ธีรพงศ์ บริรักษ์* และสมบัติ ทีฆทรัพย์**

การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของท่อความร้อนโดยการปรับเปลี่ยนสารทำงาน

Thermal Efficiency Enhancement of Heat Pipe by Change Working fluids

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานของท่อความร้อน ในกรณีที่ใช้สารทำงานประกอบด้วย น้ำ แอลกอฮอล์ และสารทำความเย็น R134a โดยเติมลงในท่อความร้อนทำจากทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 mm ยาว 600 mm และทำการปรับเปลี่ยนปริมาตรของสารทำงานภายในท่อความร้อนตั้งแต่ 50 % , 66% และ 75% โดยปริมาตรของท่อความร้อน เพื่อหาปริมาตรสารทำงานที่เหมาะสมในการทำให้ท่อความร้อนมีประสิทธิภาพสูงสุด และปรับมุมเอียงของท่อความร้อนตั้งแต่ 0, 15, 30, 45, 60 และ 90 องศา ในส่วนรับความร้อนใช้เครื่องกำเนิดความร้อนเพื่อให้ความร้อนแก่ท่อความร้อน สามารถปรับค่าความร้อนที่ป้อนให้ระหว่าง 30-70 W และใช้น้ำระบายความร้อนแก่ท่อความร้อน โดยควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่ทางเข้าชุดระบายความร้อนระหว่าง 20-25 °C จากการทดสอบพบว่าท่อความร้อนที่ใช้สารทำความเย็น R134a ที่มีปริมาตรสารทำความเย็น R134a จำนวน 40%โดยปริมาตรเมื่อวางท่อความร้อนที่มุมเอียง 0 องศาให้ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดเท่ากับ 92.02% และท่อความร้อนที่ใช้แอลกอฮอล์ที่มีปริมาตรแอลกอฮอล์จำนวน 66% โดยปริมาตรเมื่อวางท่อที่มุมเอียง 45 องศาให้ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดเท่ากับ 69.3% ในขณะท่อความร้อนที่ใช้น้ำจำนวน 66 % โดยปริมาตรเมื่อวางท่อความร้อนที่มุมเอียง 60 องศา ให้ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดท่ากับ 66.6%

คำสำคัญ: ท่อความร้อน

Abstract

This research tested and compared thermal efficiency of heat pipe with water, alcohol, R134a refrigerant. The heat pipes were fabricated from straight copper tube with diameter of 15 mm and length of 600 mm The experiments had been done at various input power for heater (heat source) of 30-70 W at tilt angle of 0-90°. Control temperature for the condensing section was controlled at 20-25 °C. Then result showed that when using R134a refrigerant as working fluid, at tilt angle of 0° and 40% charge, the heat pipe gave out the highest efficiency at 92.02%. When using alcohol as working fluid, at tilt angle of 45° and 66% charge, the heat pipe gave out the highest efficiency at 69.3%. And when using de-ionic water as working fluid, at tilt angle of 60° and 63% charge, the heat pipe gave out the highest thermal efficiency of 66.6%.

Keywords: heat pipe

* อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

**คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

ความนำ

ท่อความร้อนเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีอัตราการถ่ายเทความร้อนได้อย่างรวดเร็ว แม้ในภาวะที่มีผลต่างของอุณหภูมิไม่มากนัก สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการแลกเปลี่ยนความร้อนในลักษณะต่าง ๆ เช่น การกำจัดความร้อนออกจากชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ การนำความร้อนจากก๊าซทิ้งกลับมาใช้ใหม่ การหล่อเย็นเครื่องยนต์ หรือระบบทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น

กฤษณ์ ตรีทรงเกียรติ์ และคณะ (2531) ได้สร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบใช้ท่อความร้อนโดยนำท่อทองแดงบรรจุน้ำเป็นของเหลวใช้งานภายในท่อ ด้านบนของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ทำจากกระจกเอียงเป็นมุม 14 องศากับแนวระดับ ชุดสะท้อนรังสีทำด้วยแผ่นสังกะสีปิดทับด้วยแผ่นสะท้อนรังสีขนาด 1.035 ตารางเมตร จากการทดสอบพบว่าสามารถทำน้ำอุ่นปริมาตร 30 ลิตร ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 68 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิที่ผิวของแผ่นรับรังสีมีค่าเท่ากับ 103 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพรวมสูงสุดมีค่าเท่ากับร้อยละ 28

Faghri (1996) ใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงเลขและทำการจำลองสำหรับท่อความร้อนภายใต้สภาวะคงที่ โดยเริ่มต้นทดสอบท่อความร้อนที่สภาวะอุณหภูมิขาเข้าสูง ปานกลางและต่ำสำหรับพื้นที่หน้าตัดของท่อความร้อนแบบทรงกลมและแบบเหลี่ยม โดยใช้ท่อความร้อนขนาดเล็ก (micro heat pipe) เทอร์โมไซฟอน ท่อความร้อนแบบหมุน ท่อความร้อนแบบหมุนวน ท่อความร้อนแบบคาปิลารี

Dussadee et al. (2007) ใช้ท่อความร้อนควบคุมอุณหภูมิภายในไซโลเก็บข้าวเปลือก ขนาด 1000 กิโลกรัม ท่อความร้อนที่ใช้ทำจากท่อทองแดง โดยใช้ครีบในการถ่ายเทความร้อนพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีขนาดเท่ากับ 16 ตารางเมตร ควบคุมความชื้นในระบบที่ 12.8 %และควบคุมอุณหภูมิภายในไซโลประมาณ 28 องศาเซลเซียส

Vlassov et al. (2006) ได้เปรียบเทียบสารทำงานแอมโมเนียและอะซีโตน โดยน้ำหนัก เพื่อหาสารทำงานที่เหมาะสมในการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อน โดยปรับค่าความร้อนในด้านรับความร้อนระหว่าง 20-80 วัตต์ จากการศึกษาโดยใช้ระเบียบวิธีเชิงเลขร่วมกับการใช้เครื่องมือทดสอบ พบว่า อะซีโตนสามารถทำให้การแผ่รังสีความร้อนของท่อความร้อนมากกว่าแอมโมเนีย

Maezawa et al. (1996) ทำการวิจัยการถ่ายเทความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนจากอากาศสู่อากาศ โดยใช้ท่อทองแดงแบบไร้วิกก์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อเท่ากับ 2 มิลลิเมตรสำหรับการใช้สารทำความเย็นแบบ R 134b เป็นสารตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนและท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ 5.34 มิลลิเมตรสำหรับการใช้น้ำ เป็นสารตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน ความยาวของท่อเท่ากับ 48 เมตร จำนวนท่อ 40 กลับ โดยที่ด้านปลายของท่อเป็นแบบปลายปิด ค่าความร้อนที่ให้กับท่อทองแดงตั้งแต่ 0-1200 วัตต์ จากการทดลองพบว่า การใช้สารทำความเย็นแบบ R 134b มีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนดีกว่าการใช้น้ำเป็นสารตัวกลางค่าการถ่ายเทความร้อนที่ได้ค่อนข้างคงที่

จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับท่อความร้อน พบว่าท่อความร้อนนั้นมีการศึกษามานานแล้วโดยท่อความร้อนมีรูปแบบและการทำงานรวมทั้งอุปกรณ์คล้ายกัน แต่แตกต่างกันในเรื่องของสารทำงานที่ใช้ภายในท่อความร้อนโดยมีสารทำงานทั้งที่เป็นก๊าซและของเหลว จึงเป็นที่มาในการทำวิจัยเรื่องนี้

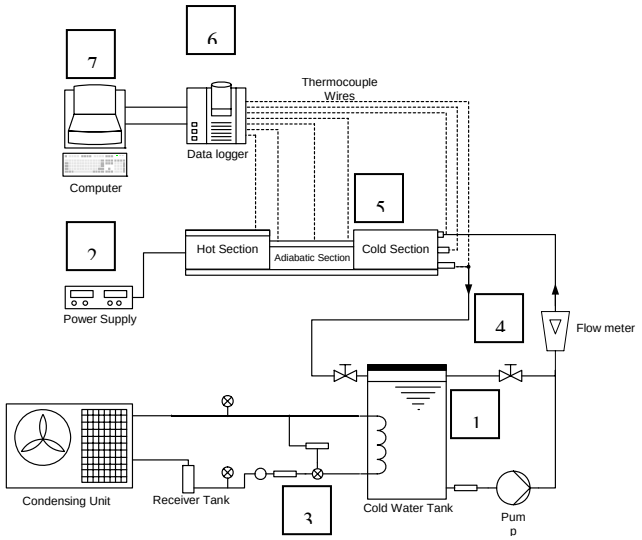
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ชุดทดลองได้แบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลัก คือ ส่วนชุดทดสอบท่อความร้อน ชุดเก็บข้อมูล ชุดทำน้ำเย็น ชุดควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับขดลวดความร้อน และชุดควบคุมอุณหภูมิน้ำเย็น

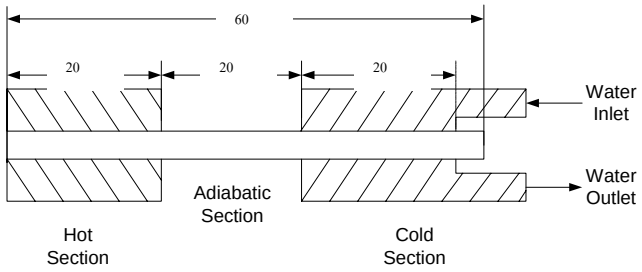
การทดลองใช้ชุดทดสอบโดยมีหลักการคือ ในส่วนของการให้ความร้อนแก่ท่อความร้อนโดยเครื่องกำเนิดความร้อน (heater) ขนาด 300 W สามารถ เลือกปรับค่าความร้อนระหว่าง 30-70 W ส่วนด้านควบแน่นทำการหล่อเย็นโดยใช้น้ำ ควบคุมค่าอุณหภูมิที่ทางเข้าระบบไม่เกิน 25 °C สามารถปรับอัตราการไหลของน้ำได้ ซึ่งการวัดค่าอุณหภูมิในระบบทั้งหมดจะทำการบันทึกโดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูลจากนั้นส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลการทดลอง สำหรับสารทำงานของท่อความร้อนใช้ น้ำ แอลกอฮอล์ และสารทำความเย็น R134a

จากภาพ 1 ประกอบด้วยชุดทดลองและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. ชุดระบบน้ำเย็น
2. ชุดปรับกำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดความร้อน
3. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ
4. ชุดปรับอัตราการไหลของน้ำเย็น
5. ชุดทดสอบท่อความร้อน
6. เครื่องเก็บข้อมูล
7. คอมพิวเตอร์



ภาพ 1 ไดอะแกรมของอุปกรณ์การทดลอง



ภาพ 2 ขนาดของท่อความร้อน

ภาพ 3 ภาพถ่ายอุปกรณ์ในการทดสอบ

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1. ใส่สารทำงานลงในท่อความร้อนตามอัตราส่วน จากนั้นทำสุญญากาศภายในท่อเพื่อไม่ให้ขัดขวางกระบวนการควบแน่นของไอของสารทำงาน

2. เปิดชุดทำน้ำเย็น โดยปรับตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 20ๆ C

3. เปิดปั๊มน้ำและปรับอัตราการไหลของน้ำที่ 1.05150 x 10^{-6} ลูกบาศก์เมตร/วินาที

4. เปิดเครื่องเก็บข้อมูล

5. เมื่อชุดทำน้ำเย็นได้อุณหภูมิน้ำที่ 20ๆ C แล้วจึงเปิดชุดควบคุมกำลังไฟฟ้าของขดลวดความร้อน ที่ 50 วัตต์

6. ตรวจสอบมุมที่ให้ค่าประสิทธิภาพมากที่สุดโดยปรับมุมของชุดทดสอบท่อความร้อนเป็น 0,15,30,45,60,90 องศา ตามลำดับ

7. เมื่อกราฟอุณหภูมิที่แสดงอุณหภูมิของน้ำเข้าและออกในระบบเริ่มคงที่จึงสามารถเก็บข้อมูลไปคำนวณหาประสิทธิภาพได้

8. เมื่อทราบมุมที่ให้ประสิทธิภาพมากที่สุดแล้วให้ใช้ค่ามุมนั้นแล้วปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าของขดลวดความร้อนเป็น 30,40,50,60 และ 70 วัตต์ ตามลำดับ

9. ทำตามข้อ 1-7 โดยการเปลี่ยนปริมาตรสารทำงานภายในท่อความร้อน เก็บข้อมูลที่ได้พร้อมคำนวณหาประสิทธิภาพ

ในส่วนของการเก็บบันทึกค่าผลการวัดอุณหภูมิที่จุดวัดต่าง ๆ นั้นจะใช้เครื่องเก็บข้อมูลในการวัดและแปรผลเป็นกราฟแนวโน้มของอุณหภูมิ สำหรับจุดที่ทำการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลสำหรับวัดค่าอุณหภูมิจะติดตั้งบริเวณผิวของท่อความร้อนที่ระยะห่าง ทุก ๆ 20 เซนติเมตร เพื่อนำข้อมูลของอุณหภูมิทุกจุดมาเปรียบเทียบกัน

ตัวแปรที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

จัดตัวแปรที่จะทำการวิจัยออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1.กลุ่มตัวแปรอิสระ ได้แก่

-กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้ขดลวดความร้อน

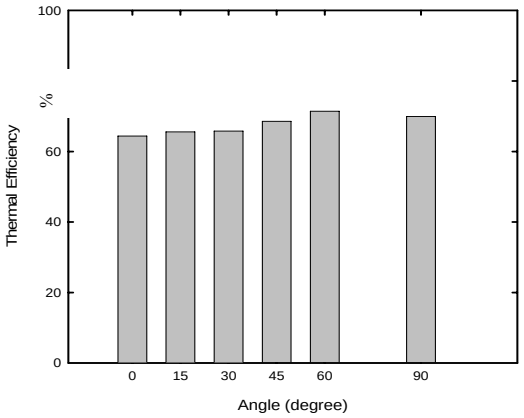
- มุมของท่อความร้อน
- ปริมาตรสารทำงาน
- ปริมาตรอนุภาคนาโน

2.กลุ่มตัวแปรตาม

- อุณหภูมิที่จุดต่างๆของท่อความร้อน
- ประสิทธิภาพของท่อความร้อน

ผลการวิจัย

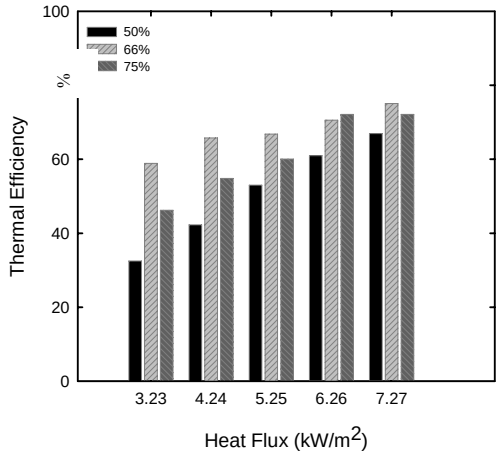
การเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อน มุม เอียงของท่อความร้อน โดยใช้น้ำบริสุทธิ์เป็นสารทำงาน โดยให้ความร้อนเท่ากับ 5.25 kW/m^2 อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำเย็น 1.05 m^3/s



ภาพ 4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนกับมุมเอียงโดยใช้น้ำเป็นสารทำงาน

จากภาพ 4 แสดงถึงประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนเมื่อปรับเปลี่ยนมุมเอียงของท่อความร้อน จากกราฟพบว่าเมื่อเพิ่มมุมเอียงของท่อความร้อนจาก 0^o จนถึงมุม 60^o ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และที่มุมเอียง 60^o นี้ให้

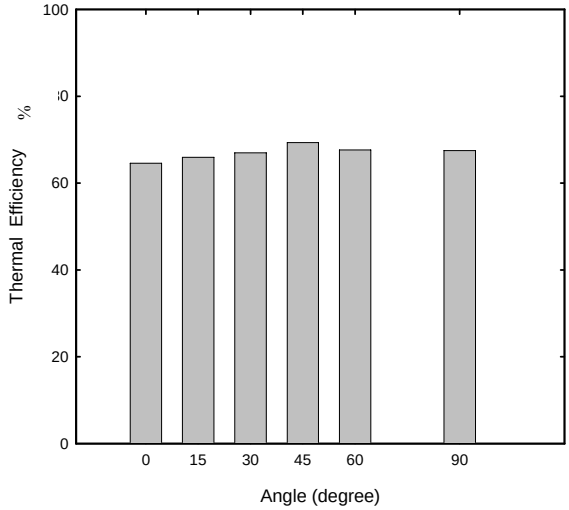
ประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนสูงสุดเท่ากับ 66.6% แต่หลังจากเพิ่มมุมเอียงเกิน 60° ไปแล้วค่าประสิทธิภาพทางความร้อนลดลง เนื่องจากการวางท่อในแนวดิ่งทำให้เกิดเป็นชั้นฟิล์มของของไหลที่ผนังท่อ ซึ่งไปเพิ่มความต้านทานการถ่ายเทความร้อน และอุณหภูมิ ของท่อความร้อน ส่วนการวางในแนวระดับนั้น สารทำงานนั้นกลับไปยังส่วนของการระเหยได้ด้วยแรงคาปิรารี่ และยังไม่เกิดชั้นของของไหลที่ผนัง จึงทำให้การถ่ายเทความร้อนจากขดลวดความร้อนในด้านรับความร้อนทำได้อย่างรวดเร็ว แต่เนื่องจากท่อความร้อนเป็นแบบไม่มีวิกค์จึงจำเป็นต้องเอียงท่อความร้อนเพื่อให้สารทำงานที่ควบแน่นกลับมายังส่วนทำระเหยได้โดยแรงโน้มถ่วงของโลก การเพิ่มมุมเอียงนั้นทำให้ประสิทธิภาพท่อความร้อนตามแนวแกนเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงมุมเอียงที่จุดๆหนึ่งค่าประสิทธิภาพเริ่มคงที่หรือมีแนวโน้มลดลงแม้จะเพิ่มมุมเอียงอีกก็ตาม



ภาพ 5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนกับค่าความร้อนโดยใช้น้ำเป็นสารทำงาน

จากภาพ 5 แสดงการเพิ่มค่าความร้อนให้กับท่อความร้อนตั้งแต่ 3.23-7.27 kW/m^2 ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้นตามค่าความร้อนที่ป้อนให้แก่ท่อความร้อน เนื่องจากเมื่อเพิ่มค่าความร้อนให้กับท่อความร้อนทำให้เกิดความร้อนสะสมแก่ท่อความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิด้านถ่ายเทความร้อนสูงขึ้น ประสิทธิภาพทางความร้อนจึงเพิ่มขึ้น และในการปรับเปลี่ยนปริมาตรสารทำงานภายในท่อ ตั้งแต่ 50 % จนถึง 75% เพื่อหาปริมาตรที่ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนสูงสุด พบว่าสารทำงาน 66% โดยปริมาตร ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อสูงสุดเท่ากับ 66.6 % และเมื่อเพิ่มปริมาตรสารทำงานขึ้นอีกประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนจะลดลง เนื่องจากพื้นที่ว่างของท่อความร้อนที่ใช้ในการควบแน่นของสารทำงานน้อยลง ดังนั้นเมื่อสารทำงานระเหยเป็นไอ ความดันภายในท่อความร้อนจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสารทำงานไม่สามารถเดือดเพิ่มได้อีก จึงทำให้ประสิทธิภาพลดลง

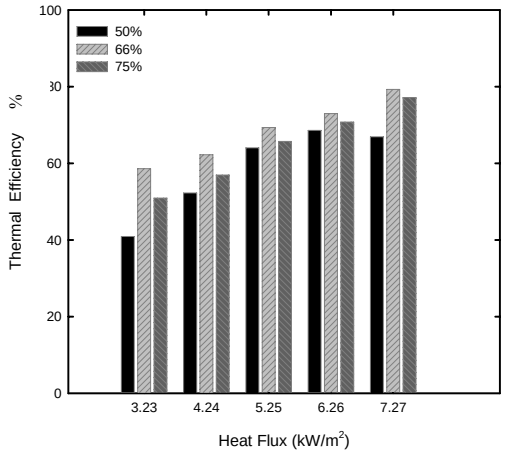
การเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพทาง ความร้อน มุม เอียงของท่อความร้อน โดยใช้แอลกอฮอล์เป็นสารทำงาน โดยให้ความร้อนเท่ากับ 5.25 kW/m^2 อัตราการไหลของน้ำเย็น 1.05 m^3/s



ภาพ 6 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนกับมุมเอียงโดยใช้แอลกอฮอล์เป็นสารทำงาน

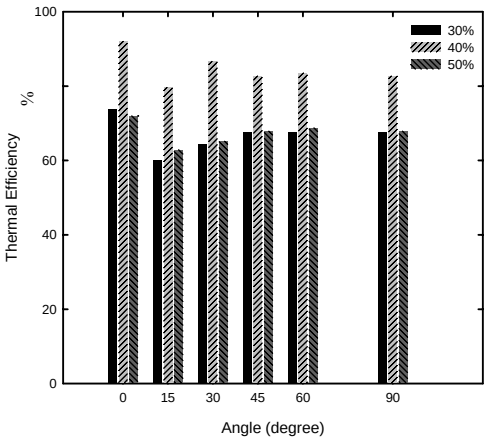
จากภาพ 6 แสดงถึงประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนเมื่อปรับเปลี่ยนมุมเอียงของท่อความร้อน จากกราฟพบว่า เมื่อเพิ่มมุมเอียงของท่อความร้อน

จาก 0^{o} จนถึงมุม 45^{o} ประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และที่มุมเอียง 45^{o} ให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนสูงสุดเท่ากับ 69.3% แต่หลังจากมุมเอียง 45^{o} ไปแล้วค่าประสิทธิภาพทางความร้อนจะลดลงซึ่งมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของกราฟประสิทธิภาพและอุณหภูมิเช่นเดียวกันกับการใช้น้ำเป็นสารทำงาน



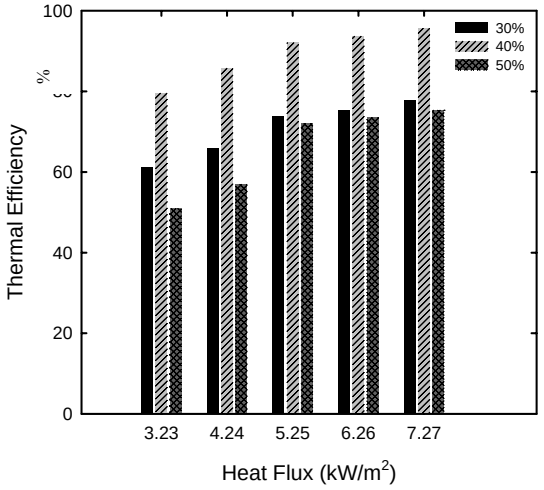
ภาพ 7 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนกับค่าความร้อนโดยใช้แอลกอฮอล์เป็นสารทำงาน

จากภาพ 7 แสดงการเพิ่มค่าความร้อนให้กับท่อความร้อนตั้งแต่ 3.23-7.27 kW/m^2 ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้นตามค่าความร้อนที่ป้อนให้แก่ท่อความร้อนซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับรูปที่ 6 สำหรับการปรับเปลี่ยนปริมาตรสารทำงานตั้งแต่ 50 % จนถึง 75% เพื่อหาปริมาตร ที่ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนสูงสุด พบว่าที่ปริมาตรสารทำงาน 66% โดยปริมาตรท่อทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อสูงสุดมีค่าเท่ากับ 69.3% เมื่อเพิ่มปริมาตรสารทำงานขึ้นอีก ประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนจะลดลง ซึ่งเป็นไปในรูปแบบเช่นเดียวกันกับการใช้น้ำเป็นสารทำงาน



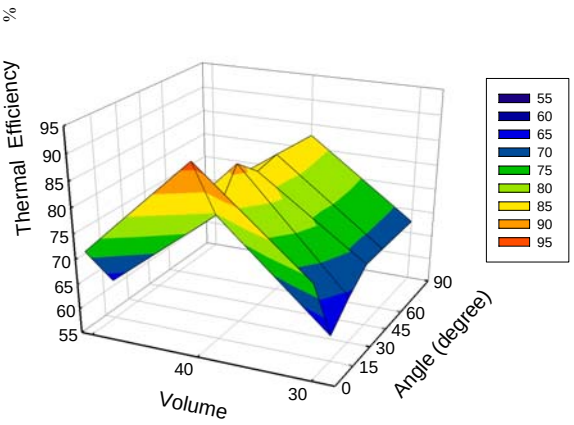
ภาพ 8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนกับมุมเอียงโดยใช้สารทำความเย็น R 134a เป็นสารทำงาน

จากภาพ 8 แสดงถึงประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนเมื่อปรับเปลี่ยนมุมเอียงของท่อความร้อน พบว่าเมื่อมุมเอียงของท่อความร้อนมีค่าเท่ากับ 0^{o} ประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 92.02% และเมื่อปรับมุมเอียงเพิ่มขึ้น ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนลดลงซึ่งมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของกราฟประสิทธิภาพทางความร้อนเช่นเดียวกันกับการใช้น้ำและแอลกอฮอล์เป็นสารทำงาน



ภาพ 9 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนกับค่าความร้อนโดยใช้สารทำความเย็น R 134a เป็นสารทำงาน

จากภาพ 9 แสดงการเพิ่มค่าความร้อนให้กับท่อความร้อนตั้งแต่ 3.23-7.27 kW/m^2 ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามค่าความร้อนที่ป้อนให้แก่ท่อความร้อนซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับภาพประกอบ 5 สำหรับการปรับเปลี่ยนปริมาตรสารทำงานตั้งแต่ 30% จนถึง 50% เพื่อหาปริมาตร ที่ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนสูงสุด พบว่าที่ปริมาตรสารทำงาน 40% โดยปริมาตรท่อทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อสูงสุดมีค่าเท่ากับ 92.02% เมื่อเพิ่มปริมาตรสารทำงานขึ้น ประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนจะลดลง ซึ่งเป็นไปในรูปแบบเช่นเดียวกันกับการใช้น้ำและแอลกอฮอล์เป็นสารทำงาน



ภาพ 10 การเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อน มุม และปริมาตร โดยใช้ สารทำความเย็น R 134a เป็นสารทำงาน

จากภาพ 10 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อน มุม และปริมาตร โดยใช้สารทำความเย็น R134a เป็นสารทำงาน พบว่าที่ปริมาตรสารทำงาน 40% โดยปริมาตรท่อ มุมเอียงของท่อความร้อนมีค่าเท่ากับ 0° ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนสูงสุดมีค่าเท่ากับ 92.02%

สรุปผลการทดสอบ

ผลการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อน โดยใช้น้ำเป็นสารทำงาน เมื่อเติมสารทำงาน 66 % ของปริมาตรท่อและวางท่อเป็นมุมเอียง 60° ให้ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดเท่ากับ 66.6 % สำหรับท่อความร้อนที่ใช้แอลกอฮอล์เป็นสารทำงานเมื่อเติมสารทำงาน 66% โดยปริมาตรท่อและวางท่อเป็น มุมเอียง 45° ให้ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดเท่ากับ 69.31 % และท่อความร้อนที่ใช้สารทำความเย็น R134a เป็นสารทำงานเมื่อเติมสารทำงาน 40% โดยปริมาตรท่อและวางท่อเป็นมุมเอียง 0 องศาให้ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดเท่ากับ 92.02%

ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนเปลี่ยนแปลงไปตามจุดเดือดของสารทำงาน กล่าวคือสารทำงานที่มีจุดเดือดต่ำจะให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าสารทำงานที่มีค่าจุดเดือดสูงกว่า ในที่นี้สารทำความเย็น R 134a มีค่าจุดเดือดต่ำที่สุดรองมาคือแอลกอฮอล์ และน้ำมีค่าจุดเดือดสูงที่สุด

การเติมปริมาตรสารทำงานในท่อความร้อน พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาตรสารทำงานขึ้นจากจุดที่ให้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดแล้ว เมื่อเพิ่มปริมาณสาทำงานเข้าไปอีกประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนจะลดลง เนื่องจากพื้นที่ว่างของท่อความร้อนที่ใช้ในการควบแน่นของสารทำงานน้อยลง ดังนั้นเมื่อสารทำงานระเหยเป็นไอ ความดันภายในท่อความร้อนจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสารทำงานไม่สามารถเดือดเพิ่มได้อีก จึงทำให้ประสิทธิภาพลดลง

ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนลดลง เมื่อมุมเอียงในการวางท่อมากขึ้นจากจุดที่ให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด เนื่องจากการวางท่อในแนวดิ่งจะทำให้เกิดเป็นชั้นฟิล์มของของไหลที่ผนังท่อ ซึ่งไปเพิ่มความต้านทานการถ่ายเทความร้อน และอุณหภูมิ ของท่อความร้อน ส่วนการวางในแนวระดับนั้น สารทำงาน

นั้นกลับไปยังส่วนของการระเหยได้ด้วยแรงคาปิรารี่ และยังไม่เกิดชั้นของของไหลที่ผนังจึงทำให้การถ่ายเทความร้อนจากขดลวดความร้อนในด้านรับความร้อนทำได้อย่างรวดเร็ว แต่เนื่องจากท่อความร้อนเป็นแบบไม่มีวิกค์จึงจำเป็นต้องเอียงท่อความร้อนเพื่อให้สารทำงานที่ควบแน่นกลับมายังส่วนทำระเหยได้โดยแรงโน้มถ่วงของโลก การเพิ่มมุมเอียงนั้นทำให้ประสิทธิภาพท่อความร้อนตามแนวแกนเพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงมุมเอียงที่จุดๆหนึ่งค่าประสิทธิภาพเริ่มคงที่หรือมีแนวโน้มลดลงแม้จะเพิ่มมุมเอียงอีกก็ตาม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กฤษณ์ ตรีทรงเกียรติ์, เกรียงศักดิ์ ธีระวัฒนชัย, ดำรงค์ ชาณชัยวรชัย และวัฒนชัย ฉันชัยพัฒนา. (2531). *เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์.* วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Cengel, Y. A., and Boles, M. A. (2002). *Thermodynamics and engineering Approach.* (4th. ed.). New York; McGraw-Hill Higher Education.

Chi, S.W. (1976). *Heat Pipe Theory and Practice.* New York: McGraw-Hill Book.

Dussadee, N., Punsaensri, T., and Kiatsiriroat, T. (2007). Temperature control of paddy bulk storage with aeration-thermosyphon heat pipe. *Energy Conversion and Management. 34*, 162-175.

Faghri, A. (1996). *Heat pipe simulation: From promise to reality: Heat pipe technology theory applications*, V.1, 1-21. Great Britain: Galliard.

Maezawa, S. (1996). *Heat pipe science and technology in japan, heat pipe technology theory applications and prospects.* Great Britain: Galliard.

Maezawa, S., Nakajima, R., Gi, K., and Akachi, H. (1996). *Experimental study on chaotic behavior of thermohydraulic oscillation in oscillating thermosyphon. Heat pipe technology theory applications and prospects.* Great Britain: Galliard.

Vlassov, V.V., Sousa, F.L., and Takahashi W. K. (2006). Comprehensive optimization of a heat pipe radiator assembly filled with ammonia or acetone. *International Journal of Heat and Mass transfer. 49*.