými, ale odlišnými teplotami na opačných stranách skúmaného materiálu (konštrukcie). Používajú na napr. na experimentálne stanovovanie tepelnej vodivosti materiálov alebo tepelných vlastností stavebných konštrukcií (steny, strechy, okná, dvere).

V tejto laboratórnej úlohe bude pozornosť venovaná určovaniu koeficienta tepelnej vodivosti dvoch materiálov a koeficienta prestupu tepla z vonkajšieho povrchu vzorky do okolitého vzduchu.

Koeficient tepelnej vodivosti λ (lambda) je základný ukazovateľ vlastností materiálu z pohľadu vedenia tepla v stacionárnych podmienkach. Vyjadruje tepelný tok prechádzajúci 1 m hrubou vrstvou materiálu pri jednotkovom teplotnom rozdieli na opačných stranách vrstvy. Jeho jednotkou je $W/(m.K)$.

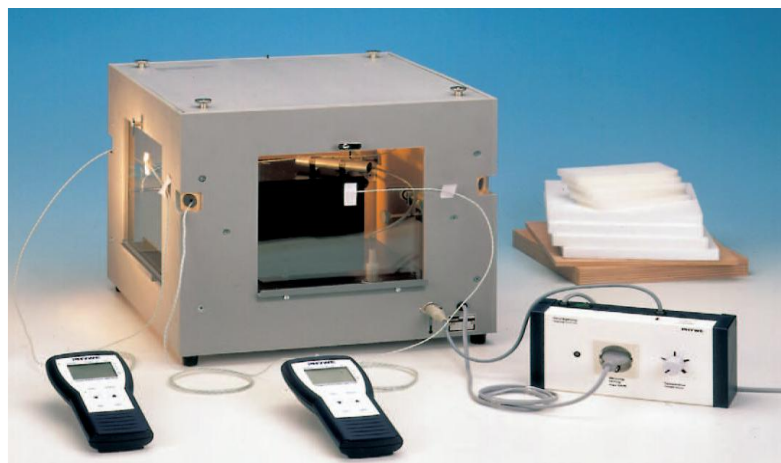
Koeficient prestupu tepla h je ukazovateľom intenzity prenosu tepla z povrchu materiálu do okolitého prostredia (zvyčajne vzduchu). Vyjadruje tepelný tok prechádzajúci plochou $1 m^2$ povrchu do okolitého prostredia. Jeho jednotkou je $W/(m^2.K)$.

Hustota tepelného toku q definuje číselne veľkosť tepelného toku prechádzajúceho jednotkovou plochou vrstvy/skladby oddelujúcej dve prostredia. Jej jednotkou je W/m^2 .

Aparatúra (High insulation box)

Ako meracia aparatúra bude na experiment použitá nenormovaná testovacia metóda pomocou tepelne izolovanej komory (High insulation house) s vymeniteľnými stenami (Obr.1). Zariadenie sa skladá z tepelne izolovanej komory, termostaticky regulovaného vyhrievania vnútorného objemu, vymeniteľných bočných stien, žiarovky ako zdroja tepla na vyhrievanie vnútorného priestoru, termočlánkových teplomerov na meranie teploty.

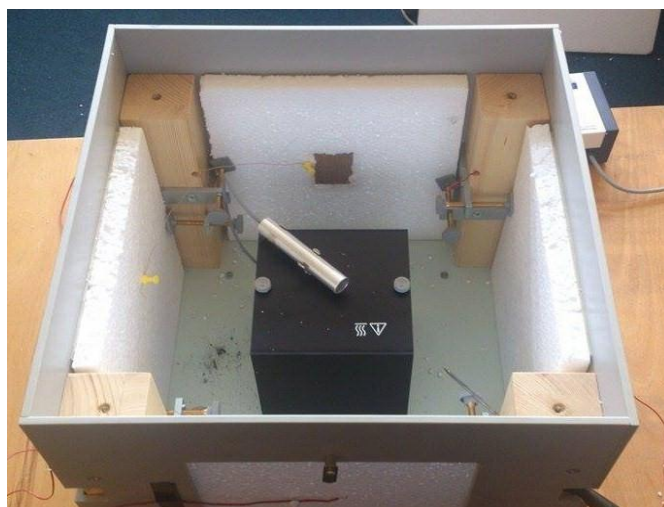
Model komory je tepelne izolovaný a má odnímateľné veko. Základný rám je izolovaný 5 cm hrubým polystyrénom. Bočné steny majú štvorcové otvory s rozmermi 210×210 mm. Do každej z obvodových stien je možné vložiť štvorec materiálu, alebo sendvičovej konštrukcie, s hrúbkou max. 40 mm.



Obr. 1 Experimentálna aparatúra

Po vložení vzoriek na bočné steny boxu sa zapne termostaticky regulované vyhrievanie, ktoré zabezpečuje konštantnú teplotu vo vnútri boxu. Následne sa na povrchy (vnútorný aj vonkajší) nainštalujú snímače teploty (zvyčajne termočlánky)(obr. 2). Ďalšie snímače teploty sa inštalujú do vnútra boxu (meranie teploty vzduchu vo vnútri boxu) a do okolitého prostredia (meranie teploty okolitého vzduchu).

Po dosiahnutí ustáleného stavu (min. 120 min, zabezpečí vyučujúci) sa meria rozloženie teploty v ustálenom stave na povrchoch vzorky aj v prostredí (z každého materiálu sú v boxe inštalované dve vzorky). Meranie teploty na vzorke sa uskutočňuje v geometrickom strede vzorky. Na povrch každej vzorky je inštalovaný snímač tepelného toku, ktorý meria hustotu tepelného toku cez materiál vzorky. Pre potreby určenia termofyzikálnych vlastností je potrebné ešte stanoviť hrúbku vzorky, ktorú odmeriame na priložených vzorkách skúmaných materiálov.



Obr. 2 Pohľad do vnútra boxu s inštalovanými termočlánkami

Z nameraných teplôt, hustoty tepelného toku a hrúbky materiálu sa výpočtom určí hodnota koeficienta tepelnej vodivosti materiálu. Meranie je potrebné pre každú vzorku potrebné zopakovať dva krát, s časovým odstupom asi 5 min. Takto bude zachytené kolísanie teploty okolitého prostredia a vnútorného priestoru boxu v dôsledku termostatického spínania zdroja tepla. Z každého merania sa výpočtom určí hodnota koeficienta tepelnej vodivosti (pre každý materiál spolu 4 hodnoty), z ktorých sa určí aritmetický priemer. Rovnako sa výpočtom určí hodnota koeficienta prestupu tepla h_e na vonkajšom povrchu vzorky. Priemerná hodnota sa na záver porovná s tabuľkovou hodnotou a určí sa percentuálna odchýlka.

Postup výpočtu tepelnej vodivosti

Označenie nameraných dát:

- t_i – teplota vzduchu vo vnútri izolovaného boxu,
- t_{si} – teplota na vnútornom povrchu vzorky,
- t_{se} – teplota na vonkajšom povrchu vzorky,
- t_e - teplota vzduchu okolitého prostredia,
- d – hrúbka vzorky v mieste merania teploty.

Pre prenos tepla vo vzorke v ustálenom stave platí I. Fourierov zákon v tvare

$$q = \lambda \cdot grad\ t$$

a keďže platí $grad\ t = dt/dd$, môžeme vzťah prepísať do tvaru

$$q = \lambda \cdot \frac{dt}{dd}$$

alebo

$$q = \lambda \cdot (t_{si} - t_{se})/d$$

z čoho odvodíme pre koeficient tepelnej vodivosti

$$\lambda = (q \cdot d)/(t_{si} - t_{se})$$

Pre prestup tepla z povrchu vzorky platí vzťah $q = h_e \cdot \Delta t$, a pre prípad určenia koeficienta prestupu na vonkajšej strane meranej vzorky potom platí

$$q = h_e \cdot (t_{se} - t_e)$$

Z toho

$$h_e = q/(t_{se} - t_e)$$

Tab. 1 Experimentálne dáta a výpočet koeficienta tepelnej vodivosti a koeficienta prestupu tepla na vonkajšej strane vzorky

Vzorka	t_i (°C)	t_{si} (°C)	t_{se} (°C)	t_e (°C)	d (m)	q (W/m ²)	h_e (W/m ² .K)	λ (W/m.K)
PS 1_1								
PS 2_1								
PS 1_2								
PS 2_2								
SDK 3_1								
SDK 4_1								
SDK 3_2								
SDK 4_2								

Priemer

Výpočty (uved'te vzorový výpočet):

Záver: