

Thesis Title Effect of Pipe Flattening on Heat Transfer Characteristics of Heat Pipe with Sintered Porous Media

Author Ms. Weeranut Intagun

Degree Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering)

Thesis Advisory Committee

Prof. Dr. Pradit Terdtoon	Advisor
Asst. Prof. Dr. Phrut Sakulchangsattajai	Co-advisor
Asst. Prof. Dr. Wera Phaphungwittayakul	Co-advisor

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effect of pipe flattening on heat transfer characteristics of a flattened heat pipe by using Three-Dimensional Finite Element Method (3D FEM). The 3D simulation program had been established to study the effect of pipe flattening on the total heat transfer resistance and phenomena inside the flattened heat pipe. The calculation domains were separated into three important regions, i.e., vapor core, wick, and wall. The Cartesian coordinates and the three-dimensional tetrahedral elements were applied in this model. The selected total elements were 638,400. The original diameter and total length of heat pipes were 6 mm and 200 mm, respectively. The composite wick which made from sintered copper powder and grooved copper pipe was used. The thickness of wick and wall were 0.70 mm and 0.30 mm, respectively. The working fluid was water. The vapor flow was assumed to be laminar and incompressible. The wick was saturated with the working fluid and the properties of working fluid were uniform along the heat pipe. Results of

pressure and temperature distributions of the flattened heat pipe were successfully obtained. Moreover, these pressure drops agreed well with Darcy-Weisbach equation and ESDU (Engineering Sciences Data Unit) 79012 with the standard deviation of $\pm 13.84\%$ and $\pm 26.02\%$, respectively. It was found that, the pressure drop was the inverse function of vapor core cross-section area. In addition, the critical value of the final thickness of heat pipe could be justified from the present 3D simulation which was about 45% from original diameter. The experiments to validate the previous calculated have been also conducted with all controlled and varied parameters keeping as the condition previous explained. Furthermore, the wall temperature distribution estimated from the 3D finite element simulation agreed well with that obtained from the experiment. The standard deviation of the wall temperature was $\pm 5.95\%$. Moreover, when final thickness of flattened heat pipe decreased, the thermal resistance would slightly decrease resulting from the increase of the contacted surface but this final thickness of the flattening should not be less than the critical final thickness. The predicted values of thermal resistance agree well with experiments with the standard deviation of $\pm 32.85\%$.

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ผลของการอัดแบนท่อที่มีต่อลักษณะเฉพาะการถ่ายเทความร้อนของท่อ ความร้อนแบบวัสดุพูนหินเตอร์

ผู้เขียน นางสาววีระนุช อินทะกันท์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ศาสตราจารย์ ดร. ประดิษฐ์ เทอดทูล	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ สกฤตช่างสังจะทัย	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระ ฟ้าเพื่องวิทยาคุณ	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการอัดแบนท่อที่มีต่อลักษณะเฉพาะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบอัดแบนโดยใช้วิธีการทางไฟไนต์อีเลเมนต์แบบ 3 มิติ โปรแกรมแบบจำลองสภาพแบบ 3 มิติได้ทำการสร้างขึ้นเพื่อศึกษาผลของการอัดแบนท่อและปรากฏการณ์ภายในของท่อความร้อนแบบอัดแบน ในส่วนของแบบจำลองสภาพ ขอบเขตในการคำนวณได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนที่สำคัญ คือ ขอบเขตของช่องไอ, วัสดุพูนและผนังท่อ ระบบพิกัดแบบคาร์ทีเซียน และอีเลเมนต์แบบรูปทรงสี่หน้าได้ทำการประยุกต์ใช้ในแบบจำลองนี้ จำนวนอีเลเมนต์ที่เลือกใช้ทั้งหมดมีค่า 638,400 อีเลเมนต์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นและความยาวรวมทั้งหมดของท่อความร้อนมีค่าเท่ากับ 6 มิลลิเมตร และ 200 มิลลิเมตร ตามลำดับ วัสดุพูนที่ทำจากผงทองแดง ชินเตอร์และท่อทองแดงเจาะร่องได้นำมาใช้ ความหนาของวัสดุพูนและผนังท่อมีค่าเท่ากับ 0.7 มิลลิเมตรและ 0.3 มิลลิเมตร ตามลำดับ สารทำงานที่ใช้คือน้ำ การไหลของไอได้สมมุติให้เป็น การไหลแบบราบเรียบและไม่สามารถอัดตัวได้ วัสดุพูนอ้อมด้วยสารทำงานและสมบัติของสารทำงานมีความสม่ำเสมอตลอดท่อความร้อน ผลของการกระจายความดันและอุณหภูมิของท่อความร้อนแบบอัดแบนนั้นหาได้ นอกจากนั้นความดันตกคร่อมเหล่านี้สอดคล้องกันเป็นอย่างดีกับ คาร์ซี-ไวส์бак และ ESDU (วิศวกรรมวิทยาศาสตร์หน่วยข้อมูล 79012) ด้วยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ $\pm 13.84\%$ และ $\pm 26.02\%$ ตามลำดับ และพบว่าความดันตกคร่อมเป็นส่วนกลับของ

พื้นที่หน้าตัดช่องไอ นอกจากนั้นค่าความหนาสุดท้ายวิกฤตของท่อความร้อนแบบอัดแบนสามารถแสดงให้เห็นจากแบบจำลอง 3 มิติ ซึ่งมีความอยู่ที่ประมาณ 45% จากเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้น ส่วนการทดลองเพื่อที่จะยืนยันการคำนวณก่อนหน้านี้ยังได้ทดลองขึ้น ด้วยตัวแปรควบคุมและตัวแปรตามที่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่อธิบายก่อนหน้านี้ พบว่าการกระจายของอุณหภูมิผนังท่อที่คำนวณได้จากแบบจำลองไฟในท่อเลเมนต์แบบ 3 มิติ สอดคล้องเป็นอย่างดีกับค่าที่ได้จากการทดลอง ด้วยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $\pm 5.95\%$ ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อความหนาสุดท้ายของท่อความร้อนแบบอัดแบนลดลง ค่าความต้านทานความร้อนค่อย ๆ ลดลงเป็นผลจากการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส แต่ค่าความหนาของการอัดแบนนี้ควรมีค่าไม่น้อยกว่าค่าความหนาสุดท้ายวิกฤต ค่าของความต้านทานความร้อนที่ทำนายได้สอดคล้องเป็นอย่างดีกับการทดลองด้วยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ $\pm 32.85\%$