

รหัสโครงการ MRG5180325

ชื่อโครงการ ลักษณะเฉพาะทางความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ: การปรับปรุงโครงสร้างและจำลองสภาพ

ชื่อนักวิจัย ดร.พฤต สกุดช่างสังจะทัย

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

phrut@chaiangmai.ac.th

ระยะเวลาโครงการ 2 ปี ตั้งแต่ วันที่ 15 พฤษภาคม 2551 ถึง 14 พฤษภาคม 2553

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองลักษณะเฉพาะทางความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่สามารถควบคุมทิศทางการไหลได้ด้วยตัวมันเอง ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่คงที่ถูกสร้างขึ้นจากท่อคาปิลารีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน 2 ค่า สลับไปมาตลอดความยาวของท่อความร้อน มีการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าการส่งถ่ายความร้อน ได้แก่ อุณหภูมิส่วนที่ระเหย จำนวนโค้งเลี้ยว ชนิดของสารทำงาน สัดส่วนเส้นผ่านศูนย์กลาง และสัดส่วนความยาวของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่คงที่ ให้ความร้อนในส่วนที่ระเหยของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่คงที่ด้วยซิลิโคน และระบายความร้อนออกด้วยของผสม น้ำและเอทิลีนไกลคอล ในสัดส่วน 1:1 เก็บค่าอุณหภูมิที่ผิวท่อส่วนที่ระเหย ส่วนกันความร้อน และส่วนควบแน่น เพื่อศึกษาทิศทางการไหลของสารทำงานภายในท่อความร้อน บันทึกอุณหภูมิและอัตราการไหลของของไหลหล่อเย็นขาเข้าและขาออกส่วนควบแน่นเพื่อคำนวณค่าการส่งถ่ายความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่คงที่ เริ่มทำการทดลองโดยป้อนความร้อนให้กับส่วนที่ระเหย แล้วทำการบันทึกอุณหภูมิทุกตำแหน่งเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สร้างขึ้นจากสมการควบคุมที่ประกอบด้วย กฎทรงมวล สมการโมเมนตัม และสมการพลังงาน มีการใส่เงื่อนไขที่ขอบและเงื่อนไขทางกายภาพที่อ้างอิงจากงานวิจัยที่ผ่านมา แบ่งของไหลภายในท่อความร้อนเป็น 3 ชนิด คือ ฟองไอ แท่งของเหลว และฟิล์มของเหลว ใช้สมมุติฐานที่ว่าความดันสูญเสียในช่วงโค้งเลี้ยวมีค่าน้อยมาก ของเหลวไม่อัดตัว และก๊าซมีพฤติกรรมเป็นก๊าซในอุดมคติ แก้สมการด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขโดยวิธี Finite difference แบบ Explicit และ Implicit คำตอบที่ได้แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของฟองไอและแท่งของเหลว และค่าการส่งถ่ายความร้อน

จากการทดลองพบว่าสามารถควบคุมทิศทางการไหลของสารทำงานภายในท่อความร้อนแบบสัณ
วงรอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่คงที่ ส่งผลให้ค่าการส่งถ่ายความร้อนสูงกว่าค่าการส่งถ่ายความร้อนท่อ
ความร้อนแบบสัณวงรอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางคงที่ เมื่อค่าสัดส่วนความยาวลดลงค่าการส่งถ่ายความ
ร้อนจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากความดันสูญเสียภายในระบบจากจุดเชื่อมต่อและจำนวนจุดเชื่อมต่อ
ลดลง เมื่อใช้สารทำงานเป็น R123 ท่อความร้อนที่มีสัดส่วนความยาวเท่ากับ 0.2 ให้ค่าการส่งถ่ายความ
ร้อนสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.85 kW/m^2 เพิ่มขึ้นจากท่อความร้อนสัดส่วนความยาวเท่ากับ 1 ที่มีค่าการ
ส่งถ่ายความร้อน 15.49 kW/m^2 ท่อความร้อนแบบสัณวงรอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในไม่สม่ำเสมอ
จะมีค่าการส่งถ่ายความร้อนสูงเมื่อใช้สารทำงานเป็น R123 จะให้ค่าฟลักซ์ความร้อนที่สูงที่สุด ตามด้วย
สารทำงาน เอธานอล และน้ำ ตามลำดับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อที่ไม่สม่ำเสมอนี้ทำให้สารทำงาน
ภายในไหลเวียนในทิศทางเดียวโดยฟองไอเคลื่อนสู่ส่วนควบแน่นในท่อขนาดใหญ่และของเหลว
ควบแน่นไหลกลับส่วนทำระเหยในท่อขนาดเล็ก

ผลการคำนวณจากแบบจำลองพบว่า แบบจำลองสามารถแสดงการเคลื่อนที่ของฟองไอและแท่ง
ของเหลวสอดคล้องกับนิยามการทำงานของท่อความร้อนแบบสัณวงรอบ พบแท่งของเหลวปริมาณมาก
ที่ส่วนควบแน่น นอกจากนี้ ค่าการส่งถ่ายความร้อนจากแบบจำลองทำนายได้ดีพอใช้เมื่อเทียบกับ
ข้อมูลการทดลอง ก็มีค่าความแตกต่างประมาณ ± 32.49 เปอร์เซ็นต์

Project Code MRG5180325

Project Title Thermal Characteristics of a Closed-Loop Oscillating Heat Pipe: Configuration-Improved and Simulation

Investigator Dr.Phрут Sakulchangsattajai

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,
Chiang Mai University

phrut@chaiangmai.ac.th

Project Period 2 year from 15 May 2008 to 14 May 2010

Abstract

The objective of this research is to experimental study in the heat transfer characteristics of closed-loop oscillating heat pipe (CLOHP) which control the flow direction of working fluid by itself. Closed-loop oscillating heat pipe with non-uniform diameter (CLOHP/NUD) consists of alternative of two different capillary diameters through the pipe length. The effect of temperature, number of turn, type of working fluid, diameter ratio and length ratio on the heat transfer will be studied. The evaporator section of CLOHP/NUD is heated by hot silicone oil. The condenser section of CLOHP/NUD is cooled by mixture of water and ethylene glycol at 1:1 by volume. The evaporator, adiabatic and condenser temperatures will be recorded to observe the direction of working fluid inside CLOHP/NUD. The temperature and mass flow rate of cooling media at inlet and outlet condenser section will be recorded to calculate the heat transfer. The experimental process is started by supplying the silicone oil at evaporator section, then the temperature at all position will be recorded when the system reach the steady state.

The mathematical model is established from governing equation, which consists of continuity equation, momentum equation and conservation of energy. The boundary and physical conditions from the previous study will be used. The domain of working fluid inside the CLOHP/NUD is divided to three parts; they are vapor plug, liquid slug and liquid film. Three assumptions of the modeling are; the pressure drop at the bend is small, the liquid is non-compressed and perfect gas is included. Solution for all of basic governing equations has been determined by the explicit finite element method except the solution of momentum equation of liquid slugs was obtained by implicit finite

element method. The result of the simulation program shows the vapor and liquid flow patterns and the heat transfer rate.

From the experimental results, it was found that the circulation of working fluid inside CLOHP/NUD can be controlled; result in the heat transfer rate of CLOHP/NUD has higher than conventional CLOHP. The heat transfer rate will increase when the length ratio decrease; due to the pressure drop of the connecting point and the number of connected point was small. The maximum heat flux was 20.85 kW/m^2 at 0.2 of the length ratio and the working fluid as R123. While, at 1.0 of the length ratio had only 15.49 kW/m^2 heat transfer rate. Heat transfer of CLOHP/NUD with R123 as working fluid had higher than ethanol and water. The non-uniform diameter of CLOHP causes of the one direction circulation. The vapor flow to the condenser in the bigger tube and the liquid will flow backward to the evaporator section in the small tube.

The modeling result shows the pattern of vapor and liquid movement consistent with the definition of conventional CLOHP. The numerous liquid slugs were found at the condenser section. The heat transfer rate from the model was 32.49 % different from the experimental result.