

**อิทธิพลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ สัดส่วนการเติม และชนิดของสารทำงานต่อ
สมรรถนะทางความร้อนของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ**

**Influence of Pipe Diameter, Filling Ratio and Working Fluid Type on Heat
Performance of Looped Thermosyphon**

วารุเวช วงษ์ไสย์ และ วีระ พ้าเพื่องวิทยากุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

ติดต่อ: โทรศัพท์ 083-3324703, E-mail: nongva_t@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา อิทธิพลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ สัดส่วนการเติม และชนิดของสารทำงานต่อสมรรถนะทางความร้อนของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ เทอร์โมไซฟอนที่ใช้เป็นแบบวงรอบ ประกอบด้วยคอยล์ส่วนทำระเหย คอยล์ส่วนควบแน่น และท่อส่วนกันความร้อน คอยล์เป็นแบบท่อกลมและครีบท่อเนื่อง มีขนาดพื้นที่ผิวหน้า 420 มม. X 330 มม. ภายในคอยล์ประกอบด้วยท่อทองแดงชนิดผิวเรียบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 10.0 มม. และครีบอลูมิเนียมที่มีจำนวนครีบท่อ 12 ครีบท่อนี้หนา 0.15 มม. ทำการทดลองโดยเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อส่วนกันความร้อน 3 ขนาด คือ 34.93, 19.05 และ 9.53 มม. สัดส่วนการเติม 4 ค่า คือ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรส่วนทำระเหย สารทำงานที่ใช้คือ เอทานอล และ น้ำ

จากการทดลองพบว่าที่สัดส่วนการเติม 75 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรส่วนทำระเหย และใช้สารทำงานเป็นเอทานอล ท่อส่วนกันความร้อนที่เป็นท่อไอ และท่อของเหลวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19.05 มม. ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนมากที่สุด

คำสำคัญ: เทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ, สัดส่วนการเติม, เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ, ส่วนกันความร้อน

Abstract

The objectives of this research were to study influence of pipe diameter, filling ratio and type of working fluid on heating performance of looped thermosyphon. The looped thermosyphon in this research consisted of evaporator coils, condenser coils and adiabatic section. The coils were circular tube with continuous wavy fins with a frontal area of 420 mm x 330 mm, smooth inner copper tubes with outside diameter of 10 mm and aluminium fins with fin pitch of 12 fin/inch and a thickness of 0.15 mm. The experiments were studied 3 factors i) hot air at 80 °C and 21 °C, ii) pipe diameter at 34.93, 19.05 and 9.53 mm and iii) the filling ratio of working fluid 25, 50, 75 and 100%. Ethanol and water were used as the working fluid.

The result revealed that the fill ratio at evaporator of working fluid 75 % of using ethanol and pipe diameter of 19.05 mm provided the maximum heat transfer.

Key words: Looped Thermosyphon, Filling Ratio, Pipe Diameter, Adiabatic Section

1. บทนำ

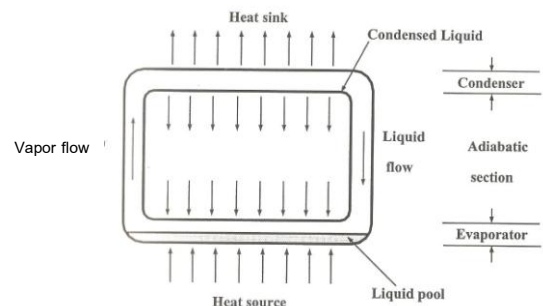
เทอร์โมไซฟอนคืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่งที่สามารถถ่ายเทความร้อนได้โดยไม่ต้องอาศัยวัสดุพรุนในการสื่อสารทำงานที่กลั่นตัวกลับมา ยังส่วนทำระเหย ทำงานโดยหลักการส่งถ่ายความร้อนจากความร้อนแฝงของสารทำงานภายในท่อซึ่งระเหย โดยการรับความร้อนจากแหล่งให้ความร้อนแล้ว ถ่ายเทความร้อนโดยการควบแน่น เนื่องจากความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของสารทำงานมีค่าสูงมาก จึงสามารถถ่ายเทความร้อนจากปลายด้านหนึ่งไปสู่ ปลายอีกด้านหนึ่งได้ โดยมีอุณหภูมิแตกต่างกันเพียง เล็กน้อยเท่านั้น โดยทั่วไปแล้วเทอร์โมไซฟอนจะ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนทำระเหย (Evaporator section) ส่วนกันความร้อน (Adiabatic section) และ ส่วนควบแน่น (Condenser section)

เทอร์โมไซฟอนแบบท่อตั้งตรงในแนวดิ่งหรือ แบบธรรมชาติ ก็ยังมีข้อจำกัดในการทำงานอยู่ เช่น ในขณะที่ไอของสารทำงานไหลขึ้นไปหาส่วนควบแน่น อาจจะพาเอาหยดสารทำงานที่แตกตัวจากสารทำงาน ที่เป็นของเหลวในขณะที่ไหลสวนทางกันขึ้นไปด้วยทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนได้ไม่ดีเท่าที่ควร

จากปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าว จึงมีการพัฒนา สร้างเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ (Loop Thermosyphon) เพื่อแก้ปัญหา เพราะเส้นทางการ ไหลของไอสารทำงานและสารทำงานที่ควบแน่น แล้ว ไหลแยกทางกัน จึงทำให้แก้ปัญหาที่เกิดจากการไหล สวนทางกัน อย่างไรก็ตามสมรรถนะทางความร้อน ของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ ยังขึ้นอยู่กับตัวแปร อีกหลายตัวแปร เช่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อไอ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อของเหลว สัดส่วนการเติม และชนิดของสารทำงาน เป็นต้น ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ยัง ไม่มีการศึกษาที่ชัดเจน จึงเป็นแนวทางในการศึกษา ของงานวิจัยนี้

2. ทฤษฎี

เทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ (Loop Thermosyphon) เป็นการพัฒนสมรรถนะของเทอร์โมไซฟอนอีกรูปแบบหนึ่ง โดยมีการไหลของของไหล หรือสารทำงานในสถานะของเหลวและสถานะไอจะไม่ ไหลสวนทางกันทำให้ช่วยลดปัญหาการเกิดการหลุด ติดของหยดของเหลวไปปนกับไอที่กำลังลอยขึ้น (Entrainment) และเพิ่มความคล่องตัวในการวาง ตำแหน่งของส่วนระเหยและส่วนควบแน่น



รูปที่ 1 แสดงลักษณะของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ ที่มา:Faghri(1995)

ลักษณะของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ สามารถอธิบายได้ในรูปที่ 1 ในหนึ่งวงรอบ ประกอบด้วยส่วนทำระเหย และส่วนควบแน่น ต่อ เข้า กันด้วยท่อส่งไอและท่อส่งของเหลวกลับ หลักการ ทำงาน เมื่อให้ความร้อนกับส่วนทำระเหย จะทำให้สาร ทำงานกลายเป็นไอเคลื่อนที่ไปยังส่วนควบแน่น จากนั้นส่วนควบแน่นก็จะควบแน่นไอกลายเป็นของ เหลวไหลกลับมายังส่วนทำระเหยอีกครั้ง

2.1 การถ่ายเทความร้อน ของเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อนเทอร์โมไซฟอน

ค่าความร้อนที่ถูกดูดกลืนโดยส่วนทำระเหย ของเทอร์โมไซฟอน

$$Q_e = \dot{m}_e C_p \Delta T_e \quad (1)$$

โดยที่ $\dot{m}_e$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของส่วนทำ ระเหย (kg/s), C_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะ (J/kg·°C),

ΔT_c คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิในส่วนทำ
ระเหย ($^{\circ}\text{C}$)

ค่าความร้อนที่คายออกโดยส่วนควบแน่นของ
เทอร์โมไซฟอน

$$Q_c = \dot{m}_c C_p \Delta T_c \quad (2)$$

โดยที่ $\dot{m}_c$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของส่วนทำระเหย
(kg/s), ΔT_c คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิในส่วน
ทำระเหย ($^{\circ}\text{C}$)

2.2 ค่าประสิทธิผล (Effectiveness) ของเครื่อง แลกเปลี่ยนความร้อนเทอร์โมไซฟอน

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีประสิทธิภาพซึ่ง
เป็นตัวแปรไร้มิติที่บอกถึงความสามารถในการถ่ายเท
ความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนดังนี้

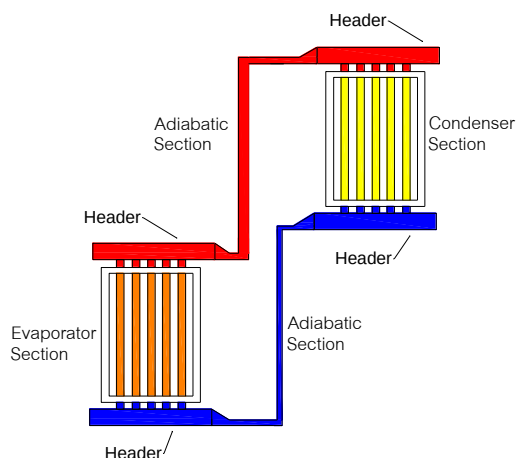
$$Eff = \frac{(\dot{m} C_p)_e (T_{e,in} - T_{e,out})}{(\dot{m} C_p)_{\min} (T_{e,in} - T_{c,in})} \quad (3)$$

$$Eff = \frac{(\dot{m} C_p)_c (T_{c,out} - T_{c,in})}{(\dot{m} C_p)_{\min} (T_{e,in} - T_{c,in})} \quad (4)$$

โดยที่ $T_{e,in}$ และ $T_{c,in}$ คือ อุณหภูมิอากาศขาเข้าส่วน
ทำระเหยและส่วนควบแน่น ($^{\circ}\text{C}$), $T_{e,out}$ และ $T_{c,out}$ คือ
อุณหภูมิอากาศขาออกส่วนทำระเหยและส่วน
ควบแน่น ($^{\circ}\text{C}$)

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

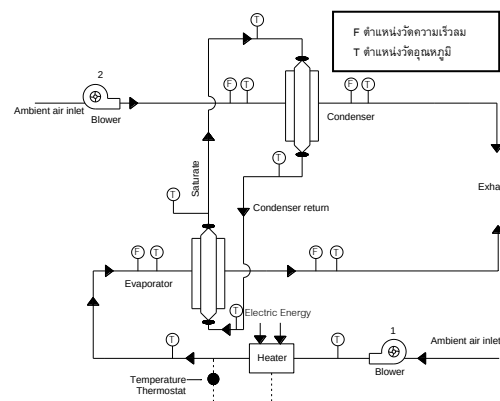
3.1 เทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ



รูปที่ 2 ระบบแลกเปลี่ยนความร้อนของเทอร์โมไซ
ฟอนแบบวงรอบ

หลักการการทำงานของรูปที่ 2 เมื่อส่วนทำระเหยได้รับ
ความร้อน ทำให้สารทำงานร้อนขึ้นกลายเป็นไอ ไอ
สารทำงานเคลื่อนที่ไปตามท่อไอ ไปยังส่วนควบแน่น
ของเทอร์โมไซฟอน เทอร์โมไซฟอนส่วนควบแน่น
แลกเปลี่ยนความร้อนของไอสารทำงานกับอากาศ ไอ
ของสารทำงาน เมื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ
แล้วทำให้อุณหภูมิลดลง ควบแน่นกลายเป็นของเหลว
เคลื่อนที่กลับไปยังส่วนทำระเหยของเทอร์โมไซฟอน

3.2 ชุดอุปกรณ์ทำวิจัย



รูปที่ 3 ชุดอุปกรณ์ทำวิจัย

วิธีการทดลอง

ทำ การทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของเส้นผ่าน
ศูนย์กลางท่อ สัดส่วนการเติม และชนิดของสารทำงาน
ต่อสมรรถนะทางความร้อนของเทอร์โมไซฟอนแบบ
วงรอบมีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

1. เลือกขนาดท่อส่วนกันความร้อนที่มีขนาดเส้น
ผ่านศูนย์กลางที่ ต้องการทดสอบ ซึ่งท่อมีความยาว
1.2 เมตร

2. ต่อท่อทองแดงเข้ากับเทอร์โมไซฟอนส่วน
ควบแน่นและส่วนระเหย

3. ทำการดูดอากาศในส่วนของเทอร์โมไซฟอน
ออก เพื่อทำให้เป็นสุญญากาศ ใช้เวลาในการดูด
อากาศออกประมาณ 30 นาที

4. เติมน้ำสารทำงานในปริมาตร 25 เปอร์เซ็นต์ ของ
ส่วนทำระเหย โดยใช้หลักการแรงดึงดูดของโลกเติม
จากด้านบนของระบบในแนวดิ่ง

5. ติดตั้งชุดทดสอบบนแท่นวาง โดยให้ชุดทำ
ระเหยอยู่ด้านล่าง และชุดควบแน่นอยู่ด้านบน

6. ติดตั้งชุดเทอร์โมไโซโฟนแบบวงรอบเข้ากับชุดทดลอง

7. ปรับอุณหภูมิของอากาศร้อน ที่ 80 °C และอากาศเย็นไว้ที่อุณหภูมิ 21 °C โดยใช้เทอร์โมสตัทเป็นตัวควบคุม

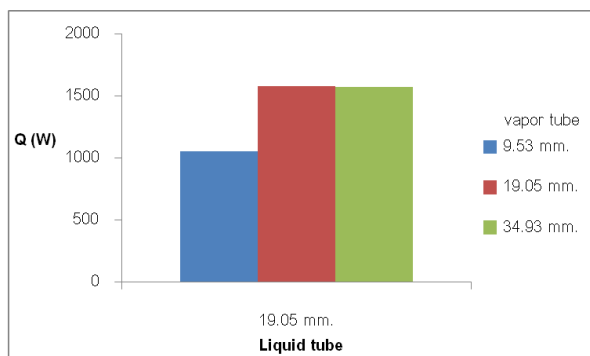
8. ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ตำแหน่งที่ต้องการวัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่องอ่านอุณหภูมิ เพื่อดูแนวโน้มของอุณหภูมิจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady state) จึงเริ่มบันทึกค่าอุณหภูมิทุกจุด

9. ทำการทดสอบซ้ำจากหัวข้อที่ 4 โดยเปลี่ยนปริมาตรการเติมสารทำงานเป็น 50, 75, และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรส่วนทำระเหย

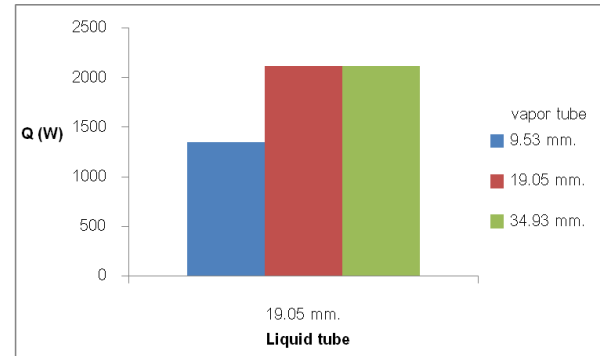
10. ทำการทดสอบซ้ำจากหัวข้อที่ 1 ถึง 9 โดยเปลี่ยนขนาดท่อ และชนิดของสารทำงาน

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อไอต่อสมรรถนะทางความร้อนของเทอร์โมไโซโฟนแบบวงรอบ



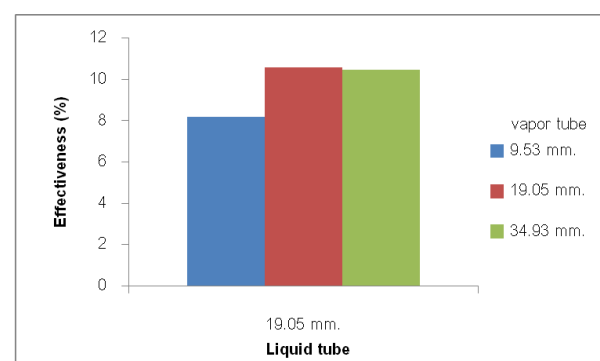
รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างท่อของเหลวกับ ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน เมื่อสัดส่วนการเติมสารทำงาน 75 เปอร์เซ็นต์ของส่วนทำระเหย ใช้น้ำเป็นสารทำงาน



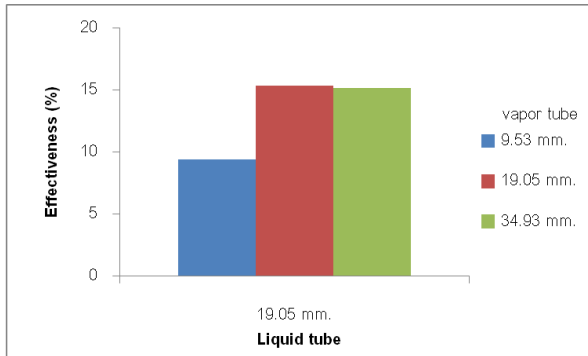
รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างท่อของเหลวกับ ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน เมื่อสัดส่วนการเติมสารทำงาน 75 เปอร์เซ็นต์ของส่วนทำระเหย ใช้เอธานอลเป็นสารทำงาน

จากรูปที่ 4 และ 5 เป็นการทดลองให้ขนาดท่อของเหลวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกลางคงที่ เพื่อวิเคราะห์อัตราการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไโซโฟนแบบวงรอบ เมื่อเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อไอ

พิจารณาที่สัดส่วนการเติม สารทำงาน 75 เปอร์เซ็นต์ของส่วนทำระเหย พบว่าท่อไอขนาด 9.53 mm. มีอัตราการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่าท่อไอขนาด 19.05 mm. และ 34.93 mm. เนื่องจากท่อไอมีขนาดเล็กทำให้เกิดการส่งถ่ายไอของสารทำงานได้น้อย แต่เมื่อท่อไอมีขนาดใหญ่จะทำให้ส่งถ่ายไอได้ดีกว่า



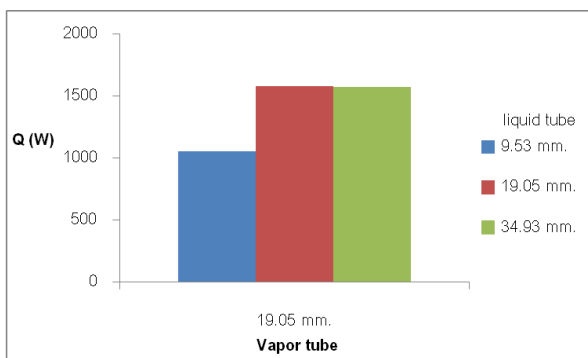
รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างท่อของเหลวกับ ค่าประสิทธิภาพ เมื่อสัดส่วนการเติมสารทำงาน 75 เปอร์เซ็นต์ของส่วนทำระเหย ใช้น้ำเป็นสารทำงาน



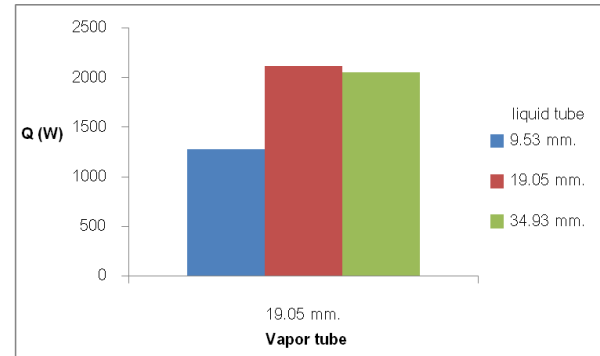
รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างท่อของเหลวกับ ค่าประสิทธิภาพ เมื่อสัดส่วนการเติมน้ำทำงาน 75 เปอร์เซ็นต์ของส่วนทำระเหย ใช้ เอทานอลเป็น สารทำงาน

จากรูปที่ 6 และ 7 พิจารณาที่สัดส่วนการเติมน้ำทำงาน 75 เปอร์เซ็นต์ของส่วนทำระเหย พบว่าท่อไอขนาด 9.53 mm. มีประสิทธิภาพน้อยกว่าท่อไอขนาด 19.05 mm. และ 34.93 mm. เนื่องจากมีอัตราการถ่ายเทความร้อนมาก จึงทำให้ค่าประสิทธิภาพมากไปด้วย

4.2 ผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ของเหลว ต่อสมรรถนะทางความร้อนของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ



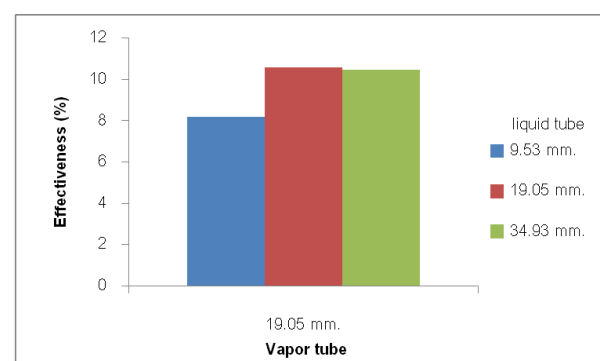
รูปที่ 8 แสดง ความสัมพันธ์ระหว่างท่อไอกับ ค่าประสิทธิภาพ เมื่อสัดส่วนการเติมน้ำทำงาน 75 เปอร์เซ็นต์ของส่วนทำระเหย ใช้น้ำเป็นสารทำงาน



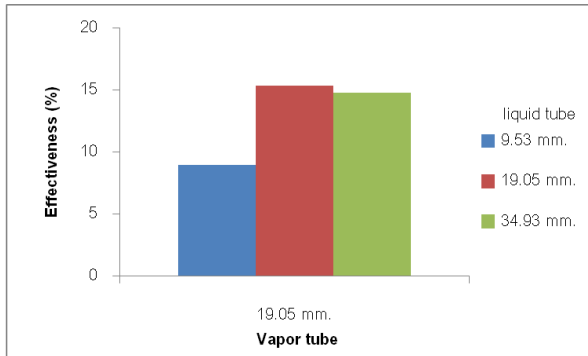
รูปที่ 9 แสดง ความสัมพันธ์ระหว่างท่อไอกับ ค่าประสิทธิภาพ เมื่อสัดส่วนการเติมน้ำทำงาน 75 เปอร์เซ็นต์ของส่วนทำระเหย ใช้ เอทานอลเป็น สารทำงาน

จากรูปที่ 8 และ 9 เป็นการทดลองให้ขนาดท่อไอคงที่ ที่สัดส่วนการเติมน้ำทำงาน 75 เปอร์เซ็นต์ เพื่อวิเคราะห์อัตราการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ เมื่อเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อของเหลว

พิจารณาที่สัดส่วนการเติมน้ำทำงาน 75 เปอร์เซ็นต์ของส่วนทำระเหย พบว่าที่ท่อของเหลวขนาด 9.53 mm. มีอัตราการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่าท่อของเหลวขนาด 19.05 mm. และ 34.93 mm. เนื่องจากสารทำงานที่ควบแน่นแล้วไหลกลับมายังส่วนทำระเหยได้ไม่ดีพอ



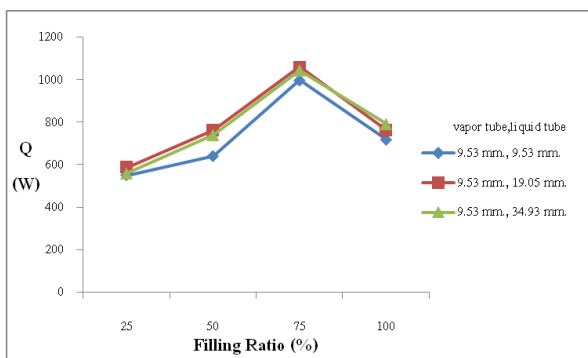
รูปที่ 10 แสดง ความสัมพันธ์ระหว่างท่อไอกับ ค่าประสิทธิภาพ เมื่อสัดส่วนการเติมน้ำทำงาน 75 เปอร์เซ็นต์ของส่วนทำระเหย ใช้น้ำเป็นสารทำงาน



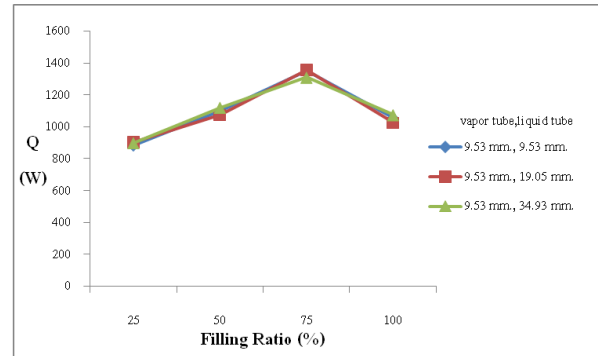
รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างท่อไอกับ ค่าประสิทธิภาพ เมื่อสัดส่วนการเติมน้ำทำงาน 75 เปอร์เซ็นต์ของส่วนที่ระเหย ใช้ เอธานอลเป็น สารทำงาน

จากรูปที่ 10 และ 11 พิจารณาที่สัดส่วนการเติมน้ำทำงาน 75 เปอร์เซ็นต์ของส่วนที่ระเหย พบว่าท่อของเหลวขนาด 9.53 mm. มีประสิทธิภาพน้อยกว่าท่อของเหลวขนาด 19.05 mm. และ 34.93 mm. เนื่องจากมีอัตราการถ่ายเทความร้อนมาก จึงทำให้ค่าประสิทธิภาพมากไปด้วย

4.3 ผลของสัดส่วนการเติมน้ำทำงานต่อสมรรถนะทางความร้อนของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ

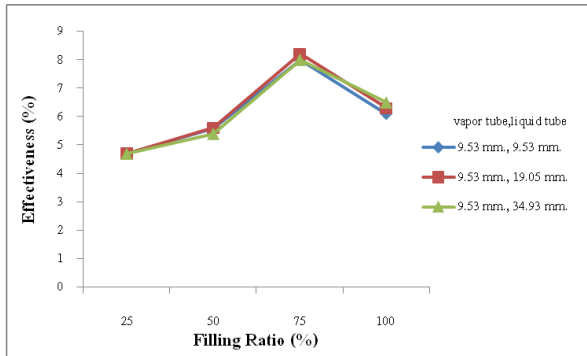


รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการเติมน้ำทำงานกับค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ใช้ น้ำเป็นสารทำงาน

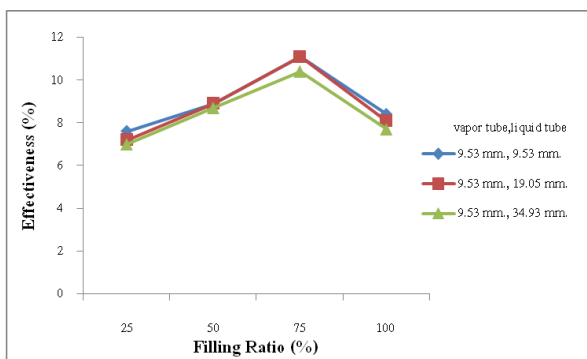


รูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการเติมน้ำทำงานกับค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ใช้ เอธานอลเป็นสารทำงาน

จากรูปที่ 12 และ 13 แสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราการถ่ายเทความร้อน เมื่อสัดส่วนการเติมน้ำทำงานเปลี่ยนไป ในการทดลองนี้มีสัดส่วนการเติมน้ำทำงานอยู่ 4 กรณี คือ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของส่วนที่ระเหย พบว่าสัดส่วนการเติมน้ำทำงานมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอน คือ เมื่อสัดส่วนการเติมน้ำทำงานเปลี่ยนจาก 25 เปอร์เซ็นต์ของส่วนที่ระเหย มีอัตราการถ่ายเทความร้อนต่ำ เพราะ มีปริมาณสารทำงานน้อย และเมื่อเพิ่มสัดส่วนการเติมน้ำทำงานขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึง 75 เปอร์เซ็นต์ของส่วนที่ระเหย ส่งผลให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีสารทำงานเพิ่มขึ้น แต่เมื่อสัดส่วนการเติมน้ำทำงานเปลี่ยนจาก 75 เปอร์เซ็นต์ของส่วนที่ระเหย ไปเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ของส่วนที่ระเหย ส่งผลให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนลดลง เกิดจากเมื่อสัดส่วนการเติมน้ำทำงานมากระดับของของเหลวในคอยล์ส่วนที่ระเหยจะสูงขึ้น ทำให้จุดเดือดของสารทำงานสูงขึ้น จึงเกิดการระเหยช้าลง



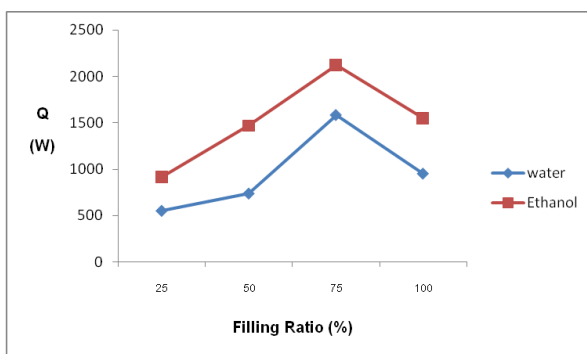
รูปที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการเติมสารทำงานกับค่าประสิทธิผล ที่ใช้น้ำเป็นสารทำงาน



รูปที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการเติมสารทำงานกับค่า ประสิทธิผล ที่ใช้เอทานอลเป็นสารทำงาน

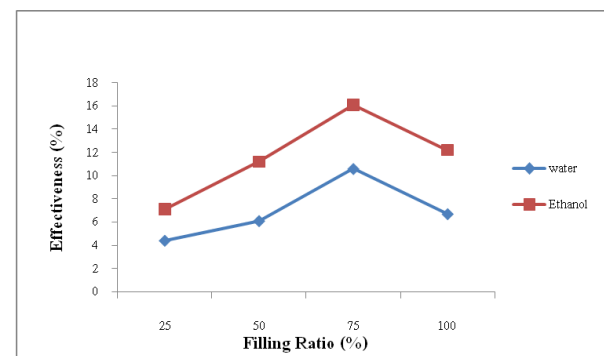
จากรูปที่ 14 และ 15 แสดงการเปลี่ยนแปลงประสิทธิผล เมื่อสัดส่วนการเติมสารทำงานเปลี่ยนไป มีผลต่อ ประสิทธิภาพ ของเทอร์โมไซฟอน คือ เมื่อสัดส่วนการเติมสาร ทำงาน เปลี่ยน ทำให้ประสิทธิภาพ เปลี่ยน

4.4 ผลของชนิดสารทำงานต่อสมรรถนะทางความร้อนของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ



รูปที่ 16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วนการเติมสารทำงานกับอัตราการถ่ายเทความร้อน ของเทอร์โมไซฟอน

จากรูปที่ 16 ที่สัดส่วนการเติมสารทำงาน 75 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอนมากที่สุด เมื่อสารทำงานเป็นเอทานอล เนื่องจากเอทานอลมีค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอน้ำต่ำ จึงทำให้สารทำงานระเหยเป็นไอได้ง่ายกว่าสารทำงานที่มีค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอน้ำสูง



รูปที่ 17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วนการเติมสารทำงานกับประสิทธิภาพของเทอร์โมไซฟอน

จากรูปที่ 17 ที่ทุกสัดส่วนการเติมสารทำงานพบว่าสารทำงานที่เป็นเอทานอลมีประสิทธิภาพสูงกว่าสารทำงานที่เป็นน้ำ เนื่องจากเอทานอลมีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าน้ำในทุกสัดส่วนการเติม

5.สรุปผลการวิจัย

5.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อไอมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ เนื่องจากถ้าใช้ท่อไอขนาดเล็กเกินไปจะทำให้ไอที่เกิดขึ้นในส่วนทำระเหยไหลไปส่วนควบแน่นไม่ทัน ในการทดลองนี้ท่อไอขนาด 19.05 mm. เพียงพอต่อการส่งผ่านไอของสารทำงาน

5.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อของเหลวมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ เนื่องจากถ้าใช้ท่อของเหลวขนาดเล็กเกินไปจะทำให้ของเหลวที่ควบแน่นแล้วไหลกลับไปส่วนทำระเหยไม่ทัน ทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนไม่ดีเท่าที่ควร และเมื่อใช้ท่อไอและท่อของเหลวใหญ่เกินไป ถึงแม้จะมีการถ่ายเท

ความร้อนดี แต่จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายมากกว่าใช้ท่อขนาดพอดี ในการทดลองนี้ท่อของเหลวขนาด 19.05 mm. เพียงพอต่อการส่งผ่านสารทำงานที่ควมแน่นแล้ว

5.3 สัดส่วนการเติมสารทำงานมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบ คือ เมื่อเติมสารทำงานน้อยเกินไปจะทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนของสารทำงานกับอากาศน้อยทำให้มีการถ่ายเทความร้อนน้อย ในการทดลองนี้ที่สัดส่วนการเติมสารทำงาน 75 เปอร์เซ็นต์มีอัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพดีที่สุด

5.4 สารทำงานที่ให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพของเทอร์โมไซฟอนแบบวงรอบสูงที่สุดในการทดลอง คือ เอทานอล

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

7.1 บทความจากเอกสารประกอบการประชุม

- [1] Dube, V., Noie-Baghban, S.H., Awasthi, B., Akbarzadeh, A. (2000). *Waste heat recovery using a loop thermosyphon heat exchanger in a bakery*. Proc. 6th Int. Heat pipe symposium, Thailand, 174-183.
- [2] Lee, J.S., Rhi, S.H., Kwon, J.H. and Lee, Y. (1998). *Use of two-phase loop thermosyphons for heat extraction of enclosed spaces : experiment and analysis*. Proc. 11th Int. Heat pipe conf., Japan, 82- 87.
- [3] Phaphuangwittayakul, W. (2004). *Loop thermosyphon as an energy saver for heat pump dryer*. Chiang Mai University, Thailand, p.29-34.

7.2 หนังสือ

- [1] ประดิษฐ์ เทอดทูล. (2536). *ท่อความร้อน*. เชียงใหม่ : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- [2] สมเกียรติ จตุรงค์กล้าเลิศ. (2548). *การถ่ายเทความร้อน*. เชียงใหม่: ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- [3] สาโรจ ไหวเคลื่อน. (2540). *กรณีศึกษาการใช้เทอร์โมไซฟอนในระบบควบคุมสภาวะอากาศห้อง*. เชียงใหม่ : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [4] Bejan, A., Kraus, A.D., (1948). *Heat Transfer Hand Book*. Editors. P.182- 230.
- [5] Faghri, A., (1995). *Heat pipe science and technology*. Tayloy & Francis, Washington, USA.
- [6] Holman, J.P.,(1976). *Heat Transfer*, 4 Ed., McGraw Hill Book Company, New York, 1976.