บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 ตัวแปรควบคุม คือ

- ความยาวของส่วนทำระเหย ส่วนที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนและส่วนควบแน่นเท่ากัน คือ 5 เซนติเมตร
- อุณหภูมิและความเร็วของอากาศที่ผ่านส่วนควบแน่น คือ 25°C และ 0.6m/s ตามลำดับ
- จำนวนโค้งเลี้ยวของท่อความร้อนเท่ากัน คือ 26 โค้งเลี้ยว

3.1.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา คือ

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ คือ 1mm 1.5 mm และ 2 mm ตามลำดับ
- ชนิดของสารทำงานภายในท่อความร้อน คือ น้ำและเอทานอล
- อัตราการเติมสารทำงาน คือ ร้อยละ 20% 35% 50% 65% และ 80% ของปริมาตรภายในท่อของ VCLPHP
- อุณหภูมิการทำงานของ VCLPHP คือ 40°C 50°C 60°C 70°C 80°C และ 90°C ตามลำดับ

3.2 การออกแบบชุดอุปกรณ์การทดสอบ

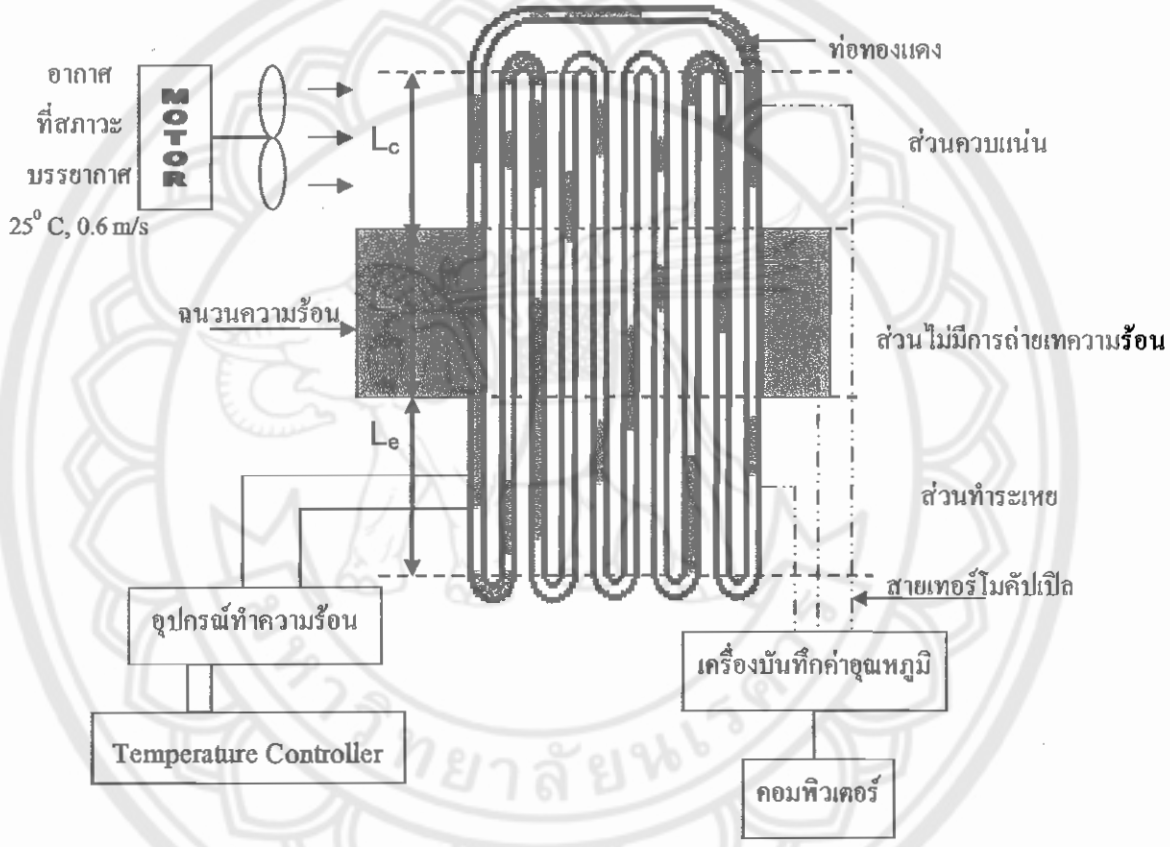
VCLPHP สร้างมาจากท่อคาปิลลารีทองแดงนำมาขดเป็นวงรอบ และเชื่อมปลายทั้งสองด้านเข้าด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วย

1. ส่วนทำระเหยได้รับความร้อนจากอุปกรณ์ทำความร้อน (Heater) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิด้วย Temperature Controller

2. ส่วนที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนซึ่งมีการหุ้มฉนวนไว้อย่างดี

3. ส่วนควบแน่นระบายความร้อนออกด้วยอากาศที่อุณหภูมิ 25°C ความเร็วลม 0.6 m/s ด้วยพัดลมที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ควบคุมความเร็วรอบ

วัดอุณหภูมิ โดยใช้สายเทอร์โมคัปเปิลต่อจากส่วนต่างๆ เข้ากับเครื่องบันทึกค่าอุณหภูมิ และบันทึกค่าอุณหภูมิด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ชุดอุปกรณ์การทดสอบแสดงในรูปที่ 3.1



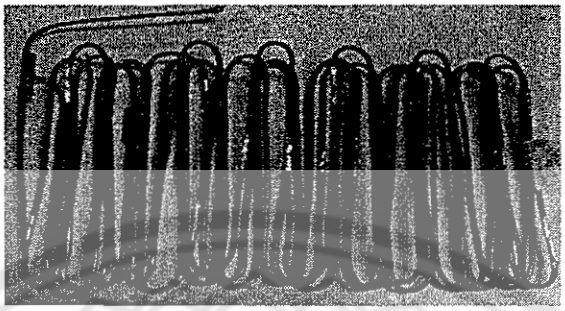
รูปที่ 3.1 แสดงชุดอุปกรณ์ทดสอบ

3.3 ขั้นตอนการสร้างและติดตั้งท่อความร้อน

3.3.1 การสร้างท่อความร้อน

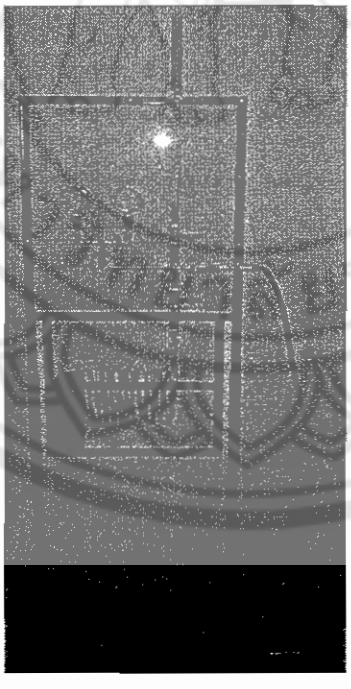
3.3.1.1 นำท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 mm มาขดเป็นวงรอบโดยให้ความยาวของส่วนทำระเหย ส่วนที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนและส่วนควบแน่นมีความยาวเท่ากันคือ 5 mm เป็นจำนวน 26 วงรอบ ดังรูปที่ 3.2

ป
ว
263
ก673ก
2549.
1.3863128
สำนักหอสมุด
17 มี.ค. 2551



รูปที่ 3.2 แสดงท่อความร้อน

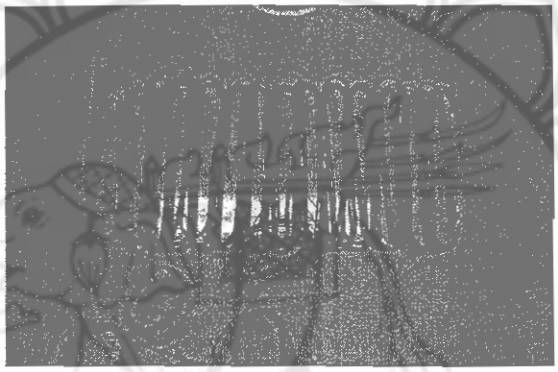
3.3.1.2 นำท่อที่เชื่อมต่อปลายทั้งสองด้านเข้าด้วยกันแล้วไปติดตั้งกับชุดเติมสารทำงานดังรูปที่ 3.2 ทำการดูดอากาศออกด้วยเครื่อง Vacuum Pump (220 *Volt* , 2.9 *Amp* ,1725 *rpm*) จนความดันภายในท่อความร้อนมีค่าประมาณ -0.96 บาร์ เพื่อทดสอบว่าท่อมีรอยรั่วหรือไม่ และเติมสารทำงานเข้าท่อ แล้วทำการเชื่อมปิดปลายท่อ



รูปที่ 3.3 แสดงชุดเติมสารทำงาน

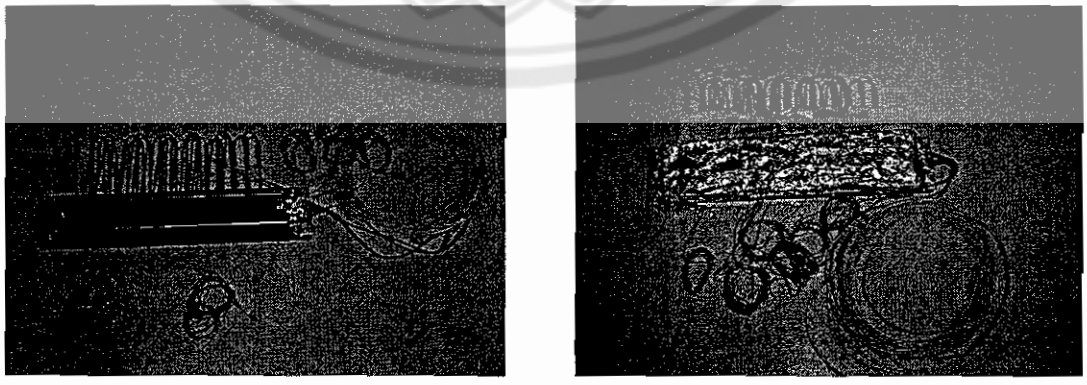
3.3.2 การติดตั้งท่อความร้อน

3.3.2.1 นำสาย Chromel-Alumel Thermocouple (OMEGA, Type "K") มาติดตั้งกับท่อความร้อนที่เติมสารทำงานเรียบร้อยแล้ว โดยติดตั้งที่ส่วนทำระเหย 4 จุด ส่วนที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อน 4 จุด (ติดตั้งให้เป็นคู่โดยอยู่ด้านซ้ายและขวาของโค้งเลี้ยวเดียวกันเพื่อให้เป็นจุดสังเกตุว่าท่อความร้อนทำงานหรือไม่จากความแตกต่างของอุณหภูมิของทั้งสองจุดที่อยู่ติดกัน) และส่วนควบแน่น 4 จุด ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิล

3.3.2.2 นำแผ่น Heater (220 *Volt*, 1400 *Watt*) มาติดกับแผ่นเหล็กและนำไปประกบกับส่วนทำระเหยของท่อความร้อนดังรูปที่ 3.5 นำฉนวนความร้อน (CERAMIC FIBER) มาประกบทับแผ่น Heater และฉนวนกันความร้อน (AERO FLEX) มาใช้เป็นฉนวนความร้อนในส่วนที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อน ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงการติดตั้งแผ่น Heater และฉนวนความร้อน

3.3.2.3 นำท่อความร้อนไปติดตั้งกับเครื่องทดสอบ โดยนำ VCLPHP ที่หุ้มฉนวนเรียบร้อยแล้ว ไปติดตั้งกับแท่นซึ่งสามารถทำมุมเอียงได้ตั้งแต่ 0-90^0 กับแนวระดับ โดยเลือกใช้มุมเอียง 90^0 และให้ส่วนควบแน่นเข้าไปอยู่ในอุโมงค์ลม ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 แสดงการติดตั้งท่อความร้อนกับเครื่องทดสอบ

3.3.2.4 ต่อสายเทอร์โมคัปเปิลของส่วนทำระเหย 1 เส้นต่อเข้ากับ Temperature Controller ดังรูปที่ 3.6 และสายเทอร์โมคัปเปิล ที่เหลือทั้งหมดต่อเข้ากับ Data Logger (AGILENT 34970A Data Acquisition/Switch Unit) ดังรูปที่ 3.6 และต่อสายไฟของ Heater เข้ากับสวิตช์ไฟกระแสสลับ (220 *Volt*)

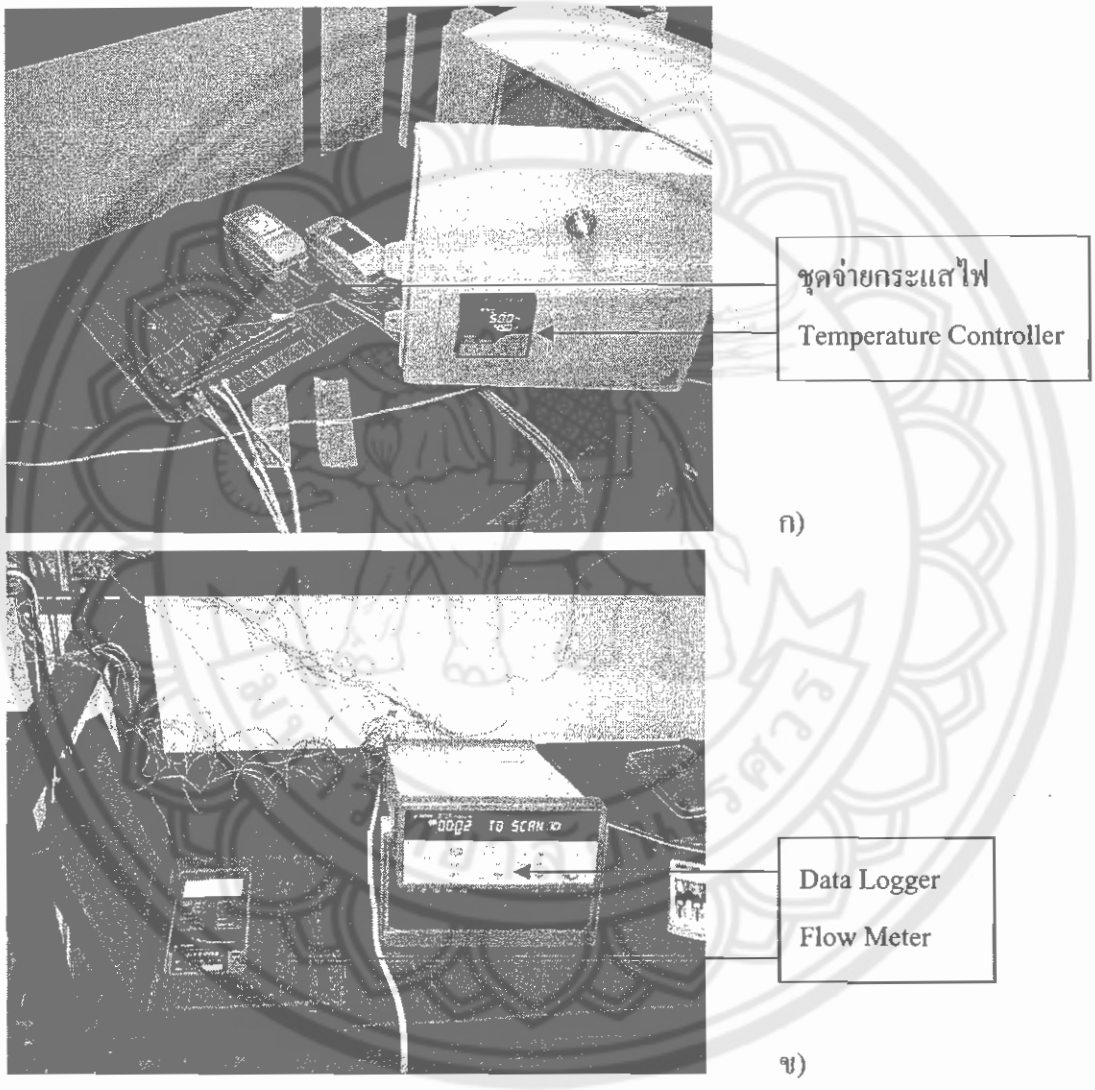
3.3.3 ขั้นตอนการทดสอบ

3.3.3.1 เปิดสวิตช์ไฟเข้า Heater ตั้งอุณหภูมิที่ Temperature Controller เท่ากับ 40^0C เปิดพัดลมดูดอากาศ (SUPER LINE, 0.5 *hp*, 50 *Hz*, 220 *Volt*, 3 Phase, 2 *Amp*, 1410 *rpm*) โดยตั้งความเร็วรอบของ Motor เท่ากับ 113 *rpm* เปิดเครื่อง Data Logger และเปิดโปรแกรม Agilent Data เพื่อแสดงและเก็บข้อมูลจาก Data Logger

3.3.3.2 วัดค่าความเร็วลมและความชื้นของอากาศที่ทางเข้าก่อนถึงท่อความร้อน (อากาศที่บรรยากาศ ความเร็วลมเท่ากับ 0.6 m/s อุณหภูมิเท่ากับ 25°C)

3.3.3.3 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady state condition) โดยสังเกตว่าข้อมูลที่อ่านได้มีค่าคงที่แล้วให้ทำการบันทึกข้อมูลและเปลี่ยนอุณหภูมิที่ Temperature Controller เป็น 50°C 60°C 70°C 80°C และ 90°C ตามลำดับ

ทำการทดสอบซ้ำโดยเปลี่ยนตัวแปรที่ทดสอบให้ครบตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.2.2



รูปที่3.7 แสดง ก) Temperature Controller และ ข) Data Logger

3.4 ค่าคงที่ต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณ

ค่าความผิดพลาดเนื่องจากการวัดจากสายเทอร์โมคัปเปิล มีค่าเท่ากับ ±1°C และค่าความผิดพลาดเนื่องจากความเร็วลมที่เกิดจากมอเตอร์ เท่ากับ ± 0.1 m/s

จากค่าความผิดพลาดของสายเทอร์โมคัปเปิลและความเร็วลมส่งผลให้ค่าความผิดพลาดของเอนทาลปี (dh) เท่ากับ ± 1 kJ/kg และค่าความผิดพลาดของอัตราการไหลเชิงมวล ($d\dot{m}$) เท่ากับ ± 0.001 kg/s

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ของทองแดงบริสุทธิ เท่ากับ 401 W/m-K อัตราการไหลเชิงปริมาตรเท่ากับ 0.006 m/s

3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.5.1 หาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมท่อความร้อนจากสมการที่ 2.3

3.5.2 หาค่าการถ่ายเทความร้อนแบบการนำผ่านท่อทองแดงจากสมการที่ 2.4

3.5.3 หาค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ในแนวรัศมีจากสมการที่ 2.5

3.5.4 หาค่าความผิดพลาดของอัตราการถ่ายเทความร้อนจากสมการที่ 2.6

3.5.5 เปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนกับค่าการนำความร้อนผ่านท่อทองแดง โดยค่าการถ่ายเทความร้อนรวมต้องมากกว่า จึงจะทำให้ทราบว่ามีการทำงานของ VCLPHP และนำค่าการถ่ายเทความร้อนที่มีค่าความผิดพลาดน้อยกว่า 30 % มาทำการคำนวณในขั้นต่อไป

3.5.6 ทำการหาค่า Ka Pr Bo Ku และ Ja^* จากสมการที่2.7 2.8 2.10 2.12และ 2.13 ตามลำดับ

3.5.7 นำค่าที่ได้จากข้อ 3.5.6 ไปหาค่าตัวแปร a_0 b c d และ e เพื่อประดิษฐ์สมการความสัมพันธ์เชิงการทดลอง จากสมการที่ 2.14 ถึงสมการที่ 2.19 โดยที่แทนค่าตัวแปรต่างๆ ดังนี้

$$\pi_1 = Ku \quad \pi_2 = Ka \quad \pi_3 = Ja^* \quad \pi_4 = \mathrm{Pr} \text{ และ } \pi_5 = Bo$$