

## บทที่ 4

### อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยและวิธีดำเนินการศึกษาวิจัย

ในการทำวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบและสร้างเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้ดังกล่าวมาแล้วในบทที่ 3 และเพื่อศึกษาการทำงานของเตาเผามูลฝอยในด้านข้อมูลทางวิศวกรรม เช่น ปริมาณมูลฝอย ปริมาณเชื้อเพลิง ปริมาณแก๊สไอเสีย อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ ปริมาณขี้เถ้าและเขม่า ศึกษาการถ่ายเทความร้อนของเตาเผามูลฝอย โดยใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือวัดในการศึกษาวิจัย ดังนี้

### วัสดุที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ผู้วิจัยได้ทดสอบเผามูลฝอย 3 ชนิด คือ ใบไม้แห้งและกระดาษซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอย [7] ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และแสดงค่าความร้อนของมูลฝอยในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความร้อนของมูลฝอย (Heating Value)

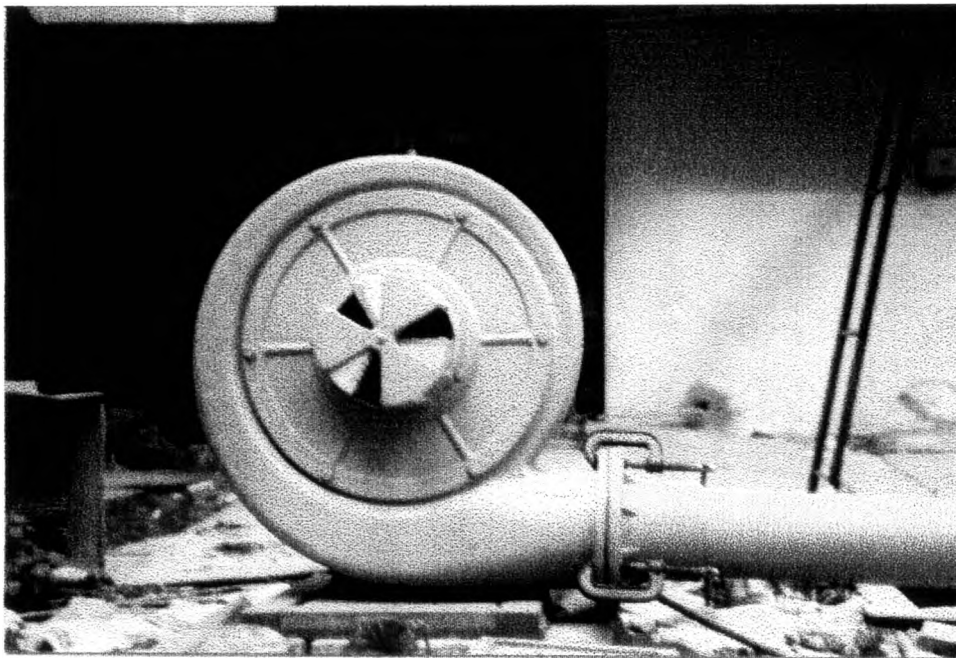
ชนิดของมูลฝอย	ค่าความร้อนต่ำของมูลฝอย (LHV) MJ/kg	ค่าความร้อนสูงของมูลฝอย (HHV) MJ/kg
ใบไม้แห้ง	19.08*	19.94*
ใบไม้เปียกมีความชื้น 15%	18.71*	19.94*
กระดาษ	14.51*	15.42*

\*ค่าความร้อนของมูลฝอยได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรของ Dulong [8]

### อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

#### 1. ชุดป้อนอากาศ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1.1 เครื่องเป่าอากาศ (Blower) ขนาด 3 แรงม้า ความดันสถิต 100 mm<sub>H<sub>2</sub>O</sub> และสามารถจ่ายอากาศได้สูงสุด 25 m<sup>3</sup>/min ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงเครื่องเป่าอากาศ (Blower)

1.2 ท่อส่งอากาศเป็นท่ออลูมิเนียมยัดหยุ่นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1016 m ยาว 1 m และท่อพีวีซี (PVC) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1016 m ยาว 3 m ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงท่อส่งอากาศ

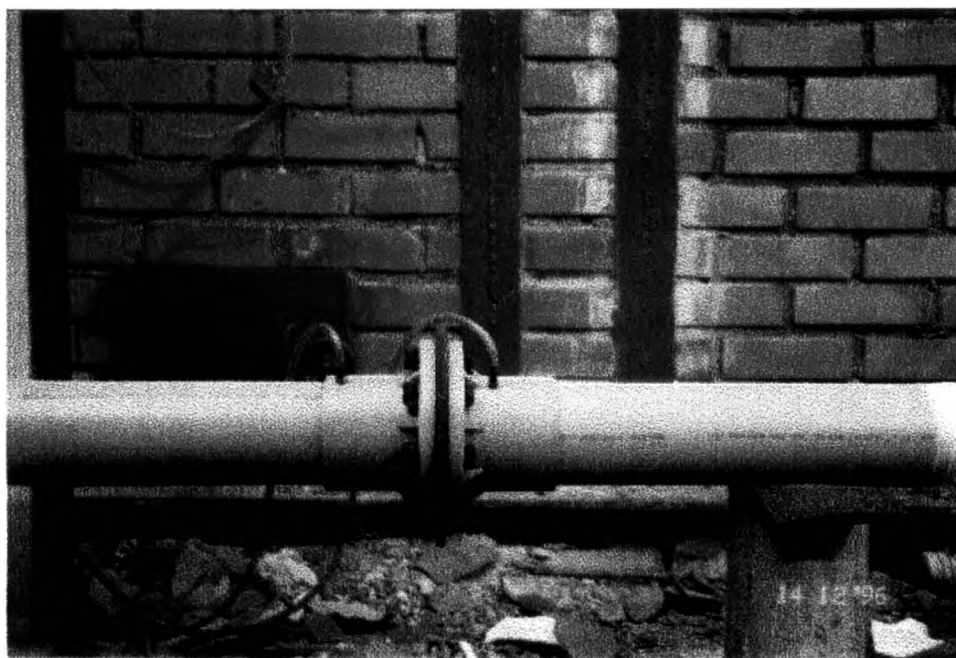
2. ชุดหัวเผา (Burner) เป็นหัวเผายี่ห้อ “Lumbokini” ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.4-3.0 l/h ให้พลังงานความร้อน 16.6-35.6 kW ดังแสดงในรูปที่ 4.3



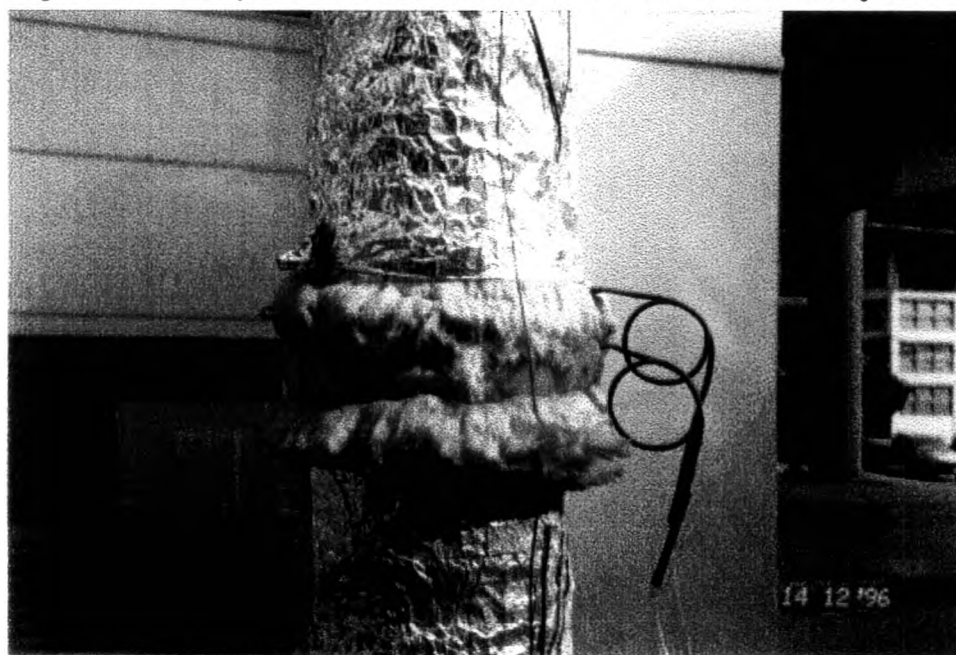
รูปที่ 4.3 แสดงชุดหัวเผา (Burner)

### 3. อุปกรณ์การวัดอัตราการไหลของอากาศ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

3.1 ชุดออริฟิซ (Orifice) ใช้สำหรับวัดอัตราการไหลของอากาศ โดยอ่านเป็นค่าความแตกต่างของน้ำในมาโนมิเตอร์ ผู้วิจัยได้ติดตั้งชุดออริฟิซสำหรับวัดอัตราการไหลของอากาศเข้าเตาเผามูลฝอยที่ท่อส่งอากาศพีวีซี (PVC) ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และวัดอัตราการไหลของแก๊สไอเสียที่ออกจากปล่องไอเสียดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 แสดงชุดออริฟิซสำหรับวัดอัตราการไหลของอากาศเข้าเตาเผามูลฝอย

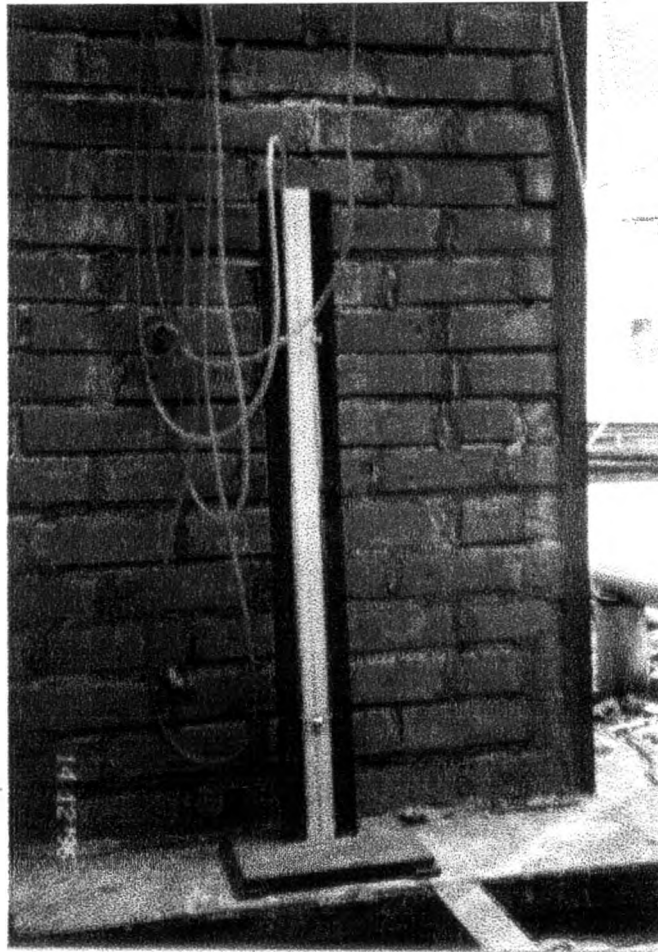


รูปที่ 4.5 แสดงชุดออริฟิซสำหรับวัดอัตราการไหลของแก๊สไอเสีย

3.2 ชุดมาโนมิเตอร์ (Manometers) ใช้สำหรับหาค่าอัตราการไหลของแก๊สไอเสีย โดยอ่านค่าความแตกต่างของระดับน้ำในมาโนมิเตอร์ และหาค่าความดันสถิตในปล่องไอเสียโดยอ่านค่าความแตกต่างของระดับน้ำในมาโนมิเตอร์เช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 แสดงชุดมาโนมิเตอร์สำหรับวัดค่าอัตราการไหลของอากาศและอัตราการไหลของแก๊สไอเสีย



รูปที่ 4.7 แสดงชุดมาโนมิเตอร์สำหรับวัดค่าความดันสถิตในปล่องไอเสีย

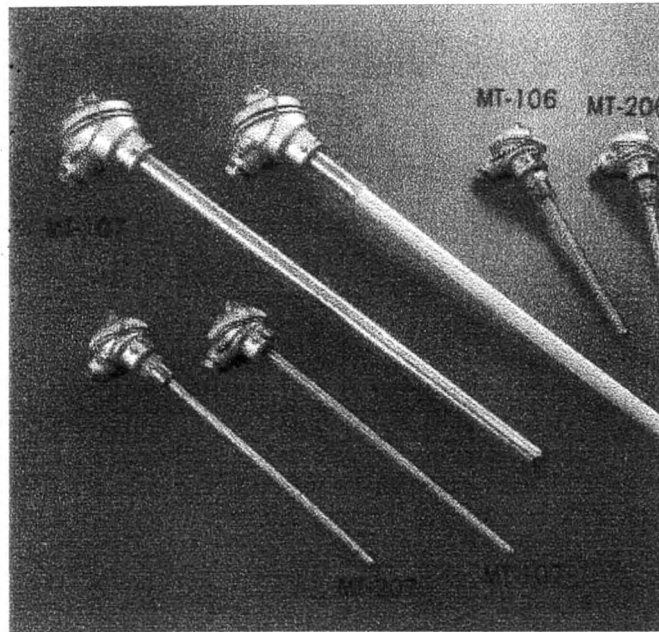
4. ชุดแผงควบคุม (Control Box) ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องเป่าอากาศ อุปกรณ์อ่านค่าอุณหภูมิ และการทำงานของชุดหัวเผา

5. ชุดเครื่องวัดและอ่านอุณหภูมิ ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ

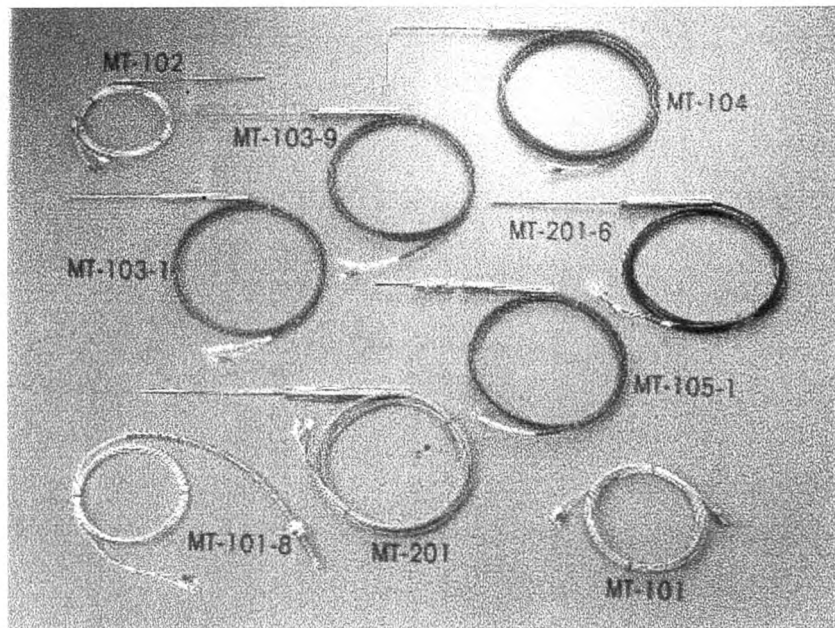
5.1 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) คือ เส้นลวดชนิด K ที่ใช้วัดอุณหภูมิของเตาเผามูลฝอย โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้เทอร์โมคัปเปิลดังนี้

5.1.1 วัดอุณหภูมิของแก๊สร้อน ใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด Probe เสียบ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.2 และดังแสดงในรูปที่ 4.8

5.1.2 วัดอุณหภูมิผนังด้านต่าง ๆ ของเตาเผามูลฝอย ใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิดเส้นลวด ดังแสดงในรูปที่ 4.9



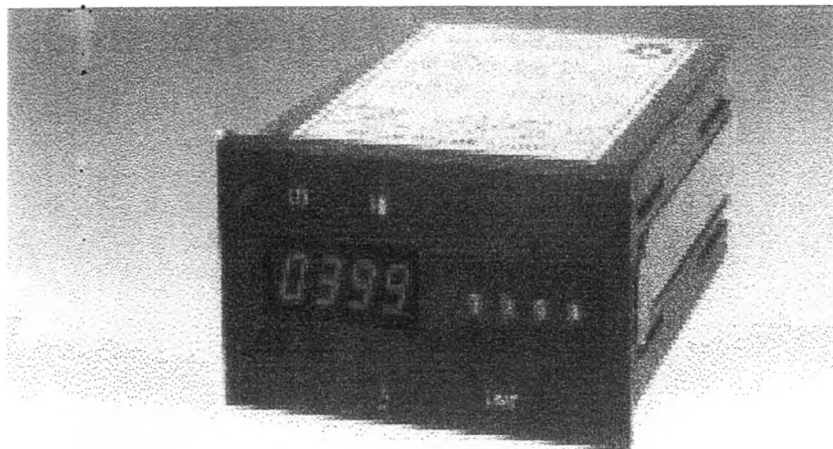
รูปที่ 4.8 แสดงเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด Probe เสียบ



รูปที่ 4.9 แสดงเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิดเส้นลวด

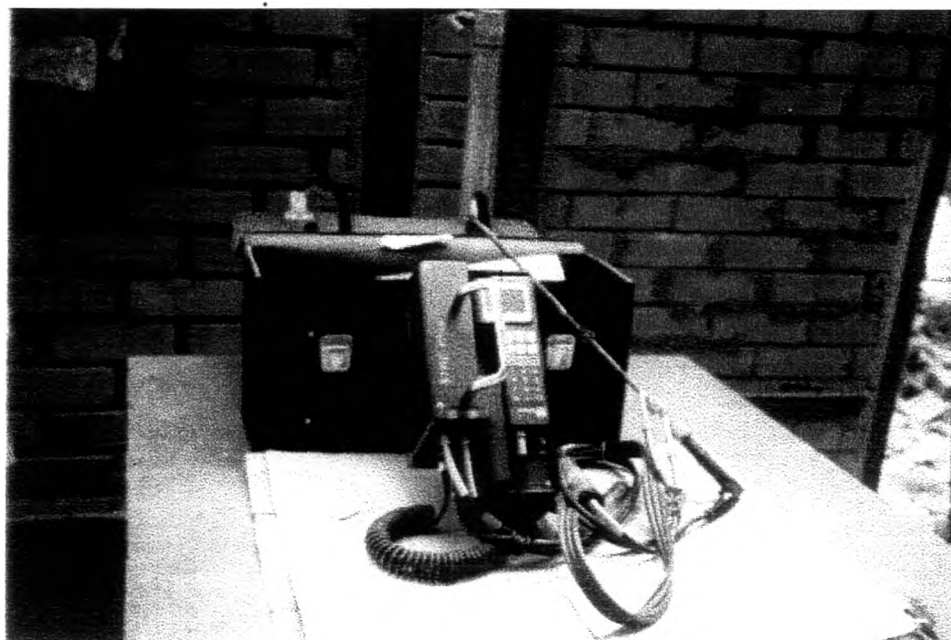
5.2 Selected Switch คือ อุปกรณ์สำหรับเลือกอ่านค่าอุณหภูมิ

5.3 อุปกรณ์อ่านอุณหภูมิ (Multivoltmeter) คืออุปกรณ์สำหรับแปลงค่าความต้านทานของกระแสไฟฟ้าเป็นข้อมูลทางดิจิทัล และแสดงผลทางหน้าจอ ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงอุปกรณ์อ่านอุณหภูมิ

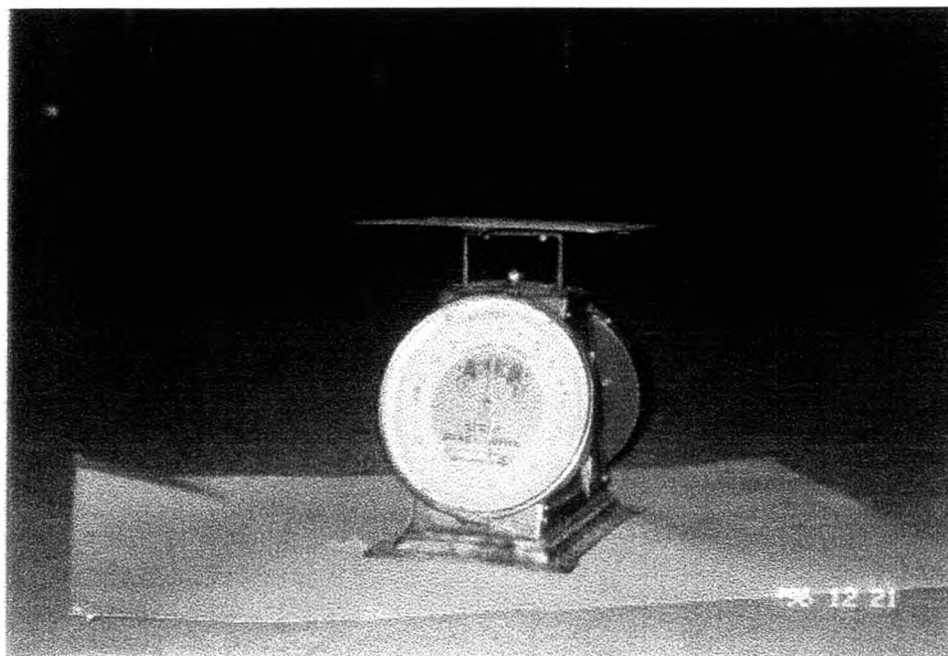
6. เครื่องวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของแก๊สไอเสีย (Gas Analyser) เป็นเครื่องวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของแก๊สไอเสีย “TESTO” สามารถแสดงองค์ประกอบของแก๊สไอเสียเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรได้แก่ CO (ppm) , %CO<sub>2</sub> , %O<sub>2</sub> ดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แสดงเครื่องวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของแก๊สไอเสีย



7. เครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักของมูลฝอยก่อนทำการทดสอบและชั่งน้ำหนัก  
 จี้ใต้หลังการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แสดงเครื่องชั่งน้ำหนัก

8. นาฬิกาจับเวลา ใช้สำหรับจับเวลาเพื่อบันทึกค่าอุณหภูมิตามช่วงเวลาต่าง ๆ

การติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลในตำแหน่งต่าง ๆ ของเตาเผามูลฝอย

1. ตำแหน่งติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลสำหรับวัดอุณหภูมิของแก๊สร้อนภายในเตาเผามูลฝอย มี  
 ทั้งหมด 7 ตำแหน่ง ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.2 แสดงชนิดและขนาดของเทอร์โมคัปเปิลสำหรับวัดอุณหภูมิของแก๊สร้อนภายในเตาเผา  
มูลฝอย

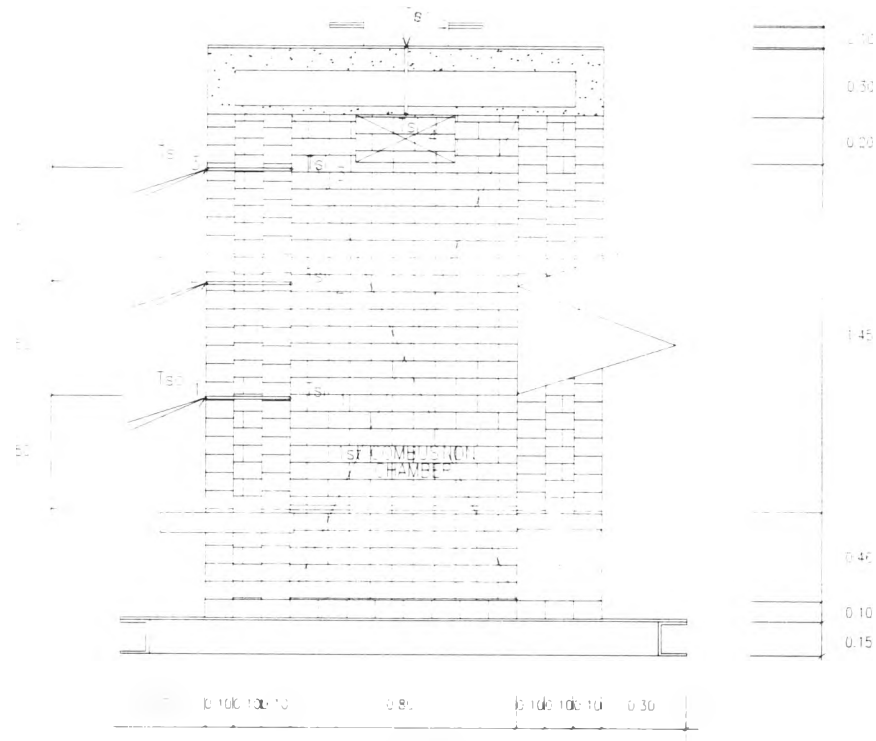
ตำแหน่ง	รุ่น	ชนิด	ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง (mm)	ทนอุณหภูมิได้ สูงสุด (°C)
Tg <sub>1</sub>	MT107	K	22	1200
Tg <sub>2</sub>	MT107	K	22	1200
Tg <sub>3</sub>	ST70	K	48	800
Tg <sub>4</sub>	ST70	K	48	800
Tg <sub>5</sub>	MT107	K	22	1200
Tg <sub>6</sub>	MT107	K	22	1200
Tg <sub>7</sub>	MT107	K	22	1200



รูปที่ 4.13 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิแก๊สร้อนภายในเตาเผาผลฝอยด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด Probe เสียบ

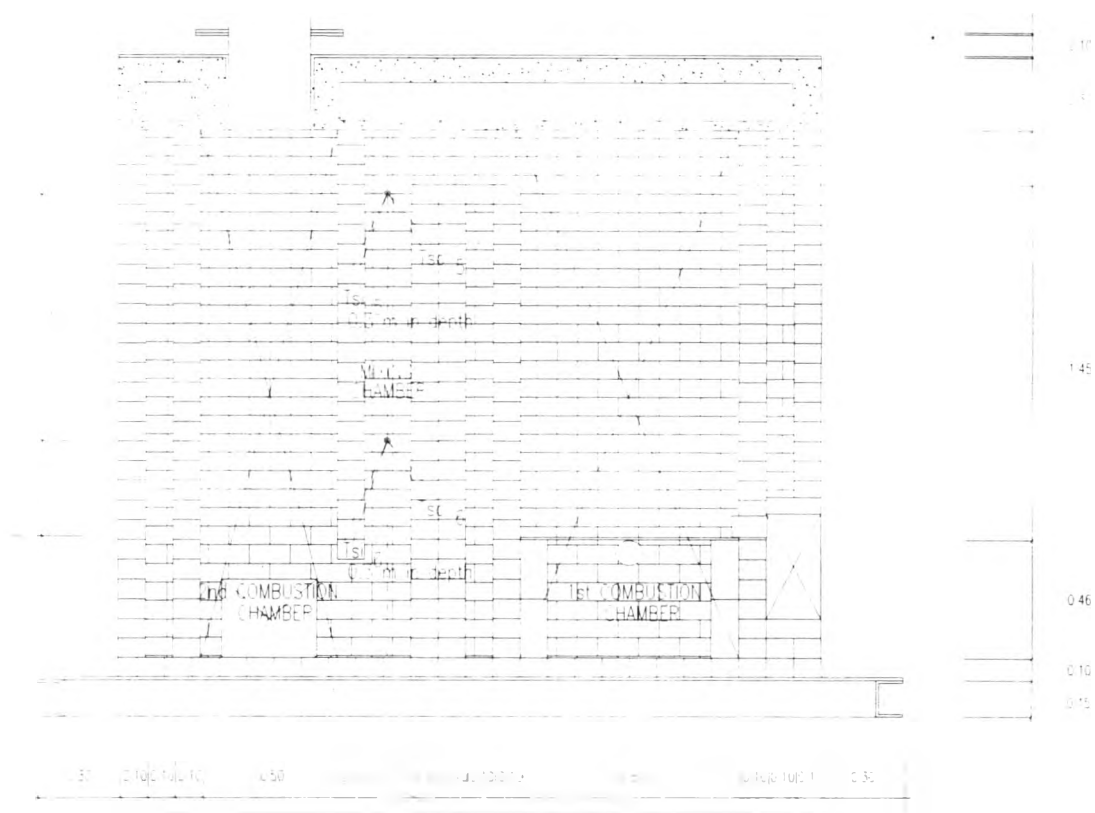
2. ตำแหน่งติดตั้งเทอร์โมคัปเบิลสำหรับวัดอุณหภูมิผนังภายในและผนังภายนอกของเตาเผามูลฝอย โดยใช้เทอร์โมคัปเบิล ชนิด K แบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้ คือ

2.1 ตำแหน่งเทอร์โมคัปเบิลของห้องเผาไหม้ที่ 1 มี 4 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.14



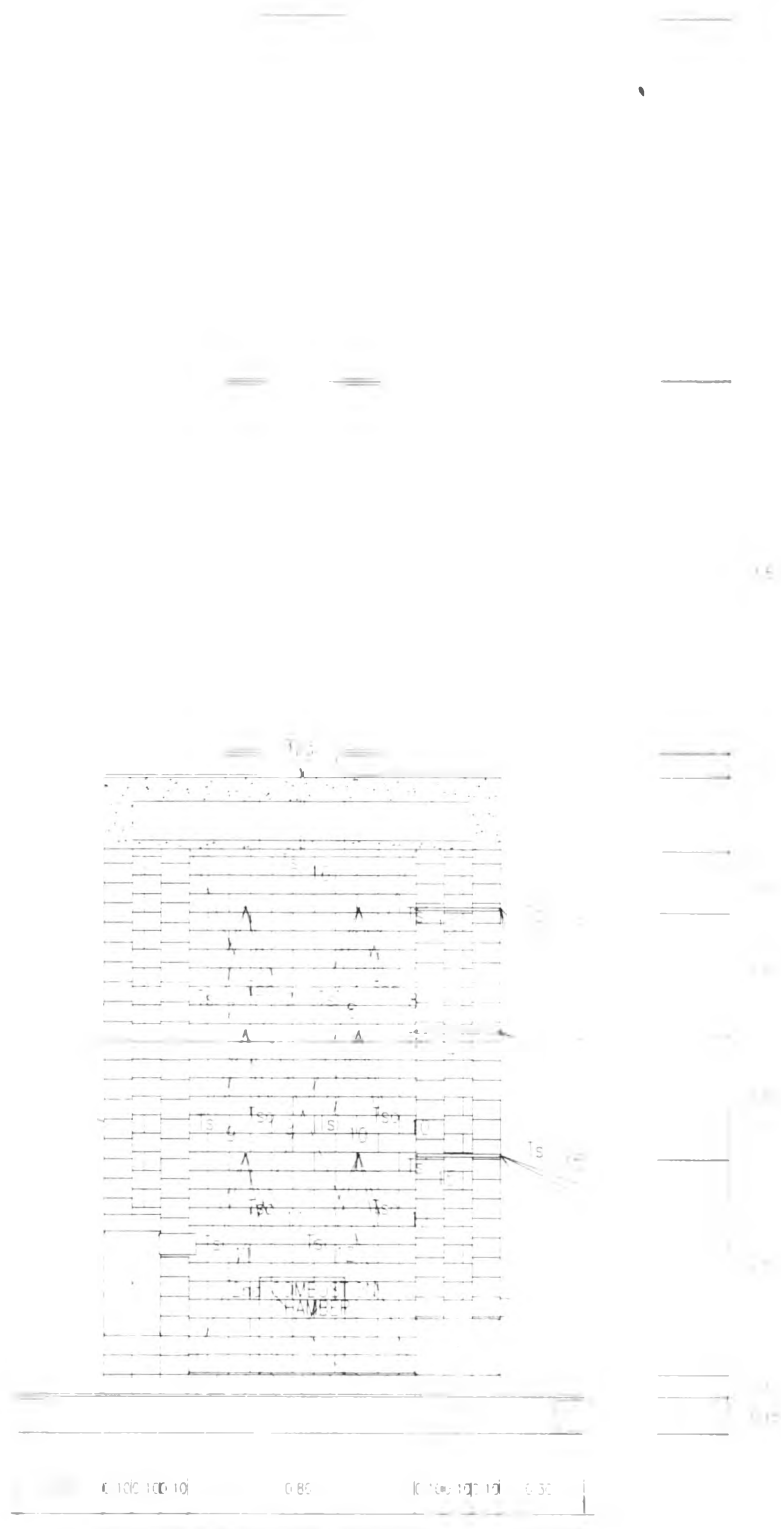
รูปที่ 4.14 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิผนังภายในและภายนอกของห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง

2.2 ตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิลของห้องผสมควันมี 2 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.15



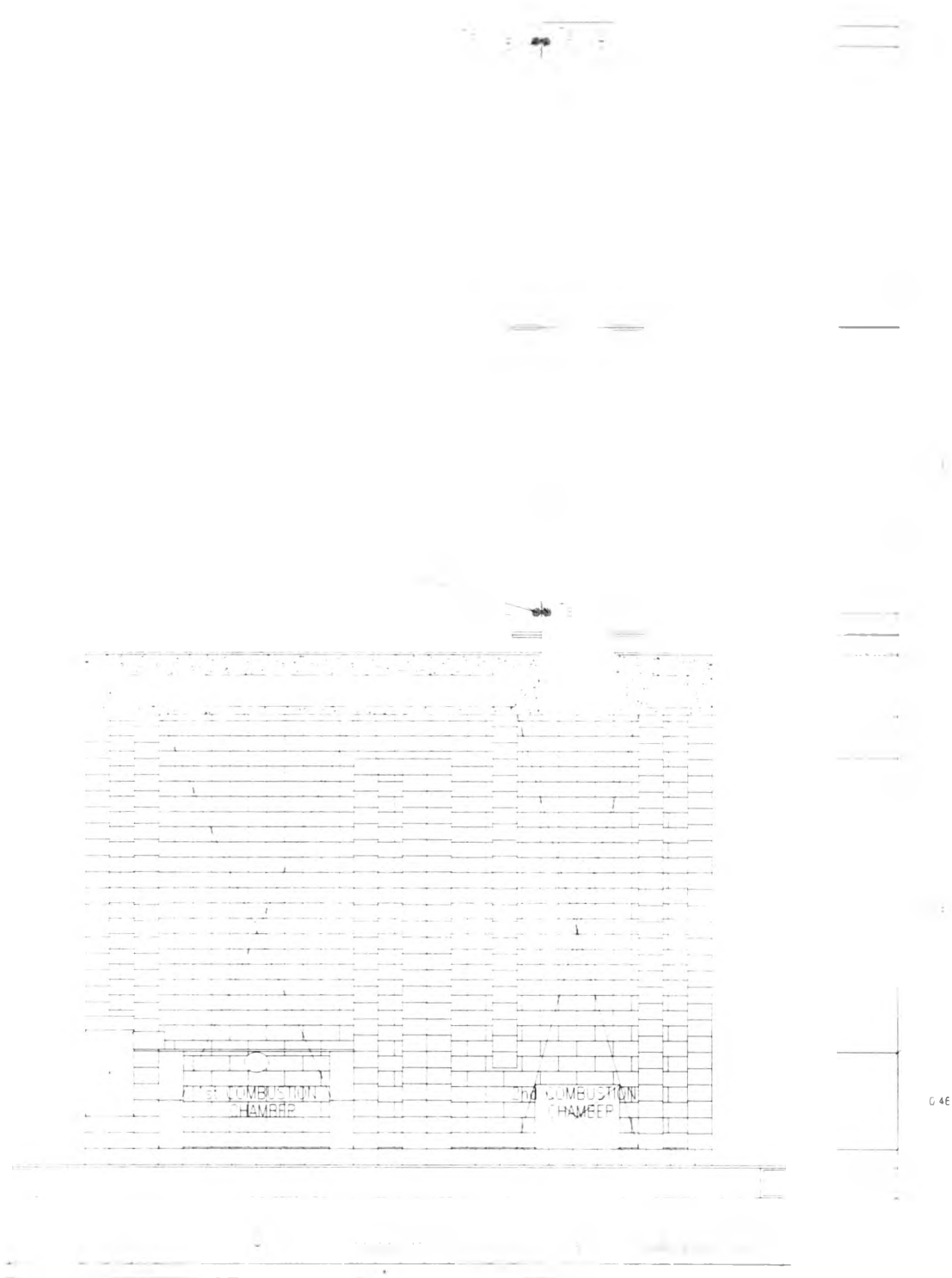
รูปที่ 4.15 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิผนังภายในและภายนอกของห้องผสมควัน

2.3 ตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิลของห้องเผาไหม้ที่สองมี 10 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิผนังภายในและภายนอกของห้องเผาไหม้ที่สอง

3. ตำแหน่งติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลสำหรับวัดอุณหภูมิผนังภายในและภายนอกของปล่องไอเสียโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K แบบเส้นลวด มี 2 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิผนังภายในและภายนอกของปล่องไอเสีย

### วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเผามูลฝอย 3 ชนิด คือ ใบไม้แห้ง ใบไม้เปียกมีความชื้น 15% และกระดาษ โดยทำการทดสอบทั้งสิ้น 21 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงรายละเอียดการทดสอบเผามูลฝอยในแต่ละครั้ง

ครั้งที่	ชนิดมูลฝอย	จำนวน มูลฝอย (kg/h)	ปริมาณ อากาศส่วนเกิน (%EA)	หัวเผา (burner)	
				เปิด	ปิด
1	ใบไม้แห้ง	25	0		X
2	ใบไม้แห้ง	25	20		X
3	ใบไม้แห้ง	25	40		X
4	ใบไม้แห้ง	25	60		X
5	ใบไม้แห้ง	25	80		X
6	กระดาษ	25	0		X
7	กระดาษ	25	20		X
8	กระดาษ	25	40		X
9	กระดาษ	25	60		X
10	กระดาษ	25	80		X
11	ใบไม้เปียก	25	40	X	
12	ใบไม้เปียก	25	60	X	
13	กระดาษ	25	40	X	
14	กระดาษ	25	60	X	
15	ใบไม้แห้ง (ป้อนทุก 5 นาที)	50	60		X
16	ใบไม้แห้ง (ป้อนทุก 10 นาที)	50	60		X
17	กระดาษ	50	40		X
18	กระดาษ	50	40		X



ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ครั้งที่		จำนวน มูลฝอย (kg/h)	ปริมาณ อากาศส่วนเกิน (%EA)	หัวเผา (burner)	
				เปิด	ปิด
19	ไบโม่เปียก (ไม่เจียมูลฝอย)	25	40		X
20	ไบโม่เปียก (เจียมูลฝอย)	25	40		X
21	ไบโม่เปียก (4 ชั่วโมง)	25	40		X

### ขั้นตอนดำเนินการศึกษาวิจัย

การทดสอบทั้ง 21 ครั้ง แต่ละครั้งจะมีขั้นตอนการทดสอบเหมือนกัน แต่จะแตกต่างกัน  
บางในรายละเอียดตามตารางที่ 4.3 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมมูลฝอย ผู้วิจัยได้ทดสอบเผามูลฝอยไบโม่แห้ง ไบโม่เปียกมีความชื้น 15% และ  
กระดาษ
2. ชั่งน้ำหนักมูลฝอยตามอัตราการป้อน ดังนี้
  - 2.1 อัตราการป้อน 25 kg/h ป้อนครั้งละ 4.2 kg ทุก ๆ 10 นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
  - 2.2 อัตราการป้อน 50 kg/h ป้อนครั้งละ 8.4 kg ทุก ๆ 10 นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
3. ตรวจสอบอุปกรณ์และเครื่องมือวัดต่าง ๆ ให้พร้อมที่จะทำการทดสอบ ดังนี้
  - 3.1 เทอร์โมคัปเบิลทุกตำแหน่งพร้อมเปิดเครื่องอ่านอุณหภูมิ
  - 3.2 เปิดเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย (Gas Analyzer)
  - 3.3 ตรวจสอบมาโนมิเตอร์สำหรับวัดอัตราการไหลของแก๊สไอเสีย อัตราการไหลของ  
อากาศเข้าเตาเผามูลฝอย และความดันสถิตในปล่องไอเสียให้พร้อมสำหรับการอ่าน
  - 3.4 เปิดเครื่องเป่าอากาศและปรับล้นทางดูดของพัดลมให้ได้อัตราการไหลของอากาศ  
ตามที่ต้องการ โดยอ่านค่าความแตกต่างของระดับน้ำในมาโนมิเตอร์
4. เปิดหัวเผา เฉพาะการทดสอบครั้งที่ 11 , 12 , 13 และ 14

5. ป้อนมูลฝอยทางประตูป้อนลงในห้องเผาไหม้ที่หนึ่งแล้วจุดให้ติดไฟด้วยกระดาษ
6. เริ่มจับเวลาการทดสอบ โดยทำการป้อนมูลฝอยทุก ๆ 10 นาที จนครบ 2 ชั่วโมง (ยกเว้นการทดสอบครั้งที่ 21 ซึ่งใช้เวลา 4 ชั่วโมง)
7. บันทึกข้อมูลทุก 5 นาที หลังจากทำการป้อนมูลฝอยแต่ละครั้งโดยบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้
  - 7.1 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของเตาเผามูลฝอยและปล่องไอเสีย
  - 7.2 ค่าความแตกต่างของน้ำในมาโนมิเตอร์ จำนวน 2 ค่า เพื่อวัดอัตราการไหลของแก๊สไอเสีย และความดันสถิตในปล่องไอเสีย
  - 7.3 เปอร์เซ็นตองค์ประกอบของแก๊สไอเสียที่อ่านได้จากเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊สไอเสีย “TESTO” คือ %O<sub>2</sub> %CO<sub>2</sub> และ CO [ppm]
8. หยุดป้อนมูลฝอยเมื่อป้อนมูลฝอยครบ 2 ชั่วโมง (ยกเว้นการทดสอบครั้งที่ 21 ซึ่งใช้เวลา 4 ชั่วโมง)
9. จัดบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ในข้อ 7 หลังจากหยุดป้อนมูลฝอยแล้วทุก ๆ 10 นาทีเป็นเวลาต่อไปอีก 30 นาที
10. ปิดหัวเผาเฉพาะการทดสอบครั้งที่ 11 , 12 , 13 และ 14
11. ปิดเครื่องเป่าอากาศ
12. ปิดเครื่องอ่านอุณหภูมิ
13. ทำความสะอาดเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสียและปิดเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย
14. รอกจนกระทั่งอุณหภูมิภายในเตาเผามูลฝอยลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
15. ชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ที่หนึ่งและห้องเผาไหม้ที่สอง
16. สิ้นสุดการทดสอบ