

EXPERIMENTÁLNÁ ZOSTAVA PRE VÝSKUM KONVEKTÍVNEHO PRESTUPU TEPLA

BRODNIANSKÁ Zuzana, SR

Resumé

V príspevku je navrhnutá experimentálna zostava umožňujúca výskum prestupu tepla konvekciou pri podtlakovom alebo pretlakovom spôsobe zapojenia systému. Predmetom skúmania sú horizontálne umiestnené tvarované teplovýmenné plochy. Teplotné polia vznikajúce v ich okolí možno vizualizovať metódou holografickej interferometrie a tým vzniká možnosť optimalizácie z hľadiska geometrických tvarov, vzájomných rozstupov a použitia usmerňovacích prvkov pri zmene prietokového množstva vzduchu a tepelného toku. Experimentálna zostava je vhodnou didaktickou pomôckou vo vyučovacom procese predmetov zameraných na oblasť prestupu tepla, prípadne využitia vizualizačných metód.

Kľúčové slová: konvekcia, prestup tepla, teplovýmenná plocha

EXPERIMENTAL SETUP FOR RESEARCH OF CONVECTIVE HEAT TRANSFER

Abstract

The article deals with the projection of experimental setup for research of convective heat transfer in vacuum and ventilation systems. The field of research is shaped heat exchange surfaces in a horizontal position. The temperature fields around heat exchange surfaces can be visualized by means of the holographic interferometry and there is a possibility of optimizing in terms of geometric shapes, spacing and use of regulating elements with a change rate of an air flow and heat flux. This experimental setup is a useful didactic tool in educational process in field of the heat transfer or application of visualization methods.

Key words: convection, heat transfer, heat exchange surface

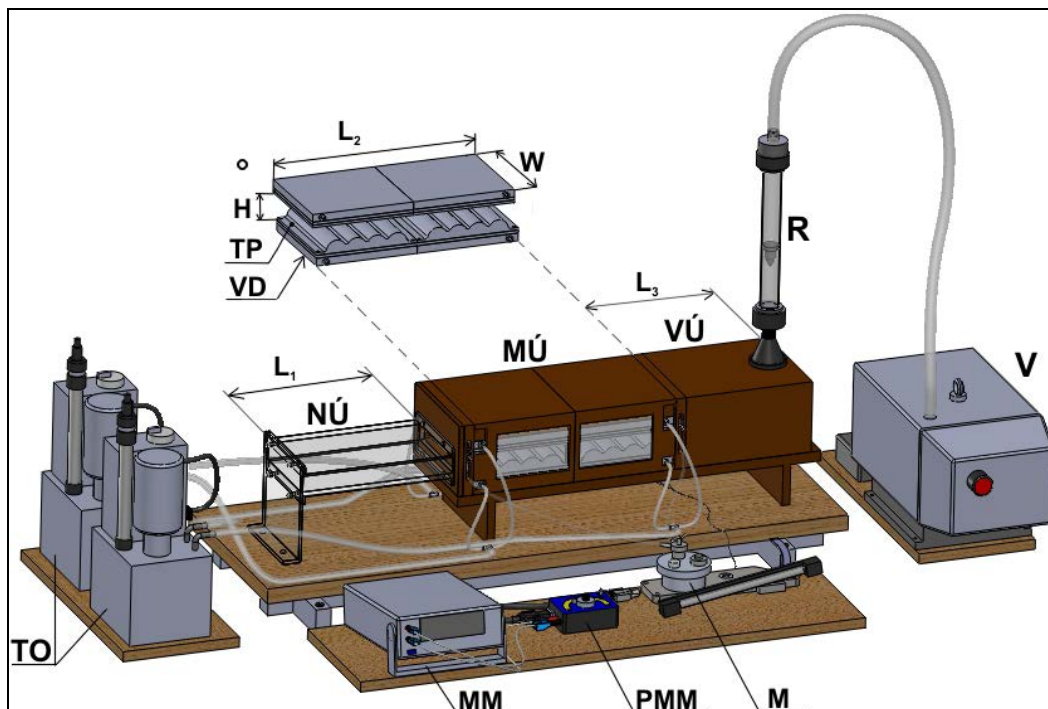
Úvod

Problematika intenzifikácie prestupu tepla pri tepelných procesoch rôznych technických zariadení je v súčasnosti aktuálna nielen z pohľadu maximálneho využitia energie a tým časových a finančných úspor, ale aj z hľadiska minimálneho dopadu na životné prostredie. V praktických aplikáciách sú tvarované teplovýmenné plochy využívané ako plochy doskových výmenníkov tepla, vykurovacích telies, chladiacich, ohrievacích zariadení, rebrované povrchy motorov, strojov a chladiacich častí v elektrotechnike [1]. V príspevku je navrhnutá experimentálna zostava, ktorá bude slúžiť najmä pre výskum konvektívnej zložky prestupu tepla pri horizontálnom usporiadaní teplovýmenných plôch s využitím podtlakového alebo pretlakového zapojenia systému.

1. Návrh experimentálnej zostavy pre výskum prestupu tepla konvekciou

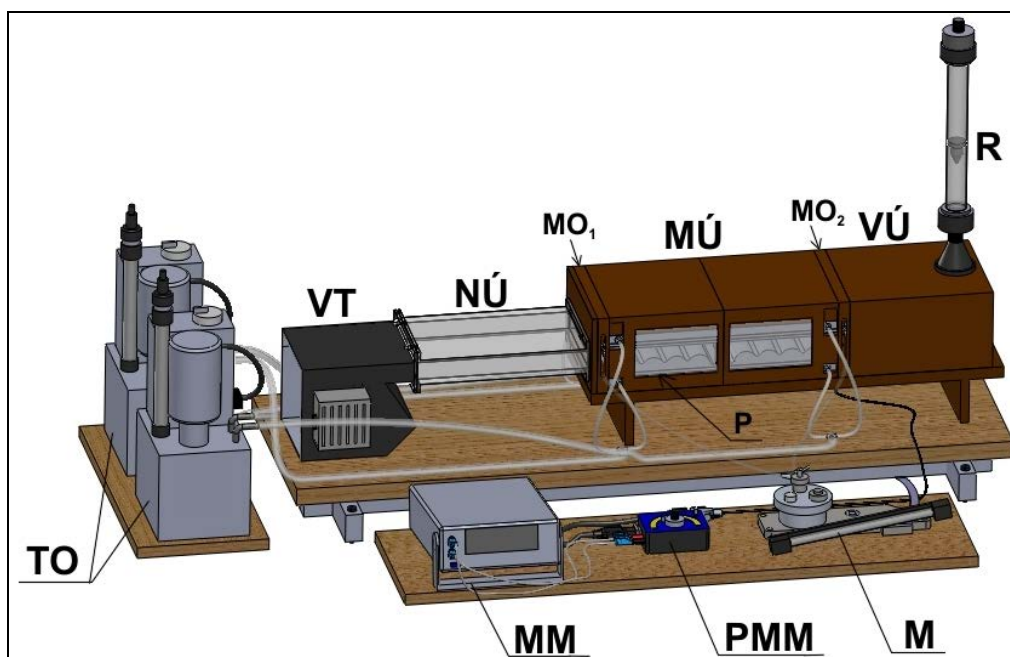
Experimentálnu zostavu pre výskum konvektívnej zložky prestupu tepla možno zapojiť ako podtlakový systém (Obr. 1), prípadne pretlakový systém (Obr. 2). Pri podtlakovom zapojení sa v experimentálnej zostave nenachádza ventilátor, ale je vzduch nasávaný z okolia cez nábehový úsek (NÚ) dĺžky L_1 , merací úsek (MÚ) dĺžky L_2 , výstupný úsek (VÚ) dĺžky L_3 a kužeľový rotameter (R) pomocou suchej lamelovej vývevy (V) s množstvom nasávaného vzduchu do $25 \text{ m}^3/\text{h}$.

V meracej časti sa nachádzajú vyhrievacie dosky (VD), na ktorých sú rozoberateľne osadené tvarované teplovýmenné plochy (TP) z duralového materiálu. Geometriu plôch, ako aj ich vertikálny rozstup a vzájomné usporiadanie možno variabilne meniť. Na obr. 1 sú ako príklad uvedené oblúkové profily v usporiadaní s plochami bez profilácie nad sebou a vertikálnym rozstupom $H = 40$ mm. Parameter H možno variabilne meniť až do výšky 80 mm. Šírka vyhrievacích dosiek, ako aj tvarovaných plôch je $W = 200$ mm, dĺžka meracieho úseku je $L_2 = 400$ mm. Medzi tvarované plochy možno osadiť rôzne usmerňovacie prvky (rúrky, lopatky atď.) s cieľom usmerniť prúdiaci vzduch do vnútra drážok a tým zintenzívniť proces výmeny tepla a zvýšiť lokálne hodnoty koeficientov prestupu tepla. Vyhrievacie dosky (VD) sú vyhrievané vodným okruhom cez dva termostatické ohrievače (TO), ktoré zabezpečujú ohrev kvapaliny a udržiavajú jej nastavenú hodnotu. Kvapalina vo vyhrievacích doskách cirkuluje cez meandre, zabezpečujúce rovnomerný ohrev celej plochy, tiež možno využiť elektrický ohrev.



Obr. 1 Experimentálna zostava zapojená v podtlakovom systéme
TO – termostatický ohrievač, NÚ – nábehový úsek dĺžky L_1 , MÚ – merací úsek dĺžky L_2 ,
VÚ – výstupný úsek dĺžky L_3 , R – kužeľový rotameter, V – výveva, MM – multimeter,
PMM – prepínač meracích miest, M – mikromanometer, VD – vyhrievacia doska,
TP – tvarovaná teplovýmenná plocha, H – výška medzi teplovýmennými plochami,
W – šírka teplovýmenných plôch

Pri pretlakovom zapojení (Obr. 2) je zostava tvorená ventilátorom (VT), ktorý vháňa vzduch cez nábehový úsek (NÚ) do meracieho úseku (MÚ), výstupný úsek (VÚ) do kužeľového rotametru (R) pre meranie pretečeného množstva vzduchu. Vyhrievané dosky s teplovýmennými plochami sú osádzané do drevenej konštrukcie, ktorá zároveň zabezpečuje tepelnú izoláciu systému. Bočné steny experimentálnej zostavy sú zakryté priezormi (P) z optického skla, cez ktoré bude prechádzať rozšírený laserový zväzok lúčov v prípade vizualizácie teplotných polí metódou holografickej interferometrie.



*Obr. 2 Experimentálna zostava zapojená v pretlakovom systéme
TO – termostatický ohrievač, VT – ventilátor, NÚ – nábehový úsek, MO₁, MO₂ – meracie
otvory, MÚ – merací úsek, VÚ – výstupný úsek, R – kužeľový rotameter, MM – multimeter,
PMM – prepínač meracích miest, M – mikromanometer, P – priezory z optického skla*

Pri uvedenom výskume je potrebné merať rad fyzikálnych veličín (teplotu, prietok, tlak). Povrchovú teplotu na tvarovaných plochách T_p možno merať pomocou odporových snímačov teploty zabudovaných pod teplovýmenným povrchom v 12 meracích bodoch. Signál zo snímačov je prepojovacím káblom privedený na prepínač meracích miest (PMM) a následne do Multimetra (MM), pričom výstupnou hodnotou je odpor R a hodnota teploty v konkrétnom bode teplovýmennej plochy sa získa z grafu kalibrovannej závislosti $T_p = f(R)$. Teplotu na vstupe a výstupe meracieho úseku (MÚ) možno merať cez meracie otvory (MO₁ a MO₂) pomocou termoanemometra. Meranie množstva pretečeného vzduchu systémom je zabezpečené kužeľovým rotametrom (R) s rozsahom 2 až 20 m³/h. Statický tlak možno merať cez otvory (MO₁ a MO₂) hadičkami napojenými na liehový mikromanometer so sklopným ramenom (M). Rozloženie teplotných polí v okolí teplovýmenných plôch možno vizualizovať napr. optickou vizualizačnou metódou – holografickou interferometriou.

2. Vizualizácia teplotných polí v okolí tvarovaných teplovýmenných plôch

Aplikovaním metódy holografickej interferometrie vo výskume teplotných polí v okolí tvarovaných vyhrievaných plôch možno získať informácie vo forme interferenčných obrazov [2]. Kvantitatívnu analýzu obrazov holografických interferogramov vieme získať hodnoty lokálnych koeficientov prestupu tepla a tým intenzifikovať proces výmeny tepla zmenou geometrie, vzájomných rozstupov a usporiadania plôch, prípadne vložením usmerňovacích prvkov do smeru prúdenia v experimentálnej zostave. Zvýšenie parametrov prestupu tepla by však malo byť v súčinnosti s dosiahnutím čo najnižších tlakových strát v meracej časti systému.

Pri výskume teplotných polí holografickou interferometriou možno využiť metódu reálneho času, prípadne metódu dvoch expozícií. Metódou reálneho času vieme pozorovať zmeny interferenčného obrazu súčasne so zmenou teplotného poľa. Na holograme sa zaznamená obraz interferencie objektovej vlny bez optickej nehomogenity a referenčnej vlny. Holografická doska sa fotochemicky spracuje a osvetlí objektovým a referenčným lúčom [3]. Metóda dvoch expozícií je založená na interferencii dvoch rekonštruovaných vln. Teplovýmenné plochy sú osvetlené na holografickej doske bez ich ohrevu a následne sú ohriate, čím sa vytvorí teplotné pole a holografická doska sa opäť osvetlí. Po fotochemickom spracovaní je holografická doska osvetlená referenčnou vlnou. Rekonštrukčné vlny navzájom interferujú, vieme pozorovať zmenu stavu skúmaných plôch [4].

Záver

Navrhnutú experimentálnu zostavu pre výskum konvektívnej zložky prestupu tepla možno využiť ako vhodnú didaktickú pomôcku vo vyučovacom procese predmetov zameraných na oblasť prestupov tepla. Pretlakové alebo podtlakové zapojenie experimentálnej zostavy umožňuje variabilitu nielen z hľadiska geometrie teplovýmenných plôch, ich usporiadania, doplnením o usmerňovacie prvky, ale aj z hľadiska zmeny tepelného toku a prietokového množstva vzduchu. Využitím metódy holografickej interferometrie pre výskum rozloženia teplotných polí okolo teplovýmenných plôch si študenti obohatia vedomosti aj z oblasti optických vizualizačných metód. Výskumom možno získať podklady pre optimálne konštrukčné usporiadanie teplovýmenných plôch s cieľom dosiahnuť čo najintenzívnejší proces výmeny tepla.

Literatúra

- 1 KONIAR, J. 2011. *Experimentálny model rekuperačného výmenníka tepla*. Technické vzdelávanie ako súčasť všeobecného vzdelávania. In Zborník príspevkov 27. medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie, UMB Banská Bystrica, s.140 - 144. ISBN 970-80-557-0265-0.
- 2 VALENTOVÁ, K., ČERNECKÝ, J. 2011. *Analýza teplotných polí v okolí ohrievaného telesa*. In Acta facultatis technicae : vedecký časopis Fakulty environmentálnej a výrobnjej techniky, roč. 16, č. 1, 2011, s. 153 – 164. ISSN 1336-4472.
- 3 TAUSCHER, R., MAYINGER, F. 1999. *Visualization of flow temperature fields by holographic interferometry – Optimization of compact heat exchangers*. In: Proceedings of PSFVIP-2. USA, Honolulu, May 16-19, 19 p.
- 4 ČERNECKÝ, J., PAVELEK, M. – GAJTANSKA, M. 1992. *Štúdium prenosových javov v aerodynamike sušiaceho procesu metódou holografickej interferometrie*. In Les, drevo, ekológia : zborník medzinárodnej vedeckej konferencie, Zvolen : TU vo Zvolene, 1992, s. 202-209 ISBN 80-228-0186-0.

Príspevok je riešený v rámci grantového projektu KEGA 027TUZVO-4/2011

Lektoroval: **doc. RNDr. Milada Gajtanska, CSc.**

Kontaktná adresa:

Zuzana Brodnianská, Ing.,
Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, SR, tel. 00421455206678,
e-mail: zuzana.brodnianska@tuzvo.sk