สารบาญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ค
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
สารบาญตาราง		ฌ
สารบาญรูป		ญ
อักษรย่อและสัญลักษณ์		ฑ
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย	1
	1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
	1.2.1 การทดสอบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	3
	1.2.2 การทดสอบครีบแบบเกล็ด	4
	1.2.3 การใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนกับการพาความร้อนแบบธรรมชาติ	7
	1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	10
	1.4 ขอบเขตของการศึกษา	10
	1.5 ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา	11
บทที่ 2	หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	12
	2.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	12
	2.1.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบกะทัดรัด	12
	2.1.2 ลักษณะในการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและครีบเกล็ด	13
	2.2 ทฤษฎีทางพลศาสตร์ของไหลที่เกี่ยวข้องกับการพาความร้อนแบบธรรมชาติ	17
	2.3 การวิเคราะห์มิติ	20
บทที่ 3	วิธีดำเนินงานวิจัย	24
	3.1 การออกแบบการทดลอง	24

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ (ต่อ)

		หน้า
	3.2 หลักการทำงานและการออกแบบชุดทดสอบการหาค่าการถ่ายเทความร้อนของครีบแบบเกล็ด	26
	3.2.1 หลักการทำงานของชุดทดสอบและวิธีการทดสอบ	26
	3.2.2 ชุดครีบเกล็ดที่ใช้ในการทดสอบ	28
	3.2.3 อุปกรณ์และเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบ	29
บทที่ 4	การประยุกต์และการปรับปรุงคอนเดนเซอร์เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนขนาดกะทัดรัด	35
	4.1 การประยุกต์ใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อแบนติดครีบเกล็ดย่นมาใช้ในระบบนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่	36
	4.1.1 การทดสอบคอนเดนเซอร์เพื่อใช้เป็นแผงรับความร้อน	36
	4.1.2 การนำคอนเดนเซอร์สร้างเป็นระบบนำความร้อนทิ้งกับมาใช้ใหม่	38
	4.2 ผลของมุมเอียงตัวที่มีต่อโครงสร้างการไหลและการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนขนาดกะทัดรัดกรณีเรย์โนลดส์นัมเบอร์ต่ำ	40
	4.2.1 การแก้ปัญหาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	41
	4.2.2 การทดสอบถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	43
	4.3 การเปรียบเทียบตัวแปรในงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่ผ่านมา	45
บทที่ 5	ผลการทดสอบและวิเคราะห์	47
	5.1 ค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์ ของครีบเกล็ด	47
	5.2 ผลของระยะห่างระหว่างครีบต่อระยะห่างระหว่างเกล็ด	54
	5.3 ผลของมุมเอียงเกล็ด	57
	5.4 ลักษณะทางกายภาพของครีบเกล็ดที่เหมาะสำหรับการพาความร้อนแบบธรรมชาติ	58
	5.5 การเปรียบการพาความร้อนแบบธรรมชาติกับการพาความร้อนแบบบังคับ	62
บทที่ 6	สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	71
	6.1 สรุปผลงานวิจัย	71
	6.2 ข้อเสนอแนะ	73

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ (ต่อ)

		หน้า
บรรณานุกรม		74
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก	ข้อมูลการทดสอบการถ่ายเทความร้อนครีบเกล็ดที่อัตราส่วนระยะห่างหว่างครีบต่อระห่างระหว่างเกล็ด และมุมเอียงต่าง ๆ	77
ภาคผนวก ข	ตัวอย่างการคำนวณค่าค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์และประสิทธิภาพการไหลของครีบแบบเกล็ดเกล็ด	118
ภาคผนวก ค	การวิเคราะห์ตัวแปรไร้มิติและค่า Uncertainty	125
ภาคผนวก ง	การออกแบบชุดทดลองและครีบเกล็ด	132
ภาคผนวก จ	บทความเข้าร่วมประชุมวิชาการ The 13th Tri-University International Joint Seminar and Symposium 2005	138
ประวัติผู้เขียน		143

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	แสดงค่าตัวแปรทางกายภาพของครีบเกล็ดที่เหมาะสมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนของงานวิจัยที่ผ่านมา	10
3.1	แสดงค่าตัวแปรและคุณสมบัติที่ใช้ในการทดสอบ	25
4.1	การเปรียบเทียบตัวแปรในงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่ผ่านมา	45
ก 1	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 18 องศา Re_{Lp} = 232.59	79
ก 2	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 23 องศา Re_{Lp} = 232.59	80
ก 3	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศา Re_{Lp} = 232.59	82
ก 4	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 35 องศา Re_{Lp} = 232.59	83
ก 5	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 40 องศา Re_{Lp} = 232.59	85
ก 6	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 18 องศา Re_{Lp} = 493.47	86
ก 7	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 23 องศา Re_{Lp} = 493.47	88
ก 8	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศา Re_{Lp} = 493.47	89
ก 9	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 35 องศา Re_{Lp} = 493.47	91
ก 10	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 40 องศา Re_{Lp} = 493.47	92
ก 11	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 18 องศา Re_{Lp} = 659.20	94
ก 12	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 23 องศา Re_{Lp} = 659.20	95
ก 13	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศา Re_{Lp} = 659.20	97
ก 14	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 35 องศา Re_{Lp} = 659.20	98
ก 15	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 40 องศา Re_{Lp} = 659.20	100
ก 16	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 18 องศา Re_{Lp} = 832.90	101
ก 17	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 23 องศา Re_{Lp} = 832.90	103
ก 18	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศา Re_{Lp} = 832.90	104
ก 19	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 35 องศา Re_{Lp} = 832.90	106
ก 20	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 40 องศา Re_{Lp} = 832.90	107
ก 21	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 18 องศา Re_{Lp} = 1023.67	109

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
ก 22	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 23 องศา Re_{Lp} = 1023.67	110
ก 23	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศา Re_{Lp} = 1023.67	112
ก 24	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 35 องศา Re_{Lp} = 1023.67	113
ก 25	ข้อมูลการทดสอบครีบเกล็ดที่มุมเอียงเกล็ด 40 องศา Re_{Lp} = 1023.67	115
ก 26	ข้อมูลการคำนวณประสิทธิภาพการไหลที่มุมเอียงเกล็ดต่างๆ	116
ค 1	ความร้อนขาเข้า	123
ค 2	ความร้อนที่ถ่ายเทให้น้ำ	123
ค 3	ความร้อนสูญเสีย	123

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญรูป

รูป		หน้า
1.1	ตัวอย่างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบกะทัดรัดที่ติดครีบระบายความร้อนแบบต่างๆ	2
1.2	ครีบแบบเกล็ดและลักษณะทางกายภาพต่างๆ	4
1.3	แสดงการไหลผ่านครีบแบบเกร็ดในลักษณะต่างๆ	5
1.4	ชุดทดลองและภาคตัดขวางในงานวิจัยของ Lyman และคณะ	6
1.5	ระบบนำความร้อนทิ้งจากเตาย่างกลับมาใช้ใหม่โดยใช้คอนเดนเซอร์รถยนต์	7
1.6	ชุดทดลองผลกระทบจากมุมเอียงตัวที่มีผลต่อการไหลและการถ่ายเทความร้อนแบบธรรมชาติผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบที่ใช้ครีบระบายความร้อนแบบเกล็ด	8
2.1	ลักษณะโครงสร้างส่วนประกอบของคอนเดนเซอร์รถยนต์แบบต่างๆ	13
2.2	ลักษณะของครีบเกล็ดที่ใช้ในการทดลอง	16
2.3	ชั้นขอบเขตการไหลของแผ่นเรียบร้อนในแนวตั้ง	17
3.1	ชุดทดสอบหาค่าการถ่ายเทความร้อน	27
3.2	แท่งฮีตเตอร์ที่ทำหน้าที่อุ่นอากาศให้ร้อนเพื่อให้ลอยตัวขึ้น	27
3.3	แสดงชุดหรี่ไฟที่ทำปรับปริมาณไฟฟ้าที่เข้าสู่ฮีตเตอร์	28
3.4	ครีบแบบเกล็ดที่ใช้ในการทดสอบหาค่าการถ่ายเทความร้อน	28
3.5	ชุดทดลองและตังแปรต่างๆ ของครีบเกล็ด	29
3.6	ปั๊มน้ำที่ใช้ในการทดสอบ	30
3.7	โรตามิเตอร์	30
3.8	เครื่องบันทึกอุณหภูมิ	30
3.9	ค่าความผิดพลาดที่ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง	31
3.10	เครื่องบันทึกอุณหภูมิยี่ห้อ DagPRO รุ่น 5300	31
3.11	เครื่องวัดความเร็วลมแบบลวดความร้อน	32
3.12	เครื่องวัดความเร็วลมแบบท่อปิโตต์	33
3.13	พัดลมดูดอากาศ	33
3.14	เครื่องหรี่ไฟ	34

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
4.1	ชุดทดสอบคอนเดนเซอร์รถยนต์ทำงานกลับทิศทาง	36
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำป้อนและสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม	37
4.3	ชุดทดสอบระบบนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้โดยใช้คอนเดนเซอร์รถยนต์	39
4.4	ลักษณะคอนเดนเซอร์รถยนต์ที่ประยุกต์ใช้ในระบบ	39
4.5	รูปร่างลักษณะของแบบจำลองที่จะใช้ในการศึกษา	41
4.6	นิยามของประสิทธิภาพการไหล	42
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการไหลกับมุมเอียงตัวอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ที่การไหล ณ ค่าเรย์โนลดส์นัมเบอร์ต่างๆ	42
4.8	ชุดทดสอบผลของมุมเอียงที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	44
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์กับเรโนลดส์นัมเบอร์ที่มุมเอียงตัวต่างๆ	44
5.1	ค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์ที่มุมเอียงเกล็ด 18 องศา	48
5.2	ค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์ที่มุมเอียงเกล็ด 23 องศา	50
5.3	ค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์ที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศา	51
5.4	ค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์ที่มุมเอียงเกล็ด 35 องศา	52
5.5	ค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์ที่มุมเอียงเกล็ด 40 องศา	53
5.6	ผลของ F_p/L_p ที่มุมเอียงเกล็ด 18 องศา	54
5.7	ผลของ F_p/L_p ที่มุมเอียงเกล็ด 23 องศา	55
5.8	ผลของ F_p/L_p ที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศา	55
5.9	ผลของ F_p/L_p ที่มุมเอียงเกล็ด 35 องศา	56
5.10	ผลของ F_p/L_p ที่มุมเอียงเกล็ด 40 องศา	56
5.11	ค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์ที่ Fp/Lp ต่าง ๆ	58
5.12	การเปรียบเทียบค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์สูงสุดที่มุมเอียงเกล็ด 18 องศา	59

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
5.13	การเปรียบเทียบค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์สูงสุดที่มุมเอียงเกล็ด 23 องศา	60
5.14	การเปรียบเทียบค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์สูงสุดที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศา	60
5.15	การเปรียบเทียบค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์สูงสุดที่มุมเอียงเกล็ด 35 องศา	61
5.16	การเปรียบเทียบค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์สูงสุดที่มุมเอียงเกล็ด 40 องศา	61
5.17	การเปรียบเทียบค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์สูงสุดที่มุมเอียงเกล็ดต่างๆ	66
5.18	ประสิทธิภาพการไหล	68
5.19	ค่าความร้อนที่ค่าตัวเลขเรย์โนลดส์ต่าง ๆ	69

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A_{ff}	พื้นที่ที่ไหลอิสระในช่องว่างที่ตั้งฉากกับการไหล	m^2
A_p	พื้นที่หน้าตัดของปล่อง	m^2
A_s	พื้นที่ผิวเกล็ด	m^2
c_{pa}	ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ	$m^2/s^2.K$
c_{pw}	ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ	$m^2/s^2.K$
F_p	ระยะห่างระหว่างครีบ	m
h	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน	$W/m^2.K$
j	โคเบิร์นแฟกเตอร์	-
k	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	W/m.K
L_p	ระยะห่างระหว่าเกล็ด	m
$\dot{m}_a$	อัตราการไหลของอากาศร้อน	m/s
$\dot{m}_w$	อัตราการไหลของน้ำป้อน	m/s
P	ความดัน	Pa
Pr	ตัวเลขพรันทด์	-
Q_h	อัตราการถ่ายเทความร้อนของของไหลร้อน	W
Q_c	อัตราการถ่ายเทความร้อนของของไหลเย็น	W
Re	เรย์โนลดส์นัมเบอร์	-
T_s	อุณหภูมิเฉลี่ยผิวเกล็ด	K
T_{ref}	อุณหภูมิอ้างอิง	K
T_{wi1}	อุณหภูมิน้ำเข้าสายที่ 1	K
T_{wi2}	อุณหภูมิน้ำเข้าสายที่ 2	K
T_{wo1}	อุณหภูมิน้ำออกสายที่ 1	K
T_{wo2}	อุณหภูมิน้ำออกสายที่ 2	K

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
U	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม	W/m.K
v	ความเร็วอากาศผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	m/s
ρ	ความหนาแน่น	kg/m^3
μ	ความหนืดพลศาสตร์	kg/m.s
η	ประสิทธิภาพการไหล	-
θ	มุมเอียงเกล็ด	องศา
ε	ค่าประสิทธิผลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved