

# สารบัญ

	หน้า
หน้าปก	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญรูปภาพ	ง
สารบัญตาราง	จ
รายการสัญลักษณ์	ฉ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1.1 การไหลภายใน	7
2.1.2 กลไกการพาความร้อนแบบบังคับ	9
2.1.3 การไหลผ่านท่อเดี่ยว	10
2.1.4 การไหลผ่านท่อเดี่ยวที่มีหน้าตัดไม่เป็นวงกลม	12
2.1.5 การไหลผ่านทรงกลมเดี่ยว	13
2.1.6 การไหลกลุ่มมัดท่อ	15
2.1.7 ชนิดของครีป	21
2.1.8 สมการของครีป	22
2.1.9 ครีปซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดไม่สม่ำเสมอ	23
2.1.10 ครีปซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ	24

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.11 ข้อควรพิจารณาในการติดครีป	27
<b>บทที่ 3 วิธีการออกแบบ</b>	
3.1 อุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนกับอากาศ	30
3.2 การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน	32
3.3 สมการที่ใช้ในการออกแบบ	32
3.4 สมการหาความเร็วของอากาศ	34
3.5 วิธีการทดลอง	37
<b>บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล</b>	
4.1 ตารางบันทึกผล	43
4.2 ผลการคำนวณ	47
4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อน	51
4.4 วิเคราะห์ผลการทดลองการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน	53
<b>บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง</b>	
5.1 สรุปผลการทดลอง	54
5.2 ปัญหาที่พบระหว่างทำการศึกษา	55
5.3 ข้อเสนอแนะ	55
<b>ภาคผนวก</b>	56

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 การไหลตั้งฉากกับท่อกลม	6
รูปที่ 2.2 การไหลภายใน	8
รูปที่ 2.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านของไหลระหว่างแผ่นขนานที่อุณหภูมิต่างกัน	10
รูปที่ 2.4 การพัฒนาความหนาชั้นขอบเขตความเร็วสำหรับการไหลผ่านท่อเดี่ยว	11
รูปที่ 2.5 การไหลผ่านท่อเดี่ยวที่ $Re_D = 1.5$	11
รูปที่ 2.6 การไหลผ่านท่อเดี่ยวที่ $Re_D = 9.6$	12
รูปที่ 2.7 การไหลผ่านท่อเดี่ยวที่ $Re_D = 2000$	12
รูปที่ 2.8 เส้นทางการไหลของการไหลผ่านทรงกลมที่ $Re_D = 15000$	14
รูปที่ 2.9 สัมประสิทธิ์แรงลากจูงสำหรับการไหลผ่านทรงกลม	15
รูปที่ 2.10 ลักษณะการไหลผ่านกลุ่มมัดท่อ	16
รูปที่ 2.11 มิติต่างๆของกลุ่มมัดท่อ	17
รูปที่ 2.12 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานและตัวประกอบสำหรับปรับแก้ สำหรับการจัดเรียงท่อแบบแนวตรง	20
รูปที่ 2.13 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานและตัวประกอบสำหรับปรับแก้ สำหรับการจัดเรียงท่อแบบเหลี่ยม	20
รูปที่ 2.14 ครีบริบที่มีลักษณะของหน้าตัดต่างๆ กัน	21
รูปที่ 2.15 ครีบริบที่มีรูปร่างต่างๆ กัน	22
รูปที่ 2.16 ครีบริบซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดไม่สม่ำเสมอและ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกับความยาวของครีบริบ	22
รูปที่ 2.17 ครีบริบแห่งพร้อมการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกับความยาว	25
รูปที่ 3.1 แสดงการวางแนวแบบเรียงเป็นแถว	30
รูปที่ 3.2 แสดงการวางแบบสลับฟันปลา	31
รูปที่ 3.3 แสดงการปรากฏการณ์แบบแบบสลับฟันปลา	31
รูปที่ 3.4 แสดงด้านบนของ Fin	32
รูปที่ 3.5 แสดงด้านข้างของ Fin	33
รูปที่ 3.6 แสดงด้านหน้าของ Fin	34
รูปที่ 3.7 แสดงให้เห็นรูป Annular Fin	35

	หน้า
รูปที่ 4.1 กราฟการทดลองการถ่ายเทความร้อนแบบ Free Convection	51
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Heat transfer rate กับ Heat transfer Coefficient แบบ Free convection	52
รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนกับความเร็วลมแบบ Force Convection	52

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนในกรณีต่างๆ	5
ตารางที่ 2.2 ค่าคงที่สำหรับสมการที่ 2.4	13
ตารางที่ 2.3 ค่าคงที่สำหรับสมการที่ 2.7	18
ตารางที่ 2.4 ค่าคงที่สำหรับสมการที่ 2.8	19
ตารางที่ 2.5 ค่าคงที่สำหรับสมการที่ 2.9	19
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนแบบอิสระ (Free Convection) ของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบ Flat	43
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนแบบอิสระ (Free Convection) ของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบ Fin	43
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนแบบอิสระ (Free Convection) ของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบ Cylinder	44
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนแบบอิสระ (Free Convection) ของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบ Annular fin	44
ตารางที่ 4.5 วิธีการทดลองการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนแบบบังคับ (Force Convection) ของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบ Flat	45
ตารางที่ 4.6 วิธีการทดลองการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนแบบบังคับ (Force Convection) ของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบ Fin	45
ตารางที่ 4.7 วิธีการทดลองการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนแบบบังคับ (Force Convection) ของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบ Annular fin	46
ตารางที่ 4.8 วิธีการทดลองการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนแบบบังคับ (Force Convection) ของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบ Cylinder	46
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าต่างๆในการหาค่า h ของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบ Flat (แบบ Free Convection)	47
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าต่างๆในการหาค่า h ของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบ Fin (แบบ Free Convection)	47
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าต่างๆในการหาค่า h ของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบ Cylinder (แบบ Free Convection)	48

## หน้า

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าต่างๆในการหาค่าของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบAnnular fin (แบบ Free Convection)	49
ตารางที่ 4.13 แสดงค่าต่างๆในการหาค่าของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบCylinder (แบบ Force Convection)	49
ตารางที่ 4.14 แสดงค่าต่างๆในการหาค่าของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบFlat (แบบ Force Convection)	50
ตารางที่ 4.15 แสดงค่าต่างๆในการหาค่าของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบFlat (แบบ Force Convection)	50
ตารางที่ 4.16 แสดงค่าต่างๆในการหาค่าของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบAnnular fin (แบบ Force Convection)	51

## รายการสัญลักษณ์

A	=	พื้นที่ ( $m^2$ )
$A_s$	=	พื้นที่ผิว ( $m^2$ )
$A_c$	=	พื้นที่หน้าตัด ( $m^2$ )
c	=	ความร้อนจำเพาะ (J/kgK)
D	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (m)
d	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (m)
Gr	=	ตัวเลขแกรชอฟ
h	=	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ( $W/m^2K$ )
$h_1$	=	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ( $W/m^2K$ )
$h_2$	=	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ( $W/m^2K$ )
k	=	ค่าการนำความร้อน ( $W/mK$ )
L	=	ความยาว (m)
m	=	อัตราการไหล (kg/s)
Nu	=	ตัวเลขนัสเซิลท์
Pr	=	ตัวเลขเพรนเดิล
p	=	ปริมาณในสมการ
Q	=	อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)
q	=	อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ ( $W/m^2$ )
R	=	ความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของความร้อน ( $m^2K/W$ )
Ra	=	ตัวเลขเรย์เลย์
Re	=	ตัวเลขเรย์โนลด์
T	=	อุณหภูมิ ( $^{\circ}C$ )
$\Delta T$	=	ความแตกต่างของอุณหภูมิ (K)
U	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ( $W/m^2K$ )
$u_{\infty}$	=	ความเร็วฟรีสตรีม (m/s)
V	=	ปริมาตร ( $m^3$ )
v	=	ปริมาตรจำเพาะ ( $m^3/kg$ )
W	=	ความกว้าง (m)

## รายการสัญลักษณ์

$\beta$	=	สัมประสิทธิ์การขยายตัว ( $K^{-1}$ )
$\eta$	=	ประสิทธิภาพ
$\eta_F$	=	สัมประสิทธิ์ของครีป
$\mu$	=	ความหนืดพลศาสตร์ ( $kg/ms$ )
$\nu$	=	ความหนืดจลนศาสตร์ ( $m^2/s$ )
$\rho$	=	ความหนาแน่น ( $kg/m^3$ )