208457

งานวิจัยนี้มุ่งวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายโอนความร้อนของกระบวนการเดือดภายในท่อความร้อนเทอร์โมไซฟอน กรณีใช้ร่วมกับระบบอุลตร้าโซนิค ผู้วิจัยได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนกับอุณหภูมิของน้ำเข้าส่วนทำระเหยและมุมของท่อความร้อนที่กระทำต่อแนวระนาบ

การทดสอบใช้สารทำงาน 3 ชนิด คือ น้ำ เมทานอล และ อะซิโตน ท่อความร้อนทำจากทองแดงและไม่มีครีบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.75 cm ยาว 120 cm หนา 0.13 cm ประกอบด้วย ส่วนทำระเหยยาว 50 cm ส่วนอะเดียแบติกยาว 20 cm และส่วนควบแน่นยาว 50 cm ความถี่ที่สร้างโดยคลื่นอุลตร้าโซนิค อยู่ในช่วง 8 kHz ถึง 14 kHz โดยติดตั้งหัวจ่ายอุลตร้าโซนิคที่ด้านล่างสุดของส่วนทำระเหย การให้ความร้อนและความเย็นใช้ระบบหมุนเวียนน้ำร้อนและน้ำเย็นผ่านกระบอกน้ำของส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่น ช่วงอุณหภูมิแหล่งความร้อนมีค่าตั้งแต่ 50 °C ถึง 80 °C อัตราส่วนการเติมสารทำงาน คือ 50% และ 100% ของส่วนทำระเหย

ผลการทดสอบแสดงว่าคลื่นอุลตร้าโซนิคช่วยเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนส่วนทำระเหยได้สูงสุดประมาณ 400% ที่อุณหภูมิขาเข้าของน้ำร้อน 50°C แต่ที่อุณหภูมิของน้ำร้อนเพิ่มขึ้นพบว่าสมรรถนะของท่อความร้อนที่ใช้และไม่ใช้คลื่นอุลตร้าโซนิคมีค่าใกล้เคียงกัน โดยความถี่คลื่น 8 kHz เป็นความถี่ที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มความสามารถในการถ่ายโอนความร้อน ในกรณีของท่อที่วางตัวตามแนวเอียงพบว่าที่มุมเอียง 30 องศากับแนวระนาบส่งผลให้สมรรถนะสูงสุด

แบบจำลองจากการทดลองที่ได้จากผลการทดสอบใช้เพื่อทำนายค่าความต้านทานความร้อนของส่วนทำระเหยในกรณีที่มีและไม่มีคลื่นอุลตร้าโซนิค ($Z_{3,ul}$ และ $Z_{3,w/o_ul}$) ของสารทำงาน เมทานอล อะซิโตน และน้ำ โดยแบบจำลองด้านล่างสามารถใช้ทำนายค่าความต้านทานความร้อนภายในท่อความร้อนได้เป็นที่น่าพอใจ

เมธานอล: $$Z_{3,ul} = 0.26999\left(\frac{f}{f_{\max}}\right)^{-0.11323}\left(Z_{3,no_ul}\right)^{0.71271}$$

อะซิโตน: $$Z_{3,ul} = 0.69934\left(\frac{f}{f_{\max}}\right)^{-0.36552}\left(Z_{3,w/o_ul}\right)^{0.81684}$$

น้ำ : $$Z_{3,w/o_ul} = 90.0069.(F)^{3.2199}.(\beta)^{-9.9786}.\left(Z_{3_w/o_ul,ESDU}\right)^{Y}$$

เมื่อ $$Y = 3.9412 + 1.565(F) - 5.4024(F^2) + 0.09707(F\beta) + 1.756(\beta^2)$$

การนำคลื่นอุลตร้าโซนิคมาใช้ช่วยเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและอัตราการถ่ายโอนความร้อนบริเวณส่วนทำระเหยของท่อความร้อนเทอร์โมไซฟอน โดยเฉพาะกรณีอุณหภูมิทำงานของส่วนทำระเหยต่ำกว่าจุดเดือดจะช่วยเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนได้อย่างชัดเจน ในทางตรงกันข้ามเมื่ออุณหภูมิการทดลองใกล้เคียงจุดเดือดคลื่นอุลตร้าโซนิคกลับไม่มีส่วนช่วยเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อน

Abstract

208457

This research aims to analyze the heat transfer phenomena of a boiling process inside a thermosyphon heat pipe operating under ultrasonic wave. We has illustrated the relationship between convective heat transfer coefficient and temperature of inlet heat transfer fluid (water) at evaporator section, and heat pipe's inclination angle to horizontal line.

The experimental study was carried out using three types of working fluids; water, methanol and acetone. The copper heat pipe has 2.75 cm inside diameter, 120 cm long, 0.13 cm thickness and without fin. It composes of 50 cm evaporator section, 20 cm adiabatic section and 50 cm condenser section. Ultrasonic wave generating frequency in the range of 8 kHz to 14 kHz was applied to the bottommost of the evaporator section. Heating and cooling of evaporator and condenser sections was done by circulating hot and cold water through the jacket of heat pipe. Temperature of hot water representing heat source was varied from 50 °C to 80 °C. The filling ratio of working fluid was 50% and 100%.

The experimental results showed that ultrasonic wave could increase convective heat transfer coefficient of evaporator section up to 400% maximum, when inlet water temperature was 50 °C. However, at higher inlet water temperatures, the use of ultrasonic was not significantly improving internal heat transfer coefficient. The best ultrasonic frequency for heat transfer enhancement was 8 kHz. Moreover, the inclination angle about 30 degree resulted in the highest performance.

Empirical models were developed based on experimental results to predict the boiling thermal resistance of heat pipe, in case of with- and without- ultrasonic waves ($Z_{3,ul}$ and $Z_{3,w/o_ul}$) for methanol, acetone and water. The models below can predict the boiling thermal resistance inside heat pipe quite satisfactory.

Methanol: $$Z_{3,ul} = 0.26999\left(\frac{f}{f_{\max}}\right)^{-0.11323}\left(Z_{3,w/o_ul}\right)^{0.71271}$$

Acetone: $$Z_{3,ul} = 0.69934\left(\frac{f}{f_{\max}}\right)^{-0.36552}\left(Z_{3,w/o_ul}\right)^{0.81684}$$

Water: $$Z_{3,w/o_ul} = 90.0069.(F)^{3.2199}.(\beta)^{-9.9786}.\left(Z_{3_w/o_ul,ESDU}\right)^{Y}$$

When; $Y = 3.9412 + 1.565(F) - 5.4024(F^2) + 0.09707(F\beta) + 1.756(\beta^2)$

The use of ultrasonic helps to increase convective heat transfer coefficient as well as heat transfer rate at the evaporator of thermosyphon heat pipe. Especially, in case of operating temperature at evaporator lower than boiling point, the improvement of heat transfer rate is significant. In contrary, at temperature reaches boiling point, ultrasonic wave could not enhance heat transfer rate.