

MECHANIZMUS PRENOSU TEPLA PRI KONDENZÁCII V TEPELNÝCH TRUBICIACH

VALENTOVÁ Karina – ČERNECKÝ Jozef, SR

Resumé

Príspevok sa zaoberá problematikou prenosu tepla kondenzáciou. Súhrn teoretických poznatkov blanovej a kvapkovej kondenzácie posluží na stanovenie hrúbky filmu kondenzátu v tepelných trubiciach. Následne návrh experimentálnych metód pre stanovenie hrúbky filmu kondenzátu vytvorenej v tepelných trubiciach. Tieto poznatky možno využiť v predmetoch so zameraním na prenos tepla a látky.

Kľúčové slová: kondenzácia, film kondenzátu, tepelná trubica.

THE HEAT TRANSFER MECHANISM DURING CONDENSATION PROCESS IN HEAT PIPES

Abstract

This contribution deals with condensation heat transfer issue. It summarizes the theoretical information about pellicular and dropwise condensation in order to determine the thickness of condensate coating in a heat pipe. Consequently, the contribution gives an experimental method suggestion used for determination of thickness of condensate coating in the heat pipe. These information may be helpful in studying subject that are focused on heat and mass transfer.

Key words: condensation, film condensate, heat pipe.

Úvod

Kondenzácia je dej, pri ktorej sa mení tekutina z plynného skupenstva – para, na tekutinu v kvapalnom skupenstve. Para môže kondenzovať v celom svojom objeme, alebo na tuhých ochladzovaných povrchoch (stena), čo sa v technickej praxi vyskytuje častejšie, hlavne medzi výmenníkmi tepla. Jedná sa o zmenu skupenstva, pri ktorej sa uvoľní skupenské teplo kondenzačné (výparné), preto je kondenzácia priamo spätá s prenosom tepla (2). V praxi sú známe dva typy kondenzácie: kvapková a blanová kondenzácia.

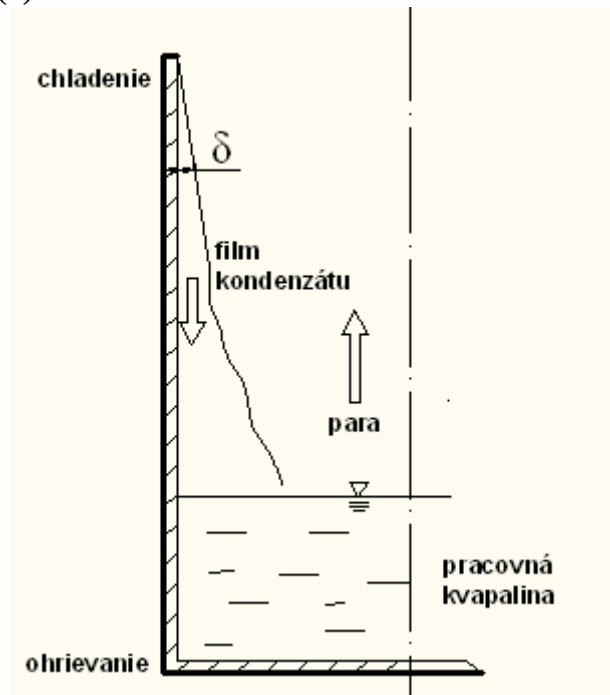
1 Blanová kondenzácia

Blanová kondenzácia nastane vtedy, ak kondenzát je zmáčaná kvapalina a vytvorí na ochladzovanej ploche kvapky rôznej veľkosti. Pri styku pary s ochladzovanou stenou sa na stene vytvorí vrstva pary, ktorá sa zhusťuje a vzniká kvapalný film kondenzátu. Hrúbka filmu sa nepravidelne mení, až pri dosiahnutí určitej hodnoty začne stekať vplyvom gravitácie, kde sú dopĺňované ďalšou kondenzáciou (4). Film kondenzátu (Obrázok 1) steká po povrchu a prestup tepla prebieha vedením cez túto vrstvu.

Hrúbku filmu na zvislej stene povrchu blanovej kondenzácie odvodenú od Nusseltovho čísla určuje vzťah:

$$\delta = \left[\frac{4\mu_l k_l L_c (T_v - T_w)}{g h_{fg} \rho_l (\rho_l - \rho_v)} \right]^{1/4} \quad (1)$$

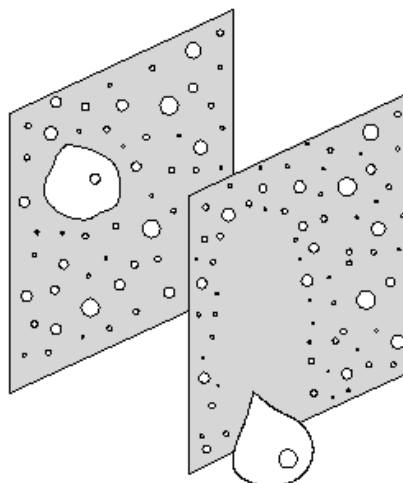
kde μ_l je viskozita tekutiny, k_l je termálna vodivosť tekutiny, L_c je dĺžka pozdĺž steny, T_v a T_w sú teploty pary a vody, g je gravitačné zrýchlenie, h_{fg} je skupenské teplo (výparné) a ρ_l a ρ_v je hustota tekutiny a pary (5).



Obrázok 1 Schéma vytvorenia filmu kondenzátu

2 Kvapková kondenzácia

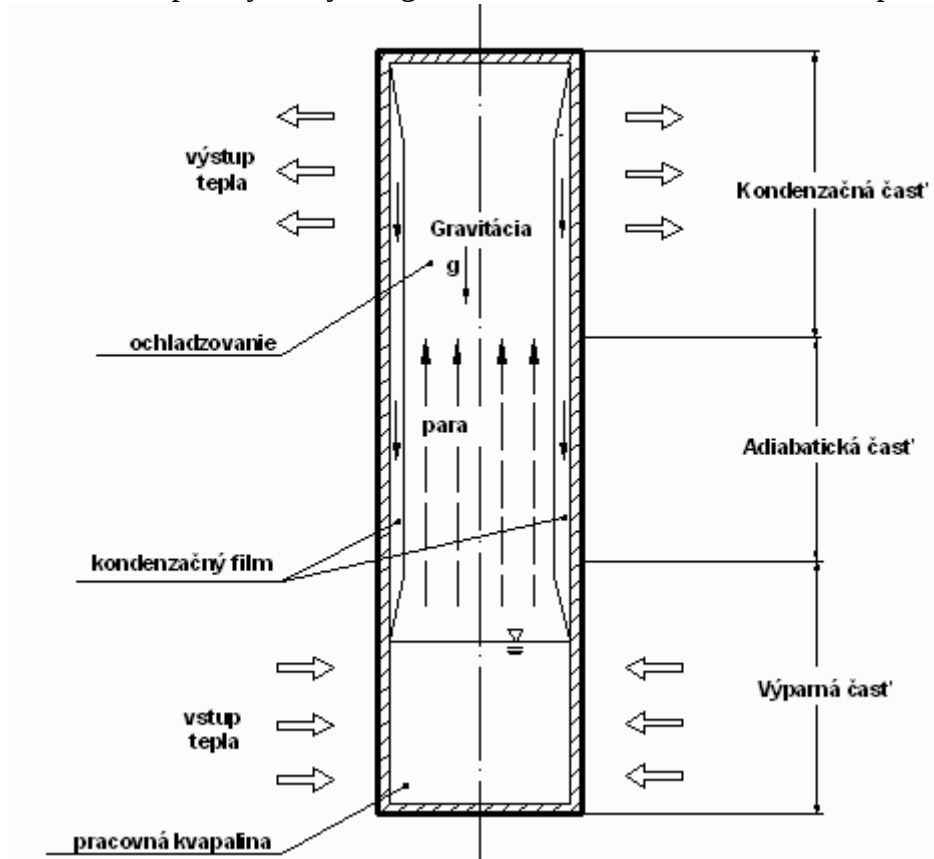
Pri kvapkovej kondenzácii sa na rovinatej stene tvoria jednotlivé kvapky kondenzátu nezmáčanej kvapaliny, ktoré narastajú do určitej veľkosti, kedy ťahová sila prevýši silu priľnavú, a kvapky stekajú vplyvom gravitácie po stene smerom nadol (Obrázok 2). Pri kvapkovej kondenzácii sa nevytvára kondenzačný film a súčiniteľ prestupu tepla je 2 – 20 krát vyšší než u kondenzácii blanovej (3).



Obrázok 2 Schéma kvapkovej kondenzácie

3 Prenos tepla kondenzáciou pár v tepelných trubiciach

Prenos tepla kondenzáciou pár možno sledovať najmä vo výmenníkoch tepla. K efektívnemu prenosu tepla dochádza v tepelných trubiciach, ktorých princíp je založený na princípe dvoj-fázového samočinného obehu teplotnosného média. Tepelná trubica (Obrázok 3) je hermeticky uzatvorená trubica, ktorá slúži k prenosu tepla z jedného miesta na druhé, pomocou zmeny skupenstva pracovnej látky. Tepelné trubice majú veľmi vysokú rýchlosť prenosu tepla, kvôli tomu sú využívané v rôznych oblastiach priemyslu, ako napríklad v elektronike, v letectve, v priemyselnej energetike, medicíne a v automobilovom priemysle.



Obrázok 3 Priebeh kondenzácie v tepelnej trubici

Difúzia pary z hladiny pracovnej kvapaliny po plynného prostredia nad hladinou, prebieha pri nižších teplotách než je teplota varu. Pri kondenzácii pár sa na chladnej stene trubice uvoľní rovnaké množstvo tepla, ako pri odparení pracovnej kvapaliny. Podľa II. termodynamického zákona prechádza toto teplo z výparnej časti cez stenu trubice do prostredia chladnejšieho (kondenzačná časť). Zkondenzovaná pracovná kvapalina steká do spodnej časti v podobe filmu kondenzátu. Hrúbku filmu kondenzátu je možné merať na stene v adiabatickej časti tepelnej trubice. Podobne je to aj pri prenose tepla nútenou konvekciou tepla vzduchom, kde sa zisťuje hrúbka medznej vrstvy a jej vplyv na prenos tepla, ktorá je riešená v príspevku (1).

Záver

Pre sledovanie hrúbky filmu kondenzátu a prenosu tepla pomocou kondenzácie v tepelných trubiciach je možné využiť rôzne vizualizačné a meracie metódy. Medzi

navrhované vizualizačné metódy patria holografická interferometria a termovízia. Výstup z meraní hrúbky filmu kondenzátu týmito metódami sú termo-gramy a holo-gramy, ktoré je možné ďalej kvantitatívne a kvalitatívne vyhodnocovať. Medzi ďalšie metódy vyhodnotenia patria aj CFD simulácie. Počítačové simulácie zohrávajú významnú rolu pri posudzovaní vlastností daného spôsobu získavania prenosu tepla, pričom nemalú úlohu pri návrhu zohráva aj experimentálne overovanie výsledkov. Zhodnotenie získaných výsledkov poslúžia k stanoveniu súčiniteľa prestupu tepla kondenzáciou v tepelných trubiciach a tiež prínos k rozšíreniu poznatkov v oblasti energetiky, taktiež využitie v iných oblastiach používania, ako napríklad v elektrotechnike a alternatívnych zdrojoch tepla.

Literatúra

1. BRODNIANSKÁ, Z. - KONIAR, J.: Vplyv medzných vrstiev na prenos tepla okolo rovinných a tvarovaných povrchov. In *Trendy ve vzdělávání 2011 : sborník z mezinárodní konference TVV 2011*. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci. 2011. ISBN 978-80-86768-34-2, s. 38-41.
2. HEJZLAR, R. 1993. *Sdílení tepla*. Praha: ČVUT, 1993. 186 s. ISBN 80-01-01011-2.
3. JÍCHA, M. 2001. *Přenos tepla a látky*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 160 s. ISBN 80-214-2029-4.
4. KABÁT, E. – HORNÍK, Š. 1993. *Přenos tepla a látky*. Bratislava: STU, 1993. 233 s. ISBN 80-227-0558-6.
5. LIU, S. – LI, J. – CHEN, Q. 2007. *Visualization of flow pattern in thermosyphon by ECT*. *Flow Measurements and Instrumentation* 18 (2007) p. 216 – 222.

Príspevok je riešený v rámci grantového projektu KEGA č. 027 TUZVO - 4/2011 „Vizualizačné a meracie metódy pre hodnotenie efektívnych spôsobov prenosu tepla.“

Lektoroval: doc. RNDr. Milada Gajtanska, CSc.

Kontaktná adresa:

Valentová Karina, Ing.,
Katedra environmentálnej techniky, Fakulta
environmentálnej a výrobnjej techniky, TU vo
Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, SR,
tel. 00421 455 206 878,
e-mail: valentova@vsld.tuzvo.sk

Černecký Jozef, doc. Ing. CSc.,
Katedra environmentálnej techniky, Fakulta
environmentálnej a výrobnjej techniky, TU vo
Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, SR,
tel. 00421 455 206 698,
e-mail: jcern@vsld.tuzvo.sk