

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญรูป	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	2
บทที่ 2 วรรณคดีวิจารณ์	3
2.1 บทนำ	3
2.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุและของไหลในชั้นวัสดุหนา	4
2.3 ค่าอัตราส่วนช่องว่าง	8
2.4 ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน	10
บทที่ 3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนา:	
กรณีวัสดุมีอุณหภูมิสม่ำเสมอ	14
3.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนา:	
กรณีวัสดุมีอุณหภูมิสม่ำเสมอ	14
3.2 ขั้นตอนการคำนวณ	22
บทที่ 4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนา:	
กรณีวัสดุมีอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงเลข	25
4.1 การถ่ายเทความร้อนกรณีการกระจายอุณหภูมิภายในวัสดุไม่สม่ำเสมอ	25
4.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนา:	
กรณีวัสดุมีอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงเลข	27
4.3 ขั้นตอนการคำนวณ	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนา:	
กรณีวัสดุมีอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์	34
5.1. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนา:	
กรณีวัสดุมีอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์	34
5.2 ขั้นตอนการคำนวณ	40
บทที่ 6 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล	43
6.1. บทนำ	43
6.2 เปรียบเทียบผลการคำนวณแบบจำลองกับผลการทดลอง	43
6.3 ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่มีต่อผลการคำนวณแบบจำลอง	46
6.4 ผลของค่าอัตราส่วนช่องว่างที่มีต่อผลการคำนวณแบบจำลอง	48
บทที่ 7 สรุปและข้อเสนอแนะ	61
7.1. สรุป	61
7.2 ข้อเสนอแนะ	63
บรรณานุกรม	64
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ตารางผลการคำนวณ	67
ภาคผนวก ข. โปรแกรมคอมพิวเตอร์	81
ประวัติผู้เขียน	91

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 21. แสดงค่าอัตราส่วนช่องว่างตามลักษณะการเรียงของวัสดุที่เป็นทรงกลม	9
ตารางที่ ก.1 แสดงการกระจายของอุณหภูมิในวัสดุและของไหล โดยที่อุณหภูมิขาเข้าของของไหล 65.0°C อุณหภูมิเริ่มต้นของวัสดุ 30.7°C เส้นผ่านศูนย์กลางทรงกลม = 0.0432 m ความเร็วของของไหล = 0.15 m/s	68
ตารางที่ ก.2 แสดงการกระจายของอุณหภูมิในวัสดุและของไหล โดยที่อุณหภูมิขาเข้าของของไหล 65.0°C อุณหภูมิเริ่มต้นของวัสดุ 30.7°C เส้นผ่านศูนย์กลางทรงกลม = 0.0432 m ความเร็วของของไหล = 0.0445 m/s	71
ตารางที่ ก.3 แสดงการกระจายของอุณหภูมิในวัสดุและของไหล โดยที่อุณหภูมิขาเข้าของของไหล 65.0°C อุณหภูมิเริ่มต้นของวัสดุ 30.7°C เส้นผ่านศูนย์กลางทรงกลม = 0.0432 m ความเร็วของของไหล = 0.15 m/s โดยใช้ค่า h_f จากสมการของ Funas	74
ตารางที่ ก.4 แสดงการกระจายของอุณหภูมิในวัสดุและของไหล โดยที่อุณหภูมิขาเข้าของของไหล 65.0°C อุณหภูมิเริ่มต้นของวัสดุ 30.7°C เส้นผ่านศูนย์กลางทรงกลม = 0.0432 m ความเร็วของของไหล = 0.15 m/s โดยใช้ค่า h_f จากสมการของ Colburn	75
ตารางที่ ก.5 แสดงการกระจายของอุณหภูมิในวัสดุและของไหล โดยที่อุณหภูมิขาเข้าของของไหล 65.0°C อุณหภูมิเริ่มต้นของวัสดุ 30.7°C เส้นผ่านศูนย์กลางทรงกลม = 0.0432 m ความเร็วของของไหล = 0.15 m/s โดยใช้ค่า h_f จากสมการของ Williams	76
ตารางที่ ก.6 แสดงการกระจายของอุณหภูมิในวัสดุและของไหล โดยที่อุณหภูมิขาเข้าของของไหล 65.0°C อุณหภูมิเริ่มต้นของวัสดุ 30.7°C เส้นผ่านศูนย์กลางทรงกลม = 0.0432 m ความเร็วของของไหล = 0.15 m/s โดยใช้ค่า h_f จากสมการของ Gamson	77
ตารางที่ ก.7 แสดงการกระจายของอุณหภูมิในวัสดุและของไหล โดยที่อุณหภูมิขาเข้าของของไหล 65.0°C อุณหภูมิเริ่มต้นของวัสดุ 30.7°C เส้นผ่านศูนย์กลางทรงกลม = 0.0432 m ความเร็วของของไหล = 0.15 m/s โดยใช้ค่า ϵ จากสมการของ Ogawa	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ก.8	แสดงการกระจายของอุณหภูมิในวัสดุและของไหล โดยที่อุณหภูมิขาเข้าของของไหล 65.0°C อุณหภูมิเริ่มต้นของวัสดุ 30.7°C เส้นผ่าศูนย์กลางทรงกลม = 0.0432 m ความเร็วของของไหล = 0.15 m/s โดยใช้ค่า ϵ จากสมการของ John สมมติว่าวัสดุมีผิวขรุขระ	79
ตารางที่ ก.9	แสดงการกระจายของอุณหภูมิในวัสดุและของไหล โดยที่อุณหภูมิขาเข้าของของไหล 65.0°C อุณหภูมิเริ่มต้นของวัสดุ 30.7°C เส้นผ่าศูนย์กลางทรงกลม = 0.0432 m ความเร็วของของไหล = 0.15 m/s โดยใช้ค่า ϵ จากสมการของ John สมมติว่าวัสดุมีผิวเรียบ	80

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการกระจายอุณหภูมิในวัสดุ	5
รูปที่ 2.2 แสดงการกระจายอุณหภูมิในของไหล	5
รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการเรียงวัสดุที่เป็นทรงกลมในชั้นวัสดุหนา	9
รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ a และ d/D	12
รูปที่ 3.1 การไหลของของไหลผ่านชั้นวัสดุหนา	14
รูปที่ 3.2 การศึกษาโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเลขของชั้นวัสดุหนา	20
รูปที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการคำนวณการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนา กรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุสม่ำเสมอ	23
รูปที่ 4.1 การนำความร้อนภายในวัสดุ	25
รูปที่ 4.2 การไหลของของไหลผ่านชั้นวัสดุหนา	26
รูปที่ 4.3 แสดงการประมาณโดยการวิเคราะห์เชิงเลขของชั้นวัสดุหนา	27
รูปที่ 4.4 แสดงการประมาณโดยการวิเคราะห์เชิงเลขของวัสดุที่เป็นทรงกลม	27
รูปที่ 4.5 แสดงขั้นตอนการคำนวณการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนา กรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงเลข	31
รูปที่ 5.1 แสดงขั้นตอนการคำนวณการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนา กรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์	41
รูปที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Nativut ที่ความเร็วของ ของไหล 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง	49
รูปที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Nativut ที่ความเร็วของ ของไหล 0.15 m/s ที่เวลา 4 ชั่วโมง	50
รูปที่ 6.3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Nativut ที่ความเร็วของ ของไหล 0.0445 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง	51

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 6.4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของของไหล 0.0445 m/s ที่เวลา 4 ชั่วโมง	52
รูปที่ 6.5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของของไหล 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง	53
รูปที่ 6.6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของของไหล 0.15 m/s ที่เวลา 4 ชั่วโมง	54
รูปที่ 6.7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของของไหล 0.0445 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง	55
รูปที่ 6.8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของของไหล 0.0445 m/s ที่เวลา 4 ชั่วโมง	56
รูปที่ 6.9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของของไหล 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง โดยเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน	57
รูปที่ 6.10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของของไหล 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง โดยเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน	58
รูปที่ 6.11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของของไหล 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง โดยเปลี่ยนค่าอัตราส่วนช่องว่าง	59
รูปที่ 6.12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของของไหล 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง โดยเปลี่ยนค่าอัตราส่วนช่องว่าง	60

คำอธิบายสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
T	อุณหภูมิของของไหล	(°C)
θ	อุณหภูมิของของชั้นวัสดุ	(°C)
ρ	ความหนาแน่น	(kg/m ³)
C	ความจุความร้อนจำเพาะ	(J/kg°C)
ε	อัตราส่วนช่องว่าง	(decimal)
K	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน	(W/m°C)
A	พื้นที่หน้าตัด	(m ²)
h_v	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเชิงปริมาตร	(W/m ³ °C)
u	ความเร็วของของไหล	(m/s)
r	รัศมีของวัสดุ	(m)
R_n	ค่าความต้านทานในการถ่ายเทความร้อน	(m)
Δv_r	ปริมาตร	(m ³)
τ	เวลา	(s)
x	ระยะทาง	(m)

สัญลักษณ์กำกับล่าง

สัญลักษณ์	ความหมาย
a	ของไหล
b	วัสดุหนา