

VIZUALIZÁCIA TEPLOTNÝCH POLÍ OKOLO ZAKRIVENÝCH POVRCHOV POMOCOU TERMOVÍZIE

KONIAR Ján – BRODNIANSKÁ Zuzana, SR

Resumé

V príspevku je opísaná experimentálna zostava pre vizualizáciu teplotných polí okolo zakrivených povrchov pomocou termovíznej kamery. Túto experimentálnu zostavu možno využiť ako didaktickú pomôcku vo vyučovacom procese, pre štúdium procesov výmeny tepla v študijnom programe Ekotechnika, hlavne v predmetoch Procesné strojníctvo, Energetické premeny, Energetické stroje a zariadenia.

Kľúčové slová: prenos tepla, teplotné polia, termovízna kamera.

VISUALIZATION OF TEMPERATURE FIELDS AROUND CURVED SURFACES BY THERMOVISION

Abstract

The present contribution described the experimental setup for visualization of temperature fields around curved surfaces by infrared camera. This experimental setup can be utilized as a didactic tool in educational process, for study of heat transfer processes in the Environmental Technology study programme, mainly in subjects as Process Mechanical Engineering, Energetic Changes, Energetic Machines and Equipment.

Key words: heat transfer, temperature fields, infrared camera.

Úvod

S prúdením tekutín okolo ohrievaných zakrivených povrchov sa môžeme stretnúť v mnohých technických aplikáciách, napr. vo výmenníkoch tepla, vykurovacích telesách, chladiacich zariadeniach ako aj v rôznych iných energetických zariadeniach. V súčasnej dobe je výskum prenosu tepla aktuálnou témou z hľadiska zvyšovania efektivity prenosu tepla a tým znižovania nákladov spojených s produkciou tepla a v neposlednom rade aj šetrenia životného prostredia. Do popredia sa dostávajú rozličné možnosti intenzifikácie prenosu tepla vrátane využívania tepelných trubíc [4]. Vizualizácia teplotných polí je dôležitým faktorom pri výskume prenosu tepla [3].

Príspevok poukazuje na možnosti výskumu teplotných polí pomocou experimentálnych metód a dôležitosť ich implementácie do vyučovacieho procesu.

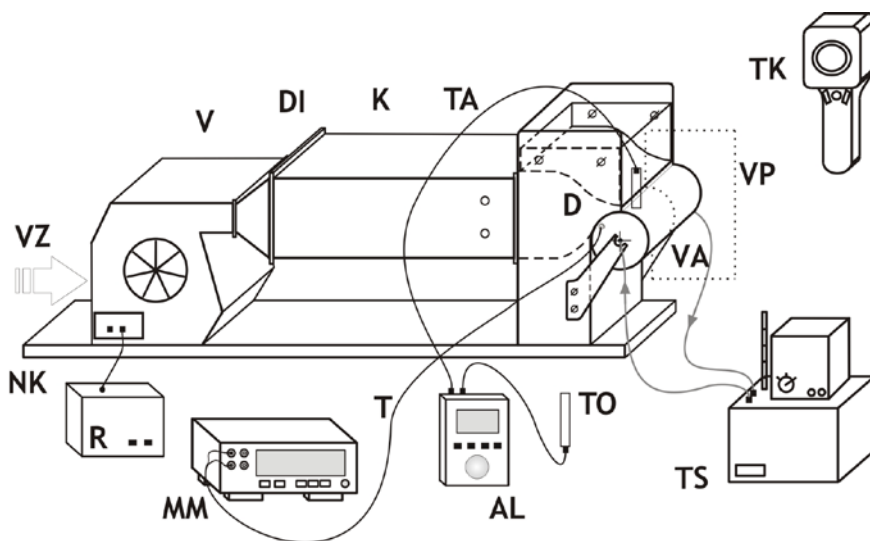
1 Prúdenie tekutiny okolo valca

Pri obtekaní povrchu valca môžu nastať situácie, kedy sa na povrchu vytvorí laminárny alebo turbulentný režim prípadne oboje. Na obtekanom povrchu sa zvyčajne najskôr vytvorí laminárna medzná vrstva, ktorá v určitej vzdialenosti prejde do turbulentného režimu [1]. Charakter rýchlostného, ale aj teplotného a koncentračného profilu, je v laminárnej a turbulentnej medznej vrstve veľmi odlišný. Priebeh lokálnych hodnôt koeficientu prestupu tepla závisí aj od charakteru prúdenia okolo obtekaného povrchu. Teplotný profil v turbulentnej medznej vrstve má na povrchu omnoho väčší gradient, teda na povrchu je prenášaný omnoho väčší tepelný tok [2]. Vždy s postupujúcim vývinom medznej vrstvy, ako jej hrúbka rastie, koeficient prestupu tepla klesá. Po prechode do turbulentnej medznej vrstvy nastáva prudký nárast hodnoty koeficientu prestupu tepla. Ten je spôsobený

vznikom dodatočného prenosového mechanizmu – turbulenciou, t.j. pohybom vírov, ktoré zintenzívňujú prenos tepla od povrchu smerom do prúdu. Existencia turbulencie môže byť výhodná z hľadiska zvýšeného prestupu tepla. Avšak turbulentné prúdenie je zložité a je náročné ho teoreticky opísať. Pre získanie poznatkov o teplotných poliach, ktoré sú potrebné pri výskume a intenzifikácii prenosu tepla možno využiť rozličné experimentálne metódy, jednou z nich je aj využitie termovízie [5]. Výstupy z vizualizačných metód sú hodnotné aj pre lepšie pochopenie procesov pri prenose tepla doplnením teoretických poznatkov názornými ukážkami.

2 Opis experimentálnej zostavy

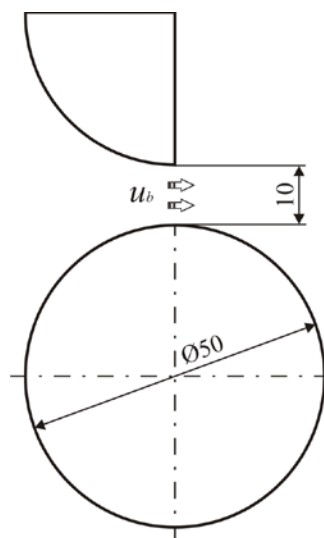
Pre lepšie pochopenie procesov prebiehajúcich pri prenose tepla v okolí zakrivených stien bolo navrhnuté experimentálne zariadenie, ktorého schéma je uvedená na obr. 1. Hlavnou časťou experimentálneho zariadenia je valec (VA), v okolí ktorého bude skúmané teplotné pole. Nad valcom sa nachádza dýza (D) s nastaviteľnou štrbinou pre výskum teplotných polí v okolí zakrivených povrchov pri nútenom prúdení vzduchu zo štrbiny. Experimentálne zariadenie umožňuje nastaviť požadovanú teplotu povrchu valca pomocou teplovodného okruhu s termostatom (TS), ako aj požadované rýchlosti prúdenia vzduchu (VZ) pomocou regulátora otáčok (R) a ventilátora (V). Teplota povrchu valca je meraná pomocou odporového teplomera (T). Teplota a vlhkosť vzduchu okolitého prostredia je meraná pomocou sondy pre meranie teploty a vlhkosti (TO) FH A646-1 pripojenej na datalogger ALMEMO (AL). Na meranie rýchlosti vzduchu prúdiaceho zo štrbiny možno využiť termoanemometer (TA).



Obr. 1 Schéma experimentálneho zariadenia

V – ventilátor, R – regulácia otáčok, TS – termostat, K – kanál,
VZ – vzduch, AL – datalogger ALMEMO, TO – snímač teploty okolia, TA – sonda
termoanemometra, T – termistor, MM – multimeter, NK – nosná konštrukcia, DI – difúzor,
VA – valec, D – dýza, VP – vizualizačný prvok, TK – termovízná kamera

Na obr. 2 je zobrazené usporiadanie valca so štrbinou s uvedením základných rozmerov. Pri realizácii experimentov bol použitý valec s priemerom 50 mm. Šírku štrbiny možno nastaviť v rozsahu od 1 do 15 mm. Ako je naznačené na schéme, vzduch zo štrbiny prúdi nad zakrivenou stenou z ľavej strany.

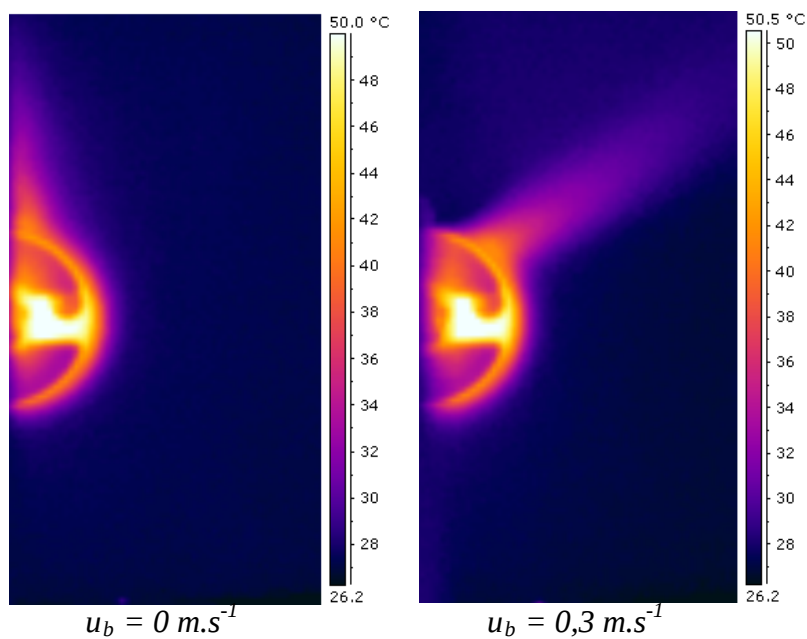


Obr. 2 Schéma usporiadania valca so štrbinou
 u_b – prúdenie vzduchu zo štrbiny

Zo zmenou rýchlosti prúdenia vzduchu v štrbine sa mení Reynoldsovo číslo, ktoré možno počítať podľa [6]:

$$Re = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{u_b \sqrt{R \cdot b}}{\nu_{\infty}}, \quad (1)$$

kde u_b je rýchlosť prúdenia vzduchu, ν_{∞} je kinematická viskozita vzduchu, R je polomer valca a b je šírka štrbiny.



Obr. 3 Ukážka termogramov teplotných polí v okolí valca [5]

Pri realizácii experimentov bola použitá termovízna kamera typu FLIR i7. Ukážka termogramov teplotných polí je uvedená na obr. 3. Povrchová teplota valca bola 51 °C. Experimenty boli realizované pri prirodzenej konvekcii vzduchu a pri nútenej konvekcii vzduchu pri rýchlosti prúdenia vzduchu 0,3 m.s⁻¹.

Záver

Intenzifikácia prenosu tepla je veľmi aktuálnou problematikou z pohľadu šetrenia energie, minimalizácie dopadov na životné prostredie, ako aj z ekonomického hľadiska. Pri výskume prenosu tepla možno využiť okrem teoretických výpočtov a CFD simulácií aj rozličné experimentálne meracie a vizualizačné metódy. Využitie vizualizačných metód je veľmi výhodné aj vo vyučovacom procese pre lepšie pochopenie procesov prebiehajúcich pri prenose tepla.

Literatúra

1. FERSTL, K. 1995. *Vybrané state z prúdenia a prenosu tepla*. Bratislava: ES STU, 1995. 238 s. ISBN 80-227-0756-2.
2. JÍCHA, M. 2001. *Prenos tepla a látky*. 1.vyd. skriptum FSI VUT Brno : CERM, 2001. 160 s. ISBN 80-214-2029-4.
3. PIVARČIOVÁ, E. – ČERNECKÝ, J. 2000. *Analysis of temperature fields in wood combustion*. 4th International Scientific Conference on Wood and Fire Safety, Strbske Pleso Slovakia, 2000, Pg. 259-264, ISBN 80-228-0774-5.
4. ČERNECKÝ, J. – VALENTOVÁ, K. 2011. Vizualizácia procesov v tepelných trubiciach. In: 27. medzinárodná vedecko-odborná konferencia "Technické vzdelávanie ako súčasť všeobecného vzdelávania", Banská Bystrica: UMB 2011, s. 121 - 127, ISBN 970-80-557-0265-0.
5. ČERNECKÝ, J. – KONIAR, J. – BRODNIANSKÁ, Z. 2012. *Možnosti optimalizácie tvaru teplovýmenných plôch výmenníkov tepla s využitím experimentálnych metód a fyzikálneho modelovania: monografia*. Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 2012, 180 s. ISBN 978-80-228-2325-8.
6. VÍT, T. 2004. *Experimental and theoretical study of the heated Coanda jet*. Liberec: TU, 2004. 117 s.

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

Lektoroval: Mgr. Jozef Siláči

Kontaktná adresa:

Ján Koniar, Ing.,
Katedra environmentálnej techniky,
Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky,
Technická univerzita vo Zvolene,
Študentská 26, 960 53 Zvolen, SR,
tel. 00421455206678,
e-mail: jan.koniar@tuzvo.sk

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