

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ฉ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	19
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	19
1.5 สมมติฐานการทำงานเริ่มต้น	19
1.6 ขอบเขตของการวิจัย	21
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	23
2.1 หลักการและทฤษฎีของท่อความร้อน	23
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย	27
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง	38
3.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	38
3.2 ตัวแปรในการทดลอง	38
3.3 ชุดทดลอง	39
3.4 อุปกรณ์ประกอบและเครื่องมือวัด	42
3.5 ขั้นตอนการทดลอง	48
3.6 ขั้นตอนการคำนวณของแบบจำลอง	50
3.7 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลอง	52

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง	53
4.1 นิยามสภาวะทำงานเริ่มต้นของท่อความร้อน	53
4.2 การวิเคราะห์การทำงานเริ่มต้นของท่อความร้อน	57
4.3 ผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการทำงานเริ่มต้น	60
4.3.1 ผลของสารทำงาน	60
4.3.2 ผลของความยาวส่วนทำระเหย	62
4.3.3 ผลของจำนวนโค้งเลี้ยว	65
4.3.4 ผลของเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน	67
4.4 ผลของการเปรียบเทียบกับแบบจำลอง	69
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	77
บรรณานุกรม	80
ภาคผนวก	83
ภาคผนวก ก คำสำคัญ	83
ภาคผนวก ข ตารางคุณสมบัติของสารทำงาน	85
ภาคผนวก ค การคำนวณหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางภายในสูงสุด	95
ภาคผนวก ง ขั้นตอนการคำนวณในแบบจำลอง	97
ภาคผนวก จ ข้อมูลผลการทดลอง	101
ภาคผนวก ฉ ข้อมูลจากการคำนวณค่าของตัวแปรไร้มิติ	106
ประวัติผู้เขียน	109

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 แสดงการติดตั้งท่อความร้อนเพื่อระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	1
1.2 ชนิดของท่อความร้อน	3
1.3 การเกิดฟองไอสลับกับก้อนของเหลวในท่อคาปิลลารี	4
1.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Q/Q_{max} และมุมเอียง เมื่อ $N > N_{Crit}$	7
1.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Q/Q_{max} และมุมเอียง เมื่อ $N < N_{Crit}$	8
1.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของสารทำงานกับอัตราความร้อน	10
1.7 ขั้นตอนการเกิดสภาวะวิกฤตของท่อความร้อนแบบสันปลายปิด	16
1.8 แสดงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิขณะเกิดสภาวะวิกฤต	17
1.9 การทำงานเริ่มต้นของท่อความร้อน	20
1.10 แสดงให้เห็นถึงกรณีที่ท่อความร้อนแบบสันไม่สามารถทำงานได้	21
2.1 แสดงโครงสร้างของท่อความร้อน และเทอร์โมไซฟอน	25
2.2 รูปแบบการไหลในท่อน้ำตัดกลมในแนวตั้ง	27
2.3 รูปแบบการไหลในท่อน้ำตัดกลมในแนวระดับ	29
2.4 การกระจายอุณหภูมิในการเดือดแบบแอ่งที่ผิวรอยต่อระหว่างของเหลว-ไอ	31
2.5 เครื่องมือให้ความร้อนโดยคัมกำลังไฟฟ้าของ Nukiyama	32
2.6 เส้นกราฟการเดือดของ Nukiyama ในกรณีน้ำอิ่มตัว	32
2.7 เส้นกราฟการเดือดของน้ำที่ความดันบรรยากาศ	33
2.8 ชีตจำกัดการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน	36
3.1 ชุดท่อความร้อนแบบสันชนิดวงรอบ	39
3.2 ชุดท่อความร้อนแบบสันชนิดวงรอบที่ติดกล่องความชื้น	40
3.3 น้ำกลั่นผสมเอทิลีนไกลคอล	40
3.4 แท่นติดตั้งและทดสอบท่อความร้อน	41
3.5 สารทำงาน R123 อาซีโตน และ น้ำ	41

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า			
3.6	3.6	3.6	3.6	42
3.7	3.7	3.7	3.7	42
3.8	3.8	3.8	3.8	43
3.9	3.9	3.9	3.9	43
3.10	3.10	3.10	3.10	44
3.11	3.11	3.11	3.11	44
3.12	3.12	3.12	3.12	45
3.13	3.13	3.13	3.13	45
3.14	3.14	3.14	3.14	46
3.15	3.15	3.15	3.15	46
3.16	3.16	3.16	3.16	47
3.17	3.17	3.17	3.17	47
3.18	3.18	3.18	3.18	48
3.19	3.19	3.19	3.19	52
3.20	3.20	3.20	3.20	52
4.1	4.1	4.1	4.1	54
4.2	4.2	4.2	4.2	55
4.3	4.3	4.3	4.3	56
4.4	4.4	4.4	4.4	58
4.5	4.5	4.5	4.5	58
4.6	4.6	4.6	4.6	59
4.7	4.7	4.7	4.7	62
4.8	4.8	4.8	4.8	64

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.9 ผลของจำนวนโค้งเดี่ยวที่มีผลต่อการทำงานเริ่มต้นของ CLOHP	67
4.10 ผลของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่มีผลต่อการทำงานเริ่มต้นของ CLOHP	69
4.11 แสดงกราฟการทำงานจากแบบจำลอง	70
4.12 แสดงกราฟการทำงานจากแบบจำลองเทียบกับผลการทดลอง	70
4.13 แสดงการเปลี่ยนคำอธิบายของกราฟการทำงานใหม่	72
4.14 แสดงปรากฏการณ์ภายในของ CLOHP ในความยาวส่วนทำระเหย	73
4.14 แสดงกราฟการทำงานเริ่มต้นของ CLOHP หลังจากการปรับปรุง	75

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
C_p	ความจุความร้อนจำเพาะ (ความดันคงที่)	J/kg*K
D	เส้นผ่านศูนย์กลาง	m
g	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง	m/s ²
h_{fg}	ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ	J/kg
Le	ความยาวส่วนทำระเหย	m
La	ความยาวส่วนกันความร้อน	m
Lc	ความยาวส่วนควบแน่น	m
\dot{m}	อัตราการไหลเชิงมวล	kg/s
Q	อัตราการถ่ายเทความร้อน	W
Z	ความต้านทานทางความร้อน	K/W
N	จำนวน โคนิ่งเลียว	
T	อุณหภูมิ	°C
m	มวล	kg
Bo	ตัวเลข Bond	
Ja	ตัวเลข Jacob	

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

อักษรกรีก	ความหมาย	หน่วย
Δ	ผลต่าง	
ψ	อัตราส่วน	
ρ	ความหนาแน่น	kg/m^3
σ	แรงตึงผิว	N/m
ตัวกำกับล่าง	ความหมาย	
expansion	การหดตัว	
collapse	การขยายตัว	
evap	ส่วนทำระเหย	
cond	ส่วนควบแน่น	
tube	ท่อ	
e	ส่วนทำระเหย	
a	ส่วนกันความร้อน	
c	ส่วนควบแน่น	
i	ด้านใน	
l	ของเหลว	
g	ฟองไอ	
o	เริ่มต้น	
max	ค่าสูงสุด	
crit	ค่าวิกฤต	
x	ค่าคุณภาพไอ	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved