

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญภาพ	ญ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
1.2.1 การศึกษาถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสัน	2
1.2.2 การศึกษาถึงการมองรูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสัน	3
1.2.3 การศึกษาถึงคุณลักษณะการสั่นของความดันที่เกิดขึ้นเองของ OCHP	4
1.2.4 การศึกษาถึงคุณลักษณะการสั่นของ OHP ที่มีเชื้อเพลิง	5
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	5
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎี	5
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	6
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 หลักการและทฤษฎีของท่อความร้อนแบบสัน	7
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวข้องในงานวิจัย	8
2.2.1 คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบ CEOHP	8
2.2.2 รูปแบบการไหลภายในท่อ	9
2.2.3 ความเสียดทานการไหลในท่อ	13
2.2.4 ตัวแปรไร้มิติ	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดสอบ	
3.1 วัตถุประสงค์ในการทดสอบ	15

3.2	ตัวแปรในการทดสอบ	15
3.3	ชุดทดสอบ	16
3.4	อุปกรณ์ประกอบและเครื่องมือวัด	20
3.5	ขั้นตอนการทดสอบ	31
3.6	ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลอง	32
บทที่ 4	ผลการทดสอบและวิจารณ์ผลการทดสอบ	
4.1	คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อน	34
4.2	รูปแบบการไหล	38
4.3	ปรากฏการณ์การไหลภายในท่อ	42
4.4	แผนภูมิรูปแบบการไหล	51
บทที่ 5	สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1	สรุปผลการวิจัย	53
5.2	ข้อเสนอแนะ	54
บรรณานุกรม		55
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก	การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายภายในผิวท่อความร้อน CEOHP	58
ภาคผนวก ข	รูปแสดงรูปแบบการไหลของสารทำงานภายในท่อความร้อน CEOHP	60
ภาคผนวก ค	ตารางและกราฟแสดงผลการทดสอบ	66
ภาคผนวก ง	ส่วนประกอบชุดทดสอบท่อความร้อนแบบ CEOHP	127
ภาคผนวก จ	คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารทำงาน R123	134
ประวัติผู้เขียน		138

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 แสดงการไหลแบบ Slug	3
2.1 ท่อความร้อนแบบสั้น	7
2.2 แสดงรูปแบบการไหลในท่อหน้าตัดกลมในแนวดิ่ง	10
2.3 แผนภูมิรูปแบบการไหลภายในท่อในแนวดิ่ง	10
2.4 แสดงรูปแบบการไหลในท่อหน้าตัดกลมในระดับ	11
2.5 แผนภูมิรูปแบบการไหลภายในท่อในแนวเอียง	12
3.1 ชุดทดสอบท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด	16
3.2 กล้องให้ความร้อน	17
3.3 กล้องความเย็น	17
3.4 น้ำกลั่น	18
3.5 น้ำมันซิลิโคน	18
3.6 แท่นติดตั้งและชุดทดสอบท่อความร้อน	19
3.7 สารทำงาน R123	20
3.8 อ่างทำความเย็น	20
3.9 มาตรวัดอัตราการไหล	21
3.10 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger)	22
3.11 เครื่องบันทึกข้อมูล (Chart Recorder)	22
3.12 เทอร์โมคัมปิด	23
3.13 วาล์วควบคุมอัตราการไหล	23
3.14 อ่างทำความร้อน	24
3.15 เครื่องมือบรรจุมอเตอร์ทำงาน	24
3.16 กล้องถ่ายภาพนิ่งดิจิทัล	25
3.17 กล้องวิดีโอใช้ในการถ่ายภาพรูปแบบการไหลของ CEOHP	25
3.18 กล้องวิดีโอใช้ในการถ่ายภาพรูปแบบการไหลของ CEOHP	26

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
3.19 เครื่องเล่นและบันทึกวีดิทัศน์	26
3.20 เครื่องเล่นและบันทึกวีดิทัศน์	27
3.21 เครื่องเล่นและบันทึกวีดิทัศน์	27
3.22 โทรทัศน์สี ยี่ห้อ Sony	28
3.23 โทรทัศน์สี ยี่ห้อ NEC	28
3.24 เทปวีดิทัศน์	29
3.25 หลอดไฟยี่ห้อ PHILIPS	29
3.26 เครื่องวัดความเร็วอากาศ	30
3.27 เครื่องวัดความดันภายในท่อ	30
3.28 แสดงการวัดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	31
3.29 แสดงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง	32
4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและอัตราการถ่ายเทความร้อนของ CEOHP ที่อุณหภูมิแหล่งให้ความร้อน 80°C มุมเอียง 70 องศา	35
4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนและอัตราการถ่ายเทความร้อนของ CEOHP ที่มุมเอียง 70 องศา	36
4.3 แสดงผลกระทบของมุมเอียงที่มีต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อน	37
4.4 ตัวอย่างแสดงทิศทางการไหลเข้า-ออกของน้ำมันซิลิโคนผ่านส่วนทำระเหย	38
4.5 รูปแบบการไหลของ CEOHP ที่ T _{so} 80°C มุมเอียง 70°	39
4.6 รูปแบบการไหลของ CEOHP ที่สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.004 และมุมเอียง 90°	41
4.7 รูปแบบการไหลของ CEOHP ที่สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.00074 และอุณหภูมิแหล่งให้ความร้อน 60°C	43
4.8 การขยายตัวของฟองไอเมื่อสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเพิ่มขึ้น	44
4.9 แสดงผลการสั้นของอุณหภูมิที่ส่วนไม่ถ่ายเทความร้อนเทียบกับเวลาของท่อความร้อน CEOHP ที่ T _{so} 80°C และมุมเอียงเป็น 50 องศา	45
4.10 การรวมตัวของฟองไอเมื่อค่าความร้อนเพิ่มขึ้น	46

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.11 แสดงผลการสั่นของอุณหภูมิที่ส่วนไม่ถ่ายเทความร้อนเทียบกับเวลาของท่อความร้อน CEOHP ที่ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.004 มุมเอียง 50 องศา	47
4.12 การขยายตัวของฟองอากาศ	48
4.13 การขยายตัวของฟองอากาศเพิ่มขึ้น	48
4.14 แสดงผลการสั่นของอุณหภูมิที่ส่วนไม่ถ่ายเทความร้อนเทียบกับเวลาของท่อความร้อน CEOHP เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของมุมเอียง	50
4.15 แผนภูมิรูปแบบการไหล	52

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
a	ขนาดแต่ละด้านของสี่เหลี่ยมจัตุรัส	m
C _p	ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ	kJ/kg.K
d	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อทดสอบ	m
d _h	Hydraulic diameter	m
F	ตัวแปรของ Taitel และ Dukler	
f	สัมประสิทธิ์ความเสียดทานในท่อ	
f _{TP}	สัมประสิทธิ์ความเสียดทานในท่อสองสถานะ	
g	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง	m / s ²
h _{fg}	ความร้อนแฝงไอ-ของเหลว	J/kg
K	ตัวแปรของ Taitel และ Dukler	
Ku	คุทาเทลลาเซนมเบอร์ (Kutateladze number)	
Ku*	Modified Kutateladze number	
L	ความยาวท่อ	m
$\dot{m}$	อัตราการไหลของมวลสาร	kg / s
Q	อัตราการถ่ายเทความร้อน	W
q _c	อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ส่วนทำระเหย	W/m ²
T	ตัวแปรของ Taitel และ Dukler	
T _{cond}	อุณหภูมิที่ส่วนควบแน่น	°C
T _{evap}	อุณหภูมิที่ส่วนทำระเหย	°C
T _{in}	อุณหภูมิขาเข้าของสาร	°C
T _{out}	อุณหภูมิขาออกของสาร	°C
U _L	ความเร็วที่ผิวของของเหลว	m / s
U _g	ความเร็วที่ผิวของไอ	m / s
V	ความเร็วของสาร	m / s
X	ตัวแปรมาทินแนลลี	
x	ค่าคุณภาพ	

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
Z	ค่าความต้านทานความร้อน	$^{\circ}\text{C} / \text{W}$
$(dp/dz)_L$	ความแตกต่างความดันต่อความแตกต่างระยะทางของของไหลในช่องทาง	Pa / m
$(dp/dz)_G$	ความแตกต่างความดันต่อความแตกต่างระยะทางของไอในช่องทาง	Pa / m
$-(dp_F/dz)$	ความแตกต่างความดันต่อความแตกต่างของการไหลแบบเนื้อเดียว	Pa / m
ΔP	ความแตกต่างความดันในแนวแกน	Pa
$\Delta P'$	ความแตกต่างความดันในแนวรัศมี	Pa
θ	ค่ามุมเอียงของชุดทดสอบ	องศา
τ_o	ความเค้นเฉือนที่ผนัง	$\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$
ρ	ความหนาแน่นของสาร	kg / m^3
ρ_H	ความหนาแน่นของสารเนื้อเดียว	kg / m^3
η_{TP}	ความหนืดของสองสถานะ	$\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$
η_G	ความหนืดของสถานะไอ	$\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$
η_L	ความหนืดของสถานะของเหลว	$\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$
ν_L	ความหนืดจลน์ของของเหลว	m^2 / s
μ	ความหนืดของสาร	$\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$
σ	แรงตึงผิว	mN / m