การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของท่อความร้อน โดยการปรับเปลี่ยนสารทำงาน

Thermal Efficiency Enhancement of Heat Pipe by Change Working Fluids

ธีรพงศ์ บริรักษ์* และ รศ.ดร.สมบัติ ทีฆทรัพย์**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานของท่อความร้อน ในกรณีที่ใช้สารทำงานประกอบด้วย น้ำ แอลกอฮอล์ และสารทำความเย็น R134a โดยเติมลงในท่อความร้อนทำจากทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 mm ยาว 600 mm ส่วนรับความร้อนใช้เครื่องกำเนิดความร้อน ในการให้ความร้อนแก่ท่อความร้อน สามารถปรับค่าความร้อนที่ป้อนให้ระหว่าง 30 - 70 W และใช้น้ำระบายความร้อนแก่ท่อความร้อน ควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่ทางเข้าชุดระบายความร้อนระหว่าง 20 - 25 °C ผลการทดสอบพบว่าที่มุมเอียง 0 องศาและปริมาตรสารทำความเย็น R134a 40% ให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 92.02% และที่มุมเอียง 45 องศา และปริมาตรแอลกอฮอล์ 66% ให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 69.3% ในขณะที่ใช้น้ำ เป็นสารทำงานพบว่าที่มุมเอียง 60 องศา ปริมาตร ให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดท่ากับ 66.6%

คำสำคัญ : ท่อความร้อน, สารทำงาน

Abstract

The objectives of this research are to study and compare and test thermal efficiency of heat pipe with de-ionic water, alcohol and R134a refrigerant . The heat pipes are fabricated from a straight copper tube with a 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 and tilt angle of 0 - 90°. The Control temperature for the condensing section was controlled at 20 - 25 °C. Result of the tests showed that when using R134a refrigerant , as working fluid, at tilt angle of 0° and 40% charge, the heat pipe gives the highest efficiency at 92.02%. When using alcohol as working fluid, at tilt angle of 45° and 66% charge, the heat pipe

*อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

**รองอธิการบดีฝ่ายประกันคุณภาพการศึกษา และ คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

gives 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 has the highest thermal efficiency of 66.6%.

Keywords : heat pipe, working fluid

ความนำ

ท่อความร้อนเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีอัตราการถ่ายเทความร้อนได้อย่างรวดเร็ว แม้ในภาวะที่มีผลต่างของอุณหภูมิไม่มากนัก สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการแลกเปลี่ยนความร้อนในลักษณะต่าง ๆ เช่น การกำจัดความร้อนออกจากชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ การนำความร้อนจากก๊าซทิ้งกลับมาใช้ใหม่ การหล่อเย็นเครื่องยนต์ หรือระบบทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น

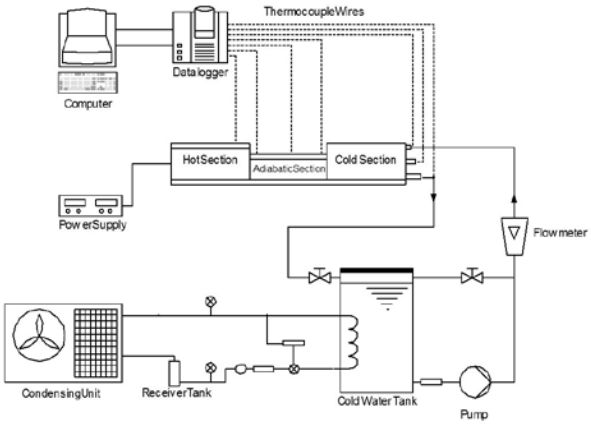
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ชุดทดลองได้แบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลัก คือ ส่วนชุดทดสอบท่อความร้อน ชุดเก็บข้อมูล ชุดทำน้ำเย็น ชุดควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับขดลวดความร้อน และชุดควบคุมอุณหภูมิน้ำเย็น

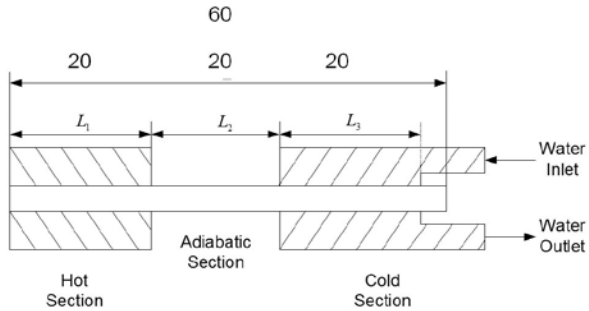
การทดลองจะใช้ชุดทดสอบโดยมีหลักการคือในส่วนของการให้ความร้อนแก่ท่อความร้อนโดยเครื่องกำเนิดความร้อน (Heater) ขนาด 300 W สามารถ เลือกปรับค่าความร้อนระหว่าง 30 - 70 W ส่วนด้านควบแน่นทำการหล่อเย็นโดยใช้น้ำ ควบคุมค่าอุณหภูมิที่ทางเข้าระบบไม่เกิน 25 °C สามารถปรับอัตราการไหลของน้ำได้ ซึ่งการวัดค่าอุณหภูมิในระบบทั้งหมดจะทำการบันทึกโดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูลจากนั้นส่งข้อมู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

จากภาพ 1 ประกอบด้วยชุดทดลองและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

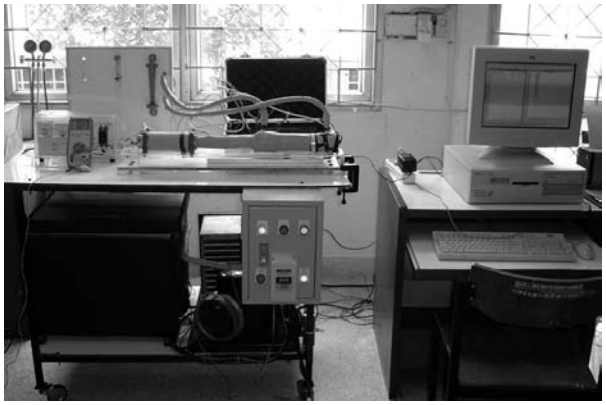
1. ชุดระบบน้ำเย็น
2. ชุดปรับกำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดความร้อน
3. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ
4. ชุดปรับอัตราการไหลของน้ำเย็น
5.ขุดทดสอบท่อความร้อน
6.เครื่องเก็บข้อมูล
7.คอมพิวเตอร์



ภาพ 1 ไดอะแกรมของอุปกรณ์การทดลอง



ภาพ 2 ขนาดของท่อความร้อน

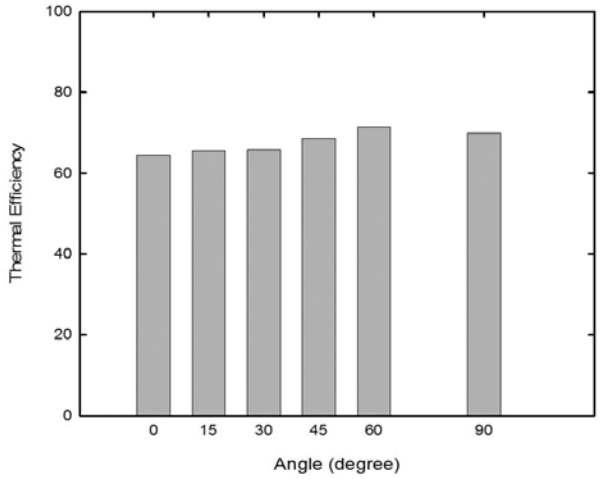


ภาพ 3 ภาพถ่ายอุปกรณ์ในการทดสอบ

ในส่วนของการเก็บบันทึกค่าผลการวัดอุณหภูมิที่จุดวัดต่าง ๆ ใช้เทอร์โมคัปเปิลวัดค่าอุณหภูมิ ติดตั้งบริเวณผิวของท่อความร้อนที่ระยะห่าง ทุก ๆ 20 cm ส่งให้เครื่องเก็บข้อมูลเพื่อทำการแปรผลเป็นกราฟแนวโน้มของอุณหภูมิ

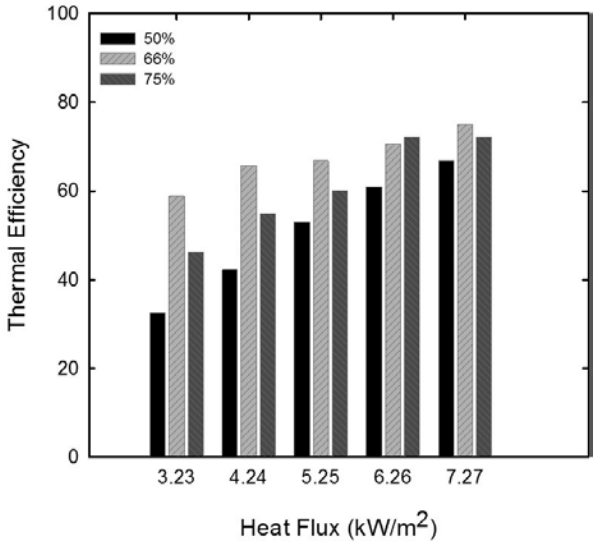
ผลการทดลอง

การเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน มุม เอียงของท่อความร้อน โดยใช้น้ำบริสุทธิ์เป็นสารทำงาน โดยให้ฟลักซ์ความร้อนเท่ากับ 5.25 kW/m^2 อัตราการไหลของน้ำเย็น 1.05 m^3/s



ภาพ 4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนกับมุมเอียงโดยใช้น้ำบริสุทธิ์เป็นสารทำงาน

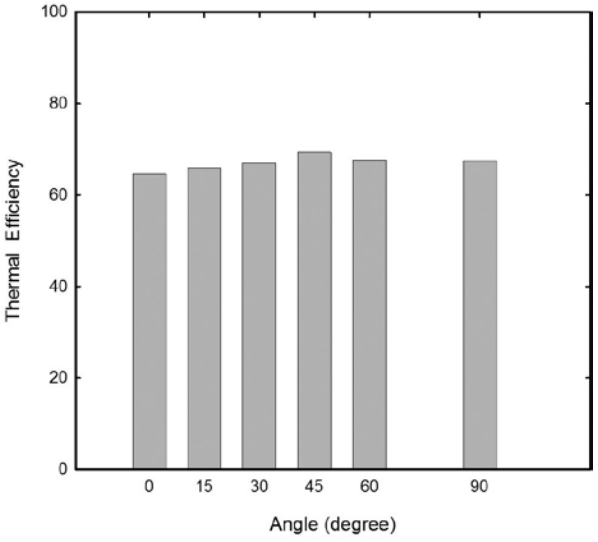
จากภาพ 4 แสดงถึงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนเมื่อปรับเปลี่ยนมุมเอียงของท่อความร้อน จากกราฟพบว่าเมื่อเพิ่มมุมเอียงของท่อความร้อนจาก 0^o จนถึงมุม 60^o ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และที่มุมเอียง 60^o นี้จะให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนสูงสุดเท่ากับ 66.6% แต่หลังจากเพิ่มมุมเอียงเกิน 60^o ไปแล้วค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะลดลง เนื่องจากการวางท่อในแนวดิ่งจะทำให้เกิดเป็นชั้นฟิลม์ของของไหลที่ผนังท่อ ซึ่งจะไปเพิ่มความต้านทานการถ่ายเทความร้อน และอุณหภูมิของท่อความร้อน ส่วนการวางในแนวระดับนั้น สารทำงานจะกลับไปส่วนของการระเหยได้ด้วยแรงคาปิรารี่ และยังไม่เกิดชั้นของของไหลที่ผนังจึงทำให้การถ่ายเทความร้อนจากขดลวดความร้อนในด้านรับความร้อนทำได้อย่างรวดเร็ว แต่เนื่องจากท่อความร้อนเป็นแบบไม่มีวิกค์จึงจำเป็นต้องเอียงท่อความร้อนเพื่อให้สารทำงานที่ควบแน่นกลับมายังส่วนทำระเหยได้โดยแรงโน้มถ่วงของโลก การเพิ่มมุมเอียงนั้นจะทำให้ประสิทธิภาพท่อความร้อนตามแนวแกนเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงมุมเอียงที่จุด ๆ หนึ่งค่าประสิทธิภาพจะเริ่มคงที่หรือมีแนวโน้มลดลงแม้จะเพิ่มมุมเอียงอีกก็ตาม



ภาพ 5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนกับค่าความร้อนโดยใช้น้ำบริสุทธิ์เป็นสารทำงาน

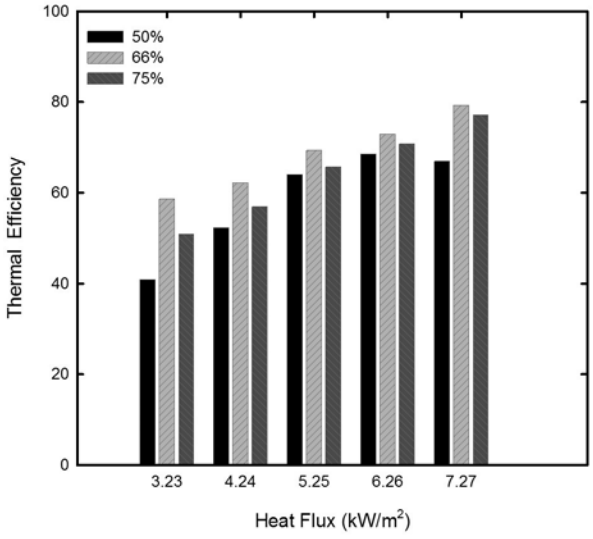
จากภาพ 5 แสดงการเพิ่มค่าความร้อนให้กับท่อความร้อนตั้งแต่ 3.23 - 7.27 kW/m^2 ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามค่าความร้อนที่ป้อนให้แก่ท่อความร้อน เนื่องจากเมื่อเพิ่มค่าความร้อนให้กับท่อความร้อนทำให้เกิดความร้อนสะสมแก่ท่อความร้อนส่งผลให้อุณหภูมิด้านถ่ายเทความร้อนสูงขึ้น ประสิทธิภาพเชิงความร้อนจึงเพิ่มขึ้น และในการปรับเปลี่ยนปริมาตรสารทำงานภายในท่อ ตั้งแต่ 50 % จนถึง 75% เพื่อหาปริมาตรที่ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนสูงสุด พบว่าที่ปริมาตรสารทำงาน 66% โดยปริมาตรท่อ ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อสูงสุดเท่ากับ 66.6 % และเมื่อเพิ่มปริมาตรสารทำงานขึ้นอีกประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนจะลดลง เนื่องจากพื้นที่ว่างของท่อความร้อนที่ใช้ในการควบแน่นของสารทำงานน้อยลง ดังนั้นเมื่อสารทำงานระเหยเป็นไอ ความดันภายในท่อความร้อนจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสารทำงานไม่สามารถเดือดเพิ่มได้อีก จึงทำให้ประสิทธิภาพลดลง

การเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน มุม เอียงของท่อความร้อน โดยใช้แอลกอฮอล์เป็นสารทำงาน โดยให้ฟลักซ์ความร้อนเท่ากับ 5.25 kW/m^2 อัตราการไหลของน้ำเย็น 1.05 m^3/s



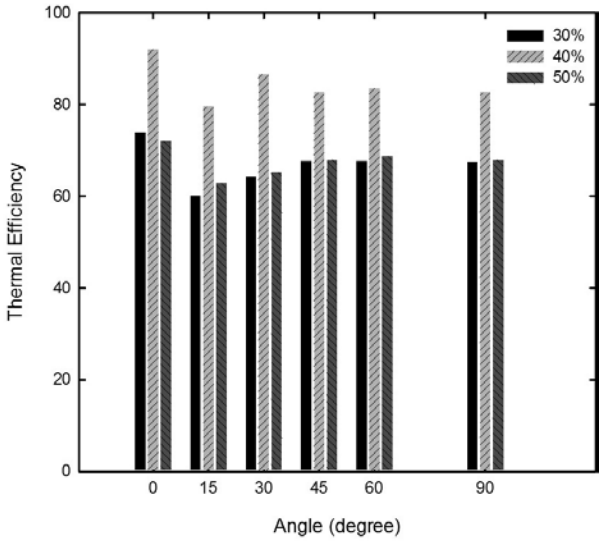
ภาพ 6 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนกับมุมเอียงโดยใช้แอลกอฮอล์เป็นสารทำงาน

ภาพ 6 แสดงถึงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนเมื่อปรับเปลี่ยนมุมเอียงของท่อความร้อน จากกราฟพบว่าเมื่อเพิ่มมุมเอียงของท่อความร้อนจาก 0^o จนถึงมุม 45^o ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และที่มุมเอียง 45^o ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนสูงสุดเท่ากับ 69.3% แต่หลังจากมุมเอียง 45^o ไปแล้วค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะลดลง ซึ่งมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของกราฟประสิทธิภาพและอุณหภูมิเช่นเดียวกันกับการใช้น้ำเป็นสารทำงาน



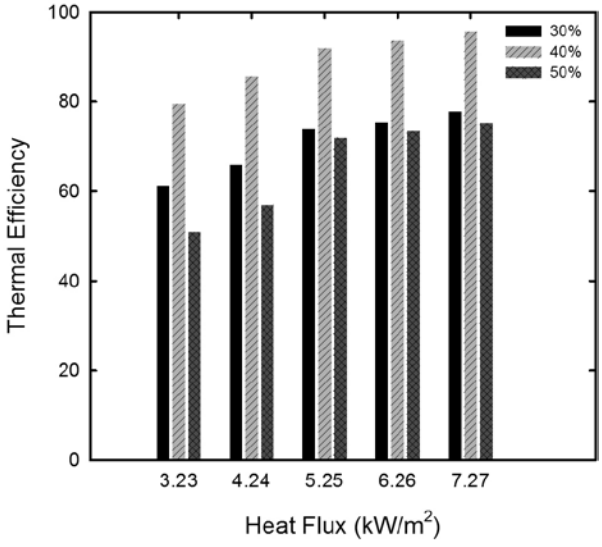
ภาพ 7 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนกับค่าความร้อนโดยใช้แอลกอฮอล์เป็นสารทำงาน

จากภาพ 7 แสดงการเพิ่มค่าความร้อนให้กับท่อความร้อนตั้งแต่ 3.23 - 7.27 kW/m^2 ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามค่าความร้อนที่ป้อนให้แก่ท่อความร้อนซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับภาพ 6 สำหรับการปรับเปลี่ยนปริมาตรสารทำงานตั้งแต่ 50 % จนถึง 75% เพื่อหาปริมาตร ที่ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนสูงสุด พบว่าที่ปริมาตรสารทำงาน 66% โดยปริมาตรท่อทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อสูงสุดมีค่าเท่ากับ 69.3% เมื่อเพิ่มปริมาตรสารทำงานขึ้นอีกประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนจะลดลง ซึ่งเป็นไปในรูปแบบเช่นเดียวกันกับการใช้น้ำเป็นสารทำงาน



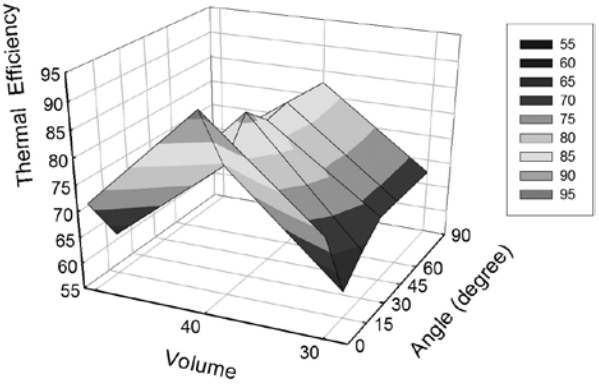
ภาพ 8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนกับมุมเอียงโดยใช้สารทำความเย็น R 134a เป็นสารทำงาน

จากภาพ 8 แสดงถึงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนเมื่อปรับเปลี่ยนมุมเอียงของท่อความร้อน พบว่าเมื่อมุมเอียงของท่อความร้อนมีค่าเท่ากับ 0^{o} ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 92.02% และเมื่อปรับมุมเอียงเพิ่มขึ้น ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนลดลงซึ่งมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของกราฟประสิทธิภาพเชิงความร้อนเช่นเดียวกันกับการใช้น้ำและแอลกอฮอล์เป็นสารทำงาน แต่มุมเอียงที่ใช้น้อยกว่า



ภาพ 9 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนกับค่าความร้อนโดยใช้สารทำความเย็น R 134a เป็นสารทำงาน

จากภาพ 9 แสดงการเพิ่มค่าความร้อนให้กับท่อความร้อนตั้งแต่ 3.23 - 7.27 kW/m^2 ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามค่าความร้อนที่ป้อนให้แก่ท่อความร้อนซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับภาพประกอบ 5 สำหรับการปรับเปลี่ยนปริมาตรสารทำงานตั้งแต่ 30% จนถึง 50% เพื่อหาปริมาตร ที่ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนสูงสุด พบว่าที่ปริมาตรสารทำงาน 40% โดยปริมาตรท่อทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อสูงสุดมีค่าเท่ากับ 92.02% เมื่อเพิ่มปริมาตรสารทำงานขึ้นอีก ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนจะลดลง ซึ่งเป็นไปในรูปแบบเช่นเดียวกันกับการใช้น้ำและแอลกอฮอล์เป็นสารทำงาน



ภาพ 10 การเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน มุม และปริมาตร โดยใช้สารทำความเย็น R 134a เป็นสารทำงาน

ภาพ 10 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน มุม และปริมาตร โดยใช้สารทำความเย็น R134a เป็นสารทำงาน พบว่าที่ปริมาตรสารทำงาน 40% โดยปริมาตรท่อ มุมเอียงของท่อความร้อนมีค่าเท่ากับ 0^{o} ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนสูงสุดมีค่าเท่ากับ 92.02%

สรุปผลการทดสอบ

ผลการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อน โดยใช้น้ำเป็นสารทำงานจะมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 66.6 % ที่มุมเอียง 60° ส่วนแอลกอฮอล์ที่ปริมาตร 66% โดยปริมาตรท่อมุมเอียง 45° ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 69.31 % และสารทำความเย็น R134a 40% มุมเอียง 0 องศาให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 92.02%

เอกสารอ้างอิง

Cengel, Y. A. & Boles, M. A. (2002). *Thermodynamics and engineering approach* (4 th ed.). New York: Mcgrew-Hill.

Faghri, A. (1996). Heat pipe simulation: From promise to reality. In J. Andrews, A. Akabarzadeh, & I. Sauciuc. (Eds.) *Heat pipe technology: Theory applications and prospects* (pp. 1-21). Oxford: Pergamon.

Maezawa, S. (1996). Heat pipe science and technology in Japan. In J. Andrews, A. Akabarzadeh, & I. Sauciuc. (Eds.) *Heat pipe technology: Theory applications and prospects* (pp. 34-43). Oxford: Pergamon.

Maezawa, S., Nakajima, R., Gi, K. & Akachi, H. (1996). Experimental study on chaotic behavior of thermohydraulic oscillation in oscillating thermosyphon. *In Heat pipe technology: Theory applications and prospects* (pp. 131-138). Oxford: Pergamon.