บทที่ 3 เครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัย

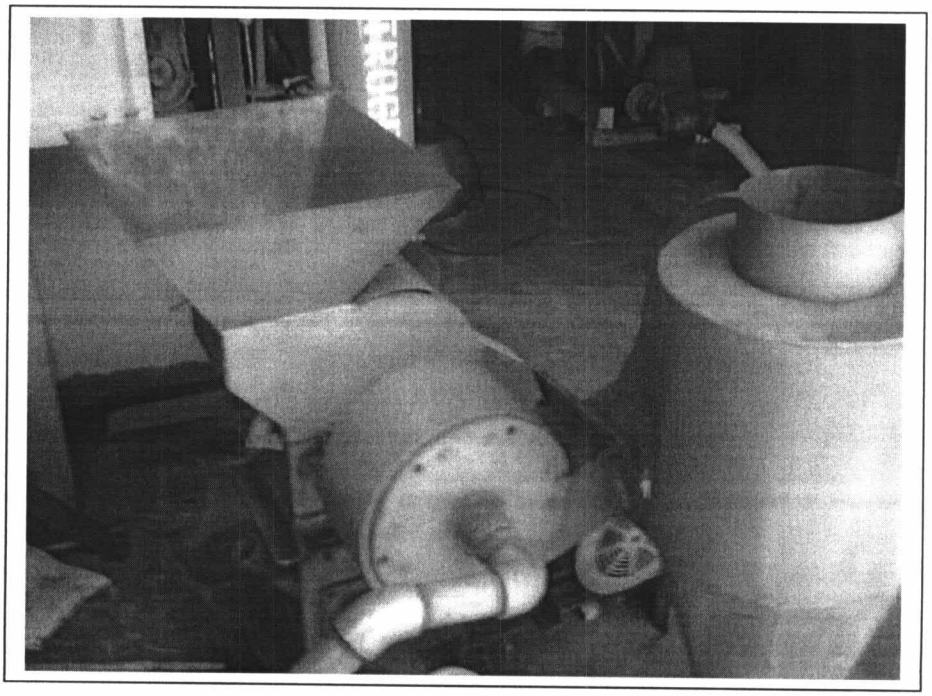
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 อุปกรณ์ในการเตรียมถ่านหินสำหรับงานวิจัย

สำหรับถ่านหินที่จะใช้ในการวิจัยจะต้องทำการลดขนาดถ่านหินก่อนเพื่อให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ ที่ใช้ในการวิจัย สำหรับการวิจัยได้กำหนดขนาดของถ่านหินได้ดังนี้ น้อยกว่า 0.85 mm., 0.85 - 1.18 mm.,1.18 - 2.36 mm. และมากกว่า 2.36 mm. และอุปกรณ์สำหรับลดขนาดถ่านหินประกอบด้วย

3.1.1.1 เครื่องบดถ่านหิน

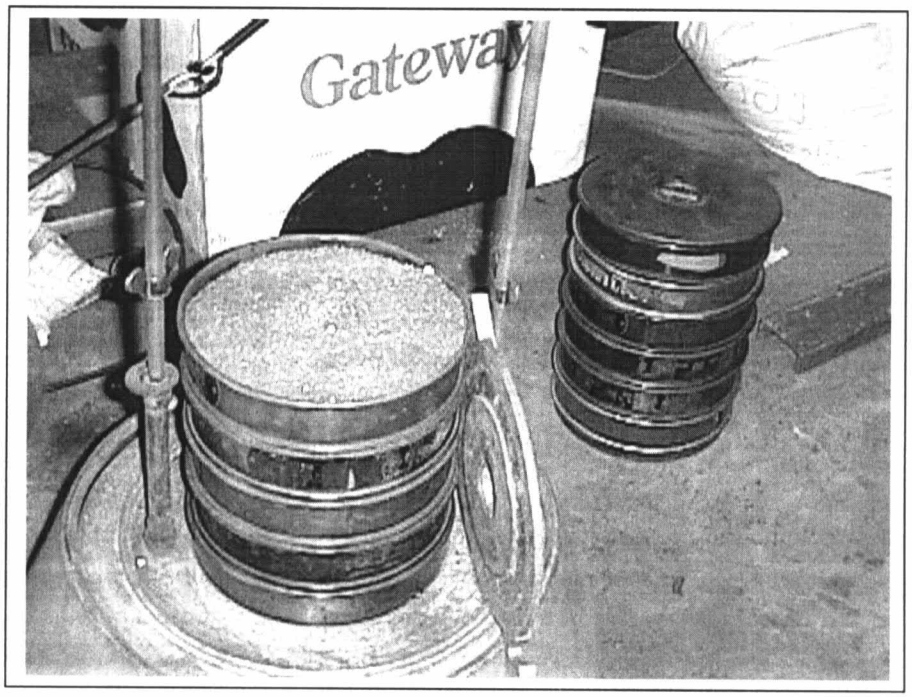
สำหรับงานวิจัยจำเป็นต้องทำการบดถ่านหินแบบหยาบเพื่อง่ายต่อการนำถ่านหินไปแยกขนาด ซึ่งแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เครื่องบดถ่านหิน

3.1.1.2 เครื่องคัดแยกขนาดถ่านหิน

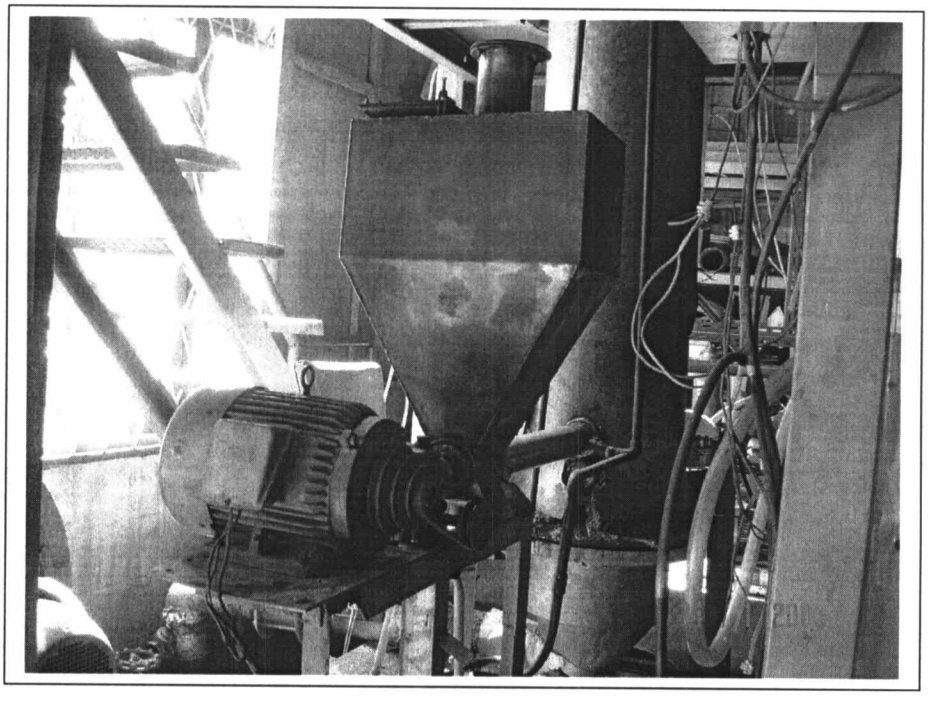
จะทำการคัดแยกขนาดถ่านหินที่ผ่านการบดหยาบมาแล้วเพื่อทำการวิจัย ตามที่กำหนด โดยนำมาร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 0.85 mm. 1.18 mm. และ 2.36 mm. ตามลำดับดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เครื่องคัดแยกขนาดถ่านหิน

3.1.2 อุปกรณ์ป้อนถ่านหินเข้าสู่เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง

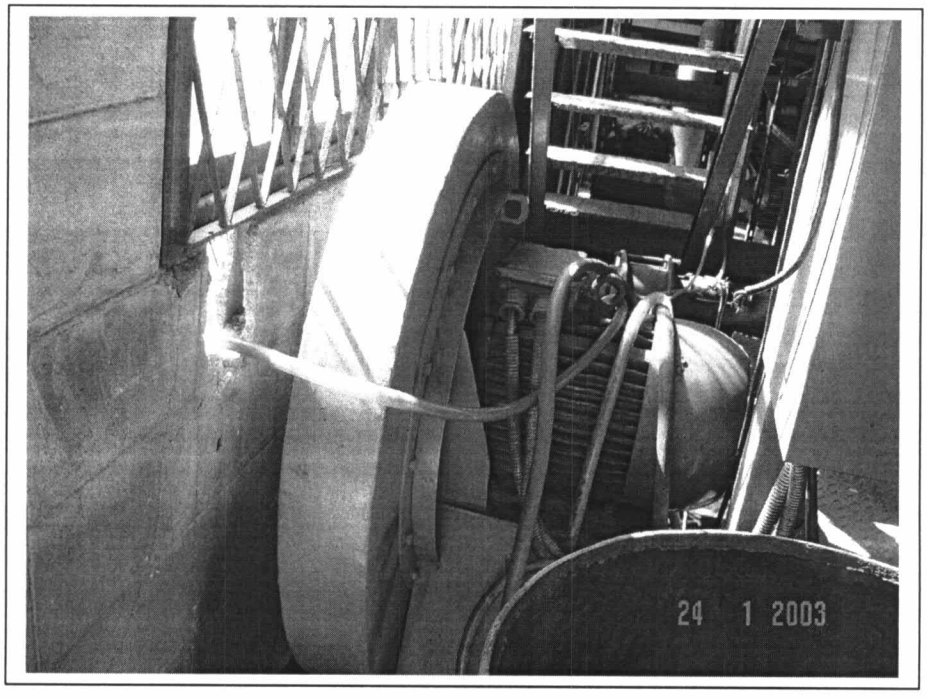
อุปกรณ์ป้อนถ่านหินประกอบด้วยถังพักถ่านหิน (Hopper) เพื่อการป้อนถ่านหินที่ต่อเนื่องและระบบลำเลียงถ่านหินเข้าสู่เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง เป็นชนิดเกลียวผลักดันถ่านหิน (screw conveyor) เกลียวนี้จะถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 0.5 hp แบบ SF-ER ใช้ไฟฟ้า 3 เฟส และ Gear box อัตราการหมุนสูงสุด 1,400 rpm ทำการลดความเร็วด้วยเครื่องควบคุมความเร็ว ชนิดปรับความเร็วได้ โดยการปรับที่ความถี่ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เครื่องป้อนถ่านหินเข้าสู่เตาผลิตเชื้อเพลิงก๊าซ

3.1.3 อุปกรณ์ป้อนอากาศ (Air blower)

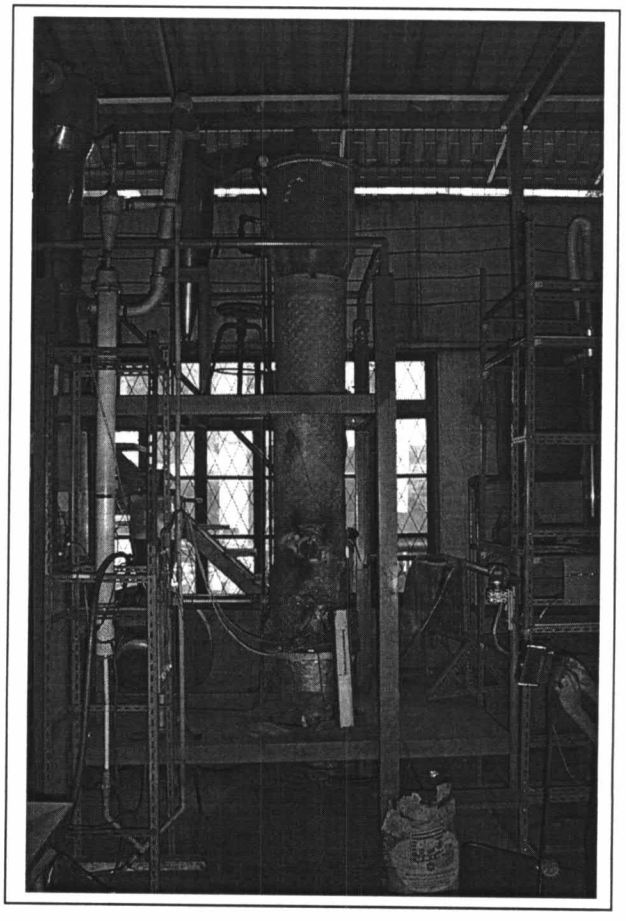
เครื่องเป่าอากาศที่ใช้ในงานวิจัย มีขนาดกำลังสูงสุด 20 m^3/min ความดันสูงสุด 150 lb/in^2 ถูกขับด้วยมอเตอร์ขนาด 1.5 kW อากาศที่ได้จะผ่านเข้าสู่ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 in โดยควบคุมปริมาณการป้อนอากาศโดยระบบวาล์ว ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ป้อนอากาศเข้าสู่เตาผลิตเชื้อเพลิงก๊าซ

3.1.4 อุปกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasifier system)

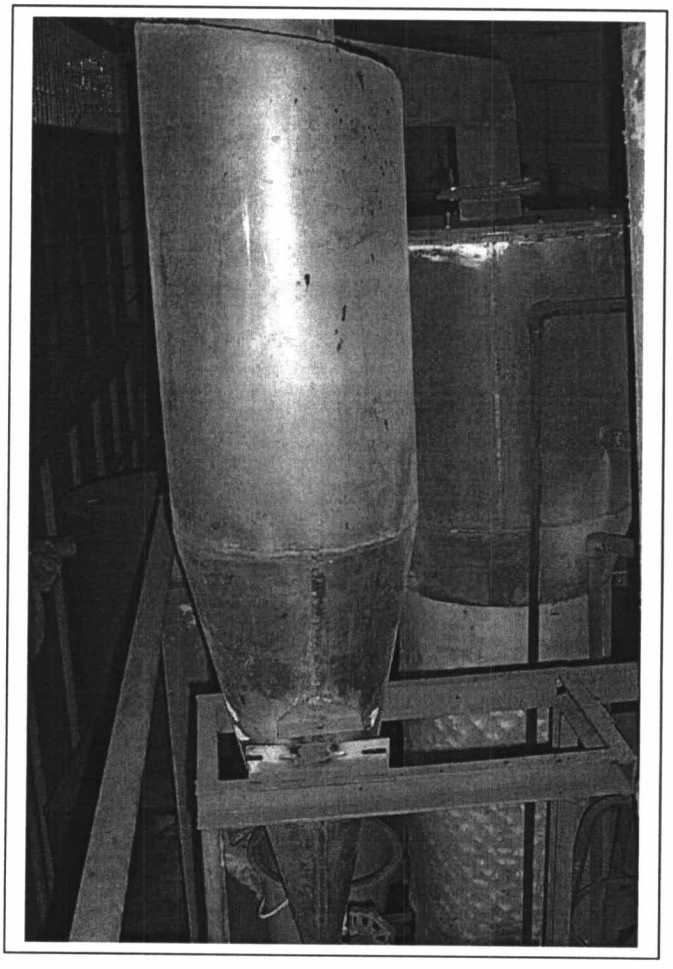
สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้อุปกรณ์ผลิตเชื้อเพลิงก๊าซแบบ ฟลูอิดไดซ์เบดคอลัมน์ทรงกระบอก สร้างขึ้นจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) เป็นโครงสร้างหลัก หนา 4.5 mm. สูง 2 m. เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 30 cm. และภายนอกจะมีท่อเหล็กหนา 5 mm. หุ้มอีก 1 ชั้น ส่วนบนของคอลัมน์จะขยายออกเป็นท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 cm. ซึ่งใหญ่กว่าส่วนของคอลัมน์ เพื่อลดความเร็วลมที่ผ่านขึ้นมาจากคอลัมน์ ทำให้อนุภาคที่มีขนาดใหญ่ตกกลับลงในคอลัมน์อีก ส่วนด้านล่างคอลัมน์จะมีแผ่นกระจายลม (Perforated Plate Distributor) โดยมีช่องสำหรับพ่นก๊าซเชื้อเพลิงเข้าไปในคอลัมน์ และมีช่องสำหรับวัดอุณหภูมิ 1 ช่อง เอาถ่านหินผ่านเข้าสู่คอลัมน์ ด้วยเครื่องป้อนแบบสกรู (screw Feeder) ซึ่งต่ออยู่กับมอเตอร์ ส่วนอากาศจะเข้าสู่คอลัมน์ทางด้านล่าง และภายนอกคอลัมน์จะหุ้มด้วยเซรามิกไฟเบอร์ (Ceramic Fiber) รุ่น RP-8 หนา 50 mm. เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนภายในคอลัมน์ และสุดท้ายจะปิดด้วยแผ่นเหล็กอาบสังกะสีเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในเตาให้ค่าที่มากที่สุด ด้านบนจะมี internal Cyclone ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 เตาผลิตเชื้อเพลิงก๊าซ

3.1.5 เครื่องแยกฝุ่นออกจากก๊าซ

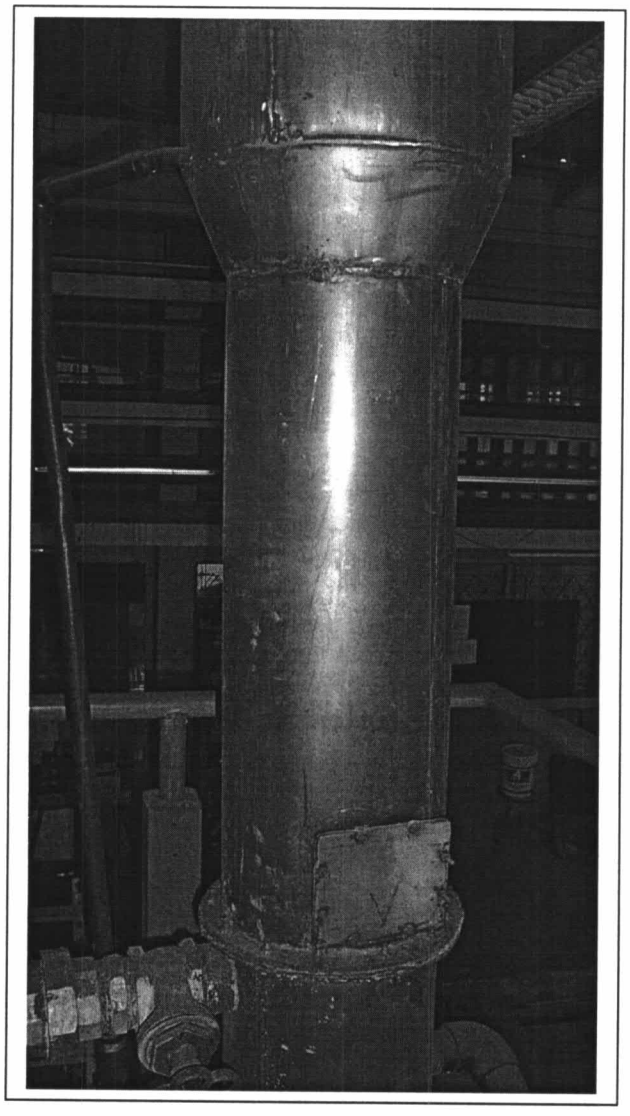
ใช้ไซโคลนเป็นอุปกรณ์ในการแยกผงถ่านที่ติดมาพร้อมกับก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ โดยจะแยกก๊าซที่ผลิตได้ ออกด้านบนส่วนเถ้าและผงถ่านที่ติดมาจะออกด้านล่าง ไซโคลนทำด้วยเหล็กหนา 3 mm. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm. ท่อทางออกของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 10 cm. และท่อทางออกของเถ้า 5 cm. จะแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ไซโคลน

3.1.6 อุปกรณ์ลดอุณหภูมิก๊าซ

เป็นระบบ Absorption Column มีกรวดเป็น Packing Material และน้ำมันเป็นสารละลายผ่านเป็นฝอยผ่าน Nozzle จากด้านบนสู่ด้านล่าง ก๊าซจาก Cyclone จะไหลจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนของคอลัมน์ อุณหภูมิของก๊าซจะถูกลดลง แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.7

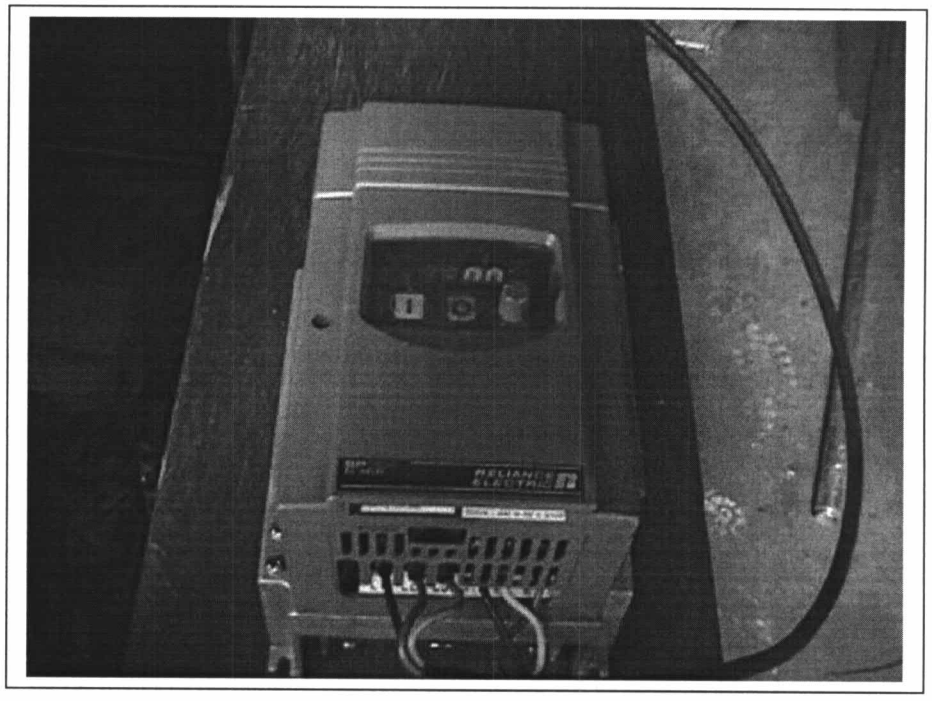


รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ลดอุณหภูมิก๊าซเชื้อเพลิง

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้วัดในการวิจัย

3.2.1 เครื่องมือวัดอัตราการป้อนถ่านหิน

ใช้เครื่องควบคุมความเร็ว รุ่น SP120 AC ในการควบคุมอัตราการป้อนถ่านหินโดยการปรับความถี่ของเครื่องควบคุมความเร็ว เพื่อไปปรับความเร็วรอบของมอเตอร์สำหรับขับสกรูในการป้อนถ่านหิน ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์

3.2.2 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของอากาศ

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดอัตราการไหลของอากาศมีบอลวาล์วควบคุมปริมาณการไหล และวัดอัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่าน Orifice วัดเป็นความแตกต่างของความดันที่อากาศไหลผ่านเข้า orifice และออกจาก orifice หน่วยที่วัดเป็นความสูงที่แตกต่างกันของระดับน้ำ (Δh)

3.2.3 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ(Temperature Measurement)

ใช้เทอร์โมคับเบิลในการวัดอุณหภูมิภายในเตา ซึ่งสามารถใช้วัดอุณหภูมิได้ในช่วง 0 - 1200 C̊ โดยใช้เทอร์โมคับเบิลชนิด RKC-CA (K) จำนวนหนึ่งชุด

3.2.4 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซเชื้อเพลิง (Produce gas Analysis)

สำหรับเครื่องวิเคราะห์ก๊าซเชื้อเพลิง ใช้เครื่องวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเผาไหม้และไอเสียจากปล่อง รุ่น Testo 350xl ซึ่งสามารถวัดค่าอุณหภูมิ – 40 ถึง 1,200 °C คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 0 ถึง 400,000 ppm, ไนตริกออกไซด์ (NO) 0 ถึง 3,000 ppm, ออกซิเจน (O_2) 0 ถึง 25% , ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) 0 ถึง 500 ppm. คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 0 ถึง CO_2 Max % ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) 0 ถึง 5,ooo ppm. ประสิทธิภาพการเผาไหม้ 0 ถึง 100 % อากาศส่วนเกิน 1 ถึง 20 ความดันต่าง $\pm$ 200 mbar แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซเชื้อเพลิง

3.2.5 เครื่องมือวัดความดันที่เบด

เครื่องมือวัดความดันที่เบด ใช้มาโนมิเตอร์วัดโดยแสดงผลการวัดเป็น ความแตกต่างของระดับน้ำ (Δh)

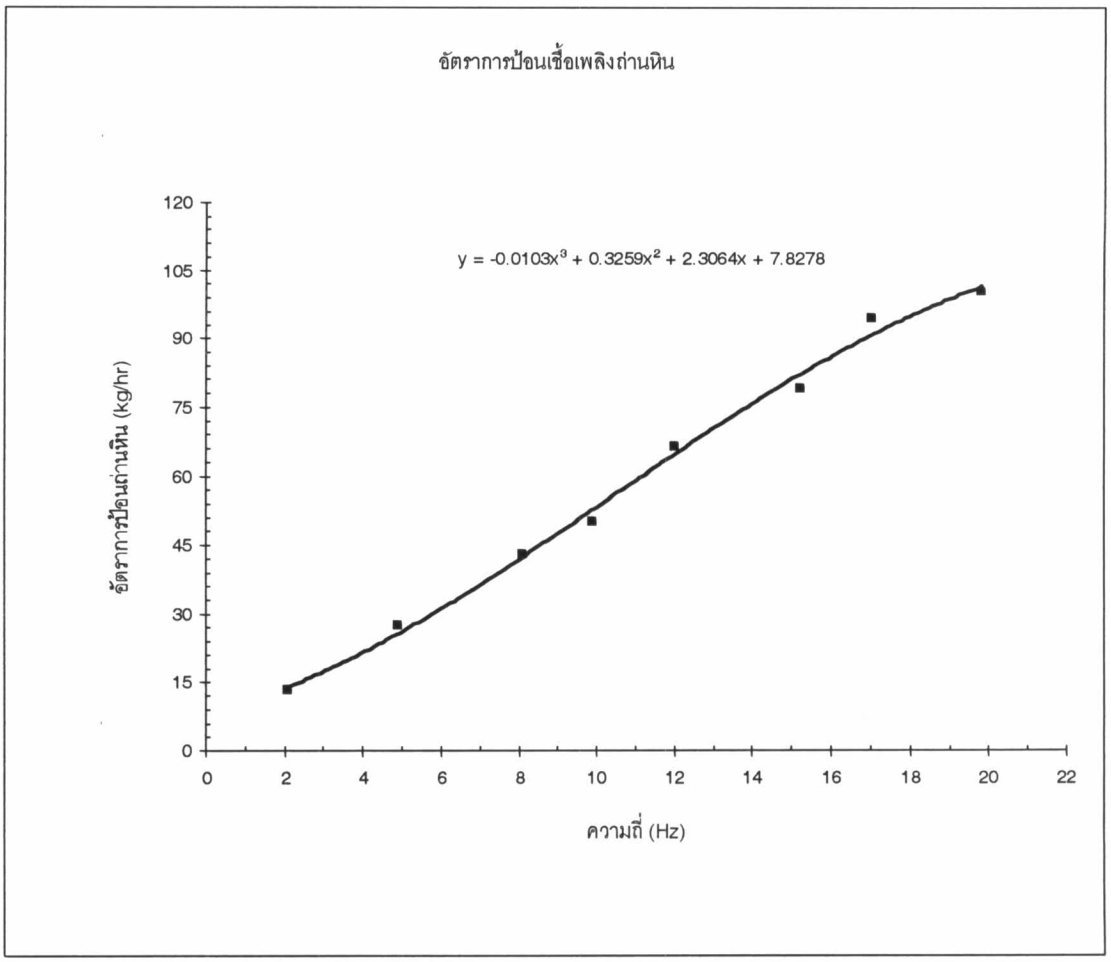
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.3.1 การหาอัตราการป้อนเชื้อเพลิงถ่านหิน

เนื่องจากไม่สามารถวัดอัตราการป้อนถ่านหินได้โดยตรง ดังนั้น จึงต้องหาอัตราการป้อนเชื้อเพลิงถ่านหิน โดยการถอด Screw Feeder ที่ต่อกับเตาผลิตเชื้อเพลิงก๊าซออก จากนั้น ทำการเติมถ่านหินใน hopper ให้เต็มแล้วเปิดให้มอเตอร์ทำงานโดยการปรับค่าความถี่เครื่องควบคุมความเร็ว เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ จากนั้นก็หาน้ำหนักของถ่านหินที่ผ่านออกมาในช่วงเวลาที่ทำการจับเวลา แล้วเปลี่ยนความถี่ของเครื่องควบคุมความเร็ว ไปหลาย ๆ ว่า แล้วทำการบันทึกผล จากนั้นนำข้อมูล ค่าความถี่กับอัตราการป้อนถ่านหิน มาเขียนกราฟระหว่างค่าความถี่ของเครื่องควบคุมความเร็ว กับอัตราการป้อนเชื้อเพลิงถ่านหิน (kg/hr)

ตารางที่ 3.1 การหาอัตราการป้อนเชื้อเพลิงถ่านหิน

ความถี่ (Hz)	อัตราการป้อนถ่านหิน (kg/hr)
4.9	27.51
8.1	42.86
9.9	49.93
12	66.29
15.2	79.01
17	94.44
19.8	100.24



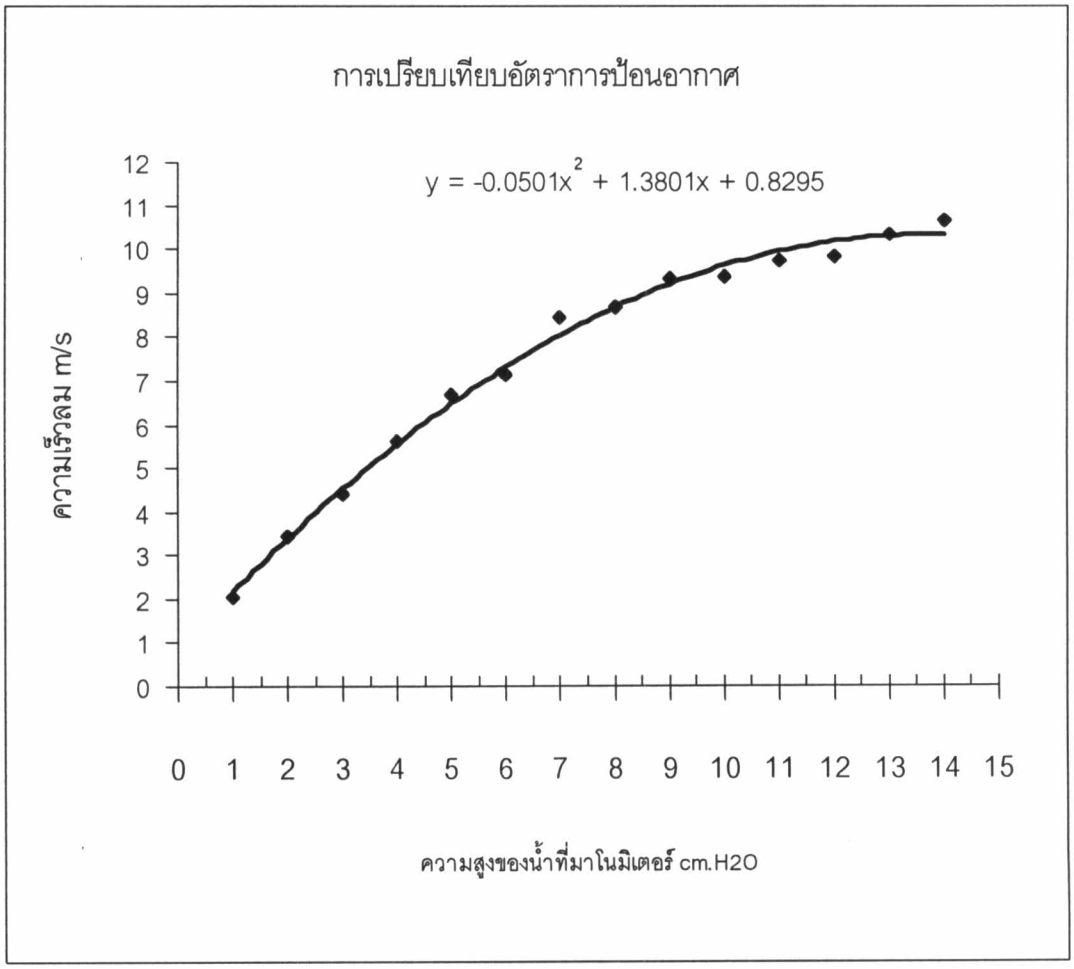
รูปที่ 3.10 กราฟแสดงการหาอัตราการป้อนเชื้อเพลิงถ่านหิน

3.3.2 การหาอัตราการป้อนอากาศเข้าเตาผลิตเชื้อเพลิงก๊าซ

เนื่องจากไม่สามารถวัดความเร็วของอากาศที่เข้าเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงได้โดยตรง จึงต้องมีการหาความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับความแตกต่างของระดับน้ำในมาโนมิเตอร์ ก่อนทำการทดลองจริง อัตราการป้อนอากาศ หาได้โดยใช้ แอนนิโมมิเตอร์ (Anemometer) วัดในขณะท่อลมเปิดทำการเพิ่มความร้อนลมขึ้น แล้วบันทึกความเร็วของอากาศกับความสูงที่แตกต่างกันของระดับน้ำ (Δh) ของมาโนมิเตอร์ จากนั้นนำข้อมูลมาเขียนกราฟระหว่างความแตกต่างกันของระดับน้ำของมาโนมิเตอร์กับอัตราการไหลของอากาศ

ตารางที่ 3.2 การหาอัตราการป้อนอากาศเข้าเตาผลิตเชื้อเพลิงก๊าซ

ความสูงของน้ำ $cm.H_2O$	ความเร็วลม m/s	อัตราการป้อนอากาศ m^3/s
1	2.05	0.066
2	3.45	0.112
3	4.38	0.142
4	5.58	0.181
5	6.68	0.217
6	7.13	0.231
7	8.45	0.274
8	8.67	0.281
9	9.33	0.302
10	9.38	0.304
11	9.75	0.316
12	9.80	0.318
13	10.32	0.334
14	10.68	0.346



รูปที่ 3.11 กราฟแสดงการหาอัตราการป้อนอากาศเข้าเตาผลิตเชื้อเพลิงก๊าซ

3.4 วิธีการทดลองผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินคุณภาพต่ำ

3.4.1 ทำการบดถ่านหินหยาบ

3.4.2 นำถ่านหินมาร่อนผ่านตะแกรงเพื่อแยกขนาดออกเป็น 0.85 mm., 1.18 mm. , 2.36 mm.

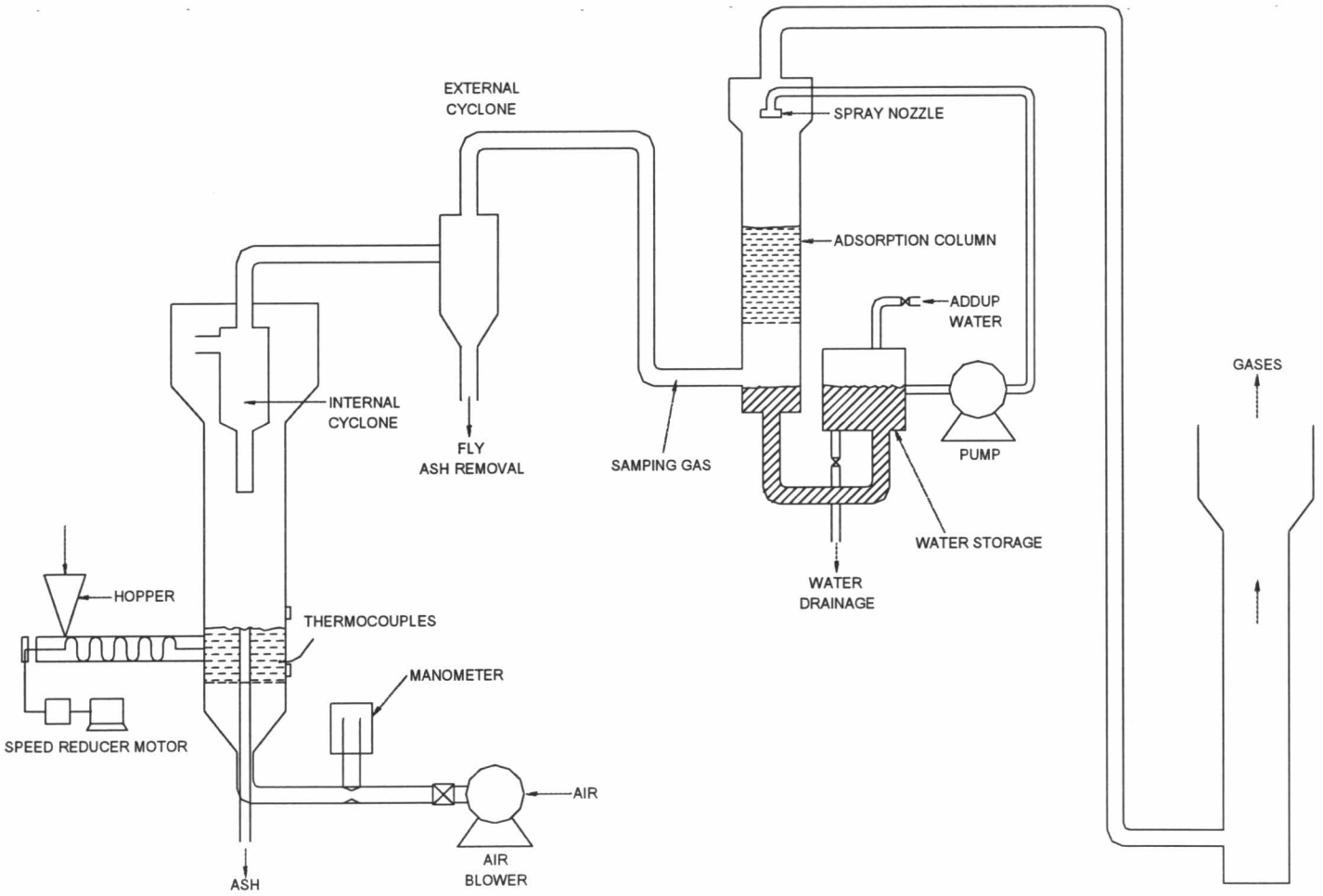
3.4.3 นำถ่านหินมาคำนวณหาค่าความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไดซ์

3.4.4 เลือกถ่านหินมา 1 ขนาดจำนวน 26 kg มาใส่ลงใน hopper แล้วเปิดเครื่อง ขณะเดียวกันบันทึกอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature) และอุณหภูมิกระเป๋าแห้ง (Dry bulb temperature)

3.4.5 เปิดพัดลมเป่าอากาศ (Blower) เข้าสู่คอลัมน์ที่ความเร็วต่ำกว่าความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิดไดซ์ จากนั้นทำการจุดเตาโดยการใส่ถ่านไม้ที่ติดไฟเข้าสู่คอลัมน์โดยใส่ทางช่องใส่ถ่านไม้ (hand hole) จนถ่านหินบางส่วนเริ่มติดไฟจึงปิดฝาของช่องใส่ถ่านไม้ จากนั้นก็เพิ่มความเร็วของอากาศเพื่อเร่งให้เชื้อเพลิงเผาไหม้เร็วขึ้น

3.4.6 เมื่ออุณหภูมิในคอลัมน์ถึง 550 °C จึงเริ่มป้อนถ่านโดยการเปิดที่ Invertor ป้อนที่อัตรา 27 kg/hr จนกระทั่งอุณหภูมิภายในเบดถึง 750 °C เริ่มควบคุมให้อุณหภูมิคงที่โดยการปรับอัตราการป้อนอากาศ

3.4.7 เมื่ออุณหภูมิถึง 750 °C คงที่แล้วเริ่มปรับอัตราการป้อนอากาศให้น้อยลง และทำการวัดค่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้



รูปที่ 3.12 อุปกรณ์การทดลอง