

สารบัญ

	หน้า
ปก	ก
ใบรับรองโครงการ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ฌ
สารบัญกราฟ	ฉ
ลำดับสัญลักษณ์	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน	3
1.7 สถานที่ปฏิบัติงาน	4
1.8 อุปกรณ์ที่ใช้	4
1.9. งบประมาณ	5
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 หลักการทำงานของเทอร์โมไซฟอนในแนวตั้ง	6
2.2 การถ่ายเทความร้อนทั้งหมด	7
2.3 การคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนในส่วนควบแน่น	10
2.4 รูปแบบการไหลภายในท่อหน้าตัดกลมในแนวตั้ง	10
2.5 ศึกษาผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่อง	
3.1 หลอดแก้ว	13
3.2 ถังต้มน้ำ	14
3.3 ฮีตเตอร์	16
3.4 แผงควบคุม	16
3.5 ตู้น้ำในส่วนทำระเหย	17
3.6 ตู้น้ำในส่วนควบแน่น	17
3.7 แท่นชุดการทดลอง	19
บทที่ 4 วิธีการดำเนินงาน	
4.1 ตัวแปรควบคุม	23
4.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา	23
4.3 อุปกรณ์ประกอบและเครื่องมือวัด	23
4.4 วิธีการทดลอง	28
บทที่ 5 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง	
5.1 ผลของอุณหภูมิส่วนทำระเหยที่มีต่อรูปแบบการไหล และการถ่ายเทความร้อนภายในเทอร์โมไซฟอน	33
5.2 ผลของความยาวของส่วนทำระเหยที่มีต่อรูปแบบการไหล และการถ่ายเทความร้อนภายในเทอร์โมไซฟอน	40
บทที่ 6 สรุป และเสนอแนะผลการทดลอง	
6.1 สรุปผลการทดลอง	46
6.2 ข้อเสนอแนะ	47
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	49

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน	3
ตารางที่ 5.1 แสดงค่าของการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอน ที่มีส่วนทำระเหยเท่ากับ 32 cm	33
ตารางที่ 5.2 แสดงค่าของการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอน ที่มีส่วนทำระเหยเท่ากับ 64 cm	35
ตารางที่ 5.3 แสดงค่าของการถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ ส่วนทำระเหยเท่ากับ 30°C	40
ตารางที่ 5.4 แสดงค่าของการถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ ส่วนทำระเหยเท่ากับ 40°C	40
ตารางที่ 5.5 แสดงค่าของการถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ ส่วนทำระเหยเท่ากับ 50°C	43
ตารางที่ 5.6 แสดงค่าของการถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ ส่วนทำระเหยเท่ากับ 60°C	43
ตารางที่ 5.7 แสดงค่าของการถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ ส่วนทำระเหยเท่ากับ 70°C	45
ตารางที่ ก อุณหภูมิของเทอร์โมไซฟอนที่มีความยาวส่วนทำระเหยเท่ากับ 32 cm	49
ตารางที่ ข อุณหภูมิของเทอร์โมไซฟอนที่มีความยาวส่วนทำระเหยเท่ากับ 64 cm	49

สารบัญรูปร่าง

	หน้า
รูปที่ 2.1 การทำงานของเทอร์โมไซฟอน	6
รูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งค่าความต้านทานการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด	7
รูปที่ 2.3 วงจรความต้านทานการถ่ายเทความร้อนภายในเทอร์โมไซฟอน	8
รูปที่ 2.4 รูปประกอบการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อน ในส่วนควบแน่น	10
รูปที่ 2.5 รูปแบบการไหลภายในท่อหน้าตัดกลมอยู่ในแนวตั้ง	11
รูปที่ 2.6 เทอร์โมไซฟอนแบบปิดสองสถานะในแนวเอียงที่สภาวะการทำงานปกติ	12
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของชุดอุปกรณ์การทดลอง	13
รูปที่ 3.2 หลอดแก้ว	14
รูปที่ 3.3 ถังคัมน์น้ำ	15
รูปที่ 3.4 ฮีตเตอร์	16
รูปที่ 3.5 แผงควบคุม	17
รูปที่ 3.6 ตู้น้ำในส่วนทำระเหย	18
รูปที่ 3.7 ตู้น้ำในส่วนควบแน่น	18
รูปที่ 3.8 โครงเหล็กสำหรับส่วนควบแน่น	19
รูปที่ 3.9 โครงเหล็กสำหรับส่วนทำระเหย	20
รูปที่ 3.10 โตะเหล็กวางอุปกรณ์	20
รูปที่ 3.11 โตะวางอุปกรณ์เมื่อติดตั้งขึ้นวางและที่ติดตู้ควบคุม	21
รูปที่ 3.12 ชุดการทดลอง	22
รูปที่ 4.1 แสดงสายเทอร์โมคัปเปิล ที่ต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ	24
รูปที่ 4.2 ปีมที่ใช้กับน้ำเย็น	25
รูปที่ 4.3 ปีมที่ใช้กับน้ำร้อน	25
รูปที่ 4.4 ถังน้ำเย็น	25
รูปที่ 4.5 เครื่องเก็บข้อมูลภายนอก	26
รูปที่ 4.6 กถ้องดิจิตอล	26
รูปที่ 4.7 ฮีตเตอร์	26
รูปที่ 4.8 เครื่องทำสุญญากาศ	27

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.9 แผงควบคุมอุณหภูมิ	27
รูปที่ 4.10 แสดงปริมาณการเติมสารทำงานในส่วนของทำระเหย	28
รูปที่ 4.11 การประกอบหลอดแก้วเข้ากับตู้กระจกและ โครงเหล็ก	29
รูปที่ 4.12 ป้อนที่เข้ากับน้ำร้อนประกอบเข้ากับ โครงเหล็ก	30
รูปที่ 4.13 ถังน้ำเย็นที่ติดตั้งเครื่องป้อนน้ำ	30
รูปที่ 4.14 ภาพติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด	31
รูปที่ 4.15 แสดงการต่อสายของเครื่องทำสุญญากาศกับปลายจุกของหลอดแก้ว	32
รูปที่ 5.1 แสดงรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซโฟนที่มีส่วนทำระเหย เท่ากับ 32 cm ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหยต่างๆ	37
รูปที่ 5.2 แสดงรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซโฟนที่มีส่วนทำระเหย เท่ากับ 64 cm ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหยต่างๆ	38
รูปที่ 5.3 แสดงรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซโฟนที่อุณหภูมิ 30°C	40
รูปที่ 5.4 แสดงรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซโฟนที่อุณหภูมิ 40°C	41
รูปที่ 5.5 แสดงรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซโฟนที่อุณหภูมิ 50°C	43
รูปที่ 5.6 แสดงรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซโฟนที่อุณหภูมิ 60°C	44
รูปที่ 5.7 แสดงรูปแบบการไหลภายในเทอร์โมไซโฟนที่อุณหภูมิ 70°C	45

สารบัญกราฟ

	หน้า
กราฟที่ 5.1 แสดงค่าของการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอน ที่มีส่วนทำระเหยเท่ากับ 32 cm	34
กราฟที่ 5.2 แสดงค่าของการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอน ที่มีส่วนทำระเหยเท่ากับ 64 cm	35



ลำดับสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
T_{so}	อุณหภูมิที่ผิวด้านนอก	$^{\circ}\text{C}$
T_{si}	อุณหภูมิที่ผิวด้านใน	$^{\circ}\text{C}$
Z	ค่าความต้านทานการถ่ายเทความร้อน	K/W
ΔT	ความแตกต่างของอุณหภูมิจากเข้ากับขาออก	K
$h_{\infty o}$	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวนอกของส่วนทำระเหย	W/m.K
$S_{\infty o}$	พื้นที่ผิวข้างนอกในส่วนส่วนทำระเหย	m^2
$h_{\infty i}$	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวนอกของส่วนควบแน่น	W/m.K
$S_{\infty i}$	พื้นที่ผิวข้างนอกในส่วนส่วนควบแน่น	m^2
D_o	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก	m
D	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน	m
λ_x	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนในแนวแกน	
Z_{3p}	ความต้านทานความร้อนในแอ่งเดือด	K/W
Z_{3f}	ความต้านทานความร้อนฟิล์ม	K/W
C	สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ เท่ากับ 0.235	
A_x	เป็นพื้นที่หน้าตัดของผนัง	m^2
λ_x	เป็นสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	
Q	เป็นอัตราการถ่ายเทความร้อน	kW
m	เป็นอัตราการไหลของน้ำ	kg/s
C_p	เป็นค่าความจุความร้อนจำเพาะ	kJ/kg.K