

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การศึกษาเชิงทัศนถึงผลของอัตราส่วนสนนทรศนที่มีต่อรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซฟอนสองสถานะแบบปิดตำแหน่งเอียงที่สภาวะวิกฤติ								
ชื่อผู้เขียน	นายณรงค์ วาวแว								
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล								
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ :	<table> <tr> <td>รศ.ดร. ประดิษฐ์ เทอดทูล</td> <td>ประธานกรรมการ</td> </tr> <tr> <td>ศ.ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์</td> <td>กรรมการ</td> </tr> <tr> <td>ผศ.ดร. สัมพันธ์ ไชยเทพ</td> <td>กรรมการ</td> </tr> <tr> <td>ผศ.ดร. วิวัฒน์ คล่องพานิช</td> <td>กรรมการ</td> </tr> </table>	รศ.ดร. ประดิษฐ์ เทอดทูล	ประธานกรรมการ	ศ.ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	กรรมการ	ผศ.ดร. สัมพันธ์ ไชยเทพ	กรรมการ	ผศ.ดร. วิวัฒน์ คล่องพานิช	กรรมการ
รศ.ดร. ประดิษฐ์ เทอดทูล	ประธานกรรมการ								
ศ.ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	กรรมการ								
ผศ.ดร. สัมพันธ์ ไชยเทพ	กรรมการ								
ผศ.ดร. วิวัฒน์ คล่องพานิช	กรรมการ								
	บทคัดย่อ								

โครงการนี้เป็นการศึกษาถึงผลของอัตราส่วนสนนทรศนที่มีต่อรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซฟอนสองสถานะแบบปิดตำแหน่งเอียงที่สภาวะวิกฤติ เทอร์โมไซฟอนที่ใช้ศึกษาประกอบด้วยส่วนควบแน่นทำด้วยท่อทองแดง ส่วนทำระเหยและส่วนไม่มีการส่งถ่ายพลังงานความร้อนทำด้วยท่อแก้วใส มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในส่วนทำระเหย 10, 12 และ 28.5 มิลลิเมตร ใช้ซิลิโคนเหลวเป็นสารให้ความร้อนแก่ส่วนทำระเหยซึ่งไหลจากอ่างทำความร้อนเข้าสู่กระเปาะของส่วนทำระเหยซึ่งทำจากหลอดแก้วซึ่งหุ้มอยู่ด้านนอกส่วนทำระเหยตลอดเวลา และใช้น้ำกลั่นผสมเอธิลีนไกลคอลเป็นสารรับความร้อนโดยปั๊มให้ไหลจากอ่างทำความเย็นเข้าสู่กระเปาะของส่วนควบแน่นซึ่งทำจากท่อพลาสติกซึ่งหุ้มอยู่ด้านนอกตลอดเวลา สารทำงานเป็นสารทำความเย็น R-123 อัตราการเติม 80 % ของความยาวของส่วนรับความร้อน ทดสอบที่มุมเอียง 90, 5 และ มุมที่ให้ค่าการส่งถ่ายความร้อนสูงสุด (ตามปกติ 60 องศา) จากแนวระดับ และแปรค่าอัตราส่วนสนนทรศนเป็น 5, 10, 20 และ 30 ควบคุมอัตราการไหลของน้ำกลั่นผสมเอธิลีนไกลคอลที่ผ่านด้าน

นอกส่วนควบแน่น 2 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิก่อนไหลผ่านด้านนอกส่วนควบแน่นเท่ากับ $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ปรับเปลี่ยนอุณหภูมิอ่างทำความร้อนขึ้นทีละ $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ จนถึงอุณหภูมิที่เกิดการแห้งแล้วทำการบันทึกอุณหภูมิ น้ำกลั่นผสมเอธิลีนไกลคอลก่อนและหลังการไหลผ่านด้านนอกส่วนควบแน่น บันทึกภาพส่วนทำระเหยด้วยกล้องถ่ายภาพนิ่งเมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงที่ที่อุณหภูมิอ่างทำความร้อนใด ๆ และบันทึกวิดีโอที่ส่วนทำระเหยเพื่อสังเกตรูปแบบการไหล จากผลการศึกษาพบว่า

1. รูปแบบการไหลภายในและลักษณะการเกิดการแห้งที่สภาวะวิกฤติ

ที่อัตราส่วนสนทรรศน์น้อยกว่า 10 รูปแบบการไหลที่สภาวะวิกฤติที่แนวตั้ง เป็นแบบ Bubble flow ที่แนวเอียงเป็นแบบ Slug flow การแห้งมีสาเหตุมาจากการเดือดแบบฟิล์ม

ที่อัตราส่วนสนทรรศน์มากกว่าหรือเท่ากับ 10 รูปแบบการไหลที่แนวตั้งเป็นแบบ Annular flow ที่แนวเอียงเป็นแบบ Stratified flow การแห้งมีสาเหตุมาจากปรากฏการณ์การท่วม เช่นเดียวกับแนวตั้ง โดยที่ค่าการส่งถ่ายความร้อนไม่มีผลต่อรูปแบบการไหล

2. ผลของอัตราส่วนสนทรรศน์ที่มีต่อค่าความร้อนวิกฤติ

ที่อัตราส่วนสนทรรศน์น้อยกว่า 10 ที่แนวตั้งรูปแบบการไหลที่สภาวะวิกฤติเป็นแบบ Bubble flow ที่แนวเอียงเป็นแบบ Slug flow ซึ่งมีสาเหตุการแห้งเหมือนกันคือ ปรากฏการณ์การเดือดแบบฟิล์ม แต่ที่อัตราส่วนสนทรรศน์มากกว่าหรือเท่ากับ 10 รูปแบบการไหลที่แนวตั้งเป็นแบบ Annular flow ที่แนวเอียงเป็นแบบ Stratified flow ซึ่งมีสาเหตุการแห้งเหมือนกัน คือ ปรากฏการณ์การท่วม แต่เมื่อพิจารณาข้อมูลทางสถิติแล้วพบว่าค่าอัตราส่วนสนทรรศน์ไม่มีผลต่อ Q_{cimax}/Q_{c90}

จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนสนทรรศน์กับค่าความร้อนวิกฤติในแนวตั้ง ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับสมการ Tein and Chung, Nejat, Katto และ Imura et al. โดยค่าอัตราส่วนสนทรรศน์จะแปรผกผันกับค่าความร้อนวิกฤติ

จากความสัมพันธ์ระหว่าง Q_{cimax}/Q_{c90} กับ Ku' ของข้อมูลที่ได้มีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$Q_{cimax}/Q_{c90} = 1 + 25 Ku' - 172(Ku')^2$$

3. แผนภูมิรูปแบบการไหล

แผนภูมิรูปแบบการไหลสามารถทำนายรูปแบบการไหลภายในเทอร์มิไซฟอน โดยค่า Ku^* สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Ku^* = Ku \times \frac{Le}{d} \times \left(\frac{\rho_l}{\rho_v} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Thesis Title	Visual Study of Aspect Ratio Effects on the Flow Patterns Inside an Inclined Closed Two-Phase Thermosyphon at the Critical State	
Author	Mr. Narong Wawwaew	
M.Eng.	Mechanical Engineering	
Examining Committee :	Associate Prof. Dr. Pradit Terdtoon	Chairman
	Prof. Dr. Tanongkiat Kiatsiriroat	Member
	Assistant Prof. Dr. Sumpun Chaitep	Member
	Assistant Prof. Dr. Wiwat Klongpanich	Member

Abstract

This project studied the effect of aspect ratios which influence the flow patterns inside an inclined closed two-phase thermosyphon at the critical state. The studied thermosyphon consisted of a condenser section made of a copper tube, an evaporator section and adiabatic section made of a removable transparent glass tube, with inner diameters of 10, 12 and 28.5 mm. Silicone oil continuously transferred heat from a hot bath to the evaporator jacket which was made of a transparent glass tube that enclosed the evaporator section, A mixture of equal amount of water - ethylene glycol continuously received heat from a cold bath and the plastic tube that enclosed the condenser section. R - 123 was used as the working fluid, and the filling ratio was chosen as 80 % of the evaporator volume. The experiments were conducted at inclination angles of 90, 5 and the angle of maximum heat flux (60 degrees) from the horizontal plane with aspect ratios of 5, 10, 20 and 30. The volume flow rate of cool

water - ethylene glycol mixture was maintained at 2 l/min and at -10°C for the inlet temperature. The hot silicone oil temperatures were periodically varied by 10°C . The temperatures of the cool water - ethylene glycol mixture at the inlet and the outlet part of the condenser section, were recorded. The flow patterns at the steady state at all of the hot bath temperatures were recorded by a still camera. Also, the flow patterns were continuously recorded by a video camera to observe the side flow patterns. The results showed that :

1. Inner flow patterns and characteristic occurrence of dryout at the critical state.

With the aspect ratios of less than 10, the flow patterns at the critical state were bubble flow for a vertical tube but slug flow for an inclined angle tube. The occurrence of dryout was caused by film boiling.

With the aspect ratios equal to or greater than 10, the flow patterns were annular flow at vertical but stratified flow for inclined angles. The occurrence of dryout was caused by flooding phenomenon at vertical angle and similarly the critical heat flux value had no effects on flow patterns.

2. Effects of aspect ratios on critical heat flux value.

With aspect ratios of less than 10, at vertical, the flow patterns at the critical state were bubble flow but slug flow for inclined angles which similarly caused dryout due to film boiling phenomena. However, with the aspect ratios equal to or greater than 10, the flow patterns at vertical were annular flow but stratified flow for inclined angles which similarly caused dryout due to flooding phenomena. Moreover, when the method of statistic collection was considered it was found that the aspect ratios has no effect on

$$Q_{c\text{imax}}/Q_{c90}$$

Experiment result showed good correlation between the aspect ratios and critical heat flux at vertical in corresponding with the equation of Tein and Chung, Nejat, Katto and Imura et al. And the aspect ratios were inversely proportional to the critical heat flux.

From the correlation between $Q_{ci\max}/Q_{c90}$ and Ku' of the experiment data there was also noted a correlation in the form of

$$\frac{Q_{ci\max}}{Q_{c90}} = 1 + 25Ku' - 172(Ku')^2$$

3. Flow pattern map.

The flow pattern map can predict the flow patterns in the inner thermosyphon and Ku^* can be calculated from the equation.

$$Ku^* = Ku \times \frac{Le}{d} \times \left(\frac{\rho_l}{\rho_v} \right)^{\frac{1}{2}}$$