

บทที่ 5

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและวิธีดำเนินการทดลอง

ในบทนี้กล่าวถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง วิธีดำเนินการทดลองและการบันทึกผลข้อมูล

5.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1 ชุดป้อนอากาศ

1.1 เครื่องเป่าอากาศ (blower) ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 1,415 รอบต่อนาที ต่อเข้ากับไฟ 3 เฟส

1.2 ท่อส่งอากาศ ใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 4 นิ้ว จากท่อส่งอากาศหลักยาวประมาณ 2 เมตร จะแยกอากาศออกเป็นสองส่วน อากาศส่วนหนึ่งเข้าทำปฏิกิริยาการเผาไหม้กับเชื้อเพลิงเหนือตะกรับ (overfire air) และอากาศส่วนที่สองสำหรับเข้าทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ใต้ตะกรับ (underfire air)

2 ชุดอุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำ

ประกอบด้วยเครื่องปั้มน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal pump) ชนิดสองใบพัด รุ่น DB 44/100 สร้างความดันได้สูงสุด 40 เมตรน้ำ ที่อัตราการไหล 10 ลิตรต่อนาที ขับด้วยมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 2850 รอบต่อนาที เครื่องปั้มน้ำต่อเข้ากับถังพักน้ำที่จะเติมเข้าไปในถังหม้อไอน้ำ (boiler shell) มีวาล์วกันกลับ (check valve) เพื่อป้องกันไอน้ำจากถังหม้อไอน้ำไหลย้อนกลับเข้ามาถังพักน้ำ เครื่องปั้มน้ำมีสวิตช์ควบคุมเปิด-ปิด สำหรับเติมน้ำโดยดูระดับน้ำในถังหม้อไอน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปจากหลอดแก้ววัดระดับน้ำ ระบบที่นำใช้ท่อเหล็กชุบ Galvanize ขนาด 1 นิ้ว

3 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ

3.1 ชูดอริฟิส (orifice) วัดอัตราการไหลของอากาศที่จะเข้าทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ใช้ชูดอริฟิสชนิด $D, D/2$ tapping ตามมาตรฐาน ASME [21] โดยนำมาโนมิเตอร์ (manometer) ต่อเข้ากับอริฟิสเพื่อจะอ่านค่าความดันแตกต่างที่เกิดขึ้น แล้วจึงไปคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศ

3.2 pitot-static probe ใช้สำหรับปรับตั้งอัตราส่วนปริมาณอากาศที่จะใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงระหว่างอากาศที่เข้าทำปฏิกิริยาการเผาไหม้เหนือตะแกรงกับอากาศที่เข้าทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ใต้ตะแกรง ตามอัตราส่วน

3.3 มาโนมิเตอร์แบบเอียง (inclined manometer) สำหรับอ่านค่าความดันสถิตย์ที่เกิดขึ้นที่ชูดอริฟิส และที่เกิดที่ปล่องควัน

4 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

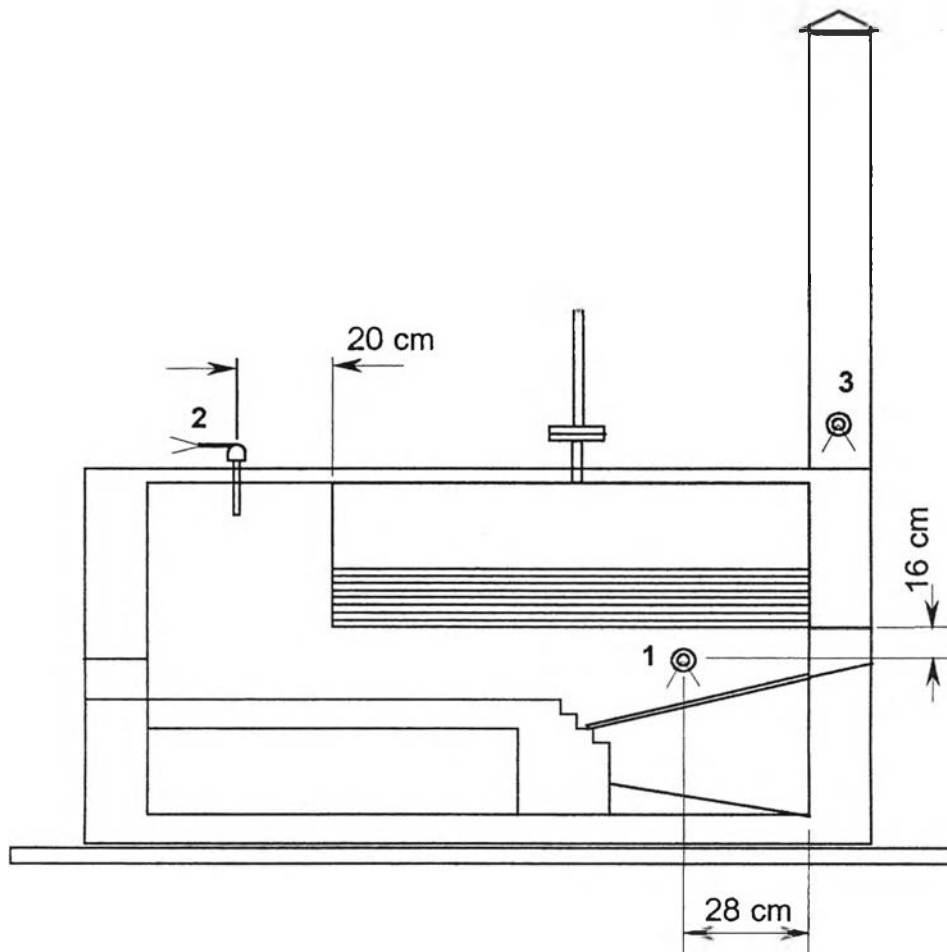
เครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ใช้เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) ชนิด K ต่อเข้ากับเครื่องอ่านอุณหภูมิชนิดตัวเลข (digital display) โดยต่อสายเทอร์โมคัปเปิลผ่านอุปกรณ์ตัวเลือก (selector switch) เพื่อเลือกอ่านอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ

4.1 อุณหภูมิแก๊สร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้

ตำแหน่งที่ 1 วัดอุณหภูมิแก๊สร้อนภายในเตาเผาไหม้ ใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบ probe รุ่น JB-35 ชนิด K ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 มิลลิเมตร สามารถทนอุณหภูมิได้ในช่วง $0-1200^{\circ}\text{C}$

ตำแหน่งที่ 2 วัดอุณหภูมิแก๊สร้อนก่อนเข้าตัวหม้อไอน้ำ ใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบ probe รุ่น JB-35 ชนิด K ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร สามารถทนอุณหภูมิได้ในช่วง $0-1200^{\circ}\text{C}$

ตำแหน่งที่ 3 วัดอุณหภูมิของแก๊สร้อนที่ออกมาจากตัวหม้อไอน้ำ โดยใช้อุปกรณ์วิเคราะห์ห้องค์ประกอบแก๊สไอเสีย วัดอุณหภูมิขณะเดียวกับที่ทำการทดลอง



รูปที่ 5.1 แสดงตำแหน่งติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลแบบ probe สำหรับวัดอุณหภูมิของแก๊สไอเสียในหม้อไอน้ำแรงดันต่ำโดยใช้เหง้ามันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิง

4.2 อุณหภูมิของผนังเตาเผาไหม้

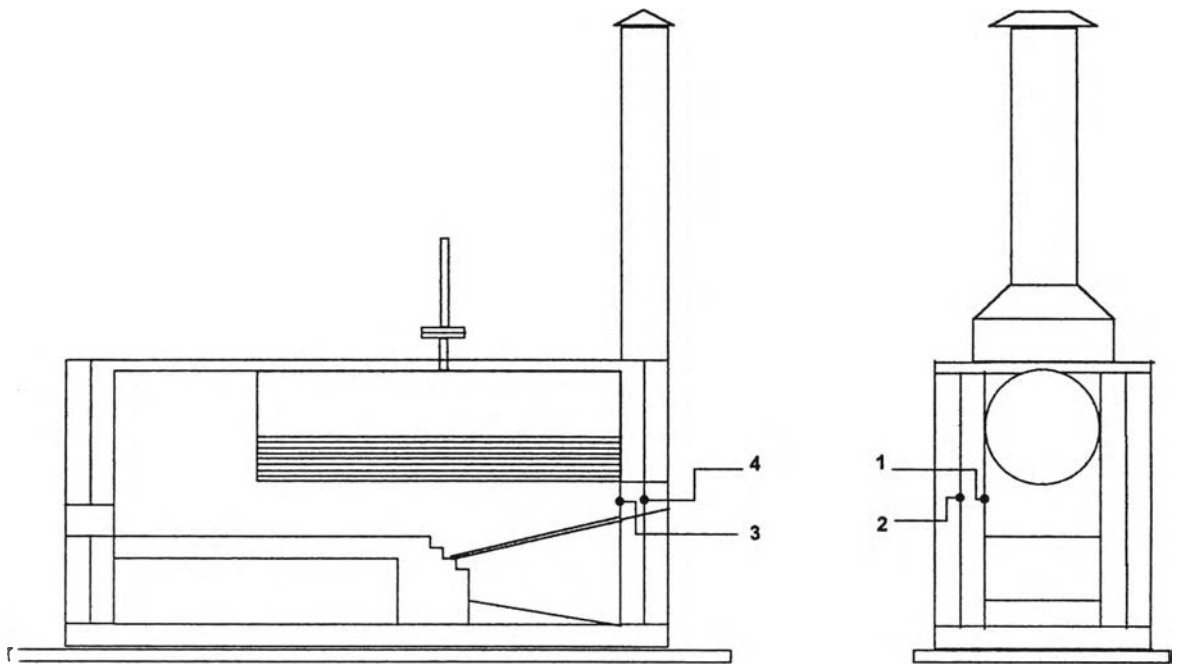
ใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K ทนอุณหภูมิสูงสุดได้ 1260°C

ตำแหน่งที่ 1 วัดอุณหภูมิที่ผิวด้านในของผนังด้านข้างชั้นในของเตาเผาไหม้

ตำแหน่งที่ 2 วัดอุณหภูมิที่ผิวด้านนอกของผนังด้านข้างชั้นในของเตาเผาไหม้

ตำแหน่งที่ 3 วัดอุณหภูมิที่ผิวด้านในของผนังด้านหน้าชั้นในของเตาเผาไหม้

ตำแหน่งที่ 4 วัดอุณหภูมิที่ผิวด้านนอกของผนังด้านหน้าชั้นในของเตาเผาไหม้



รูปที่ 5.2 แสดงตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิลสำหรับวัดอุณหภูมิที่ผิวของผนังหม้อไอน้ำแรงดันต่ำโดยใช้เหง้ามันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิง

5 อุปกรณ์เกี่ยวกับความดันไอน้ำ

5.1 เกจวัดความดันไอน้ำ(steam pressure gauge) ปกติใช้เกจวัดความดันแบบบัวดอง (bourdon gage) จะติดตั้งเกจวัดความดันไว้ที่ตัวหม้อไอน้ำ เลือกใช้เกจตามมาตรฐาน ASME

5.2 วาล์วนิรภัย (safety valve) หม้อไอน้ำออกแบบให้ใช้งานได้อย่างปลอดภัยที่ความดันใช้งานสูงสุด ถ้าเกินความดันที่กำหนดจะเกิดอันตรายได้ วาล์วนิรภัยจะทำหน้าที่ควบคุมความดันภายในหม้อไอน้ำไม่ให้สูงเกินกว่าค่าที่กำหนด ถ้าความดันในหม้อไอน้ำสูงเกินกว่าค่าที่กำหนด วาล์วนิรภัยจะเปิดและปล่อยไอน้ำทิ้งออกไป เลือกใช้วาล์วนิรภัยตามมาตรฐาน ASME

6 เครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊ส (gas analyzer)

เป็นเครื่องมือใช้วิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อ Testo350 สามารถวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบของแก๊สไอเสีย เช่น O_2 , CO_2 , CO , NO_x , NO , SO_2 โดยเครื่องมือนี้สามารถแสดงผลออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

7 เครื่องชั่งน้ำหนัก

สำหรับชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิงที่จะใช้ในการเผาไหม้ รวมทั้งชั่งน้ำหนักน้ำที่เติมในถังพักน้ำของหม้อไอน้ำ และซีเมนต์ ในการทดลอง

8 นาฬิกาจับเวลา

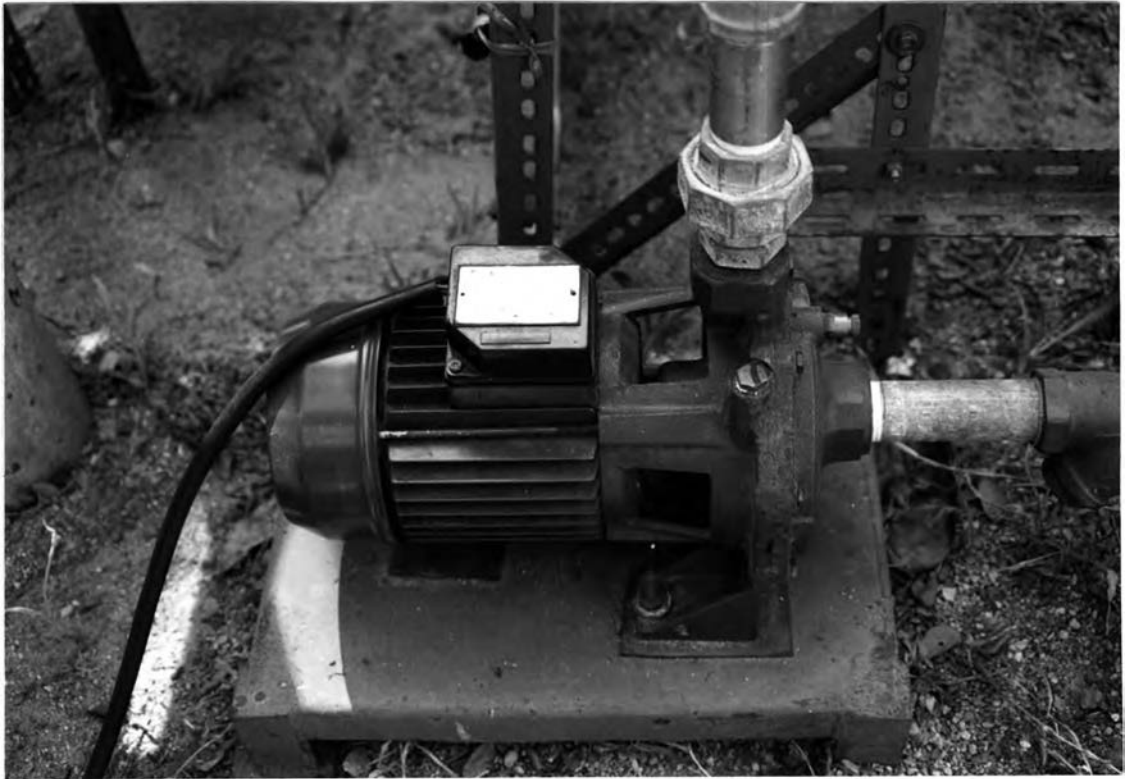
สำหรับกำหนดเวลาที่ต้องทำการป้อนเชื้อเพลิง และการจดบันทึกข้อมูลการทดลอง



รูปที่ 5.3 แสดงเครื่องเป่าอากาศ



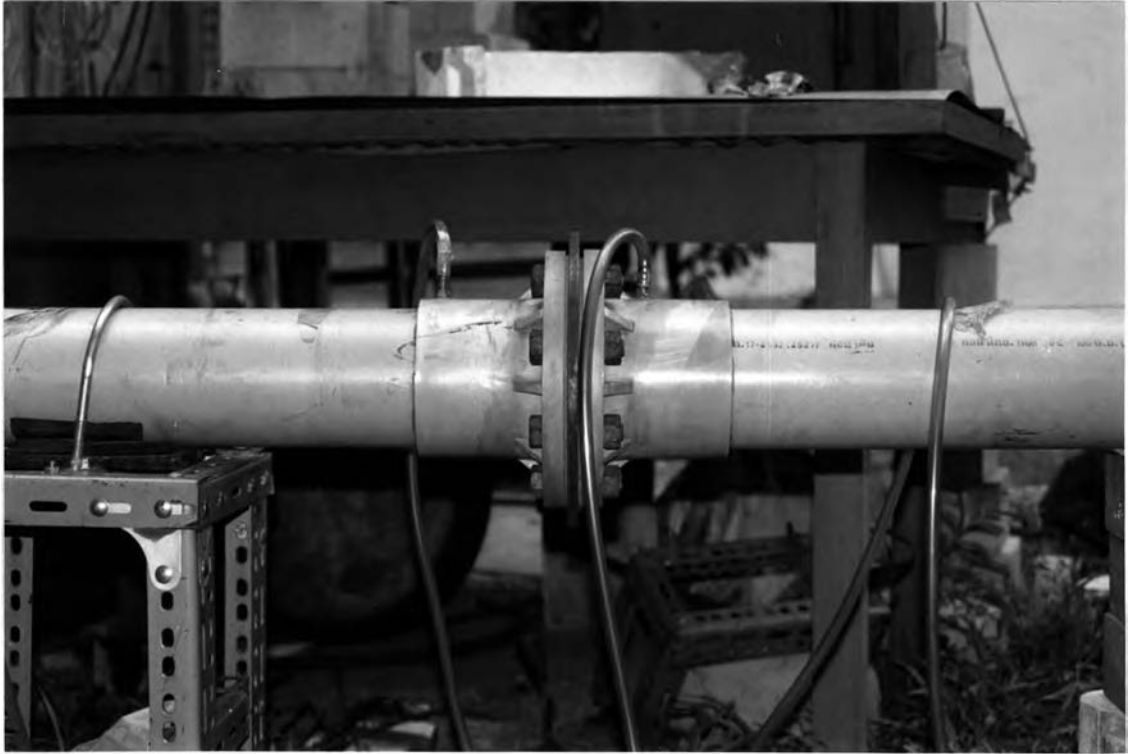
รูปที่ 5.4 แสดงท่อส่งอากาศ



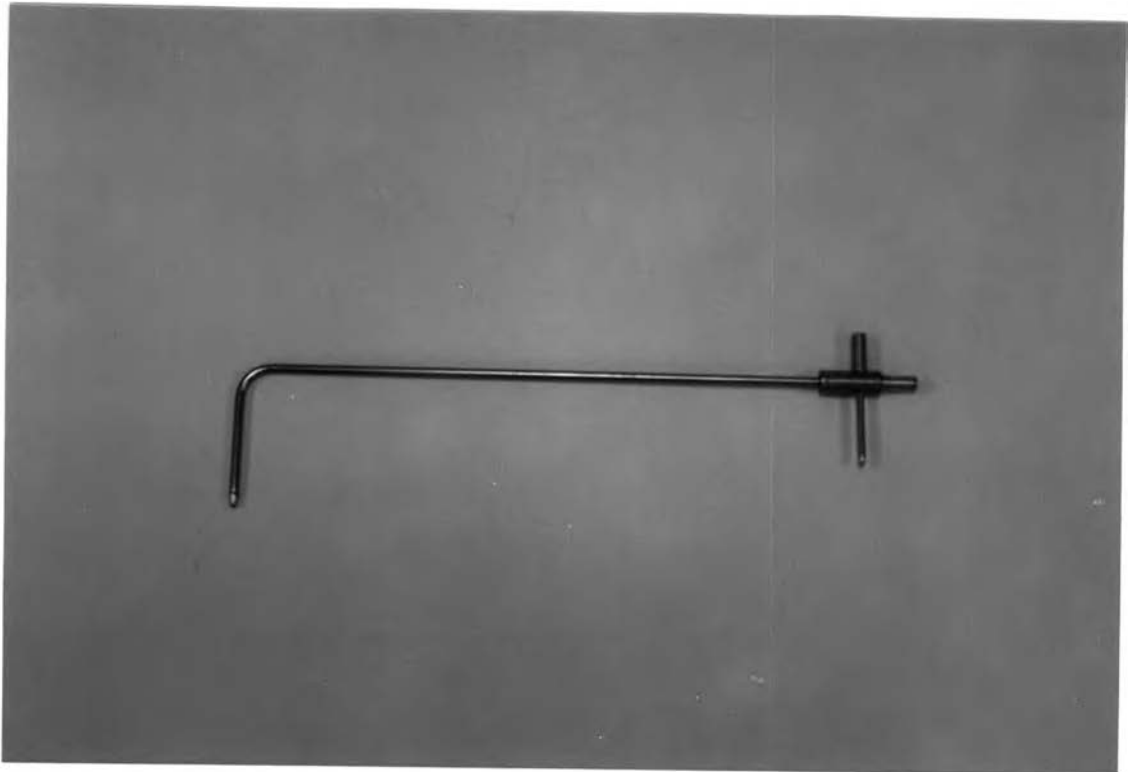
รูปที่ 5.5 แสดงเครื่องปั้มน้ำ



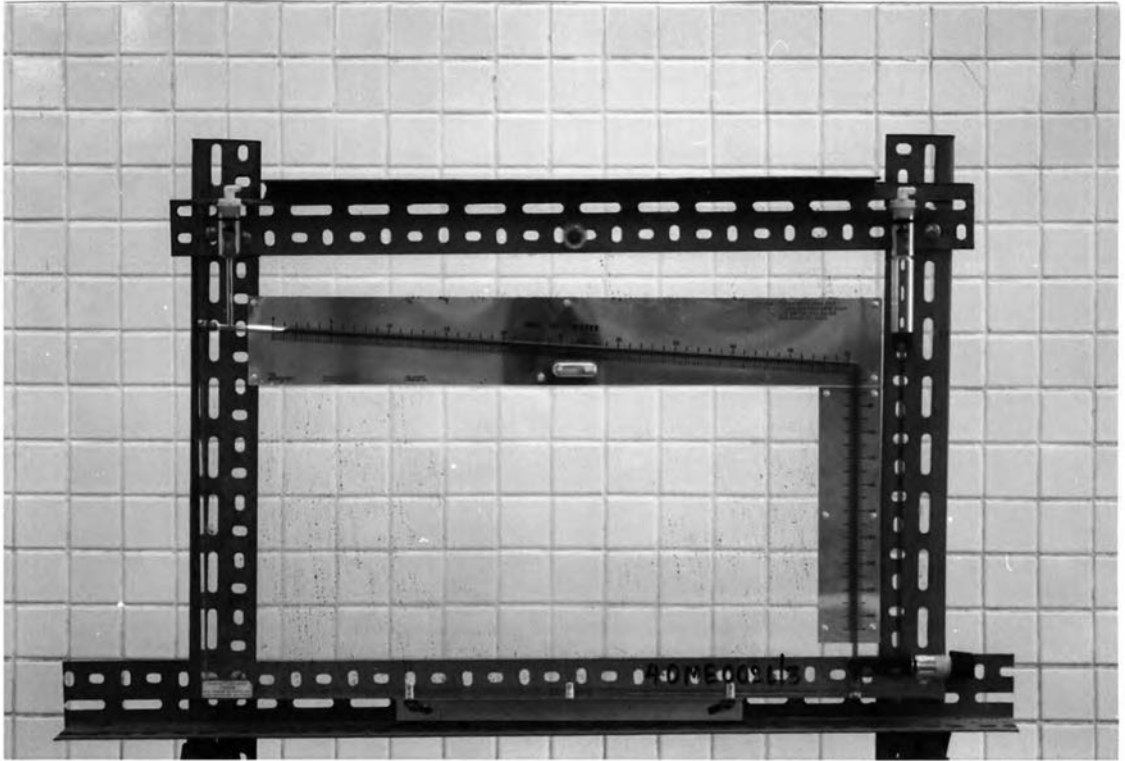
รูปที่ 5.6 แสดงชุดอุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำในหม้อไอน้ำ



รูปที่ 5.7 แสดงชุดออริฟิส



รูปที่ 5.8 แสดง pitot-static probe



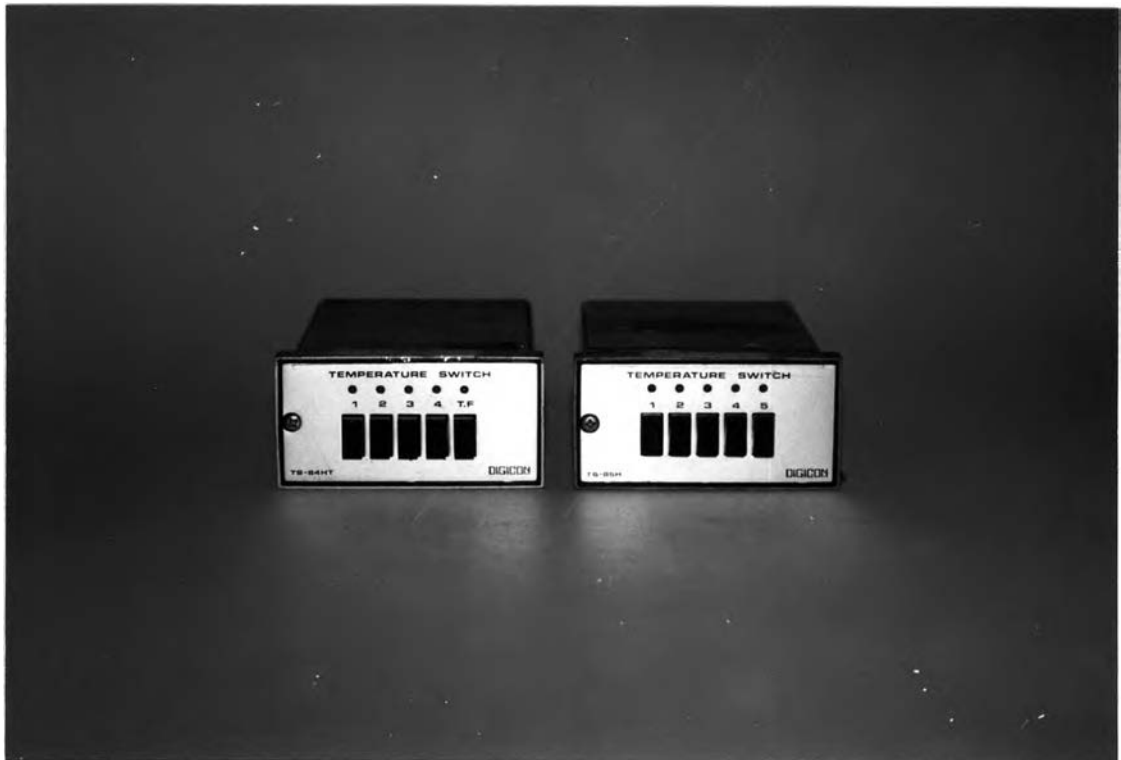
รูปที่ 5.9 แสดงมาโนมิเตอร์แบบเอียง



รูปที่ 5.10 แสดงเทอร์โมคัปเปิลชนิด K แบบสาย และ แบบ probe



รูปที่ 5.11 แสดงเครื่องอ่านอุณหภูมิชนิดตัวเลข



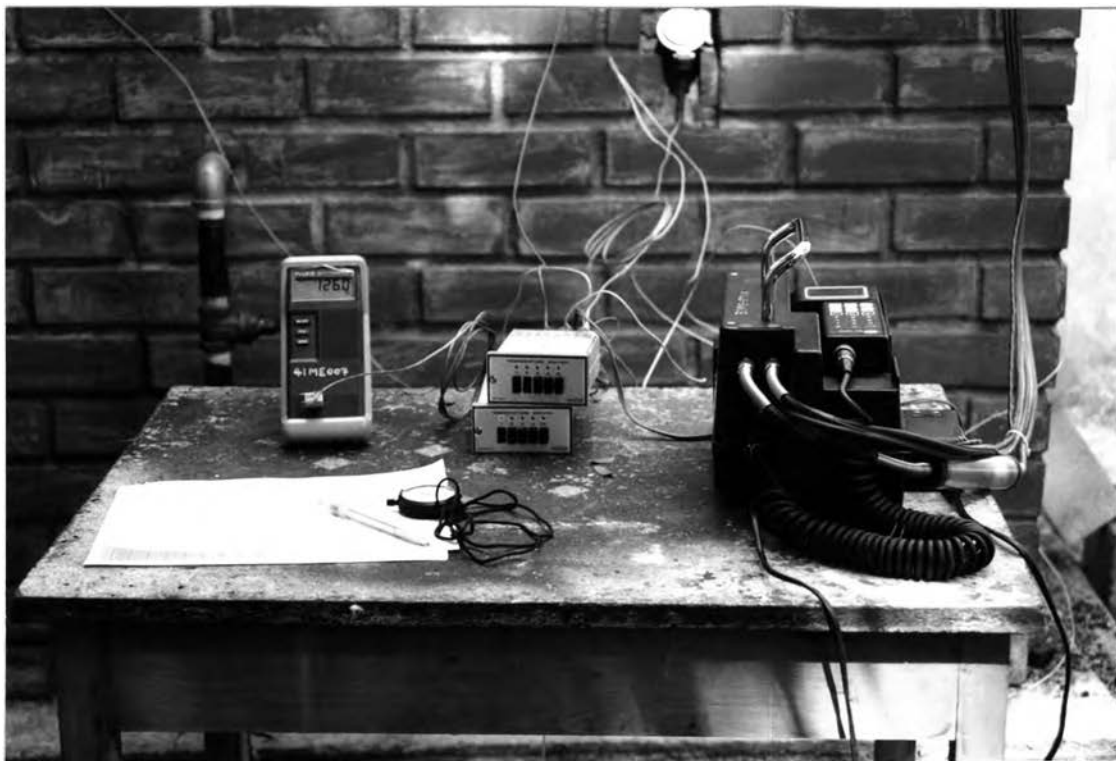
รูปที่ 5.12 แสดงอุปกรณ์ตัวเลือก



รูปที่ 5.13 แสดงเกจวัดความดันในหม้อไอน้ำ



รูปที่ 5.14 แสดงวาล์วนิรภัย



รูปที่ 5.15 แสดงเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย ยี่ห้อ Testo 350



รูปที่ 5.16 แสดงเครื่องชั่งน้ำหนัก

5.2 วิธีดำเนินการทดลอง

- 1 การเตรียมเหง้ามันสำปะหลังที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิง ต้องนำไปแปรรูปโดยการหั่นให้เป็นชิ้น (chip) แล้วตากแดด เพื่อลดความชื้นในเหง้ามันสำปะหลัง อีกทั้งป้องกันการเกิดเชื้อราขึ้น
- 2 นำตัวอย่างเหง้ามันสำปะหลังไปวิเคราะห์หาค่าทางความร้อน และองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ
- 3 ก่อนดำเนินการทดลอง ให้ตรวจสอบ ปรับตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือวัดให้พร้อม ดังนี้
 - 3.1 ตรวจสอบสายเทอร์โมคัปเปิลให้ติดตั้งบนอุปกรณ์ตัวเลือก พร้อมกับติดตั้งเครื่องอ่านอุณหภูมิ
 - 3.2 ต่อชุดออริฟิส และ pitot-static probe กับมาโนมิเตอร์ให้เรียบร้อย มาโนมิเตอร์ต้องตั้งให้ได้ระดับ
 - 3.3 เติมน้ำลงในตัวหม้อไอน้ำ และในถังพักน้ำสำหรับบ้อนหม้อไอน้ำให้พร้อม
 - 3.4 ติดตั้งเครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊ส
- 4 เปิดเครื่องเป่าอากาศ เพื่อตั้งค่าปริมาณอากาศที่จะเข้ามาทำปฏิกิริยาการเผาไหม้กับเชื้อเพลิง ปรับลิ้นตรงทางดูดของเครื่องและกำหนดอัตราการไหลของอากาศเทียบกับความแตกต่างของระดับน้ำในมาโนมิเตอร์ ในการศึกษาวิจัยมี 4 สภาวะคือ ทำการทดลองที่ค่าเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน 40%, 80%, 120%, 160% เมื่อได้ปริมาณอากาศตามสภาวะที่กำหนดแล้วจึงปิดเครื่องเป่าอากาศไว้ก่อน
- 5 เตรียมเชื้อเพลิงชั่งน้ำหนักให้พร้อม ในการศึกษาวิจัย มีอัตราการป้อนเชื้อเพลิงที่ 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยป้อนเชื้อเพลิงทุก 10 นาที
- 6 start เตาเผาไหม้โดยใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นช่วย ในที่นี้ใช้ถ่านไม้ติดไฟเป็นเชื้อเพลิงเริ่มต้น ใส่เชื้อเพลิงเข้าไปในเตาเผาไหม้ เปิดเครื่องเป่าอากาศและเริ่มจับเวลา
- 7 เมื่อครบ 10 นาทีแรกจึงป้อนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังเข้าไปในเตาเผาไหม้ และป้อนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังไปอีกประมาณ 5-6 ครั้งแต่ยังไม่บันทึกข้อมูล เพื่อรอให้ผลจากถ่านไม้หมดก่อน และเป็นการอุ่นเตาเผาไหม้ให้มีอุณหภูมิสูงพอ หลังจากนั้นจึงเริ่มจดบันทึกข้อมูลได้
- 8 จดบันทึกข้อมูลทุกๆ 5 นาที ข้อมูลที่ต้องบันทึกมีดังนี้
 - 8.1 อุณหภูมิทุกตำแหน่งที่กำหนด
 - 8.2 ความแตกต่างของระดับน้ำในมาโนมิเตอร์เพื่อวัดอัตราการไหลของแก๊สไอเสีย (บันทึกผลทุก 10 นาที)
 - 8.3 ความดันหม้อไอน้ำ
 - 8.4 องค์ประกอบของแก๊สไอเสีย

9 เมื่อความดันถึงจุดที่ปล่อยไอน้ำออก จึงเปิด วาล์วเพื่อปล่อยไอน้ำออก ระดับน้ำในตัวหม้อไอน้ำจะลดลงถึงจุดที่กำหนด ให้เปิดปั๊มน้ำป้อนน้ำเข้าไปในตัวหม้อไอน้ำจนน้ำถึงระดับเดิม บันทึกระดับน้ำที่ถังพักน้ำ

10 ทำการทดลองควรใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง จึงหยุดป้อนเชื้อเพลิง

11 จดบันทึกผลการทดลองต่อไป จนกระทั่งอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆเริ่มลดลง

12 ปิดเครื่องเป่าอากาศ เครื่องวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของแก๊สและปั๊มน้ำ

13 เมื่อในเตาเผาไหม้เย็นลง โภยซีแก่และนำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

14 หาปริมาณไอน้ำที่หม้อไอน้ำสามารถผลิตได้ภายในช่วงเวลาที่ทำการเปิดวาล์วปล่อยไอน้ำ โดยชั่งน้ำหนักของน้ำที่เต็มลงในถังพักน้ำ บันทึกผล