การศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของท่อความร้อนขนาดเล็กที่ใช้สารทำความเย็นR134a เป็นสารทำงาน

Investigation Thermal Performance of Micro Heat Pipe by Using Refrigerant R134a as Working Fluid

อภิชาต รักหอม[1]*วีระยุทธ์ ปานนวม[1] และ จิระพล กลิ่นบุญ[2]

[1] นักศึกษา ,[2]อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
เลขที่ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120
*E-mail: jirapol9@hotmail.com, โทรศัพท์: 0826880159

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนขนาดเล็กที่ใช้ R-134a เป็นสารทำงาน โดยท่อความร้อนทำจากทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. ความยาว 200มม. ภายในมีโครงสร้างวัสดุพรุนแบบซินเตอร์ริ่ง ท่อความร้อนแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนทำระเหยยาว 65 มม. ส่วนอะเดียแบติกยาว 70 มม. และ ส่วนควบแน่นยาว 65 มม. ตัวแปรที่สนใจศึกษาได้แก่อุณหภูมิทำงาน (40 50 และ 60 องศาเซลเซียส) และอัตราการไหลน้ำหล่อเย็น (0.25 0.5 และ 1.0 ลิตรต่อนาที) โดยกำหนดให้อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส และทดสอบที่มุม 0 องศา จากแนวระดับผลการทดสอบพบว่า มีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดเท่ากับ 54.18 % ที่อุณหภูมิทำงาน 40 องศาเซลเซียส อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น 1.0 ลิตรต่อนาที และมีอัตราการถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 34.83 วัตต์

คำสำคัญ: สมรรถนะทางความร้อน, ท่อความร้อนขนาดเล็ก, สารทำความเย็นR134 a

Abstract

In this research, an experimental investigation is carried out to study the thermal performance of a micro heat pipe using refrigerant R134a. A micro heat pipe made from straight copper tube with an outer diameter of 6 mm and length of 200 mm. The heat pipe can be divided into 3 parts, such as the evaporator section of 65 mm, adiabatic section of 70 mm and condenser section of 65 mm. The effect of operating temperature (40, 50 and 60 ºC) and flow rate of coolant (0.25, 0.5 and 1.00 l/min) on thermal performance of a heat pipe are investigated. Coolant or water is 30 ºC and inclination angle is set at zero. The result is show that the highest thermal efficient is 54.18 % and maximum heat transfer rate is 34.83 W at the operating temperature of 40 ºC and flow rate of coolant as 1.0 l/min.

Keyword: Thermal performance, Micro heat pipe, Refrigerant R134a

1. บทนำ

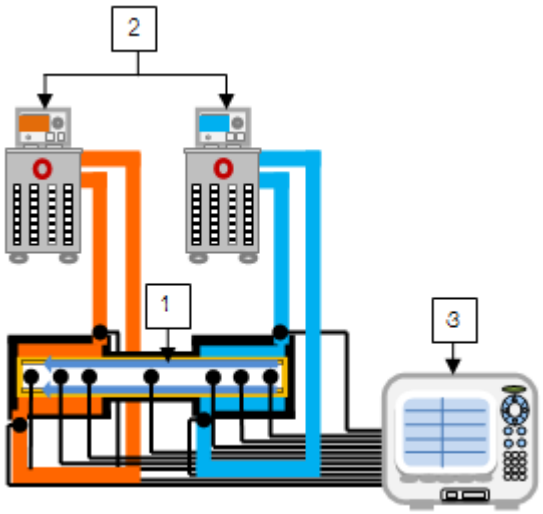
ท่อความร้อนเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีอัตราการถ่ายเทความร้อนได้อย่างรวดเร็ว แม้ในภาวะที่มีผลต่างของอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการแลกเปลี่ยนความร้อนในลักษณะต่างๆ เช่น การระบายความร้อนออกจากชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่การหล่อเย็นเครื่องยนต์ การประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศ หรือระบบทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น ปัจจุบันการปรับปรุงและพัฒนาท่อความร้อนที่ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าสูงทำให้การระบายความร้อนที่เกิดขึ้นทำได้จำกัด และท่อความร้อนที่ใช้น้ำเป็นสารทำงานพื้นฐานอาจจะถ่ายเทความร้อนออกจากอุปกรณ์ได้ไม่เพียงพอ และช่วงอุณหภูมิการทำงานที่สูงอาจทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เกิดการเสื่อมสภาพเร็วกว่าอายุใช้งานปกติ วิธีที่น่าสนใจในการชะลอกาเสื่อมสภาพอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ คือการระบายความร้อนอุปกรณ์ที่ช่วงอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นจึงมีนักวิจัยมุ่งหาแนวทางในการพัฒนาเพื่อเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน ได้มีศึกษาและพัฒนาโครงสร้างวิกสำหรับฮีตไปป์ [1] ที่ทำมาจากท่อทองแดง และมีวัสดุพรุนแบบตาข่ายสเตนเลส เบอร์ 100 และ 120 ท่อมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 18.7 mm และมีความยาวเท่ากับ 1.25 m บรรจุของไหล R12 เป็นสารทำความเย็น มีส่วนของการระเหย 0.5 m มีส่วนของการควบแน่น 0.5 m และมีส่วนที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อน(Adiabatic section) 0.25 m การทดลองพบว่าท่อความร้อนทำงานได้ดีเมื่อมีแรงโน้มถ่วงช่วย(ส่วนของการควบแน่นสูงกว่าส่วนของการทำระเหย) โดยได้ค่าฟลักซ์ความร้อนสูงสุดเท่ากับ 823.345 kW/m^2 สำหรับวัสดุพรุนแบบตาข่ายสเตนเลส เบอร์ 100 และ[2]ได้ศึกษาสมรรถนะของท่อความร้อนชนิดมีวัสดุพรุน แบบไมโครกรูฟ ทำมาจากทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 7.94 mm ใช้วัสดุพรุนในการทดสอบ 3 แบบคือแบบไมโครกรูฟ, แบบลวดตาขาย และแบบไมโครกรูฟใส่ลวดตาขาย โดยใช้เมททานอลเป็นของไหลทำงาน โดยมีความยาวส่วนควบแน่น 80 mm ความยาวส่วนทำระเหย 80 mm และความยาวส่วนแอเดียแบติค 30 mm จากการทดสอบพบว่า ท่อความร้อนที่ทำการทดสอบสามารถต้านแรงโน้มถ่วงของโลกได้ ท่อความร้อนที่มีวัสดุพรุนแบบไมโครกรูฟ การถ่ายเทความร้อนน้อยมาก ส่วนท่อความร้อนที่มีวัสดุพรุนแบบลวดตาข่าย สามารถถ่ายเทความร้อนได้สูงถึง 51.3 W ในปี พ.ศ.2549 Shung-Wen Kang,Wei-Chiang Wei, Sheng-Hong Tsai, Shih-Yu Yang ได้ทดลองหาสมรรถนะของท่อความร้อนโดยใช้ของไหลนาโนเป็นสารทำงานท่อความร้อนมีวัสดุพรุนหนา 1 mm ในการทดลองการกระจายตัวของอุณหภูมิ ที่ผลต่างระหว่างอุณหภูมิ 0.56 - 0.65 ºC เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำบริสุทธิ์ให้กำลัง 30 - 50 W ท่อความร้อนที่ใช้สารนาโนสามารถรับกำลังได้ถึง 70 W. ขณะที่ท่อความร้อนที่ใช้น้ำรับกำลังได้เพียง 20 W ต่อมา [3]ได้มีศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพท่อความร้อน สารทำงานที่ใช้ในการศึกษาได้แก่น้ำแอลกอฮอล์ของไหลนาโน(แอลกอฮอล์ผสมนาโนไทเทเนียม) โดยท่อความร้อนทำจากทองแดง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 mm ยาว 600 mm กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบอยู่ ในช่วง 30 – 70 W มีมุมเอียงท่อความร้อนอยู่ ในช่วง 0 - 90 องศา เพื่อหาปริมาตรของสารทำงานและมุมเอียงของท่อความร้อนที่เหมาะสมที่ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดพบว่าที่ปริมาตรแอลกอฮอล์ 66 % โดยปริมาตรท่อ ที่มุมเอียง 45 องศา ให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 69.3 % [4] ได้ศึกษาการส่งเสริมการถ่ายเทความร้อนในท่อความร้อนแบบแบนโดยใช้ของไหลนาโนเป็นสารทำงานอนุภาคของไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 nm ผสมกับน้ำปราศจากอิออนเป็นสารทำงานพื้นฐานโดยมีความเข้มข้นของอนุภาคนาโนเท่ากับ 50 mg/l ท่อความร้อนทำจากทองแดงโดยมีความหนาของท่อความร้อนเท่ากับ 2, 3 และ 4 mm ความยาวของท่อความร้อนที่ทดสอบมีขนาด 220 mm

ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิตามแนวความยาวของท่อความร้อนที่บรรจุของไหลนาโนมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของท่อความร้อนที่ใช้น้ำปราศจากอิออนเป็นสารทำงาน และค่าความต้านทานทางความร้อนของท่อความร้อนที่ใช้ของไหลนาโนเป็นสารทำงานนั้นมีค่าต่ำกว่าค่าความต้านทานทางความร้อนของท่อความร้อนที่ใช้น้ำปราศจากอิออนเป็นสารทำงาน ในปี พ.ศ.2552 วราภรณ์ รัตนงพิสัตย์ , ชลลดา พิมพา , นิพัทธ์ อ่อนคำพา และสมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์ [5]ได้ทำการทดสอบท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่แหล่งจ่ายความร้อนอุณหภูมิต่ำ เพื่อหาปริมาณความร้อนที่สามารถถ่ายเทผ่านท่อความร้อน ได้ศึกษาถึงผลของสัดส่วนของสารทำงานและมุมการวางท่อที่มีผลต่อปริมาณความร้อนที่ถ่ายเท ท่อความร้อนขนาดความยาว 1 m ทำจากวัสดุทองแดงบรรจุ R-134a เป็นสารทำงาน ผลการทดสอบพบว่าท่อความร้อนที่บรรจุสารทางานที่สัดส่วน 30 % และวางตัวทำมุม 90 องศา กับแนวระนาบให้ค่าการถ่ายเทความร้อนที่สูงสุด มีปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทได้มากที่สุดเท่ากับ 230 W ในปี พ.ศ. 2554 M.G. Mousa ได้ศึกษาความเข้มข้นของสารนาโนที่มีผลต่อสมรรถนะของท่อความร้อน ใช้ท่อความร้อนที่มีวัสดุพรุนแบบลวดตาข่ายทองแดงเบอร์ 160 ใช้อนุภาคนาโนของเงินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 nm ผสมน้ำปราศจากอิออนเป็นสารทำงาน ศึกษาที่ความเข้มข้น 0.25 %, 0.4 %, 0.5 %, 0.6 %, 0.75 %, 1.0 % และ 1.5 % ที่อัตราส่วนการเติม 0.2 - 1.0 ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของสารนาโนเพิ่มขึ้นสมรรถนะของท่อความร้อนลดลง อัตราส่วนการเติมที่ 0.45 - 0.5 ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ในปี พ.ศ. 2554 A. BluslySolmon, K. Ramachandran, B.C. Pillaiได้ศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของท่อความร้อนที่ใช้อนุภาคนาโนเคลือบผิวของวัสดุพรุน ท่อความร้อนใช้วัสดุพรุนแบบลวดตาข่ายเบอร์ 100 โดยใช้อนุภาคของทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 80 - 90 nm เคลือบที่ผิวของวัสดุพรุน โดยการให้ความร้อนต่างกัน 3 ค่าผลการศึกษาพบว่าความต้านทานลดลง 19 %, 15 % และ 14 % เมื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้น 100 W, 150 W และ 200 W ตามลำดับ

จากงานวิจัยที่ได้ศึกษามายังไม่พบว่ามีการนำสารทำความเย็น R-134a มาใช้กับท่อความร้อนแบบวัสดุพรุน ดังนั้นจึงสนใจที่จะทำการศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของท่อความร้อนที่ใช้สารทำความเย็น R-134a ที่ใช้ในช่วงอุณหภูมิต่ำ

2.การทดลอง

จากรูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสำหรับการทดสอบท่อความร้อน ซึ่งประกอบไปด้วยท่อความร้อนทำจากท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ความยาว 200 mm มีโครงสร้างวัสดุพรุนแบบซินเตอร์ริ่งภายในบรรจุสารทำความเย็น R-134a เป็นสารทำงานชุดทดสอบทำจากท่อทองแดงขนาด 25.4 mm ยาว 70 mm ทั้งในส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่น ชุดทดสอบทำการหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนภายในระบบ โดยชุดทดสอบจะต่อเข้ากับเครื่องปรับอุณหภูมิน้ำทั้งส่วนควบแน่นและส่วนทำระเหย



รูปที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) ชุดทดสอบท่อความร้อน
2) อุปกรณ์ปรับอุณหภูมิน้ำ
3) อุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิ

ในระหว่างการทดลองได้ควบคุมอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่อุณหภูมิ 30 ℃ ทำการทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทำงานที่อุณหภูมิ (40, 50 และ 60 ℃) และเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลน้ำหล่อเย็น (0.25, 0.5 และ 1.0 l/min) ใช้เทอร์โมคัปเปิ้ล type K สำหรับวัดอุณหภูมิผิวของท่อความร้อน โดยเทอร์โมคัปเปิ้ลจะต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลสำหรับเก็บบันทึกข้อมูล เพื่อนำไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน

3. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนนั้นสามารถชี้ได้ด้วยค่าการถ่ายเทความร้อนจริง(Q_{th}) ซึ่งสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของผลต่างระหว่างอุณหภูมิของแหล่งให้ความร้อนกับแหล่งรับความร้อน(ΔT) กับค่าความต้านทานความร้อนรวม(R_{tot}) ดังสมการ (1)

$$Q_{th} = \frac{\Delta T}{R_{total}} \qquad (1)$$

เราสามารถแยกพิจารณาประสิทธิภาพทางความร้อนทางความร้อนทีละส่วนได้ดังนี้

$$\eta_{th} = \frac{Q_{act}}{Q_{th}} \qquad (2)$$

โดยที่

$$Q_{act} = \dot{m} cp(T_2 - T_1) \qquad (3)$$

T_2 = อุณหภูมิน้ำออกส่วนควบแน่น

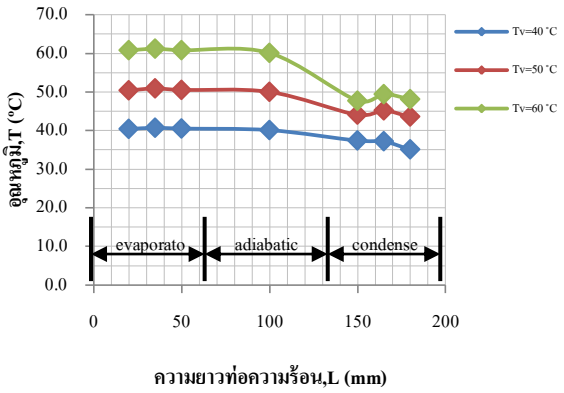
T_1 = อุณหภูมิน้ำเข้าส่วนควบแน่น

$\dot{m}$ = อัตราการไหล

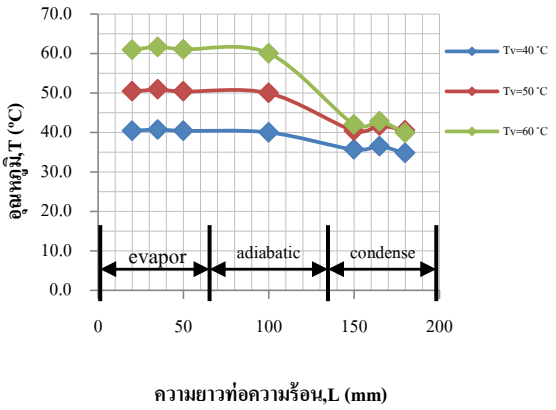
cp = ค่าความจุความร้อน

4. ผลการวิเคราะห์และวิจารณ์ผล

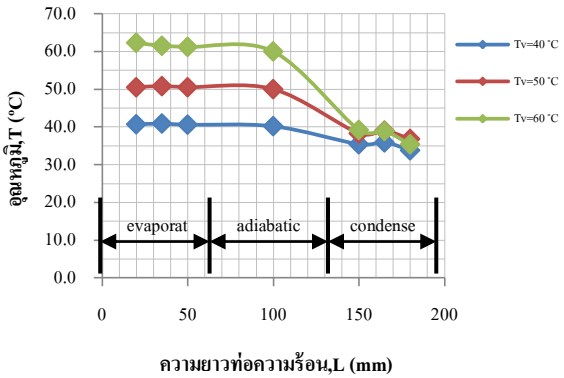
จากการทดลองที่สภาวะต่าง ๆ แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์จะได้ดังแสดงในกราฟต่อไปนี้



รูปที่ 2 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่อัตราการไหลส่วนควบแน่น 0.25 l/min

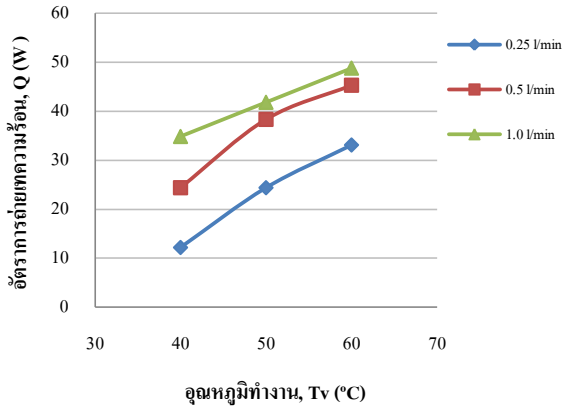


รูปที่ 3 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น 0.5 l/min



รูปที่ 4 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น 1.0 l/min

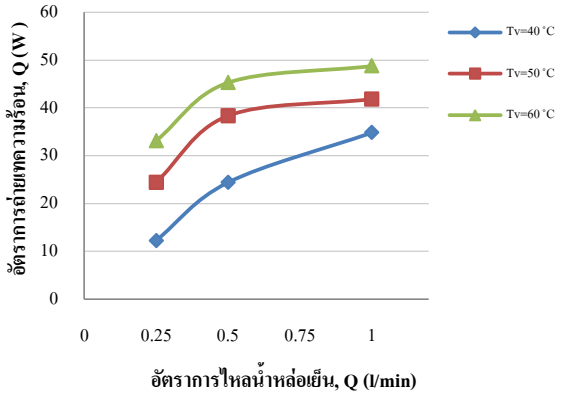
จากภาพที่ 2, 3 และ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของท่อความร้อนกับอุณหภูมิที่ผิวท่อของท่อความร้อนที่ใช้ R-134a เป็นสารทำงาน พบว่าที่อุณหภูมิทำงาน 40 °C อุณหภูมิเฉลี่ยในส่วนทำระเหยเท่ากับ 40.5, 40.5 และ 40.7 °C และอุณหภูมิเฉลี่ยในส่วนควบแน่นเท่ากับ 36.6, 35.7 และ 35.0 °C ที่อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น 0.25, 0.5, และ1.0 l/min จะเห็นได้ว่าการกระจายตัวของอุณหภูมิตลอดความยาวของท่อความร้อนมีแนวโน้มเดียวกันกับ ท่อความร้อนที่อุณหภูมิทำงาน 50°C และ60 °C คือ อุณหภูมิจะลดลงจากส่วนทำระเหยสู่ส่วนควบแน่น เมื่ออุณหภูมิทำงานเพิ่มสูง ผลต่างระหว่างอุณหภูมิระหว่างส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นจะสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อให้ความร้อนแก่ท่อความร้อนสารทำงานดูดซับความร้อนแฝงเดือดระเหยกลายเป็นไอเคลื่อนที่พาความร้อนจากส่วนทำระเหยสู่ส่วนควบแน่น เมื่อสารทำงานคายความร้อนแฝงสู่น้ำหล่อเย็นในส่วนควบแน่นเกิดการกลั่นตัวเป็นของเหลวซึมเข้าภายในวัสดุพรุนแล้วไหลกลับสู่ส่วนทำระเหย แต่เมื่อให้ปริมาณความร้อนเพิ่มสูง สารทำงานเกิดการเดือดระเหยมากขึ้น สารทำงานที่ควบแน่นแล้วไม่สามารถไหลกลับสู่ส่วนทำระเหยได้ทัน เนื่องจากเกิดการเดือดระเหยบางส่วนระหว่างการเคลื่อนที่สู่ส่วนทำระเหย จึงทำให้วัสดุพรุนในส่วนทำระเหยเกิดการแห้ง ซึ่งแสดงได้โดยการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในส่วนทำระเหยอย่างรวดเร็ว สังเกตที่ส่วนทำระเหยการทดสอบที่อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น 1.0 l/min ที่อุณหภูมิทำงาน 60 °C อุณหภูมิในจุดแรกของส่วนทำระเหยสูงกว่าจุดอื่นในส่วนเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าบริเวณดังกล่าวเกิดการแห้งของวัสดุพรุนเพราะสารทำงานไม่สามารถไประบายความร้อนที่บริเวณดังกล่าวได้ การที่สารทำงานไม่สามารถไหลกลับสู่ส่วนทำระเหยได้ทันเรียกปรากฏการณ์ดังกล่าวว่า ขีดจำกัดแคปปิลารี่ ปัจจัยที่ทำให้เกิดขีดจำกัดแคปปิลารี่ คือปริมาณความร้อนเพิ่มสูงขึ้น คุณสมบัติของสารทำงานเกิดการเปลี่ยนแปลงคือมีความหนืดและความตึงผิวลดลง ทำให้ความดันที่เกิดขึ้นจากแรงที่กระทำต่อรูพรุนของวัสดุพรุนลดลงจนมีค่าน้อยกว่าความดันไอของสารทำงานทำให้เกิดความต้านทานการไหลของสารทำงานสู่ส่วนทำระเหย ทำให้อุณหภูมิในส่วนดังกล่าวสูงขึ้น เมื่ออัตราการไหลส่วนควบแน่นเพิ่มสูงขึ้น การพาความร้อนออกจากผิวท่อความร้อนมีปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้ในส่วนควบแน่นลดลง แต่เนื่องจากการการออกแบบชุดทดสอบกำหนดให้น้ำเย็นเข้าชุดทดสอบใบบริเวณจุดแรกของส่วนควบแน่นทำให้เกิดการถ่ายความร้อนบางส่วนทำให้อุณหภูมิผิวท่อบริเวณดังกล่าวลดลง



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิทำงานต่ออัตราการถ่ายความร้อนของท่อความร้อน

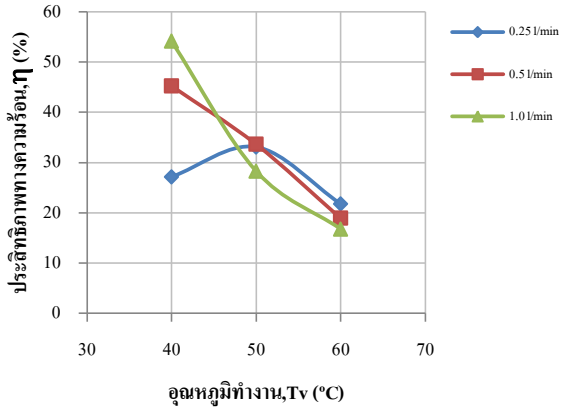
จากรูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิทำงานของท่อความร้อนต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนที่ใช้ R-134a เป็นสารทำงานพบว่าที่อุณหภูมิทำงาน 40 °C อัตราการถ่ายความร้อนจะมีค่าเท่ากับ 12.19 W, 24.38 W และ 34.83 W ที่อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น 0.25, 0.5 และ 1.0 l/min ตามลำดับ อุณหภูมิทำงาน 50 °C อัตราการถ่ายความร้อนจะมีค่าเท่ากับ 24.38 W, 38.81 W และ 41.8 W ที่อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น 0.25, 0.5 และ 1.0 l/min ตามลำดับ อุณหภูมิทำงาน 60 °C อัตราการถ่ายความร้อนจะมีค่าเท่ากับ 33.09 W, 45.28 W และ 48.77 W ที่อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น 0.25, 0.5 และ 1.0 l/min ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแนวโน้มแล้วพบว่าเมื่ออุณหภูมิทำงานเพิ่มขึ้นมีผลทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อน

เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิทำงานสูงขึ้นสารทำงานจะดูดซับปริมาณความร้อนเพื่อเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ สามารถพาความร้อนจากส่วนทำระเหยไปสู่ส่วนควบแน่นได้ปริมาณเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลน้ำหล่อเย็นต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน

จากรูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลน้ำหล่อเย็นของท่อความร้อนต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนพบว่าที่อัตราการไหล 0.25 l/min อัตราการถ่ายเทความร้อนจะมีค่าเท่ากับ 12.19 W, 24.38 W และ 33.09 W ที่อุณหภูมิทำงาน 40, 50 และ 60 ºC ตามลำดับที่อัตราการไหล 0.5 l/min อัตราการถ่ายเทความร้อนจะมีค่าเท่ากับ 24.38 W, 38.81 W และ 45.42 W ที่อุณหภูมิทำงาน 40, 50 และ 60 ºC ตามลำดับ ที่อัตราการไหล1.0 l/min อัตราการถ่ายเทความร้อนจะมีค่าเท่ากับ 34.83 W, 41.8 Wและ48.77 W ที่อุณหภูมิทำงาน 40, 50 และ 60 ºC ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแนวโน้มแล้วพบว่าเมื่ออัตราการไหลน้ำหล่อเย็นเพิ่มขึ้นมีผลทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่ออัตราการไหลน้ำหล่อเย็นน้ำจะสามารถรับเอาปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทออกจากผิวของท่อความร้อนได้มากขึ้นแต่เนื่องจากที่อุณหภูมิทำงานสูงขึ้นท่อความร้อนเริ่มที่จะไม่ทำงานทำให้อัตราการไหลส่วนควบแน่นมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนน้อยลง



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิทำงานต่อประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อน

รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิทำงานต่อประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อน ที่อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น 0.25 l/min พบว่ามีประสิทธิภาพทางความร้อนเท่ากับ 27.16, 33.1 และ 21.79 % ที่อุณหภูมิทำงาน 40, 50 และ 60 ºC ตามลำดับ โดยการทำงานของท่อความร้อนเมื่ออุณหภูมิทำงานเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพทางความร้อนจะสูงขึ้นและเมื่อการทำงานของท่อความร้อนถึงจุดที่ไม่สามารถทำงานได้คือ สารทำงานไม่สามารถไหลกลับไปรับความร้อนจากส่วนทำระเหยได้ ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนลดลง จากกราฟแสดงให้เห็นว่าหากอุณหภูมิการทำงานสูงขึ้นเกินกว่า 50 ºC ท่อความร้อนจะไม่สามารถทำงานต่อไปได้ที่อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น0.5 l/min พบว่ามีประสิทธิภาพทางความร้อนเท่ากับ 45.27, 33.68 และ 18.97 % ที่อุณหภูมิทำงาน 40, 50 และ 60 ºC ตามลำดับซึ่งจากกราฟแสดงให้เห็นว่าการทำงานของท่อความร้อนเกินจากสภาวะที่สามารถทำงานได้ ทำให้เมื่ออุณหภูมิทำงานเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพทางความร้อนลดลงที่อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น 1.0 l/min พบว่ามีประสิทธิภาพทางความร้อนเท่ากับ 54.18, 28.3 และ 16.77 % ที่อุณหภูมิทำงาน 40, 50 และ 60 ºC ตามลำดับซึ่งจากกราฟแสดงให้เห็นว่าการทำงานของท่อ

ความร้อนเกินจากสภาวะที่สามารถทำงานได้ ทำให้เมื่ออุณหภูมิทำงานเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพทางความร้อนลดลง จากทั้งหมดพบว่ามีแนวโน้มเดียวกันคือ เมื่ออุณหภูมิทำงานเพิ่มสูงขึ้นประสิทธิภาพทางความร้อนลดลง โดยช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการทำงานของท่อความร้อนคือช่วงอุณหภูมิ 40 – 50 °C หรือต่ำกว่า อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนจะขึ้นอยู่กับขีดจำกัดของท่อความร้อน

5.สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของท่อความร้อนขนาดเล็กที่ใช้สารทำความเย็น R134 a เป็นสารทำงาน พบว่าท่อความร้อนที่ใช้ R-134a เป็นสารทำงาน มีประสิทธิภาพทางความร้อนดีที่สุดที่อุณหภูมิทำงาน 40 °C โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ และ 54.18 % ที่อัตราการไหลน้ำหล่อเย็น 1.0 l/min และประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิทำงานลดลง

6.กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพและ บริษัทฟูจิคุระประเทศไทย จำกัด ที่ได้สนับสนุนการทำงานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดี

7. เอกสารอ้างอิง

7.1 บทความจากเอกสารประกอบการประชุม (Proceedings)

[1] ธนศักดิ์ ชุมวิสูตร(2546) การศึกษาและพัฒนาโครงสร้างวิกสำหรับฮีตไปป์ ทำมาจากท่อทองแดง. วิทยานิพนธ์(วศ.ม.) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2] วิทยา ยงเจริญ, ณิวัฒนา อัศวารักษ์(2549) การศึกษาสมรรถนะของท่อความร้อนชนิดมีวัสดุพรุนแบบไมโครกรูฟ.ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[3] ธีรพงศ์บริรักษ์,สมบัติทีฆทรัพย์(2550) การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพท่อความร้อนโดยปรับเปลี่ยนสารทำงาน. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย.

[4] อัจฉราวรรณ ลิ้มสกุล, สุรชัย สนิทใจ(2552)การส่งเสริมการถ่ายเทความร้อนในท่อความร้อนโดยใช้ของไหลนาโนเป็นสารทำงานวิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[5] วราภรณ์ รัตตนงพิสัตย์,ชลลดาพิมพา, นิพัทธ์อ่อนคำพา, สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์(2552) ท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่มี R 134a เป็นสารทำงานทดสอบณอุณหภูมิต่ำสาขาวิชาฟิสิกส์และสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร

7.2 หนังสือ

[1] JirapolKlinbun.(2007)Evalution of Porous Material Porosity for High Thermal Performance in Miniature HeatPipe.Department Mechanical Engineering,Chaingmai University. Thailand.,

[2] G.P. Peterson.(1994) An Introduction to Heat Pipe: Modeling, Testing, and Application. United State of America.John Wiley & Sons, lnc.