

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฉ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฉ
 บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	6
1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย	6
 บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน	8
2.2 การถ่ายโอนความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอน	9
2.3 ครีปและประสิทธิผลของครีป	13
2.4 การกัดกร่อน	13
 บทที่ 3 ข้อมูลการกัดกร่อนเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน	
3.1 การกัดกร่อนที่ผิวภายนอกของเทอร์โมไซฟอน	19
3.2 การกัดกร่อนที่ผิวภายในของเทอร์โมไซฟอน	21
 บทที่ 4 การสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยคำนวณ	
4.1 ข้อกำหนดภายในโปรแกรม	23
4.2 โปรแกรมออกแบบป้องกันการกัดกร่อน	25
4.3 โปรแกรมแนะนำการป้องกันการกัดกร่อน	35
4.4 การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม	37

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 ผลการคำนวณและวิเคราะห์ผลจากโปรแกรม	
5.1 เวลาสำหรับทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	40
5.2 ราคาค่าใช้จ่ายรวม	41
5.3 วิธีที่ดีที่สุดสำหรับการป้องกันการกัดกร่อน	42
5.4 ความผิดพลาดของโปรแกรม	44
บทที่ 6 สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุปผลงานวิจัย	45
6.2 ข้อเสนอแนะ	45
บรรณานุกรม	46
ภาคผนวก	48
ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ได้จากโปรแกรม	49
ประวัติผู้เขียน	53

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3-1 สมการความร้อนสูญเสียเนื่องจากฟาวลิง และสมการการกักความร้อน	21
3-2 สมการการกักความร้อนภายในท่อเทอร์โมไซฟอน	21
4-1 ค่าการนำความร้อนของวัสดุ	23
4-2 ขนาดของท่อที่ใช้ในโปรแกรม	24
4-3 ข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะการทำงานและขนาดของเทอร์โมไซฟอนที่ใช้ใน โปรแกรม	26
4-4 ข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรมออกแบบป้องกันการกักความร้อน	37
5-1 ผลจากโปรแกรมของท่อเหล็กและท่อเหล็กครีบท่อเหล็ก	38
5-2 ผลจากโปรแกรมของท่อทองแดงและท่อทองแดงครีบท่อทองแดง	39
5-3 ผลจากโปรแกรมของท่ออะลูมิเนียม และท่ออะลูมิเนียมครีบท่ออะลูมิเนียม	39
5-4 ผลของโปรแกรมแนะนำป้องกันการกักความร้อน	39

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 แสดงการทำงานของเครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบเทอร์โมไซฟอน	8
2.2 ตำแหน่งค่าความต้านทานความร้อนของเทอร์โมไซฟอน และวงจรความต้านทาน	10
2.3 แสดงรูปภาคตัดขวางของหลุมซึ่งเกิดจากการกัดกร่อน	14
2.4 การเกิดอิโรชั่นจากการกระแทก	15
2.5 ลักษณะกราฟเขม่าแบบทั่วไป	16
4.1 แสดงขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมออกแบบป้องกันการกัดกร่อนของ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน	25
4.2 ฟังก์ชันการคำนวณหาการส่งถ่ายความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนแบบเทอร์โมไซ	28
4.3 ฟังก์ชันการคำนวณหาค่าใช้จ่ายของเครื่องแลกเปลี่ยนและเวลาการทำความสะอาดที่เหมาะสม	31
4.4 การส่งถ่ายความร้อนต่อเวลาของเครื่องแลกเปลี่ยน	32
4.5 กราฟหาเวลาทำความสะอาดที่เหมาะสม	33
4.6 ฟังก์ชันการคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมของเครื่องแลกเปลี่ยน	34
4.7 ฟังก์ชันการคำนวณหาวิธีการป้องกันการกัดกร่อนที่เหมาะสม	36

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A	พื้นที่หน้าตัดของท่อ	m^2
C	ค่าคงที่ ซึ่ง $C = (1/4)(3/\pi)^{1/3}$	
C_{Clean}	ค่าทำความสะอาดต่อครั้ง	$baht / m^3$
$C_{Coating}$	ค่าในการป้องกันการกัดกร่อน	baht
$C_{Fouling}$	ค่าใช้ความร้อนสูญเสียเนื่องจากฟาวลิง	baht
C_{Total}	ค่าใช้จ่ายรวม	baht
C_{Tube}	ค่าในการสร้างเทอร์โมไซฟอน	baht
CostClean	ค่าใช้จ่ายในการทำทำความสะอาดที่เวลาทำงานทั้งหมด	baht
CostFouling	ค่าใช้จ่ายจากความร้อนสูญเสียเนื่องจากเขม่า	baht
D_i	เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของเทอร์โมไซฟอน	m
D_o	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของเทอร์โมไซฟอน	m
F	อัตราส่วนการเติม	%
h	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน	W/m-k
HHV	ค่าความร้อนของน้ำมันเตา	MJ/kg
k	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของท่อ	W/m-k
k_r	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของครีป	W/m-k
l	ความยาวของเทอร์โมไซฟอน	m
LMTD	อุณหภูมิเฉลี่ยเชิงลอการิทึม	$^{\circ}C$
Nohp	จำนวนท่อทั้งหมดของเทอร์โมไซฟอน	
Nu_c	ค่าตัวเลขนัสเซิลล์ของส่วนทำระเหย	
Nu_c	ค่าตัวเลขนัสเซิลล์ของส่วนระบายความร้อน	
P	ความดัน	Pa
Q	ค่าการส่งถ่ายความร้อน	W
r	รัศมีของท่อ	m
Re	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์	
t	เวลาทำงานทดสอบ	hour
t_r	ความหนาครีป	m
T_p	อุณหภูมิที่แอ่งของเหลว	$^{\circ}C$

อักษรย่อและสัญลักษณ์(ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
T_{si}	อุณหภูมิที่แหล่งความเย็น	°C
T_{so}	อุณหภูมิที่แหล่งความร้อน	°C
T_v	อุณหภูมิไอของสารทำงาน	°C
V	ปริมาตรของน้ำมันเตาสุญญสัย	liter
Z_2	ค่าความต้านทานความร้อนของผนังท่อในส่วนของทำระเหย	K/W
Z_{3f}	ความต้านทานของของเหลวที่เกิดจากฟิล์มของเหลว	K/W
Z_{3p}	ความต้านทานของของเหลวที่เกิดจากแอ่งของเหลว	K/W
Z_8	ค่าความต้านทานความร้อนของผนังท่อในส่วนควบแน่น	K/W
$Z_{fouling}$	ค่าความต้านทานความร้อนของฟาวลิ่ง	K/W
Z_{total}	เป็นค่าความต้านทานความร้อนทั้งหมดของเทอร์โมไซฟอน	K/W
$T_{Operating}$	เวลาทำงานทั้งหมดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	hour
T_{Clean}	เวลาทำความสะอาดที่เหมาะสม	hour
ΔT	ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแหล่งความร้อนกับแหล่งความเย็น	°C
ΔT_h	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างอุณหภูมิเนื่องจาก Hydrostatic head	°C
η_r	ประสิทธิภาพครีป	
β	สัมประสิทธิ์ของอัตราการหลอว์งของเขม่า	
ρ	ความหนาแน่นของน้ำมันเตาที่ใช้	kg/m ³
σ_r	ความเค้นตามแนวรัศมีของท่อ	N/m
Φ_3	ค่าคงที่ของสารทำงาน Figure of Merit	