ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การเสริมการถ่ายโอนความร้อนของท่อความร้อนเทอร์โมไซฟอนโดยใช้คลื่นเหนือเสียง

ผู้เขียน นายศิริศักดิ์ ศรีวิชัย

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. วิภาวดี วงษ์สุวรรณ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนเทอร์โมไซฟอนแบบท่อเดี่ยวและกลุ่มท่อ (เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน) โดยใช้คลื่นอุลตร้าโซนิคเป็นตัวกระตุ้นการเดือดสารทำงานภายในท่อให้เกิดง่ายขึ้น ในการทดลองจะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบท่อเดี่ยวที่มีระบบคลื่นอุลตร้าโซนิคประกอบ และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของการเดือดในท่อบริเวณส่วนทำระเหยแบบจำลองที่ได้ใช้เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนเทอร์โมไซฟอน

การทดลองแบบท่อเดี่ยวใช้ท่อความร้อนเทอร์โมไซฟอนที่ทำด้วยทองแดง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.029 m หนา 0.0012 m ส่วนอะเดียแบติกยาว 0.52 m ส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นยาว 0.16 m ใช้น้ำเป็นแหล่งให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 35°C-65°C และระบายความร้อนบริเวณส่วนควบแน่นที่อุณหภูมิน้ำคงที่ 5°C ทดสอบสารทำงานในท่อเทอร์โมไซฟอน 3 ประเภท คือ น้ำ อะซิโตน และเมทานอล อัตราการเติมสารทำงาน 50% ของส่วนทำระเหย หัวกำเนิดคลื่นอุลตร้าโซนิคติดตั้งบริเวณด้านล่างของส่วนทำระเหยโดยกำเนิดคลื่นในช่วงความถี่ 8 kHz -14 kHz

ผลที่ได้จากการทดลองท่อเทอร์โมไซฟอนแบบท่อเดี่ยว พบว่าคลื่นอุลตร้าโซนิคสามารถเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนในเทอร์โมไซฟอนประมาณ 20%-60% ขึ้นกับชนิดสารทำงานในท่ออุณหภูมิแหล่งให้ความร้อน และความถี่คลื่นอุลตร้าโซนิค โดยความถี่คลื่น 8 kHz เป็นความถี่ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหมาะสมที่สุดสำหรับนำไปใช้งาน จากผลการทดลองได้นำเสนอแบบจำลองคณิตศาสตร์ของอัตราส่วนระหว่าง Nusselt number กรณีที่มีเทียบกับกรณีไม่มีระบบอุลตร้าโซนิค ซึ่งจะทำให้ทราบถึงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของการเดือดในท่อบริเวณส่วนทำระเหยดังนี้

$$\frac{Nu_{ul}}{Nu_{no,ul}} = C_o\left(\frac{f}{f_{\max}}\right)^{C_1}\left(\frac{P_i}{P_{atm}}\right)^{C_2}$$

โดยค่าคงที่ C_0 , C_1 , C_2 ของสารทำงานน้ำ คือ 0.162 , 0.426 และ -1.676 ตามลำดับ ของสารทำงานอะซิโตน คือ 1.577 , 0.138 และ -1.208 ตามลำดับ และของสารทำงานเมทานอล คือ 1.403 , 0.234 และ -1.003 ตามลำดับ

ผลที่ได้จากการคำนวณสมรรถนะเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบกลุ่มท่อความร้อนเทอร์โมไซฟอน พบว่าคลื่นอุลตร้าโซนิคสามารถเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน ที่ใช้สารทำงานในท่อเป็นน้ำประมาณ 9.60%-14.63% ส่วนสารทำงานอะซิโตนและเมทานอลประมาณ 7.63%-23.91% นอกจากนี้อุณหภูมิขาเข้าของอากาศกระแสร้อนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดอัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นประมาณ 13.22%-42.60% ต่อการเพิ่มอุณหภูมิ 5°C ส่วนอุณหภูมิขาเข้าของอากาศกระแสเย็นเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนลดลงประมาณ 11.43%-20.40% ต่อการเพิ่มอุณหภูมิ 5°C นอกจากนี้อัตราการไหลของทั้งสองกระแสเท่ากันจะได้อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ดีที่สุด และเมื่ออัตราการไหลของอากาศกระแสร้อน กระแสเย็นที่เท่ากันเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น 30.45%-61.40% ต่อการเพิ่มอัตราการไหล 0.1 kg/s

สรุปได้ว่าการนำคลื่นอุลตร้าโซนิคมาใช้เพื่อเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนบริเวณส่วนทำระเหยของท่อเทอร์โมไซฟอนที่ใช้น้ำ อะซิโตน และเมทานอล เป็นสารทำงานในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเดือดประมาณ 5°C สามารถเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนได้อย่างชัดเจน โดยใช้กำลังงานทางไฟฟ้าเพียง 5% ของอัตราการถ่ายเทความร้อนเท่านั้น โดยมีอัตราส่วนพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทได้ถึง 20 เท่าที่ความถี่ 8 kHz ของพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้อุลตร้าโซนิคและผลการคำนวณแสดงว่าการประยุกต์ใช้อุลตร้าโซนิคมีความเป็นไปได้สำหรับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบกลุ่มท่อเทอร์โมไซฟอนโดยเฉพาะในช่วงอุณหภูมิทำงาน 35°C-65°C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title Heat Transfer Enhancement of Thermosyphon Heat Pipe by Ultrasonic Wave

Author Mr. Sirisak Sriwichai

Degree Master of Engineering (Machanical Engineering)

Thesis Advisor Asst. Prof. Dr. Wipawadee Wongsuwan

ABSTRACT

The research aims to increase heat transfer rate of a single thermosyphon and tube bank of thermosyphon in heat exchanger using ultrasonic wave. The wave enhances better boiling process of thermosyphon working fluid. Experimental study is carried out to show influence on the heat transfer rate when applying ultrasonic wave. Experimental results are used to develop the empirical model of convective heat transfer coefficient for boiling process (h_{ei}) at evaporation section. The model is integrated to the simulation program to predict heat transfer rate of a heat exchanger of thermosyphon type.

Experimental set up is composed of a copper thermosyphon having 0.029-m inside diameter, 0.0012-m tube thickness, 0.52-m adiabatic section length, 0.16-m evaporator and condenser sections lengths. Water is used as heat transfer fluid for both hot and cold sides. Hot fluid temperature is varied between 35 °C to 65 °C, and cold fluid temperature is controlled constantly at 5 °C. Three types of working fluid in the thermosyphon are tested: water, acetone and methanol. Filling ratio is almost 50% of evaporator section. The ultrasonic generator is installed below the evaporator section creating ultrasonic wave between 8 kHz to 14 kHz.

Experimental results of the single thermosyphon showed that the ultrasonic wave increased heat transfer rate of thermosyphon by 20% to 60%, depending on (1) working fluid type, (2) temperature level of high temperature source, and (3) frequency of ultrasonic wave. The most applicable ultrasonic frequency is 8 kHz. The mathematical models of the ratio between Nusselt number having ultrasonic (Nu_{ul}) and without ultrasonic ($Nu_{no,ul}$), to predict the convective heat transfer coefficient for boiling at evaporator section, were developed empirically for three working fluids in the following form:

$$\frac{Nu_{ul}}{Nu_{no,ul}} = C_o\left(\frac{f}{f_{\max}}\right)^{C_1}\left(\frac{P_i}{P_{atm}}\right)^{C_2}$$

Where, C_0, C_1 and C_2 of water are 0.162, 0.426 and -1.676 respectively,
those of acetone are 1.577, 0.138 and -1.208, respectively, and
those of methanol are 1.403, 0.234 and -1.003, respectively.

The predicted results from simulation program of thermosyphon-heat exchanger showed that ultrasonic enabled increasing of heat transfer rate of the heat exchanger, especially in case of water working fluid. Heat transfer rate of water thermosyphon was increased by 9.60% to 14.63%. However, the thermosyphon heat exchanger using acetone and methanol working fluid was increased their heat trasfer rates by ultrasonic about 7.63%-23.91%. If the inlet temperature of hot air stream was raised by 5°C, the heat transfer rate was increased by 13.22%-42.60%. In contrary, increasing of cold fluid inlet temperature about 5°C reduced heat transfer rate by 11.43%-20.40%. The highest heat transfer tare was achieved when both hot and cold steam had similar flow rate, and each of 0.1 kg/s increment resulted in increasing of heat transfer rate by 30.45% to 61.40%.

In summary, the ultrasonic wave can obviously increase heat transfer rate of thermosyphon using water, acetone and methanol working fluids, in the operating temperature approximately 5°C below their boiling points. The power supply required for ultrasonic generator is only 5% of heat transfer power. The energy ratio between amount of thermal energy transfer and electrical energy input to ultrasonic was approximately 20 time in case of 8 kHz wave frequency. The calculated results showed that ultrasonic is appropriated to tube bank thermosyphon-heat exchanger, especially in the operating temperature between 35°C to 65°C.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved