

Thesis Title Thermal Characteristics of Wire-on-Tube Heat Exchanger
Using Oscillating Heat Pipe as an Extended Surface

Author Mr. Tawat Samana
Degree Doctor of Engineering (Energy Engineering)

Thesis Advisory Committee

Prof. Dr. Tanongkiat Kiatsiriroat	Advisor
Asst. Prof. Dr. Nat Vorayos	Co-advisor
Asst. Prof. Dr. Phrut Sakulchangsattajai	Co-advisor

ABSTRACT

This thesis work studies the performance of a wire-on-tube heat exchanger using an oscillating heat pipe as an extended surface under the natural convection and forced convection conditions. The unit was oriented in the horizontal and vertical directions, and the effects of parameters such as tube diameter and tube and wire pitches were considered in the analysis.

The first part investigates performance of a wire-on-tube heat exchanger that uses an oscillating heat pipe as an extended surface under natural convection. The results were compared with those of a conventional wire-on-tube unit. The heat exchanger exchanges heat between hot water flowing inside the tube, which was varied from 50 to 85 °C, and the surrounding ambient air at 25 °C. The tested unit was installed in the horizontal and vertical directions. The effects of tube diameter and tube and wire pitches on thermal performance were considered. The results showed that the performance of the heat exchanger with an oscillating heat pipe was slightly higher than that of the conventional wire-on-tube heat exchanger. It was also found that the air-side performance of the heat exchanger was directly proportional to the tube diameter and tube and wire pitches. Moreover, when the heat exchanger was installed horizontally, its performance was approximately 15-20% higher than that of the unit in the vertical installation. A heat transfer model for evaluating the heat exchanger performance is also developed, and the results agreed well with the experimental data.

The second part was visual study on physical phenomena inside the closed-loop oscillating heat pipe (CLOHP) when using as a wire fin for a wire-on-tube heat exchanger operating under natural convection was investigated in this work. The tested CLOHP was a capillary tube made of glass tube having internal diameters of 1 and 2 mm. The glass capillary tube was attached to the copper tube panel. The tube pitch of the tube panel was varied between 30, 40 and 50 mm. R123, acetone and methanol were used as working fluids with 50% filling ratio. The tube panel was placed in both horizontal and vertical orientations. It was found that R-123 could boil easier than acetone and methanol because of its low boiling point. Moreover, it was found that the Bond number played an important role in controlling the flow of bubbles inside the capillary tube.

The third part investigates performance of a wire-on-tube heat exchanger that uses an oscillating heat pipe as an extended surface under forced convection. The results were compared with those of a conventional wire-on-tube unit. The experiments for this heat exchanger were performed in a wind tunnel by exchanging heat between hot water flowing inside the tube, which was varied from 40 to 80 °C, and the air stream flowing across the external surface while the inlet air temperature was kept constant at 25 °C. R123 was selected as a working fluid of the oscillating heat pipe. The results show that the performance of the heat exchanger with the oscillating heat pipe was slightly higher than that of the conventional wire-on-tube heat exchanger. It was also found that the fin efficiency of the heat exchanger was directly proportional to the tube diameter and tube and wire pitches. A heat transfer model for evaluating the heat exchanger performance was also developed, and the results agreed well with the experimental data.

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ลักษณะทางความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเส้นลวดโดยใช้ท่อความร้อนแบบสันเป็นผิวขยาย

ผู้เขียน นายธวัช สมณา

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ศ.ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ผศ.ดร.ณัฐ วรรษศ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ผศ.ดร.พฤกษ์ สกุลช่างสังจະทัย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเส้นลวดโดยใช้ท่อความร้อนแบบสันเป็นผิวขยายภายใต้เงื่อนไขการพาความร้อนแบบธรรมชาติและแบบบังคับ ซึ่งได้มุ่งเน้นวิเคราะห์พิจารณาในเรื่องการติดตั้งแบบแนวนอนและแนวตั้ง รวมทั้งผลของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ระยะห่างระหว่างท่อและเส้นลวด

งานวิจัยในส่วนแรกทำการศึกษาสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเส้นลวดโดยใช้ท่อความร้อนแบบสันเป็นผิวขยายภายใต้เงื่อนไขการพาความร้อนแบบธรรมชาติ ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองนำไปเปรียบเทียบกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเส้นลวดที่ใช้งานทั่วไป เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนดังกล่าวเป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำร้อนที่ไหลข้างในท่อที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ 50 ถึง 85 องศาเซลเซียส กับอากาศบริเวณล้อมรอบที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการติดตั้งชุดทดลองในทิศทางแนวนอนและแนวตั้ง ศึกษาและพิจารณาถึงผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อและระยะห่างระหว่างท่อที่ส่งผลต่อสมรรถนะการถ่ายเทความร้อน จากผลการทดลองพบว่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเส้นลวดโดยใช้ท่อความร้อนแบบสันเป็นผิวขยายให้สมรรถนะสูงกว่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเส้นลวดที่ใช้งานทั่วไปเล็กน้อย ทั้งนี้ยังพบว่าสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนที่ผิวนอกท่อของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ระยะห่างระหว่างท่อและเส้นลวด นอกจากนั้นการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในทิศทางแนวนอนจะให้สมรรถนะสูงกว่าการติดตั้งแบบแนวตั้งประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ โดยแบบจำลองสำหรับการประเมินหาสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนที่ถูกพัฒนาขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้เข้ากันได้ดีกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

งานวิจัยในส่วนที่สองเป็นการศึกษาสังเกตปรากฏการณ์ทางกายภาพภายในของท่อความร้อนแบบสั้นวงรอบที่นำมาใช้เป็นครีบสำหรับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเส้นลวดโดยใช้ท่อความร้อนแบบสั้นเป็นผิวขยายภายใต้เงื่อนไขการพาความร้อนแบบธรรมชาติ โดยท่อความร้อนแบบสั้นวงรอบที่ใช้เป็นอุปกรณ์ทดลองทำมาจากท่อแก้วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1 และ 2 มิลลิเมตร ทำการยึดติดไว้กับแผงท่อทองแดงที่มีน้ำร้อนไหลข้างในท่อ โดยที่แผงท่อทองแดงมีระยะห่างระหว่างท่อตั้งแต่ 30, 40 และ 50 มิลลิเมตร ในการทดลองใช้ R-123 อะซิโตน และ เมทานอล เป็นสารทำงาน โดยมีอัตราส่วนการเติม 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตร ชุดทดลองวางในทิศทางแนวนอนและแนวตั้ง ซึ่งจากการทดลองพบว่าสารทำงาน R-123 สามารถเดือดได้ง่ายกว่าอะซิโตนและเมทานอล เนื่องจาก R-123 มีจุดเดือดต่ำกว่าสารทำงานทั้งสอง นอกจากนี้ยังพบว่าค่าบอนด์นัมเบอร์ (Bo) มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการไหลของฟองไอกาย ในท่อแก้ว

งานวิจัยในส่วนที่สามเป็นการศึกษาสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเส้นลวดโดยใช้ท่อความร้อนแบบสั้นเป็นผิวขยายภายใต้เงื่อนไขการพาความร้อนแบบบังคับ ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองนำไปเปรียบเทียบกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเส้นลวดที่ใช้งานทั่วไป ในการทดลองทำการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ทดสอบในอุโมงค์ลม โดยเป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำร้อนที่ไหลข้างในท่อที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ 40 ถึง 80 องศาเซลเซียส กับอากาศที่ไหลผ่านด้านนอกผิวท่อ โดยทำการควบคุมอุณหภูมิของอากาศทางด้านขาเข้าอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส ใช้ R-123 เป็นสารทำงาน จากการทดลองพบว่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเส้นลวดโดยใช้ท่อความร้อนแบบสั้นเป็นผิวขยายให้สมรรถนะสูงกว่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเส้นลวดที่ใช้งานทั่วไปเล็กน้อย ทั้งนี้ยังพบว่าสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนที่ผิวนอกท่อของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและระยะห่างระหว่างท่อและเส้นลวดด้วย โดยแบบจำลองสำหรับการประเมินหาสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนที่ถูกพัฒนาขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้เข้ากันได้ดีกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง