

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	3
ขอบเขตของงานวิจัย	3
การตรวจเอกสาร	4
ปรากฏการณ์การเกิดฟลักซ์ความร้อนวิกฤต	4
การแบ่งขนาดของท่อ	6
ทฤษฎี	7
สมการหลักที่ควบคุม	7
การถ่ายเทความร้อนจากการเดือด	10
การเดือดแบบแอ่ง	12
ชนิดของการเดือดแบบแอ่ง	13
รูปแบบของการไหลสองสถานะ	17
อุปกรณ์และวิธีการ	21
อุปกรณ์	21
วิธีการ	21
ขั้นตอนการทำวิจัย	21
ขั้นตอนและวิธีการคำนวณ	22
ขั้นตอนการอ่านผลการคำนวณ	31
ขั้นตอนการเปรียบเทียบผลและหาสมการความสัมพันธ์	35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ผลและการวิเคราะห์ผลการคำนวณ	38
ผลการคำนวณการกระจายตัวของความดัน ความเร็ว อุณหภูมิและเวกเตอร์ ความเร็ว	38
ผลการคำนวณการกระจายตัวของความดัน	38
ผลการคำนวณการกระจายตัวของความเร็ว	38
ผลการคำนวณการกระจายตัวของอุณหภูมิ	39
ผลการคำนวณเวกเตอร์ความเร็ว	39
ผลการคำนวณหาค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤต	54
การเปรียบเทียบผลการคำนวณกับผลการทดลอง	54
การแบ่งช่วงความสัมพันธ์และหาสมการความสัมพันธ์	55
การหาค่าความคลาดเคลื่อนของสมการความสัมพันธ์	56
การนำสมการความสัมพันธ์ไปใช้	57
วิเคราะห์ผลการคำนวณ	66
สรุป	68
ข้อเสนอแนะ	69
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	70
ภาคผนวก	72

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตารางแสดงรูปแบบการไหลสำหรับขนาดของท่อต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ	26
2	ตารางแสดงรูปแบบและขนาดของต่ายข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ	29
ตารางผนวกที่		
1	ค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตของน้ำในท่อในแนวดิ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 8 มิลลิเมตร ของ Groeneveld et al.	73

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กราฟเปรียบเทียบค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตของสมการความสัมพันธ์ที่ n เท่ากับ $-1/2$ และ $-1/3$ ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อต่างๆ	5
2	การกระจายอุณหภูมิในการเคื่อดแบบแอ่งที่ผิวรอยต่อระหว่างของเหลว-ไอ	12
3	เครื่องมือให้ความร้อนโดยควบคุมกำลังไฟฟ้าของ Nukiyama ในการหาเส้นโค้งการเคื่อด	13
4	เส้นโค้งการเคื่อดของ Nukiyama ในกรณีน้ำอิ่มตัว	14
5	เส้นโค้งการเคื่อดของน้ำที่ความดันบรรยากาศ	16
6	จุดเริ่มต้นของวิกฤตการเคื่อด	17
7	รูปแบบการไหลสองสถานะในท่อแนวดิ่ง	19
8	แผนภูมิรูปแบบการไหลของการไหลขึ้นในท่อค้ำ	20
9	แสดงแบบจำลองของท่อโดยใช้โปรแกรม Solidworks	23
10	แสดงตาข่ายข้อมูลสำหรับคำนวณในโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Gambit	23
11	แสดงการกำหนดค่าขอบของแบบจำลองที่จะนำไปคำนวณ	25
12	แสดงกราฟการลู่เข้าของสมการในการคำนวณสำหรับท่อขนาด 0.005 มิลลิเมตร	29
13	แสดงเวกเตอร์ของความเร็วของน้ำในท่อขนาด 0.0005 มิลลิเมตร	33
14	แสดงการกระจายตัวของความเร็วของน้ำในท่อขนาด 0.0005 มิลลิเมตร	33
15	แสดงการกระจายตัวของความดันของน้ำในท่อขนาด 0.0005 มิลลิเมตร	34
16	แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิของน้ำในท่อขนาด 0.0005 มิลลิเมตร	34
17	แสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ผิวท่อของท่อขนาด 0.0005 มิลลิเมตร	35
18	แสดงผลการทดลองค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตของน้ำ	36
19	แสดงสมการความสัมพันธ์ของท่อขนาด 0.1-8 มิลลิเมตร	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	แสดงการกระจายตัวของความดันของน้ำในท่อขนาด 0.0005 มิลลิเมตร	40
21	แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิของน้ำในท่อขนาด 0.0005 มิลลิเมตร	40
22	แสดงการกระจายตัวของความเร็วของน้ำในท่อขนาด 0.0005 มิลลิเมตร	41
23	แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิที่กลางท่อของน้ำในท่อขนาด 0.0005 มิลลิเมตร	41
24	แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ทางเข้าท่อของน้ำในท่อขนาด 0.0005 มิลลิเมตร	42
25	แสดงการกระจายตัวของความเร็วที่กลางท่อของน้ำในท่อขนาด 0.0005 มิลลิเมตร	42
26	แสดงเวกเตอร์ของความเร็วที่กลางท่อของน้ำในท่อขนาด 0.0005 มิลลิเมตร	43
27	แสดงการกระจายตัวของความดันของน้ำในท่อขนาด 0.05 มิลลิเมตร	43
28	แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิของน้ำในท่อขนาด 0.05 มิลลิเมตร	44
29	แสดงการกระจายตัวของความเร็วของน้ำในท่อขนาด 0.05 มิลลิเมตร	44
30	แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิที่กลางท่อของน้ำในท่อขนาด 0.05 มิลลิเมตร	45
31	แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ทางเข้าท่อของน้ำในท่อขนาด 0.05 มิลลิเมตร	45
32	แสดงการกระจายตัวของความเร็วที่กลางท่อของน้ำในท่อขนาด 0.05 มิลลิเมตร	46
33	แสดงเวกเตอร์ของความเร็วที่กลางท่อของน้ำในท่อขนาด 0.05 มิลลิเมตร	46
34	แสดงการกระจายตัวของความดันของน้ำในท่อขนาด 1 มิลลิเมตร	47
35	แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิของน้ำในท่อขนาด 1 มิลลิเมตร	47
36	แสดงการกระจายตัวของความเร็วของน้ำในท่อขนาด 1 มิลลิเมตร	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
37	แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิที่กลางท่อของน้ำในท่อขนาด 1 มิลลิเมตร	48
38	แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ทางเข้าท่อของน้ำในท่อขนาด 1 มิลลิเมตร	49
39	แสดงการกระจายตัวของความเร็วที่กลางท่อของน้ำในท่อขนาด 1 มิลลิเมตร	49
40	แสดงเวกเตอร์ของความเร็วที่กลางท่อของน้ำในท่อขนาด 1 มิลลิเมตร	50
41	แสดงการกระจายตัวของความดันของน้ำในท่อขนาด 12 มิลลิเมตร	50
42	แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิของน้ำในท่อขนาด 12 มิลลิเมตร	51
43	แสดงการกระจายตัวของความเร็วของน้ำในท่อขนาด 12 มิลลิเมตร	51
44	แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิที่กลางท่อของน้ำในท่อขนาด 12 มิลลิเมตร	52
45	แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ทางเข้าท่อของน้ำในท่อขนาด 12 มิลลิเมตร	52
46	แสดงการกระจายตัวของความเร็วที่กลางท่อของน้ำในท่อขนาด 12 มิลลิเมตร	53
47	แสดงเวกเตอร์ของความเร็วที่กลางท่อของน้ำในท่อขนาด 12 มิลลิเมตร	53
48	กราฟเปรียบเทียบพลั๊กซ์ความร้อนวิกฤตที่คำนวณได้กับการทดลอง	61
49	กราฟพลั๊กซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับท่อ 8-25 มิลลิเมตร	62
50	กราฟพลั๊กซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับท่อ 0.1-8 มิลลิเมตร	63
51	กราฟพลั๊กซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับท่อ 0.01-0.1 มิลลิเมตร	64
52	กราฟพลั๊กซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับท่อ 0.0002-0.01 มิลลิเมตร	65

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Bo	=	ตัวเลขของ Bond
CHF	=	ฟลักซ์ความร้อนวิกฤต
CHF_D	=	ฟลักซ์ความร้อนวิกฤตที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อใดๆ
$CHF_{D=8mm}$	=	ฟลักซ์ความร้อนวิกฤตที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ 8 มิลลิเมตร
c_p	=	ค่าความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่
D	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ
g	=	ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
h	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน
h_{fg}	=	ค่าความร้อนแฝง
Ja	=	ตัวเลขของ Jakob
k	=	พลังงานจลน์ของการปั่นป่วน
$\dot{m}$	=	อัตราการไหลของมวล
Nu	=	ตัวเลขของ Nusselt
Pr	=	ตัวเลขของ Prandtl
Q_s	=	ฟลักซ์ความร้อนจากผิวของของแข็งไปสู่ของเหลว
Re	=	ตัวเลขเรย์โนลด์
T_s	=	อุณหภูมิที่ผิว
T_{sat}	=	อุณหภูมิอิ่มตัว
ΔT_e	=	อุณหภูมิส่วนเกิน
x	=	ค่าคุณภาพไอ
V	=	ความเร็วของของไหล
ρ	=	ค่าความหนาแน่น
ρ_l	=	ค่าความหนาแน่นของของเหลว
ρ_v	=	ค่าความหนาแน่นของไอ
μ	=	ค่าความหนืด
σ	=	ค่าแรงตึงผิว
ε	=	อัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของการปั่นป่วน