สารบาญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ค
บทคัดย่อภาษาไทย ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ
สารบาญตาราง ญ
สารบาญภาพประกอบ ฎ
อักษรย่อและสัญลักษณ์
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง 3
1.2.1 การศึกษาถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่น 3
1.2.2 การศึกษาถึงพฤติกรรมของการส่งถ่ายความร้อนของสารทำงาน 4
1.2.3 การศึกษาถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนที่ใช้สารทำงานที่ไม่มี CFCs 4
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 5
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎี 5
1.5 ขอบเขตของการวิจัย 7

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี
2.1 หลักการและทฤษฎีของท่อความร้อนแบบธรรมดา (Thermosyphon) 8
2.1.1 ท่อความร้อนแบบธรรมดา 8
2.1.2 การถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบธรรมดา 9
2.2 ชนิดและหลักการทำงานของท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด 13
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวข้องในงานวิจัย 14
2.3.1 คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบ CEOHP 14
2.3.2 ตัวแปรไร้มิติ 16

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดสอบ

3.1 แผนการดำเนินการ 21

3.2 ตัวแปรในการทดสอบ 22

3.3 ชุดทดสอบ 24

3.4 อุปกรณ์ประกอบและเครื่องมือวัด 26

3.5 ขั้นตอนการทดสอบ 30

3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลอง 32

บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิจารณ์ผลการทดสอบ

4.1 ผลของมุมเอียงต่อการถ่ายเทความร้อนและความต้านทานความร้อน 37

4.2 ผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อความร้อนต่อการส่งถ่ายความร้อน 44

4.3 ผลของความยาวส่วนทำระเหย ส่วนฉนวนและส่วนควบแน่นที่เท่ากันของท่อความร้อนต่อการส่งถ่ายความร้อน 45

4.4 ผลของความยาวทั้งหมดของท่อความร้อนต่อการส่งถ่ายความร้อน 48

4.5 ผลของตัวแปรไร้มิติที่หาได้ที่มีต่อค่าการส่งถ่ายความร้อนที่อยู่ในรูปของตัวแปรไร้มิติ 50

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ 59

5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย 62

5.2 ข้อเสนอแนะ 63

บรรณานุกรม 64

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตารางแสดงผลการทดลอง 67

ภาคผนวก ข กราฟแสดงผล q จากการปรับค่ามุมเอียงการทดสอบ

กราฟแสดงผล R จากการปรับค่ามุมเอียงการทดสอบ 86

ภาคผนวก ค ตารางคุณสมบัติของสารทำงาน HP62 และ MP39

ตารางสารผสมน้ำและเอทธิลีนไกลคอล 118

ประวัติผู้เขียน 125

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

สารบาญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 รายละเอียดการทดสอบท่อความร้อน	35

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

สารบาญภาพประกอบ

รูป		หน้า
1.1	แสดงการไหลแบบ slug	3
1.2	แสดงผลของมุมเอียงที่มีต่อค่า Q/Q90 และ R/R90 ของท่อความร้อน MP39 และ HP62 เป็น สารทำงาน	6
2.1	ลักษณะส่วนประกอบของเทอร์โมไซฟอน [8]	9
2.2	แสดงความต้านทานในส่วนต่างๆ ที่เกิดในท่อความร้อน [8]	10
2.3	แสดงรูปทั้ง 3 ชนิดของ OHP	15
3.1	ท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด	22
3.2	ท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดที่ติดกล่องความร้อนและกล่องความเย็น	23
3.3	น้ำกลั่นผสมเอทธิลีนไกลคอล	24
3.4	แท่นติดตั้งและชุดทดสอบท่อความร้อน	25
3.5	สารทำงาน HP62 และ MP39	26
3.6	อ่างทำความร้อน	26
3.7	อ่างทำความเย็น	27
3.8	มาตรวัดอัตราการไหล	27
3.9	เครื่องบันทึกข้อมูล	28
3.10	เทอร์โมคับเปิล	28
3.11	วาล์วควบคุมอัตราการไหล	29
3.12	ชุดเติมสารทำงาน	29
3.13	เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด	30
3.14	แสดงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์	31
3.15	แสดงขั้นตอนในการวิจัย	36
4.1	กราฟแสดงมุมเอียงเทียบกับ q ของการทดสอบท่อ 1.06 และ 2.03 มิลลิเมตร ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 15 เมตรและใช้สาร HP62	38
4.2	กราฟแสดงมุมเอียงเทียบกับ q ของการทดสอบท่อ 1.06 และ 2.03 มิลลิเมตร ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 15 เมตรและใช้สาร MP39	39

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

สารบาญภาพประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.3	กราฟแสดงมุมเอียงเทียบกับ q ของการทดสอบท่อ 1.06 และ 2.03 มิลลิเมตร ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร ความทั้งหมด 15 เมตรสาร MP39 และ HP62 เทียบกับ Rittidej et al. (2000)	40
4.4	กราฟแสดงมุมเอียงเทียบกับ R ของการทดสอบท่อ 1.06 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 15 เมตรใช้สาร HP62 และ MP39	41
4.5	กราฟแสดงมุมเอียงเทียบกับ R ของการทดสอบท่อ 1.06 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 15 เมตร ใช้สาร HP62 และ MP39 เทียบกับ Rittidej et al. (2000)	42
4.6	กราฟแสดงมุมเอียงเทียบกับ R ของการทดสอบท่อ 2.03 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 15 เมตร ใช้สาร HP62 และ MP39 เทียบกับ Rittidej et al. (2000)	43
4.7	กราฟแสดงผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเทียบกับค่าอัตราการส่งถ่ายความร้อนที่มุมการทำงาน 90 องศาของท่อทดสอบ ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 15 เมตร	45
4.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความยาวในส่วนทำระเหยเทียบกับค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อทดสอบที่มุมการทำงาน 90 องศา เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.06 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 15 เมตร	46
4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความยาวในส่วนทำระเหยเทียบกับค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อทดสอบที่มุมการทำงาน 90 องศา เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.06 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 15 เมตร เทียบกับ Rittidej et al. (2000)	47
4.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความยาวทั้งหมดเทียบกับค่าอัตราการส่งถ่ายความร้อนของท่อทดสอบที่มุมการทำงาน 90 องศา เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.06 มิลลิเมตร ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร	49
4.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความยาวทั้งหมดเทียบกับค่าอัตราการส่งถ่ายความร้อนของท่อทดสอบที่มุมการทำงาน 90 องศา เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.06 มิลลิเมตร ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร เทียบกับ Rittidej et al. (2000)	50

สารบาญภาพประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Weber number (We) ต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนในสภาวะมุมเอียงการทำงาน 0 องศา	51
4.13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Froude number (Fr) ต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนในสภาวะมุมเอียงการทำงาน 0 องศา	52
4.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Bond number (Bo) ต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนในสภาวะมุมเอียงการทำงาน 0 องศา	53
4.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Prandtl number (Pr) ต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนในสภาวะมุมเอียงการทำงาน 0 องศา	54
4.16	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Kutateladze (Ku) ต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนในสภาวะมุมเอียงการทำงาน 0 องศา	55
4.17	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไร้มิติที่หาได้ต่อค่า Kutateladze number (Ku) มุมเอียงการทำงาน 0 องศา	57
4.18	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่จากข้อมูลการทดลองต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่จากการคำนวณในสมการ 4.1	59
4.19	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไร้มิติที่หาได้ต่อค่า Kutateladze number (Ku) มุมเอียงการทำงาน 90 องศา	60
4.20	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่จากข้อมูลการทดลองต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่จากการคำนวณในสมการ 4.2	61

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
Bo	ตัวเลขของบอนด์	
C_p	ค่าความร้อนจำเพาะของสาร	J / kgC^o
Di	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อทดสอบ	M
Fr	ตัวเลขของฟรูด	
G	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง	m / s^2
h_{fg}	ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ	J / kg
Ku	ตัวเลขของคูทาเทลัดเซ	
L	ความยาว	M
	อัตราการไหลของมวลสาร	Kg / s
Pr	ตัวเลขของแพรนตัน	
ΔP	ความแตกต่างความดันในแนวแกน	Pa
$\Delta P'$	ความแตกต่างความดันในแนวรัศมี	Pa
Q	การถ่ายเทความร้อน	W
Q90	การถ่ายเทความร้อนที่มุมเอียง 90 องศา	W
q	อัตราการถ่ายเทความร้อน	W/m^2
R	ค่าความต้านทานความร้อน	$^oC/ W$
R90	ค่าความต้านทานความร้อนที่มุมเอียง 90 องศา	$^oC / W$
Re	ตัวเลขของเรย์โนลด์	
T_{cond}	อุณหภูมิที่ส่วนควบแน่น	^oC
T_{evap}	อุณหภูมิที่ส่วนทำระเหย	^oC
T_{in}	อุณหภูมิขาเข้าของสาร	^oC
T_{out}	อุณหภูมิขาออกของสาร	^oC
ΔT	ความแตกต่างอุณหภูมิของส่วนรับความร้อนและ	
	ส่วนระบายความร้อน	^oC
We	ตัวเลขของเวเบอร์	
Z	ความต้านทานความร้อนรวม	$^oC/W$
β	ค่ามุมเอียงของชุดทดสอบ	องศา
π	3.1416	

ρ	ค่าความหนาแน่นของสาร	kg / m^3
σ	แรงตึงผิว	N / m

ตัวห้อย	ความหมาย	
A	ส่วนฉนวน	
C	ส่วนควบแน่น	
E	ส่วนทำระเหย	
L	ของเหลว	
M	ค่าสูงสุดเฉลี่ย	
V	ไอ	
0	มุมเอียงการทดสอบ 0 องศา	องศา
90	มุมเอียงการทดสอบ 90 องศา	องศา

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University