

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VI
สารบัญตาราง.....	IX
บทที่1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	1
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.6 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
บทที่3 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย.....	8
3.1 การไหลของของไหลภายในท่อ.....	8
3.2 การสูญเสียภายในท่อ.....	9
3.3 ประเภทของการถ่ายเทความร้อน.....	11
3.4 การเพิ่มการถ่ายเทความร้อน.....	14
3.5 การสมดุลพลังงาน.....	15
3.6 การถ่ายเทความร้อนภายในท่อผิวเรียบ.....	17
บทที่4 อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง.....	19
4.1 บทนำ.....	19
4.2 อุปกรณ์ในการทดลอง.....	22
4.3 วิธีการทดลอง.....	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 ผลการวิจัย.....	32
5.1 กรณีช่องขนานเรียบ.....	32
5.2 ช่องขนานเซาะร่อง.....	33
5.3 ช่องขนานเซาะร่องจัดวางรูปตัววี.....	44
5.4 ช่องขนานเซาะร่องที่มีการเพิ่มครีป.....	54
5.5 ช่องขนานเซาะร่องที่ค่า $e/D=0.33$	65
5.6 ช่องขนานเซาะร่องที่ค่า $e/D=0.25$	66
5.7 ช่องขนานเซาะร่องที่ค่า $e/D=0.20$	68
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	70
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	70
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	71
บรรณานุกรม.....	72
ภาคผนวก.....	73
ภาคผนวก ก.....	74
ภาคผนวก ข.....	76
ภาคผนวก ค.....	79
ประวัติผู้เขียน.....	85

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1 การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนแบบ Passive.....	15
3.2 การสมดุลพลังงานภายในท่อ.....	15
4.1 แสดงชุดทดลอง.....	20
4.2 แสดงแผนภาพของชุดทดลอง.....	20
4.3 แสดงภาพด้านข้างของแผ่นขนานที่มีการเจาะร่องสี่เหลี่ยมวางแนวตรงกัน.....	21
4.4 แสดงภาพด้านข้างของแผ่นขนานที่มีการเจาะร่องสี่เหลี่ยมวางแนวเอียงกัน.....	21
4.5 แสดงชุดพัฒนาที่ใช้ในการทดลอง.....	23
4.6 ออร์ฟิส.....	24
4.7 แสดงอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบ Hot wire – Testo445.....	24
4.8 แสดงรูปของเครื่องบันทึกความดันตกคร่อม – Testo350-M/XL-Testo454.....	25
4.9 แสดงโปรแกรมที่ใช้ในการเก็บข้อมูลความดันตกคร่อม.....	26
4.10 แสดงส่วนประกอบของอุปกรณ์เทอร์โมคัปเปิล.....	27
4.11 แสดงรูปของระบบบันทึกข้อมูล – Fluke Model 2680A.....	28
4.12 แสดงโปรแกรมที่ใช้ในการบันทึกค่าอุณหภูมิ.....	28
4.13 แสดงรูปของ Variac.....	29
4.14 แสดงแผ่นล่างของช่องขนานเจาะร่องสี่เหลี่ยม.....	30
4.15 แสดงแผ่นล่างของช่องขนานเจาะร่องสี่เหลี่ยมจัดวางรูปตัววี.....	31
4.16 แสดงแผ่นล่างของช่องขนานเจาะร่องสี่เหลี่ยมที่มีการเพิ่มครีบริบรูปสี่เหลี่ยม.....	31
5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Nu กับ Re สำหรับช่องขนานเรียบ.....	32
5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง f กับ Re สำหรับช่องขนานเรียบ.....	33
5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Nu กับ Re กรณีเจาะร่อง.....	35
5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Nu/Nu_0 กับ Re กรณีเจาะร่อง.....	35
5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง f กับ Re กรณีเจาะร่อง.....	36
5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง f/f_0 กับ Re กรณีเจาะร่อง.....	36
5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η กับ Re กรณีเจาะร่อง.....	37
5.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Nu กับ Re กรณีเจาะร่อง.....	39
5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Nu/Nu_0 กับ Re กรณีเจาะร่อง.....	39
5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง f กับ Re กรณีเจาะร่อง.....	40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง f/f_0 กับ Re กรณีเซาะร่อง.....	40
5.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η กับ Re กรณีเซาะร่อง.....	41
5.13 ความคลาดเคลื่อนจากสมการ Nu กรณีเซาะร่องแนวตรงและแนวเอียง.....	43
5.14 ความคลาดเคลื่อนจากสมการ f กรณีเซาะร่องแนวตรงและแนวเอียง.....	43
5.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Nu กับ Re กรณีเซาะร่องจัดวางรูปตัววี.....	45
5.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Nu/Nu_0 กับ Re กรณีเซาะร่องจัดวางรูปตัววี.....	46
5.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง f กับ Re กรณีเซาะร่องจัดวางรูปตัววี.....	46
5.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง f/f_0 กับ Re กรณีเซาะร่องจัดวางรูปตัววี.....	47
5.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η กับ Re กรณีเซาะร่องจัดวางรูปตัววี.....	47
5.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Nu กับ Re กรณีเซาะร่องจัดวางรูปตัววี.....	49
5.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Nu/Nu_0 กับ Re กรณีเซาะร่องจัดวางรูปตัววี.....	50
5.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง f กับ Re กรณีเซาะร่องจัดวางรูปตัววี.....	50
5.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง f/f_0 กับ Re กรณีเซาะร่องจัดวางรูปตัววี.....	51
5.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η กับ Re กรณีเซาะร่องจัดวางรูปตัววี.....	51
5.25 ความคลาดเคลื่อนจากสมการ Nu กรณีเซาะร่องจัดวางตัววีแนวตรงและแนวเอียง.....	54
5.26 ความคลาดเคลื่อนจากสมการ f กรณีเซาะร่องจัดวางตัววีแนวตรงและแนวเอียง.....	54
5.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Nu กับ Re กรณีเซาะร่องและเพิ่มครีบ.....	56
5.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Nu/Nu_0 กับ Re กรณีเซาะร่องและเพิ่มครีบ.....	56
5.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง f กับ Re กรณีเซาะร่องและเพิ่มครีบ.....	57
5.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง f/f_0 กับ Re กรณีเซาะร่องและเพิ่มครีบ.....	57
5.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η กับ Re กรณีเซาะร่องและเพิ่มครีบ.....	58
5.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Nu กับ Re กรณีเซาะร่องและเพิ่มครีบ.....	60
5.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Nu/Nu_0 กับ Re กรณีเซาะร่องและเพิ่มครีบ.....	60
5.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง f กับ Re กรณีเซาะร่องและเพิ่มครีบ.....	61
5.35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง f/f_0 กับ Re กรณีเซาะร่องและเพิ่มครีบ.....	61
5.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η กับ Re กรณีเซาะร่องและเพิ่มครีบ.....	62
5.37 ความคลาดเคลื่อนจากสมการ Nu กรณีเซาะร่องเพิ่มครีบแนวตรงและแนวเอียง.....	64
5.38 ความคลาดเคลื่อนจากสมการ f กรณีเซาะร่องเพิ่มครีบแนวตรงและแนวเอียง.....	64

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η กับ Re ช่วงการไหลราบเรียบที่ $e/D=0.33$	65
5.40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η กับ Re ช่วงการไหลปั่นป่วนที่ $e/D=0.33$	66
5.41 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η กับ Re ช่วงการไหลราบเรียบที่ $e/D=0.25$	67
5.42 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η กับ Re ช่วงการไหลปั่นป่วนที่ $e/D=0.25$	67
5.43 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η กับ Re ช่วงการไหลราบเรียบที่ $e/D=0.20$	68
5.44 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η กับ Re ช่วงการไหลปั่นป่วนที่ $e/D=0.20$	69
ข.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Nu กับ Re ที่ e/D ต่าง ๆ.....	77
ข.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Nu/Re^{0.9337}$ กับ e/D	78
ข.3 แสดงความคลาดเคลื่อนจากความสัมพันธ์.....	78

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ค่าความขรุขระสัมบูรณ์ของท่อใหม่.....	10
3.2 ค่าสภาพการนำความร้อน (ที่อุณหภูมิ 300 K).....	12
3.3 ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย.....	13
ก-1 คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของอากาศที่ความดันบรรยากาศ.....	75