



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 อุปกรณ์เตรียมถ่านหิน และทราย

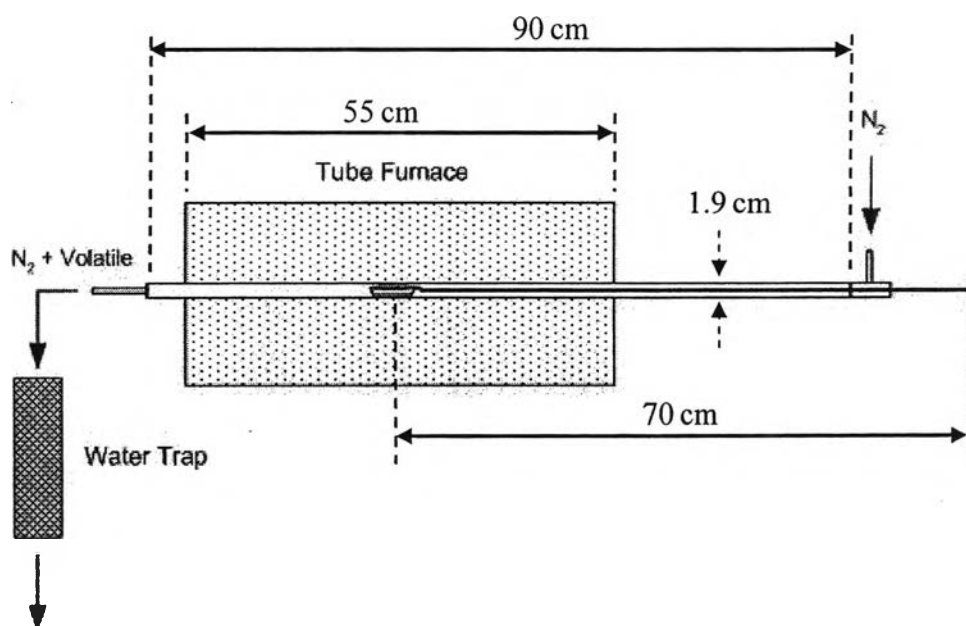
- 1) เครื่องบดชนิดหยาบ เป็นแบบ Impact Crusher ใช้มอเตอร์ขนาด 3.8 กิโลวัตต์ 3 เฟส ใช้บดถ่านหินที่มีขนาดใหญ่ให้เล็กลงเหลือไม่เกิน 5 มิลลิเมตร
- 2) เครื่องบดชนิดละเอียด เป็นแบบ Hammermill ใช้มอเตอร์ขนาด 1.1 กิโลวัตต์ 1 เฟส ใช้บดถ่านหินให้อยู่ในช่วงที่ศึกษา
- 3) เครื่องคัดขนาดและตะแกรงร่อนขนาด 250, 425, 600, 2000 และ 2360 ไมโครเมตร

3.1.2 เครื่องปฏิกรณ์แบบกะ

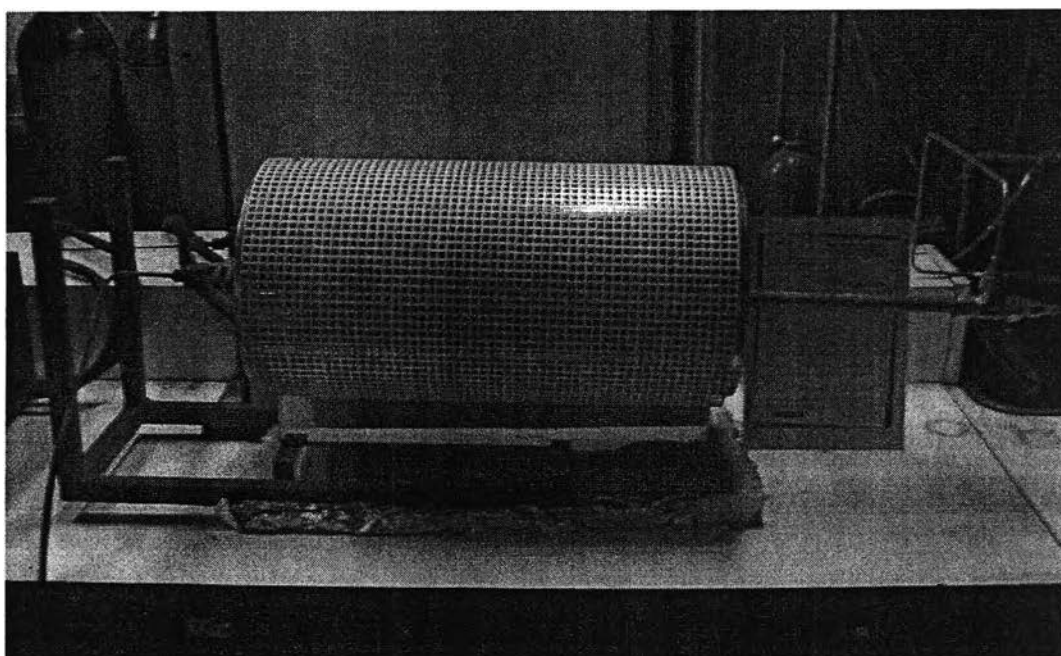
เครื่องปฏิกรณ์แบบกะ (Batch reactor) ที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ แสดงดังรูป 3.1 –

3.2 ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- 1) เครื่องปฏิกรณ์ (Reactor) ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมเบอร์ 314 (Stainless steel) เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.9 เซนติเมตร ยาว 90 เซนติเมตร วางอยู่ในท่อให้ความร้อนแนวนอน (Tubular Furnace ขนาด 1.54 kW ของบริษัท Lenton เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4.0 เซนติเมตร สูง 55 เซนติเมตร) โดยที่ปลายทั้งสองด้านมีการต่อให้แก๊สไนโตรเจนไหลเข้า และออกจากเครื่องปฏิกรณ์ได้
- 2) อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของแก๊ส (Rotameter) ทำมาจากอะคริลิกใส ภายในบรรจุลูกลอยที่ทำจากสแตนเลส
- 3) ภาชนะสำหรับป้อนถ่านหิน (Combustion boat) ทำมาจากดินที่มีแร่เซอร์คอนซึ่งทนต่อความร้อนได้สูงเป็นส่วนผสมหลัก แล้วนำไปหลอมขึ้นรูปเป็นรูปเรือ ขนาดความกว้าง 1 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร ลึก 1 เซนติเมตร



รูปที่ 3.1 แบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ



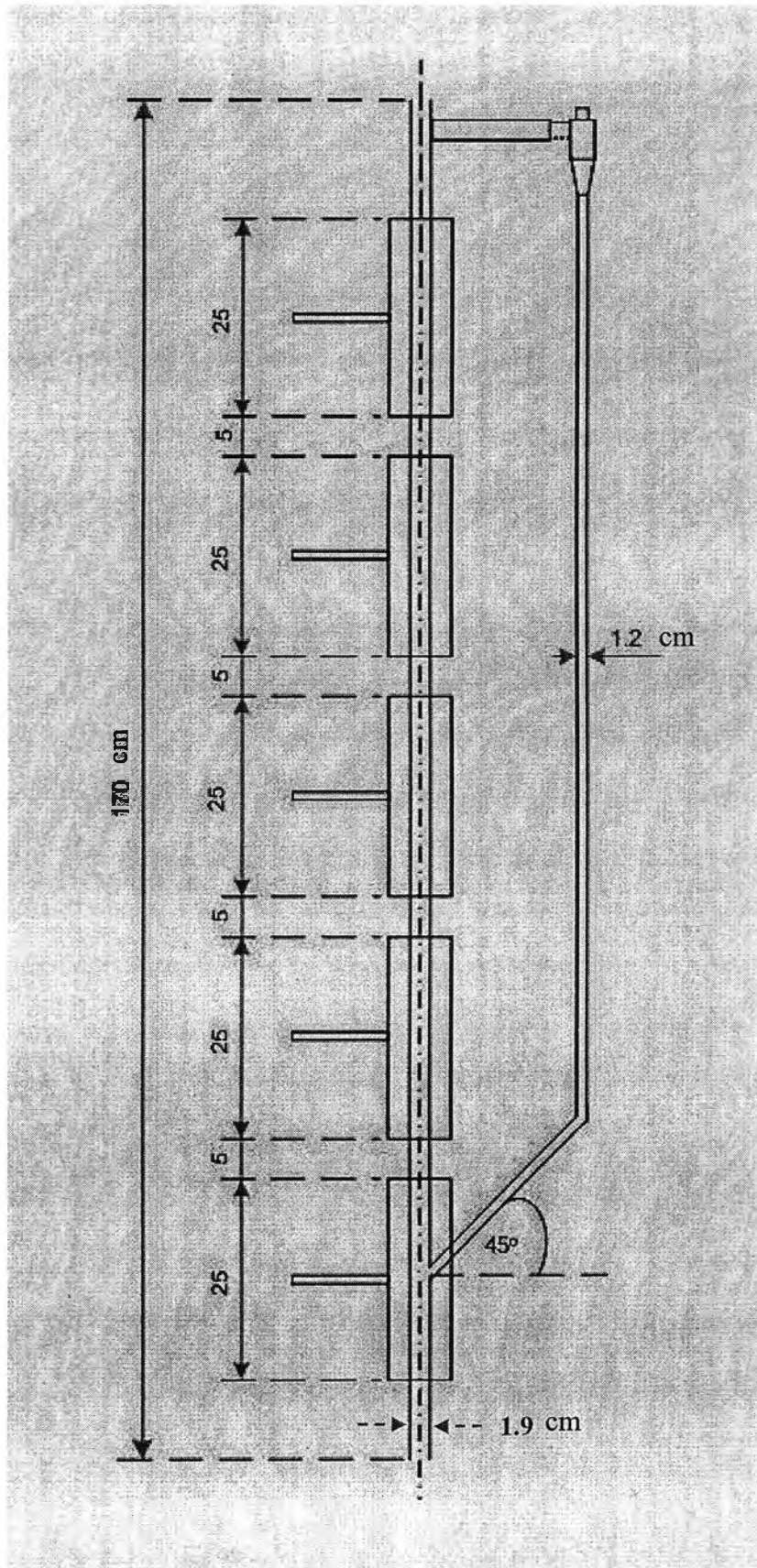
รูปที่ 3.2 เครื่องปฏิกรณ์แบบกะที่ใช้ในการทดลองและเตาให้ความร้อน

3.1.3 เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน

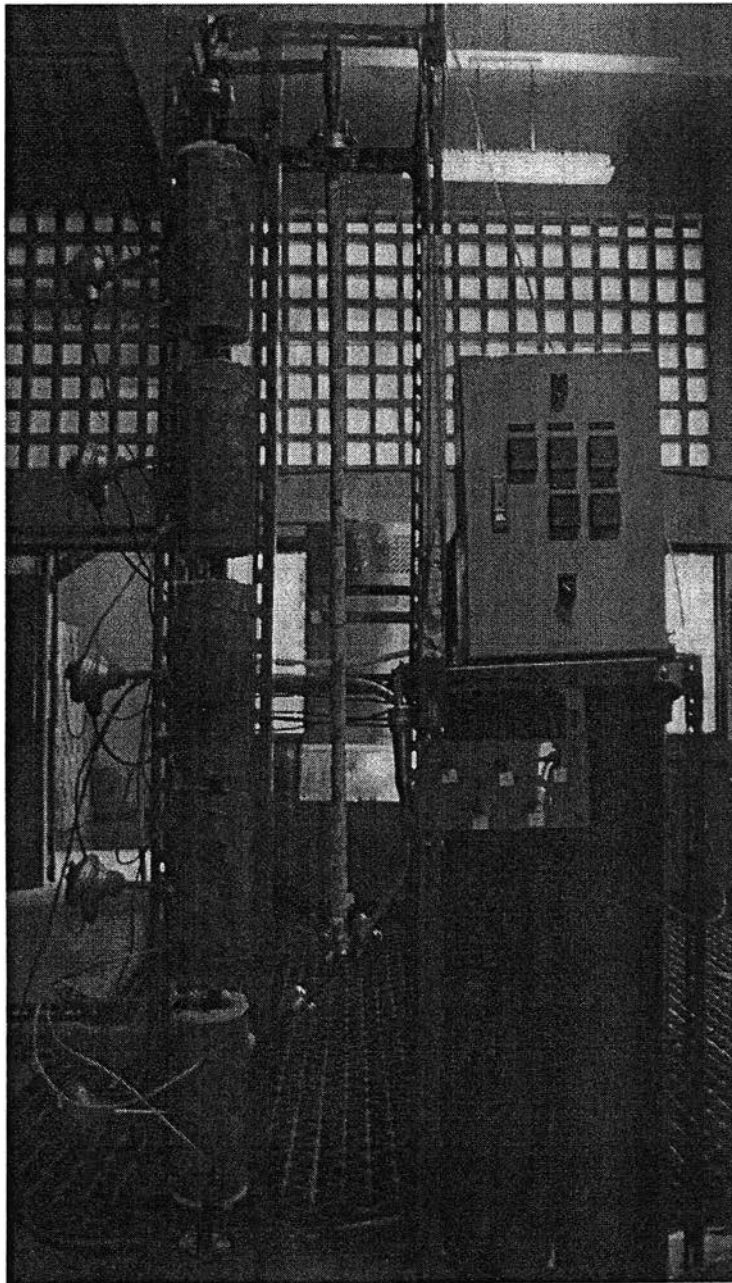
เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียนที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ แสดงดังรูปที่

3.3 – 3.4 ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- 1) ท่อไรเซอร์ (Riser) ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมเบอร์ 310 (Stainless steel) เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.9 เซนติเมตร สูง 170 เซนติเมตร บริเวณด้านล่างของท่อไรเซอร์จะมีตัวกระจายอากาศ (air distributor) เป็นแบบแผ่นตะแกรงแผ่นเดียว (single perforated plate) ที่มีความละเอียด 60 mesh (250 ไมโครเมตร) และจะติดตั้งตัวทำความร้อน (heater) จำนวน 5 ตัว ตลอดแนวของท่อไรเซอร์
- 2) ไชโคลน (Cyclone) เป็นอุปกรณ์สำหรับแยกเถ้าและอนุภาคขนาดเล็กออกจากแก๊สเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของอนุภาคในอากาศ โดยทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมเบอร์ 314
- 3) ท่อป้อนกลับ (Downcomer) เป็นส่วนที่นำเอาอนุภาคที่ถูกดักจับโดยไชโคลนป้อนกลับเข้าสู่ไรเซอร์อีกครั้ง ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมเบอร์ 314 เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 เซนติเมตร สูง 117 เซนติเมตร
- 4) อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของแก๊ส (Rotameter) ทำมาจากอะครีลิกใส ภายในบรรจุลูกกลอยที่ทำมาจากสแตนเลส
- 5) มานอมิเตอร์น้ำ สำหรับวัดความดัน
- 6) เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ชนิด K สำหรับวัดอุณหภูมิไม่เกิน 1000 องศาเซลเซียส เส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร
- 7) เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature controller)
- 8) ขดลวดความร้อน ขนาด 2000 W



รูปที่ 3.3 แบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิด์เบดแบบหมุนเวียน



รูปที่ 3.4 เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดชนิดแบบหมุนเวียนที่ใช้ในการทดลอง

3.2 สารตั้งต้น และสารเคมี

- 1) ถ่านหินแม่ทะ และถ่านหินลานนาจากจังหวัดลำปาง และถ่านหินอินโดนีเซีย จากประเทศอินโดนีเซีย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 250 ไมโครเมตร และ 2.00 – 2.36 มิลลิเมตร
- 2) ททรายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 425 – 600 ไมโครเมตร
- 3) แก๊สไนโตรเจน 99.5% จากบริษัท แพรกแอร์ (ประเทศไทย) จำกัด

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การเตรียมถ่านหินเพื่อใช้ในการทดลอง

- 1) บดถ่านหินให้มีขนาดเล็กลงด้วยเครื่องบดหยาบ
- 2) นำถ่านหินจากข้อ 1 มาบดต่อด้วยเครื่องบดละเอียด
- 3) นำถ่านหินที่บดแล้วไปร่อนเพื่อแยกขนาดด้วยเครื่องร่อนแยกขนาด

3.3.2 การวิเคราะห์สมบัติของถ่านหิน

3.3.2.1 การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate Analysis)

วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของ ASTM D3173 – D3175 ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหยได้ และปริมาณเถ้า

3.3.2.2 การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis)

วิเคราะห์ปริมาณขององค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจน ตามวิธีมาตรฐานของ ASTM D3176 ด้วยเครื่องมือ CHN Analyzer รุ่น CHN-2000 ของบริษัท Leco

3.3.2.3 การวิเคราะห์ความยาก - ง่ายในการบดถ่านหิน

(Hardgrove Grindability Index)

วิเคราะห์ความทนทานต่อการสึกกร่อนของถ่านหินตามวิธีมาตรฐานของ ASTM D409 ด้วยเครื่อง Hardgrove-Machine ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)

3.3.3 การทดลองในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ

- 1) ชั่งตัวอย่างถ่านหินขนาด 2.00 – 2.36 มิลลิเมตร ปริมาณ 0.75 กรัม นำไปบรรจุลงในภาชนะทนความร้อน (Combustion boat) ที่เตรียมไว้
- 2) เปิดวาล์วแก๊สไนโตรเจน ให้แก๊สไหลผ่านเข้าทางปลายด้านหนึ่งของเครื่องปฏิกรณ์ โดยปรับอัตราการไหลของแก๊สโดยใช้ Rotameter ประมาณ 1 ลิตรต่อนาที
- 3) รอจนกระทั่งอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการ แล้วป้อนถ่านหินที่เตรียมไว้เข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์
- 4) นำตัวอย่างถ่านหินออกจากเครื่องทุก 10 วินาที เป็นเวลา 150 วินาที แล้วชั่งตัวอย่างถ่านหินไว้ให้เย็นก่อนนำไปวิเคราะห์ขนาดที่เปลี่ยนแปลงด้วยกล้อง CCD และโปรแกรม Image pro plus version 4.5 ต่อไป

3.3.4 การทดลองในเครื่องฟลูอิด์เบดแบบหมุนเวียน

- 1) ชั่งตัวอย่างถ่านหินขนาด 2.00 – 2.36 มิลลิเมตร ปริมาณ 6 กรัม และทรายขนาด 425 – 600 ไมโครเมตร ปริมาณ 270 กรัม
- 2) บรรจุทรายที่เตรียมไว้ลงในเครื่องปฏิกรณ์ทางด้านท่อป้อนกลับเพื่อเตรียมทำการทดลอง
- 3) เปิดเครื่องเป่าอากาศ ให้แก๊สไหลผ่านเข้าทางด้านล่างของท่อโรเตอร์ผ่านตัวกระจายอากาศ (Distributor) และทำการเปิดตัวทำความร้อน (heater)
- 4) ปรับอัตราการไหลของอากาศให้ได้ตามที่ต้องการ โดยการอ่านค่าอัตราการไหลของอากาศที่ Rotameter
- 5) รอจนกระทั่งอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการ แล้วป้อนถ่านหินที่เตรียมไว้เข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์
- 6) ปลดยั้งไว้จนได้เวลาตามที่กำหนดไว้ ทำการปิดวาล์วป้อนอากาศ แล้วทิ้งไว้จนเครื่องเย็น
- 7) เก็บตัวอย่างที่ได้มาแยกขนาดเป็นสองส่วน โดยอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Particle size distribution analyzer และขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร นำไปวิเคราะห์ด้วย กล้อง CCD และโปรแกรม Image pro plus เพื่อวิเคราะห์ขนาดที่เปลี่ยนแปลงต่อไป