

正弦截面曲線波形板流道熱傳係數的暫態液晶量測

張嘉宏、吳佩學

E-mail: 9419527@mail.dyu.edu.tw

摘要

波形板流道的應用非常的廣，其中有關於在增強熱傳的應用則以板式熱交換器最為典型，目前被廣泛的應用於乳品、食品工業、生化工業、化學製程工業及其相關產業。在過去有關熱交換器的研究絕大都以整個熱交換器總壓降及總熱傳係數之實驗或分析為主。雖然文獻中也有極少數對波形板流道做詳細全面性的熱流場數值計算，但基本上都只能用總壓降或總熱傳係數的實驗數據作為比較，而且數值計算與實驗的結果也經常相差甚多，對於全壁面對流熱傳係數之量測，則尚無公開文獻可資參考。本研究利用實驗方法研究一波形板流道的局部熱傳係數分佈與壓降。本實驗固定波形板流道的截面幾何形狀及褶紋傾斜角，以空氣為工作介質，改變雷諾數，利用暫態液晶技術量測從進口到出口的全壁面局部熱傳係數分布。結果顯示，約經過5至6個節距後，局部紐賽數即可達近乎完全發展的情形；由於上下板褶紋方向與流體流向的夾角不同，局部紐賽數的結果也有異；尾端受出口之影響，紐賽數有稍微的下降。

關鍵詞：板式熱交換器，波形板，褶紋傾斜角，暫態液晶技術，局部熱傳係數

目錄

目錄封面內頁 簽名頁 授權書 iii 中文摘要 v 英文摘要 vi 誌謝 viii 目錄 ix 表目錄 xiv 符號說明 xv 第一章 緒論 1 1.1 研究背景 1 1.2 研究目的 2 1.3 文獻回顧 2 第二章 量測儀器校正與研究方法 8 2.1 量測儀器校正 8 2.1.1 熱偶校正 8 2.1.2 液晶校正 8 2.1.3 流量計校正 9 2.2 研究方法 9 2.2.1 實驗系統 10 2.2.2 實驗方法 11 第三章 數據分析 15 3.1 特徵尺寸 15 3.2 平均溫度 15 3.2.1 局部平均容積溫度 16 3.2.2 截面平均容積溫度 16 3.3 摩擦係數 與摩擦因子 17 3.4 科本因子 Colburn factor j 17 第四章 結果與討論 19 4.1 局部截面平均溫度與截面平均容積溫度結果之差異 19 4.2 紐賽數結果 19 4.2.1 上板紐賽數分佈 20 4.2.2 下板紐賽數分佈 21 4.3 壓降係數與壓降因子 22 第五章 結論 24 參考文獻 25 附錄一、T型熱偶校正曲線 51 圖目錄 圖 1.用於增強熱傳之波形板範例（取自【1】） 29 圖 2.K型熱偶校正曲線 29 圖 3.液晶噴灑位置示意圖 30 圖 4.液晶校正系統圖 30 圖 5.液晶校正曲線 31 圖 6.觀測測試波形板上板模型 32 圖 7.觀測測試波形板下板模型 33 圖 8.波峰波谷定義 34 圖 9.實驗系統圖 34 圖 10.局部截面平均溫度化約結果 35 圖 11.截面平均容積溫度化約結果 35 圖 12.局部截面平均溫度與截面平均容積溫度結果之差異 36 圖 13.Re=4000 上板前段紐賽數分佈 36 圖 14.Re=4000 上板中段紐賽數分佈 37 圖 15.Re=4000 上板後段紐賽數分佈 37 圖 16.Re=4000 上板紐賽數分佈 38 圖 17.Re=4000 上板局部平均紐賽數分佈 38 圖 18.Re=4500 上板局部平均紐賽數分佈 39 圖 19.Re=5000 上板局部平均紐賽數分佈 39 圖 20.Re=5500 上板局部平均紐賽數分佈 40 圖 21.Re=6000 上板局部平均紐賽數分佈 40 圖 22.上板局部平均紐賽數分佈 41 圖 23.上板單一洞穴紐賽數分佈 41 圖 24.完全發展區平均紐賽數分佈 42 圖 25.Re=4000 下板前段紐賽數分佈 42 圖 26.Re=4000 下板中段紐賽數分佈 43 圖 27.Re=4000 下板後段紐賽數分佈 43 圖 28.Re=4000 下板紐賽數分佈 44 圖 29.Re=4000 下板局部平均紐賽數分佈 44 圖 30.Re=4500 下板局部平均紐賽數分佈 45 圖 31.Re=5000 下板局部平均紐賽數分佈 45 圖 32.Re=5500 下板局部平均紐賽數分佈 46 圖 33.Re=6000 下板局部平均紐賽數分佈 46 圖 34.下板局部平均紐賽數分佈 47 圖 35.壓降係數分佈 47 圖 36.壓降因子分佈 48 圖 37.科本因子分佈 48 圖 38. j/f 分佈 49 圖 39.1號熱偶校正曲線 51 圖 40.2號熱偶校正曲線 52 圖 41.3號熱偶校正曲線 53 圖 42.4號熱偶校正曲線 54 圖 43.5號熱偶校正曲線 55 圖 44.6號熱偶校正曲線 56 圖 45.7號熱偶校正曲線 57 圖 46.8號熱偶校正曲線 58 圖 47.9號熱偶校正曲線 59 圖 48.10號熱偶校正曲線 60 圖 49.11號熱偶校正曲線 61 圖 50.12號熱偶校正曲線 62 圖 51.13號熱偶校正曲線 63 圖 52.14號熱偶校正曲線 64 圖 53.15號熱偶校正曲線 65 圖 54.16號熱偶校正曲線 66 圖 55.17號熱偶校正曲線 67 圖 56.18號熱偶校正曲線 68 圖 57.19號熱偶校正曲線 69 圖 58.20號熱偶校正曲線 70 表目錄 表 1. T型熱偶校正不準度 50

參考文獻

- 【1】 Yan, Y.Y., Lio, H.C., and Lin, T.F., 1999, "Condensation Heat Transfer and Pressure Drop of Refrigerant R-134a in a Plate Heat Exchanger," *Int. Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 42, pp.993-1006. 【2】 Jang, J.Y., and Lin, C.N., 2000, "A Numerical Analysis of Three-Dimensional Heat Transfer and Fluid Flow in Chevron Plate Channels," *ASHRAE Transactions: Symposia*, Minnesota, pp. 856-863. 【3】 Shah, R.K., and Focke, W.W., 1988, "Plate Heat Exchangers and Their Design Theory," *Heat Transfer Design*, R.K. Shah, E.C. Subbarao, and R.A. Mashelkar, eds. Washington, D.C. Hemisphere Publishing Co., pp. 227-254. 【4】 Marriott, J., 1971, "Where and How To Use Plate Heat Exchangers," *Chemical Engineering*, April 5, pp. 127-134. 【5】 Focke, W.W., Zacharirades, J., and Olivier, I., 1985, "The Effects of the Corrugation Inclination Angle on the Thermal-Hydraulic Performance of Plate Heat Exchanger," *Int. J. Heat and Mass Transfer*, Vol. 28, No. 8,

pp. 1469-1479. 【6】 Focke, W.W., and Knibbe, P.G., 1986, "Flow Visualization in Parallel-Plate Ducts with Corrugated Walls," *J. Fluid Mech.*, Vol. 165, pp. 73-77. 【7】 Heavner, R.L., Kumar, H., and Wannizrachi, A.S., 1993, "Performance of an Industrial Plate Heat Exchanger: Effect of Chevron Angle," *AICHE, Symp.*, Vol.89, No. 295, pp. 65-70. 【8】 Bond, M.P., 1981, "Plate Heat Exchanger for Effective Heat Transfer," *The Chemical Engineer*, Vol. 367, pp. 162-166. 【9】 Ros, S., Jallut, C., Grillot, J.M., and Amblard, 1995, "A Transient-State Technique for the Heat Transfer Coefficient Measurement in a Corrugated Plate Heat Exchanger Channel Based on Frequency Response and Residence Time Distribution," *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 38, No. 7, pp. 1317-1325. 【10】 Ding, J., and Manglik, R.M., 1996, "Analytical Solutions for Laminar Fully Developed Flows in Double-Sine Shaped Ducts," *Heat and Mass Transfer*, Vol. 31, pp. 269-277. 【11】 Mehrabian, M.A., and Poulter, R., 2000, "Hydrodynamics and Thermal Characteristics of Corrugated Channel : Computational Approach," *Applied Mathematical Modeling*, Vol. 24, pp. 343-364. 【12】 Fischer, L., and Martin, H., 1997, "Friction Factors for Fully Developed Laminar Flow in Ducts Confined by Corrugated Parallel Walls," *Int. J. Heat and Mass Transfer*, Vol. 40, No. 3, pp. 635-639. 【13】 Ciofalo, M., Collins, M.W., Stasiek, J.A., 1998, "Flow and Heat Transfer Predictions in Flow Passages of Air Preheaters: Assessment of Alternative Modeling Approaches," In: *Computer Simulations in Compact Heat Exchangers*, Eds. B. Sunden, M. Faghri, Computational Mechanics Publ. U.K. 【14】 Paras, S.V., Kanaris, A.G., Mouza, A.A., Karabelas, A.J., 2002, "CFD Code Application to Flow Through Narrow Channels with Corrugated Walls," *CHISA, 15th International Congress of Chemical and Process Engineering*, Prague. 【15】 Kanaris, A.G., Mouza, K.A., Paras, S.V., 2004, "Designing Novel Compact Heat Exchangers for Improved Efficiency using a CFD Code," 1st International Conference. 【16】 Vlasogiannis, P., Karagiannis, G., Argyropoulos, P., Bontozaglou, V., 2002, "Air - Water Two - Phase Flow and Heat Transfer in a Plate Heat Exchanger", *Int. J. Multiphase Flow*, pp. 757-772. 【17】 Muely, A., and Manglik, R.M., 1999a, "Experimental Study of Turbulent Flow Heat Transfer and Pressure Drop in a Plate Heat Exchanger With Chevron Plates," *ASME Journal of Heat Transfer*, Vol.121, pp.110-117. 【18】 Muely, A., Manglik, R.M., and Metwally, H.M., 1999b, "Enhanced Heat Transfer Characteristics of Viscous Liquid Flows in a Chevron Plate Heat Exchanger," *ASME Journal of Heat Transfer*, Vol.121, pp.1011-1017. 【19】 林佩芝, 1995, 幾何參數對板式熱交換器性能之影響, 國立交通大學機械工程研究所碩士論文。 【20】 黃慶初, 張永鵬, 黃錦文, 楊秉純, 2000, 以潤滑油為工作流體對板式熱交換器影響之分析, 技術學刊, 第13卷, 第2期, 第229-236頁。