

ผลของมุมเอียงและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่มีผลต่อรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซฟอน Effect of inclination angles and diameters on internal flow patterns of thermosyphon

สุระเชษฐ์ สีขำณาน^{1*}, อีรพัฒน์ ชมภูคำ², สริญญา ศาลางาม³, ธัญญา ปรมะฐานันธุ์⁴,
สถิตพงศ์ เส็งี่ยมศักดิ์⁵ และ สุพัตรา บุโธสง⁶

¹⁻³ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบล ขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

⁴ คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี
ตำบลเนินหอม อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 25230

^{5,6} คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ 62/1 ถนนมิตรภาพ
ตำบลกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

*ติดต่อ: s.sichamnan@gmail.com, 096-8092531

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของมุมเอียงและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่มีผลต่อรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซฟอน เทอร์โมไซฟอนทำจากท่อแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 7 และ 25.2 มิลลิเมตร มุมเอียง 0 80 และ 90 องศา กับแนวระดับ สารทำงานที่ใช้คือ น้ำ อัตราส่วนการเติม 50% ของปริมาตรส่วนทำระเหย ปริมาณความร้อนที่ให้แก่ส่วนทำระเหย 2,000 วัตต์ ผลการทดลองพบว่า เทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 7 และ 25.2 มิลลิเมตร ทั้งที่มุมเอียง 80 และ 90 องศาจากแนวระดับ รูปแบบการไหลส่วนใหญ่เป็นแบบวงแหวน (Annular flow) และรองลงมาพบรูปแบบการไหลเป็นแบบโพรง (Churn flow) นอกจากนี้ยังพบรูปแบบการไหลแยกชั้นกับกรณีทดสอบเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 25.2 มิลลิเมตร มุมเอียง 80 องศาจากแนวระดับ และไม่พบรูปแบบการไหลเกิดขึ้นในกรณีทดสอบกับมุมเอียง 0 องศาจากแนวระดับ เนื่องจากเป็นข้อจำกัดการทำงานของเทอร์โมไซฟอน

คำหลัก: รูปแบบการไหล เทอร์โมไซฟอน มุมเอียง เส้นผ่าศูนย์กลาง

Abstract

The purpose of this research aims to study effects of inclination angles and diameters on internal flow patterns of thermosyphon. Thermosyphon made by glass tube an inner diameter of 7 and 25.2 millimeter. The inclination of angle were 0 80 and 90°. The working fluids is de-ionized water, the filling ratio was 50% with respect to the evaporator section. The amount of heat to evaporator section 2,000 watts. The results showed that thermosyphon an inner diameter of 7 and 25.2 millimeter. Both test with inclination of angle were 80 and 90°. The flow pattern is mainly annular flow and the lateral flow pattern is churn flow. In addition found stratified flow in the case of thermosyphon an inner diameter of 25.2 millimeter inclination of angle was 80° and did not found the flow pattern in case of testing with 0° because it is a limiting function of thermosyphon.

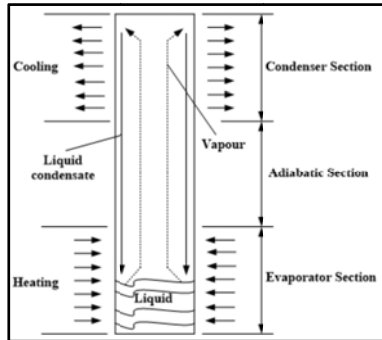
Keywords: Flow patterns, Thermosyphon, Inclination of angle, Diameter

1. บทนำ

จากอดีตจนถึงปัจจุบันพลังงานเป็นสิ่งที่มีความต้องการปริมาณที่เพิ่มขึ้น นอกจากการรณรงค์ให้มีการใช้พลังงานให้ประหยัดลงแล้ว การพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนความร้อนหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการใช้พลังงานก็เป็นสิ่งจำเป็น เทอร์โมไซฟอนเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่งในบรรดาสารทำงาน (Working fluid) ลักษณะเป็นท่อปลายปิดทั้งสอง

ข้างดังแสดงในรูปที่ 1 ประกอบด้วย 3 ส่วน ส่วนทำระเหย (Evaporation section) ส่วนกันความร้อน (Adiabatic section) และส่วนควบแน่น (Condenser section) [1] สามารถถ่ายเทความร้อนได้โดยไม่ต้องอาศัยพลังงานจากภายนอก ทำงานได้โดยส่วนทำระเหยรับความร้อนจากแหล่งให้ความร้อน สารทำงานที่อยู่ภายในเริ่มเกิดการเดือดและกลายเป็นไอ ลอยจากส่วนทำระเหยผ่านส่วนกันความร้อนและขึ้นไปควบแน่น

กลายเป็นของเหลวที่ส่วนควบแน่น พร้อมทั้งจะไหลกลับมายังส่วนทำระเหยอีกครั้งด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก



รูปที่ 1 ลักษณะของเทอร์โมไซฟอน [2]

ด้วยรูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นภายในเทอร์โมไซฟอนมีผลโดยตรงต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนที่เกิดกับเทอร์โมไซฟอน ซึ่งรูปแบบการไหลที่เกิดจะสัมพันธ์กับตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่น มุมเอียง เส้นผ่าศูนย์กลาง สารทำงาน อัตราการเติมสารทำงาน อัตราส่วนสนทัดความร้อนป้อนที่ส่วนทำระเหย มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการไหลภายในของเทอร์โมไซฟอน เช่น จากงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการไหลของเทอร์โมไซฟอน อุณหภูมิส่วนทำระเหยที่สูงส่งผลให้รูปแบบการไหลจะเปลี่ยนจากรูปแบบการไหลแบบก้อน การไหลแบบโพรงและการไหลแบบวงแหวนรวมถึงมีค่าการถ่ายเทความร้อนสูงสุด ทดสอบกับเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 12 มิลลิเมตร ใช้สารทำงานคือน้ำ น้ำผสมเอทานอลวางตัวในแนวเอียง [3] ผลของอัตราส่วนสนทัด 30, 10 และ 5 ที่มีผลต่อรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 11.1 มิลลิเมตร ตำแหน่งเอียงที่ 90, 30 และ 5 องศา สภาพการทำงานปกติ พบว่า ที่อัตราส่วนสนทัด 10 และมากกว่า รูปแบบการไหลจะเป็นแบบการไหลแบบวงแหวน (Annular flow) และการไหลแบบโพรง (Churn flow) ที่ตำแหน่งตั้งตรง เมื่อมีการเอียงรูปแบบการไหลจะเป็นแบบการไหลแบบแยกชั้น (Stratified flow) ในขณะเดียวกัน มีการปรับปรุงอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ตำแหน่งตั้งตรงและเอียง ทำให้เกิดการไหลเปียกที่ฝั่งต่อต้านส่วนทำระเหย สภาพการณ์ทำงานปกติ ที่อัตราส่วนสนทัดที่น้อยกว่า 10 รูปแบบการไหลจะเป็นแบบการไหลแบบพอง (Bubbly flow) ทั้งตำแหน่งตั้งตรงและเอียง

ส่วนอัตราการถ่ายเทความร้อนอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจและสูงกว่าในแต่ละการทดลอง [4]. มนเทียร ไชยลังกาและคณะ ศึกษาผลของอัตราส่วนสนทัดที่มีต่อรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 10, 12 และ 28.5 มิลลิเมตร ใช้สารทำงานคือ R123 พบว่าส่วนทำระเหยสูงขึ้นรูปแบบการไหลที่ด้านล่างเกิดการไหลแบบพองมีจำนวนพองไอที่มาก และมีการไหลแบบโพรงและการไหลแบบวงแหวนที่ตอนกลางและตอนบนของส่วนทำระเหย [5]

จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ารูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นภายในเทอร์โมไซฟอนมีผลต่อการถ่ายเทความร้อน และยังสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น รวมถึงเป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้หลักการทำงานของเทอร์โมไซฟอนที่จะอธิบายได้ด้วยพฤติกรรมของรูปแบบการไหล ให้กับนิสิต นักศึกษาหรือผู้ที่สนใจที่เข้ามาใช้บริการและหาความรู้ภายในหน่วยงานของผู้วิจัย พร้อมกับการได้ข้อมูลที่เป็นพื้นฐานไว้ใช้ในหน่วยงาน สำหรับใช้เป็นการต่อยอดในการทำวิจัยในอนาคต ซึ่งวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ต้องการที่จะศึกษาผลของมุมเอียงและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่มีผลต่อรูปแบบการไหลและค่าการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 รูปแบบการไหลสองสถานะ

การไหลสองสถานะคือ การไหลของสารที่มีสองสถานะ (Two-phase flow) ประกอบไปด้วยสถานะการไหลแบบไอและสถานะการไหลแบบของเหลวที่เกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน สำหรับการไหลภายในของเทอร์โมไซฟอนเมื่อพิจารณารูปแบบการไหลแบบสองสถานะระหว่างไอและของเหลวที่เกิดขึ้นภายในท่อแนวตั้ง [6] ดังแสดงในรูปที่ 2 ประกอบด้วย

a) การไหลแบบพอง (Bubble flow) เป็นการไหลโดยมีพองกระจายเป็นจุด อย่างต่อเนื่อง จะเกิดขึ้นในช่วงแรกของการไหล

b) การไหลแบบเป็นก้อน (Slug or plug flow) การไหลแบบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อความเร็วในการไหลเพิ่มขึ้น พองไอจะเริ่มจับตัวมีลักษณะคล้ายกระสุนปืน ซึ่งจะมีการ

แพร่กระจายของฟองน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการไหลแบบฟอง

c) การไหลแบบโพรง (Churn flow) เมื่อความเร็วในการไหลเพิ่มขึ้นอีก ฟองไอที่มีลักษณะคล้ายกระสุนจะเริ่มบิดเบี้ยวและแตกออกจากกัน ทำให้เกิดความไม่เสถียร อาจเกิดการสั่นภายในท่อแต่ถ้าหากท่อมีขนาดเล็กอาจไม่เกิดการสั่นขึ้น

d) การไหลแบบวงแหวน (Annular flow) การไหลในช่วงนี้จะมีความเร็วจนกระทั่งของเหลวจะไหลรอบ ๆ ผนังท่อใน

f) การไหลแบบแยกชั้น (stratified flow) เกิดขึ้นกับตำแหน่งอีก โดยทั้งสองส่วนของเหลวและก๊าซมีความเร็วในการไหลไม่มาก เกิดการไหลแยกชั้นระหว่างกันเนื่องจากแรงโน้มถ่วง รอยต่อระหว่างชั้นไม่ถูกรบกวน [7]



รูปที่ 2 รูปแบบการไหลสองสถานะ

3. วิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) ยี่ห้อ YOKOGAWA รุ่น DX200 ขนาด 20 ช่องสัญญาณ มีช่วงการวัดอุณหภูมิ -200 – 1,100 °C มีความละเอียด ± 0.1 °C

2) กล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหวและกล้องถ่ายภาพนิ่งดิจิทัลใช้บันทึกรูปแบบการไหล

3) เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ยี่ห้อ OMEGA Type-K

4) มัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ UNI-T UT51~55 ใช้สำหรับวัดแรงดันไฟฟ้า

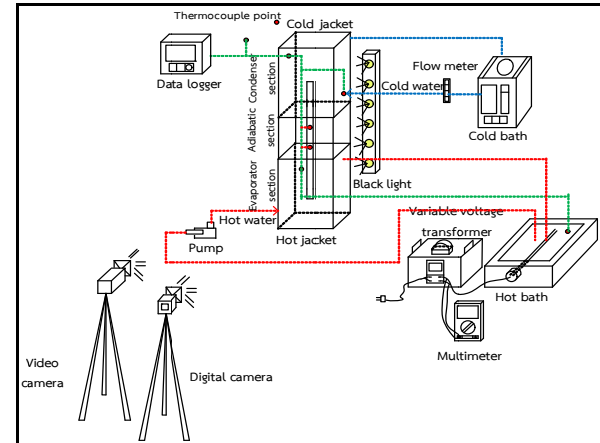
5) เครื่องวัดอัตราการไหล (Flow meter)

6) อ่างน้ำเย็น รุ่น EYELA CA -1111 ช่วงอุณหภูมิการทำงาน -20 °C ถึง 30 °C และ ± 2 °C

7) อ่างน้ำร้อนทำจากถังพลาสติกแข็งที่มีการติดตั้งฮีตเตอร์ 2,000 วัตต์

8) หม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้า รุ่น: SD-12, กำลังการผลิต: 3KVA, Max.12Amp, แรงดันไฟฟ้า 1 อินพุต: 220V/50-60Hz เอาท์พุท: 0-250V

3.2 การติดตั้งชุดทดสอบ



รูปที่ 3 การติดตั้งชุดทดสอบ [2]

3.3 ขั้นตอนการทดสอบ

1) ทำสุญญากาศภายในเทอร์โมไซฟอนด้วยปั๊มสุญญากาศและทำการเติมสารทำงานเข้าไปในเทอร์โมไซฟอน

2) ประกอบเทอร์โมไซฟอนเข้ากับแท่นทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3

3) ทำการติดตั้ง อุปกรณ์ เครื่องมือวัดและกล้องวีดิทัศน์

4) เปิดสวิตช์ชุดหลอดไฟ Back Light เพื่อให้สามารถมองเห็นภาพรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซฟอนได้อย่างชัดเจน

5) เปิดสวิตช์เครื่องทำน้ำร้อน (Hot bath) โดยน้ำร้อนจะถูกส่งให้ในส่วนทำระเหย และปรับแรงดันไฟฟ้าตามที่กำหนดไว้

6) เปิดสวิตช์เครื่องทำน้ำเย็น (Cold bath) โดยน้ำเย็นจะถูกส่งให้ในส่วนควบแน่น

7) เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ให้บันทึกภาพวีดิทัศน์ด้วยกล้องวีดิทัศน์และภาพนิ่งด้วยกล้องดิจิทัล รวมถึงบันทึกค่าอุณหภูมิด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ [2]

3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การหาค่าการถ่ายเทความร้อนไปยังส่วนควบแน่น
คำนวณได้ดังสมการที่ (1) [8]

$$Q = \dot{m} c_p (T_{co} - T_{ci}) \quad (1)$$

โดยที่ Q คือค่าการถ่ายเทความร้อน (W), \dot{m} คือ
อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s), c_p คือความจุความร้อน
จำเพาะ (J/kg. °C), T_{co} คืออุณหภูมิน้ำขาออกส่วน
ควบแน่น (°C), T_{ci} คืออุณหภูมิน้ำเข้าส่วนควบแน่น (°C)

การหาค่าเปอร์เซ็นต์รูปแบบการไหล คำนวณได้ดัง
สมการที่ (2) [2] โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) นำไฟล์วิดีโอที่บันทึกรูปแบบการไหลมาทำให้
เป็นไฟล์ภาพนิ่ง
- 2) เลือกภาพนิ่งที่เกิดรูปแบบการไหลและนำมาเข้า
โปรแกรมเพื่อตีกริดและหาจำนวนกริดของการเกิด
รูปแบบการไหล
- 3) ทำการวิเคราะห์หาร้อยละรูปแบบการไหลดัง
สมการที่ (2)

$$\text{ร้อยละรูปแบบการไหล} = \frac{\text{จำนวนกริดที่เกิดรูปแบบการไหล}}{\text{จำนวนกริดทั้งหมด}} \times 100 \quad (2)$$

โดยที่ จำนวนกริด คือ จำนวนตารางสมมติที่ใช้ช่วย
ประมาณช่วงระยะ ตำแหน่งหรือพื้นที่ในการทำงานกับ
รูปภาพ โดยมีลักษณะเป็นตารางที่มีระยะห่างของแต่ละ
ช่องเท่า ๆ กัน ด้วยลักษณะการนำเสนอรูปแบบการไหลที่
ได้จากการทดลอง เป็นไปในลักษณะการฉายภาพหรือ
ถ่ายทอดภาพจริงของวัตถุ ออกมาเป็นภาพสองมิติ นั่นคือ
ความกว้างกับความยาว เพื่อเป็นการถ่ายทอดรูปร่างจริง
ของวัตถุแต่ละมุมแต่ละด้านออกไปสู่พื้นฐาน

4. ผลการวิจัยและการอภิปราย






4.1 ผลการทดสอบผลของมุมเอียงและขนาด

เส้นผ่าศูนย์กลางที่มีผลต่อรูปแบบการไหลภายในเทอร์
โมไซฟอน

จากตารางที่ 1(ก) และ 1(ข) พบว่าผลของมุมเอียง
80 องศา กับแนวระดับ และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2
และ 7 มิลลิเมตร ที่มีผลต่อรูปแบบการไหลภายในเทอร์

โมไซฟอน ด้วยลักษณะของมุมที่เอียงช่วยให้เกิดสภาพ
คล่องในการไหลส่วนทางกันระหว่างสารทำงานที่อยู่ใน
สถานะไอที่ลอยขึ้นจากส่วนที่ระเหยและสารทำงานที่อยู่ใน
สถานะของเหลวที่ไหลลงจากส่วนควบแน่น ยิ่งเทอร์โม
ไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 มิลลิเมตร จะ
สังเกตเห็นได้ชัดเจนกับรูปแบบการไหลแบบแยกชั้น
นอกจากนี้ยังพบรูปแบบการไหลต่าง ๆ ดังนี้ โดยสามารถ
สังเกตเห็นรูปแบบการไหลแบบฟอง (Bubble flow) เป็น
ส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 0.16 และ 1.14 สำหรับเทอร์โม
ไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 และ 7 มิลลิเมตร
ตามลำดับ ถัดมาสังเกตเห็นรูปแบบการไหลแบบก้อน
(Slug flow) คิดเป็นร้อยละ 11.20 และ 10.52 สำหรับ
เทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 และ 7
มิลลิเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบรูปแบบการไหล
แบบโพรง (Churn flow) คิดเป็นร้อยละ 10.67 และ
32.01 สำหรับเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง
25.2 และ 7 มิลลิเมตร ตามลำดับ และรูปแบบการไหล
แบบวงแหวน (Annular flow) คิดเป็นร้อยละ 34.70
และ 43.97 สำหรับเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง
25.2 และ 7 มิลลิเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบ
รูปแบบการไหลแบบแยกชั้น (Stratified flow) คิดเป็น
ร้อยละ 30.70 สำหรับเทอร์โมไซฟอนขนาด
เส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 1(ก) ผลของมุมเอียง 80 องศา และขนาด
เส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 มิลลิเมตร ที่มีผลต่อรูปแบบการ
ไหลภายในเทอร์โมไซฟอน

มุมเอียง 80°, ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 25.2 มิลลิเมตร				
การไหลแบบแยกชั้น	การไหลแบบวงแหวน	การไหลแบบโพรง	การไหลแบบก้อน	การไหลแบบฟอง
				
ร้อยละรูปแบบการไหล (%)				
3.07%	34.70%	10.67%	11.20%	0.16%

ตารางที่ 1(ข) ผลของมุมเอียง 80 องศา และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร ที่มีผลต่อรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซฟอน

มุมเอียง 80°, ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 7 มิลลิเมตร			
การไหลแบบวงแหวน	การไหลแบบโพรง	การไหลแบบก้อน	การไหลแบบฟอง
ร้อยละรูปแบบการไหล (%)			
43.97%	32.01%	10.52%	1.14%

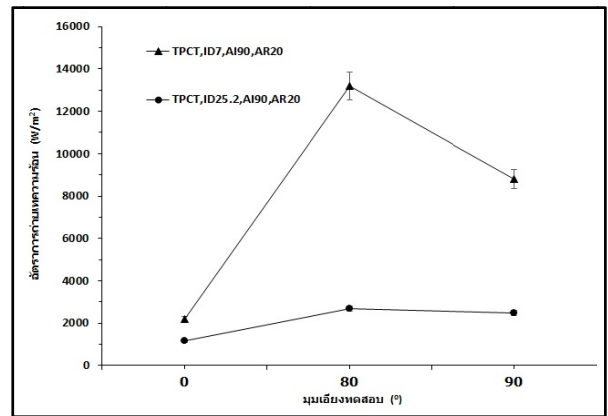
จากตารางที่ 2 พบว่าผลของมุมเอียง 90 องศา กับแนวระดับ และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 และ 7 มิลลิเมตร ที่มีผลต่อรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซฟอน สามารถสังเกตเห็นรูปแบบการไหลแบบฟอง (Bubble flow) เป็นส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 0.18 และ 0.31 สำหรับเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 และ 7 มิลลิเมตร ตามลำดับ ถัดมาสังเกตเห็นรูปแบบการไหลแบบก้อน (Slug flow) คิดเป็นร้อยละ 10.21 และ 5.30 สำหรับเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 และ 7 มิลลิเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบรูปแบบการไหลแบบโพรง (Churn flow) คิดเป็นร้อยละ 15.44 และ 19.74 สำหรับเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 และ 7 มิลลิเมตร ตามลำดับ และรูปแบบการไหลแบบวงแหวน (Annular flow) คิดเป็นร้อยละ 40.14 และ 51.48 สำหรับเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 และ 7 มิลลิเมตร ตามลำดับ

จากข้อมูลผลของมุมเอียง 0 องศา กับแนวระดับ และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 และ 7 มิลลิเมตร พบว่าสารทำงานภายในเทอร์โมไซฟอนยังไม่มีเกิดการเดือด ทำให้ไม่พบรูปแบบการไหลเกิดขึ้น เนื่องจากเป็นขีดจำกัดการทำงานของเทอร์โมไซฟอน ซึ่งส่วนทำระเหยจะต้องอยู่ด้านล่างของส่วนควบแน่นเสมอ โดยสารทำงานที่ควบแน่นแล้วจะไหลกลับสู่ส่วนทำระเหยด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก

4.2 ผลการทดสอบผลของมุมเอียงและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่มีผลต่อที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

ตารางที่ 2 ผลของมุมเอียง 90 องศา และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 และ 7 มิลลิเมตร ที่มีผลต่อรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซฟอน

มุมเอียง 90°, ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 25.2 และ 7 มิลลิเมตร							
การไหลแบบวงแหวน		การไหลแบบโพรง		การไหลแบบก้อน		การไหลแบบฟอง	
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)							
25.2	7	25.2	7	25.2	7	25.2	7
ร้อยละรูปแบบการไหล (%)							
40.14%	51.48%	15.44%	19.74%	10.21%	5.30%	0.18%	0.31%



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของมุมเอียงทดสอบกับอัตราการถ่ายเทความร้อน

จากรูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ของมุมเอียงทดสอบกับอัตราการถ่ายเทความร้อนพบว่า อัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยตลอดทั้งการทดสอบเท่ากับ 8,072.12 และ 2,107.09 W/m² สำหรับกรณีทดสอบกับเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 และ 25.2 มิลลิเมตร ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ให้ความร้อนป้อนที่ส่วนทำระเหย 2,000 วัตต์ และควบคุมอัตราส่วนสนทัดที่ 20 เมื่อพิจารณาที่มุมเอียง 80 องศา กับแนวระดับ ดังแสดงในรูปที่ 4 มีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดทั้งที่การทดสอบกับเทอร์โมไซ

พอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 และ 25.2 มิลลิเมตร สืบเนื่องจากที่ตำแหน่งเอียงช่วยให้เกิดสภาพคล่องในการไหลส่วนทางกันระหว่างสารทำงานทำงานที่อยู่ในสถานะไอที่ลอยขึ้นจากส่วนทำระเหยและสารทำงานที่อยู่ในสถานะของเหลวที่ไหลลงจากส่วนควบแน่น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการพาความร้อนที่มาพร้อมกับรูปแบบการไหลสองสถานะเพื่อขึ้นไประบายความร้อนที่ส่วนควบแน่นได้ค่อนข้างรวดเร็วและสะดวก จึงพบว่าที่มุมเอียง 80 องศา กับแนวระดับ มีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนที่สูงกว่าที่มุมเอียง 90 และ 0 องศา กับแนวระดับ ตามลำดับ รวมถึงเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร ที่อัตราส่วนพื้นที่ 20 ย่อมมีความยาวส่วนทำระเหยที่ค่อนข้างสั้น มีพื้นที่ภายในท่อและระยะทางในการไหลของสารทำงานที่น้อย ประกอบกับอัตราส่วนการเติมสารทำงานที่เหมาะสมกับปริมาตรส่วนทำระเหย เมื่อสารทำงานเริ่มเดือด จึงทำให้สารทำงานสามารถถ่ายเทความร้อนจากส่วนทำระเหยสู่ส่วนควบแน่นได้ในระยะทางเคลื่อนที่ที่สั้นและรวดเร็วจึงเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร สูงกว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ได้จากเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 มิลลิเมตร

เมื่อพิจารณาข้อมูลในตารางที่ 1(ก), 1(ข) และ 2 สำหรับเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 และ 7 มิลลิเมตร ทั้งที่มุมเอียงทดสอบ 80 และ 90 องศา กับแนวระดับ พบว่าร้อยละการเกิดรูปแบบการไหลแบบวงแหวนและร้อยละการเกิดรูปแบบการไหลแบบโพรงมีร้อยละการเกิดที่สูงกว่า ด้วยความเร็วของรูปแบบการไหลสองชนิดนี้ ประกอบกับการมีสัดส่วนร้อยละการเกิดที่ค่อนข้างมาก จึงทำให้รูปแบบการไหลแบบวงแหวนและรูปแบบการไหลแบบโพรงสามารถพาเอาปริมาณความร้อนจากส่วนทำระเหยเพื่อขึ้นไประบายความร้อนที่ส่วนควบแน่นได้ในปริมาณมากและรวดเร็ว จึงทำให้รูปแบบการไหลแบบวงแหวนและรูปแบบการไหลแบบโพรงมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน นอกจากนี้ยังพบรูปแบบการไหลแบบแยกชั้นซึ่งถือเป็นรูปแบบการไหลที่ช่วยลดปัญหาการไหลส่วนทางกันระหว่างสารทำงานที่อยู่ในสถานะไอที่ลอยขึ้นจากส่วนทำระเหยและสารทำงานที่อยู่ในสถานะของเหลวที่ไหลลงจากส่วนควบแน่นโดยเกิดเฉพาะกับการทดสอบที่เทอร์โมไซฟอนขนาด

เส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 มิลลิเมตร มุมเอียง 80 องศา กับแนวระดับ เนื่องจากขนาดที่ใหญ่ จึงง่ายต่อการสังเกตและเห็นได้ชัดเจน

5. สรุป

การทดสอบโดยการศึกษาผลของมุมเอียงและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่มีผลต่อรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซฟอน จากการศึกษาพบว่า

1) พิจารณาที่เทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 และ 7 มิลลิเมตร ที่การทดสอบมุมเอียง 90 องศา กับแนวระดับ พบรูปแบบการไหลเกิดขึ้น 4 รูปแบบที่เหมือนกัน ประกอบด้วยรูปแบบการไหลแบบฟอง รูปแบบการไหลแบบก้อน รูปแบบการไหลแบบโพรง และรูปแบบการไหลแบบวงแหวน ตามลำดับ โดยพบร้อยละการเกิดรูปแบบการไหลแบบวงแหวนและรูปแบบการไหลแบบโพรงมีสัดส่วนร้อยละการเกิดที่มากกว่ารูปแบบการไหลแบบโพรง รูปแบบการไหลแบบฟอง ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า รูปแบบการไหลแบบวงแหวนและรูปแบบการไหลแบบโพรงเป็นรูปแบบการไหลที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน เมื่อทำการเอียงมุมเอียงทดสอบเป็น 80 องศา กับแนวระดับ จะพบรูปแบบการไหลแบบแยกชั้นกับการทดสอบของเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 มิลลิเมตร ด้วยขนาดของท่อที่มีขนาดใหญ่ ประกอบกับปริมาณของสารทำงานที่มากตามสัดส่วนของส่วนทำระเหย เมื่อสารทำงานควบแน่นเป็นของเหลว ส่งผลให้สารทำงานมีน้ำหนักที่มาก ประกอบกับตำแหน่งมุมเอียง 80 องศา กับแนวระดับ สารทำงานที่เป็นของเหลวจึงไหลกลับส่วนทำระเหยในตำแหน่งที่เอียงด้วยแรงโน้มถ่วง ประกอบกับการมีพื้นที่ในการไหลเนื่องจากเป็นท่อที่มีขนาดใหญ่จึงสามารถสังเกตเห็นรูปแบบการไหลแบบแยกชั้นได้อย่างชัดเจน ซึ่งตรงกันข้ามกับการทดสอบเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร ที่การทดสอบมุมเอียง 80 องศา กับแนวระดับ ไม่พบรูปแบบการไหลแบบแยกชั้น

2) พิจารณาที่มุมเอียงทดสอบ 80 และ 90 องศา กับแนวระดับ ทดสอบกับเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 และ 7 มิลลิเมตร พบว่ามุมเอียงทดสอบ 90 องศา กับแนวระดับ ทั้งที่การทดสอบกับเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 และ 7 มิลลิเมตร

พบว่าพบรูปแบบการไหลเกิดขึ้น 4 รูปแบบที่เหมือนกัน ประกอบด้วยรูปแบบการไหลแบบพอง รูปแบบการไหลแบบก้อน รูปแบบการไหลแบบโพรง และรูปแบบการไหลแบบวงแหวน ตามลำดับ เมื่อทำการเอียงมุมเอียงทดสอบเป็น 80 องศา กับแนวระดับจะพบรูปแบบการไหลแบบแยกชั้นที่เกิดกับการทดสอบเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 มิลลิเมตรแต่กับไม่พบรูปแบบการไหลแบบแยกชั้นเมื่อทดสอบกับเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตรที่มุมเอียงทดสอบเป็น 80 องศา กับแนวระดับ เนื่องจากเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร มีขนาดท่อที่เล็ก ทำให้ยากต่อการสังเกตเห็นรูปแบบการไหลแบบแยกชั้น แม้จะมีการทดสอบที่มุมเอียง 80 องศา กับแนวระดับก็ตาม ประกอบกับที่เทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารทำงานกับขอบท่อภายในที่สูง ส่งผลให้สารทำงานที่ควบแน่นเป็นของเหลวมีน้ำหนักไม่มากพอที่จะสังเกตเห็นรูปแบบการไหลแบบแยกชั้นซึ่งตรงกันข้ามกับการทดสอบเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.2 มิลลิเมตร ด้วยลักษณะของมุมที่เอียง 80 องศา กับแนวระดับช่วยให้เกิดสภาพคล่องในการไหลและประกอบกับตำแหน่งทดสอบมุมเอียง 80 องศา กับแนวระดับ ช่วยให้ฟิล์มของเหลวที่มีการควบแน่นในส่วนควบแน่นจะมีลักษณะบาง เป็นผลให้ความหนืดของสารทำงานที่อยู่ในสถานะของเหลวที่พร้อมจะไหลกลับสู่ส่วนทำระเหยลดต่ำลง มีผลให้ความต้านทานความร้อนของฟิล์มของเหลวที่ควบแน่นลดลงตามไปด้วย นำมาซึ่งอัตราการถ่ายเทความร้อนที่สูงกว่า การทดสอบที่มุมเอียง 0 และ 90 องศา กับแนวระดับ นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ที่มุมเอียงทดสอบ 0 องศา ไม่พบรูปแบบการไหลเกิดขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยวิจัยต่อความร้อนและออกแบบเครื่องมือทางความร้อน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการสร้างชุดทดสอบ เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Rittidech S. (2012). Heat Pipe Technology, 3th edition, Mahasarakham, Thailand.

[2] สุรเชรษฐ์ สีชำนาญ และคณะ (2560). ผลของปริมาณความร้อนให้ส่วนทำระเหยที่มีผลต่อรูปแบบการไหลภายในของเทอร์โมไซฟอน, *การถ่ายเทพลังงาน ความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านพลังงานและกระบวนการ ครั้งที่ 17*, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

[3] อนุพงศ์ พลนิกร, วุฒิพงษ์ แผงพะงา และ สันติ ศรีมณี (2551). การศึกษารูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซฟอนแบบปิดสองสถานะที่วางตัวในแนวเอียง, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

[4] P.terdtoon and M.chailungkar (1998). Effects of Aspect Ratios on Internal Flow Patterns of an Inclined Closed Two-Phase Thermosyphon at Normal Operating Condition, heat transfer engineering, vol. 19, no 4, 1998.

[5] มนเทียร ไชยลังการ (2540). การศึกษาเชิงทัศน์ถึงผลของอัตราส่วนสนทรรศ์ที่มีต่อรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซฟอนสองสถานะแบบปิดตำแหน่งเอียง, วิทยานิพนธ์สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[6] ประดิษฐ์ เทอดทูล (2544). การเดือด, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[7] Weisman, J. (1983). *Two-Phase Flow Patterns, chapter 15 of handbook of fluids in motion*, (eds: N.P. cheremisioff and R. Gupta), Ann Arbor Science Publish: 409-425.

[8] Bhuwaketkumjohn N and Parametthanuwat T. (2016). Heat transfer behavior of silver particles containing oleic acid surfactant: application in two phase in a two phase closed rectangular cross sectional thermosyphon (RTPCT), *Heat Mass Transfer*, 2016, DOI 10.1007 / s00231-016-1798-1