

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ณ
สารบัญภาพ	ญ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	21
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎี	21
1.5 สมมุติฐานการเกิดสภาวะวิกฤตของท่อความร้อนแบบสั้น	21
1.6 ขอบเขตของการวิจัย	27
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 หลักการและทฤษฎีของท่อความร้อนแบบธรรมดา	28
2.2 หลักการทำงานของท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด	33
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย	34
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง	
3.1 วัตถุประสงค์ในการทดลอง	38
3.2 ตัวแปรในการทดลอง	38
3.3 ชุดทดลอง	39
3.4 อุปกรณ์ประกอบและเครื่องมือวัด	42
3.5 ขั้นตอนการทดลอง	47
3.6 ขั้นตอนวิเคราะห์ผลการทดลอง	48
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 ผลการทดลอง	49

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย	78
5.2 ข้อเสนอแนะ	80
บรรณานุกรม	81
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	84
ภาคผนวก ข	86
ภาคผนวก ค	88
ภาคผนวก ง	105
ประวัติผู้เขียน	111

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 แสดงชนิดของท่อความร้อนแบบสั้น	2
1.2 แสดงกราฟอุณหภูมิการทำงานของท่อความร้อน	3
1.3 แสดงการไหลแบบเป็นห้วง	5
1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนจากการคำนวณในสมการ (2) ต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนจากการทดลอง	6
1.5 แสดงรูปแบบการไหลภายในของ CEOHP ที่มีจำนวนโค้งเดี่ยว 28 โค้ง	10
1.6 ความสัมพันธ์ของรูปแบบการไหลและสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนของ CLOHP	11
1.7 แสดงขั้นตอนการเกิดสภาวะวิกฤตของท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด ที่ 2 โค้งเดี่ยว	18
1.8 รูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน 2.0 มิลลิเมตร ใช้สารผสมระหว่างน้ำกับเอทานอลเป็นสารทำงานแสดงขั้นตอนการ เกิดปรากฏการณ์การท่วม	20
1.9 แบบจำลองการจัดเรียงตัวของสารทำงานภายใน ท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด	22
1.10 แบบจำลองการเกิดสภาวะวิกฤติภายในท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิดโดยแสดงเฉพาะส่วนทำ ระเหย	22
1.11 แสดงขั้นตอนการเกิดปรากฏการณ์การท่วม	24
1.12 ปรากฏการณ์การเดือดของสารทำงานที่ปลายโค้งเดี่ยวของส่วนทำระเหย	25
1.13 ปรากฏการณ์การส่งถ่ายความร้อนจากก้อนของเหลวไปสู่ฟองไอ	25
1.14 ปรากฏการณ์การระเหยของสารทำงาน	26
1.15 ปรากฏการณ์การท่วมของสารทำงาน	26
2.1 ลักษณะส่วนประกอบของเทอร์โมไซฟอน	29
2.2 แสดงความต้านทานในส่วนต่างๆที่เกิดในท่อความร้อน	30
2.3 แสดงรูปแบบการไหลในท่อน้ำตัดกลมในแนวตั้ง	36
2.4 แสดงรูปแบบการไหลในท่อน้ำตัดกลมในแนวระดับ	37
3.1 แสดงท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด	39
3.2 แสดงชุดให้ความร้อน	39
3.3 แสดงชุดระบายความร้อน	40
3.4 แสดงสารทำงาน MP 39	40

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
3.5 แสดงสารทำงาน HP 62	41
3.6 แสดงอุปกรณ์ประกอบและชุดทดลองต่อความร้อน	41
3.7 แสดงอ่างทำความเย็น	42
3.8 แสดงเครื่องบันทึกอุณหภูมิ	43
3.9 แสดงเทอร์โมคัปเปิล	43
3.10 แสดงชุดเติมสารทำงาน	44
3.11 แสดงเครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด	44
3.12 แสดงกล้องวิดีโอทัศน	45
3.13 แสดงกล้องถ่ายภาพนิ่งดิจิทัล	45
3.14 แสดงเครื่องเล่นและบันทึกวิดีโอทัศน	46
3.15 แสดงเทปวิดีโอทัศน	46
3.16 แสดงโทรทัศน์สี	47
4.1 แสดงขั้นตอนการเกิดสภาวะวิกฤตของท่อความร้อนแบบสันปลายปิด ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.5 มิลลิเมตร สารทำงานเป็น MP 39	53
4.2 แสดงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น กับอุณหภูมิส่วนทำระเหยของ ท่อความร้อนแบบสันปลายปิด	54
4.3 แสดงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่เกิด กับอุณหภูมิส่วนทำระเหย ของท่อความร้อนแบบสันปลายปิด	55
4.4 แสดงรูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสันปลายปิด จำนวน 5 โค้งเลี้ยว ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร มุมการทำงาน 40 องศา แสดงเฉพาะส่วนทำระเหยโค้งเลี้ยวที่ 1	58
4.5 แสดงรูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสันปลายปิด ที่ 10 โค้งเลี้ยว ความยาว ส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร แสดงเฉพาะส่วนทำระเหยโค้งเลี้ยวที่ 1	61
4.6 แสดงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่เกิด กับจำนวน โค้งเลี้ยว	61
4.7 แสดงความสัมพันธ์ของตำแหน่งการแห้งและจำนวน โค้งเลี้ยวของท่อความร้อนแบบสันปลาย ปิด	62
4.8 แสดงความสัมพันธ์ของจำนวน โค้งเลี้ยวและอัตราความร้อนวิกฤตของ	62

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.9 แสดงรูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.5 มิลลิเมตร ใช้ HP 62 เป็นสารทำงาน	66
4.10 แสดงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น กับค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอภายในท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิดที่สภาวะวิกฤต	67
4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนกับอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิดที่ใช้ทดสอบ	68
4.12 แสดงความสัมพันธ์ของค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของสารทำงาน และอัตราการถ่ายเทความร้อนวิกฤตของท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิดจากการทดลองของ Katpradit et al.	68
4.13 แสดงขั้นตอนการเกิดสภาวะวิกฤตของท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.5 มิลลิเมตร ก่อนสภาวะ สารทำงานเป็น HP62	73
4.14 แสดงขั้นตอนการเกิดสภาวะวิกฤตของท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.5 มิลลิเมตร ที่สภาวะวิกฤต สารทำงานเป็น HP62	74
4.15 แสดงขั้นตอนการเกิดสภาวะวิกฤตของท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.5 มิลลิเมตร หลังสภาวะวิกฤต สารทำงานเป็น HP62	75
4.16 ขั้นตอนการเกิดการท่วมของท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.5 มิลลิเมตร มุม 10 - 90 องศา สารทำงานเป็น HP62	76

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
Bo	ตัวเลขของบอนด์	-
c_p	ค่าความร้อนจำเพาะของสาร	J/kg °C
Di	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อทดสอบ	m
g	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก	m/s ²
h_{fg}	ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ	J/kg
Ja	ตัวเลขของจาคอป	-
Ku	ตัวเลขของคูทาเทลาดเซ	-
Le	ความยาวส่วนทำระเหย	m
\dot{m}	อัตราการไหลของมวลสาร	kg/s
Pr	ตัวเลขของแพรทเทิล	-
ΔP	ความแตกต่างของความดันในแนวแกน	Pa
$\Delta P'$	ความแตกต่างของความดันในแนวรัศมี	Pa
Q	อัตราการถ่ายเทความร้อน	W
R	ค่าความต้านทานความร้อน	°C/W
Re	ตัวเลขของเรย์โนลด์	-
T_{cond}	อุณหภูมิส่วนควบแน่น	°C
T_{evap}	อุณหภูมิส่วนทำระเหย	°C
T_{in}	อุณหภูมิขาเข้าของสารทำงาน	°C
T_{out}	อุณหภูมิขาออกของสารทำงาน	°C
ΔT	ความแตกต่างของอุณหภูมิ	°C
β	มุมเอียงชุดทดลอง	องศา
ρ	ความหนาแน่นของสาร	kg/m ³
σ	แรงตึงผิว	N/m

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

ตัวกำกับล่าง

ความหมาย

a

ส่วนกันความร้อน

c

ส่วนควมแน่น

e

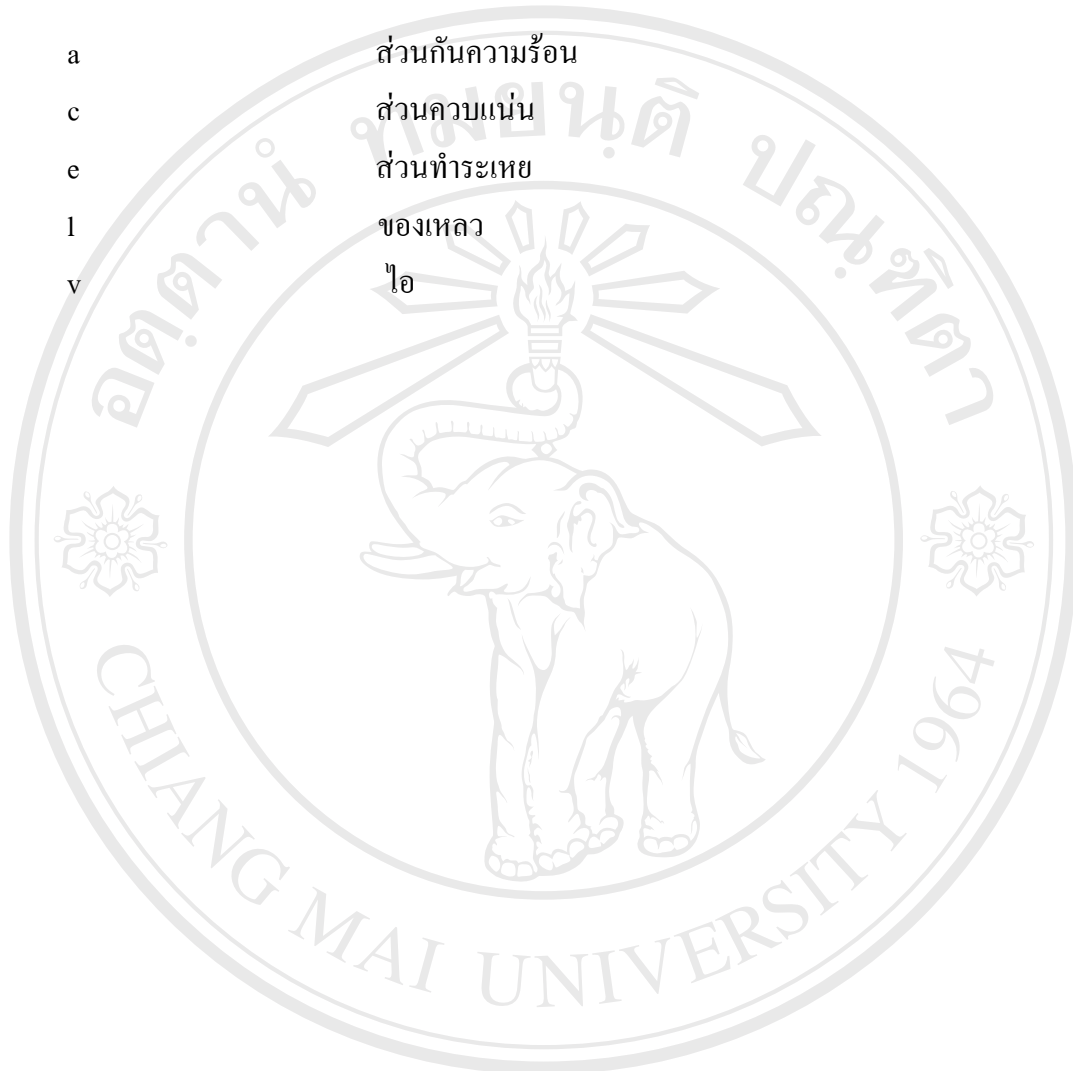
ส่วนทำระเหย

l

ของเหลว

v

ไอ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved