

บทที่ 3

เครื่องมือ และวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ระหว่างการเผาไหม้ของถ่านหินอัดก้อนในเตาหุงต้มในครัวเรือน งานวิจัยนี้ใช้ถ่านหินอัดก้อน ลักษณะรูปไข่ (ovoid) ที่ได้จากเครื่องอัดก้อนถ่านหินชนิด double ring roll ซึ่งมีปริมาณ กำมะถัน ในช่วง 1-5 และมีอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S ในช่วง 0-4 เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการวิจัย และใช้เตาอังโล่ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากเตาประมาณ 24 เซนติเมตร เป็นเตาหุงต้มที่ใช้การวิจัย ทั้งนี้เพื่อให้มีความใกล้เคียงกับการหุงต้มจริงมากที่สุด

3.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

- ถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้
 - เหมืองบ้านปู
 - เหมืองแม่เมาะ
- ปูนขาวระดับ commercial grade ที่มีร้อยละของแคลเซียมออกไซด์ 64.71
- สารเคมีที่จำเป็นในการวิเคราะห์ถ่านหินและถ่านหิน ระดับ analytical grade
- ถ่านไม้
- ไม้พิน
- ชีโต้

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

- เครื่องบดถ่านหินชนิด hammer mill ที่มีตะแกรงขนาด 9.5 มม. อยู่ใน
ดังภาพที่ 3.1

- เครื่องบดถ่านหินชนิด cross beater mill ที่มีตะแกรงขนาด 1 มม. 0.75 มม. และ 0.25 มม. ซึ่งสามารถถอดเปลี่ยนเป็นขนาดต่าง ๆ ได้ อยู่ใน ภาพที่ 3.2
- ตะแกรงร่อนถ่านหินเบอร์ 60 (250 ไมโครเมตร)
- เครื่องผสมแบบรีบบิน ภาพที่ 3.3
- เครื่องอัดก้อนถ่านหินชนิด double ring roll ภาพที่ 3.4
- เตาอังโล่ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากเตาประมาณ 24 เซนติเมตร ภาพที่ 3.5
- เครื่องวิเคราะห์ก๊าซแบบออร์ซัท (orsat analysis) ซึ่งใช้วิเคราะห์ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภาพที่ 3.6
- เครื่องวิเคราะห์ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ที่มีเครื่องวัดอุณหภูมิของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ (flue gas) ยี่ห้อ Land Combustion โมเดล LANCOM 2004 ซึ่งมีค่าความผิดพลาดในการวัดไม่เกินร้อยละ 4 ภาพที่ 3.7
- เครื่องชั่งสปริงแบบแขวนขนาด 15 กิโลกรัม ซึ่งสามารถชั่งได้ละเอียดถึงระดับ 50 กรัม ใช้สำหรับรับน้ำหนักเตาอังโล่
- เครื่องชั่งสปริงขนาด 3 กิโลกรัม ซึ่งสามารถชั่งได้ละเอียดถึงระดับ 5 กรัม ใช้สำหรับวัดอัตราการเผาไหม้ของถ่านหินอัดก้อน
- หม้ออลูมิเนียมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากหม้อ 26 เซนติเมตร ซึ่งใช้ในการหาประสิทธิภาพการหุงต้ม
- เครื่องแก้วและอุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์ถ่านหินและเถาถ่านหิน ตามมาตรฐาน ASTM ตามภาคผนวก ก.
- พัดลมขนาดเล็ก

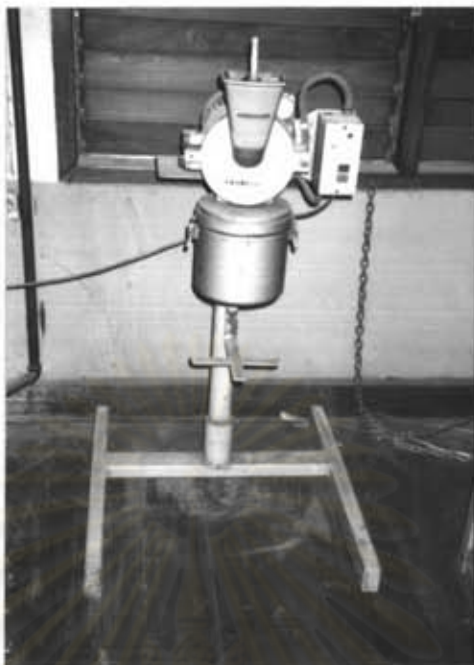
3.3 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

1. ร้อยละของกำมะถันในถ่านหินอัดก้อน โดยทำการศึกษาร้อยละของกำมะถันในถ่านหินอัดก้อนในช่วง 1-5
2. อัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S โดยทำการศึกษาอัตราส่วนในช่วง 0-4

3. ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ โดยควบคุมปริมาณอากาศ 3 ระดับ คือ เปิดช่องลมตามปกติ เปิดช่องลมเพียงครั้งเดียว และเปิดช่องลมตามปกติแต่เปิดพัดลมให้พัดเข้าที่ช่องลมตลอดการเผาไหม้
4. อัตราการเผาไหม้ถ่านหินอัดก้อน
5. การปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่เวลาต่าง ๆ ของการเผาไหม้
6. ปริมาณถ่านหินอัดก้อนที่ใช้โดยทำการศึกษาปริมาณถ่านหินอัดก้อนให้มีค่าความร้อนรวมเทียบเท่าถ่านไม้ 300, 350, 400 และ 450 กรัม
7. ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านหินอัดก้อน



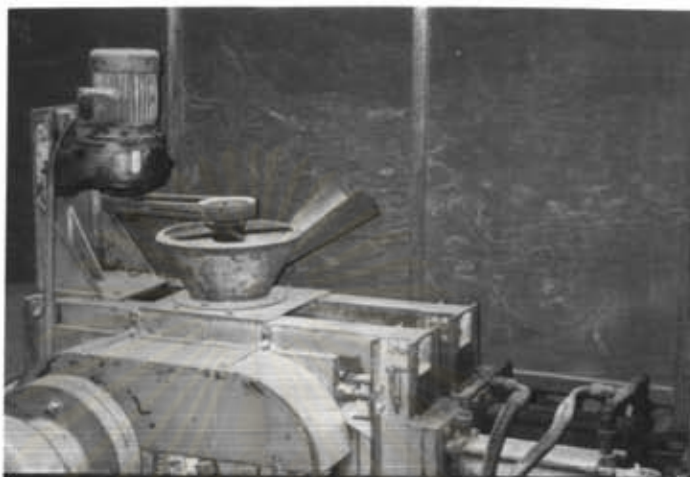
ภาพที่ 3.1 เครื่องบดถ่านหินชนิด hammer mill



ภาพที่ 3.2 เครื่องบดถ่านหินชนิด cross beater mill



ภาพที่ 3.3 เครื่องผสมแบบรีบบิน



ภาพที่ 3.4 เครื่องอัดก้อนถ่านหินชนิด double ring roll



ภาพที่ 3.5 เตาอังโล่ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากเตา 24 ซม.)

3.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

3.4.1 การเตรียมตัวอย่างถ่านหินสำหรับการอัดก้อน

1. บดถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ ด้วยเครื่องบดแบบ hammer mill
2. นำถ่านหินที่บดแล้วใส่ถาดผึ่งไว้ในอากาศ เพื่อให้ความชื้นเข้าสู่สมดุลกับความชื้นในอากาศ
3. เมื่อความชื้นของถ่านหินเข้าสู่สมดุลกับอากาศแล้ว เก็บถ่านหินใส่ถังเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

3.4.2 การวิเคราะห์ถ่านหิน (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.)

1. นำถ่านหินดิบ (gross sample) มาผ่านกระบวนการเตรียมตัวอย่างถ่านหินตามมาตรฐาน ASTM D 2013 (ASTM Standards, 1992) ซึ่งรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 1
2. ทำการวิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3172 (ASTM Standards, 1992) ซึ่งรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 2
 - การวิเคราะห์ความชื้น ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3173 (ASTM Standards, 1992)
 - การวิเคราะห์ความเถ้า ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3174 (ASTM Standards, 1992)
 - การวิเคราะห์สารระเหย ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3175 (ASTM Standards, 1992)
 - การวิเคราะห์ค่าความร้อน ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 2015 (ASTM Standards, 1992)
 - การวิเคราะห์ปริมาณร้อยละกำมะถันรวม ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3177 (ASTM Standards, 1992) ซึ่งรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 3
 - การวิเคราะห์รูปแบบของกำมะถัน ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 2492 (ASTM Standards, 1992) ซึ่งรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 3
3. ทำการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (ultimate analysis) (ทำการวิเคราะห์โดยกรมทรัพยากรธรณี)

4. ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ในปูนขาวด้วยเครื่อง atomic absorption ยี่ห้อ Varian โมเดล Spectr AA-400 (ทำการวิเคราะห์โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

3.4.3 การอัดก้อนถ่านหิน

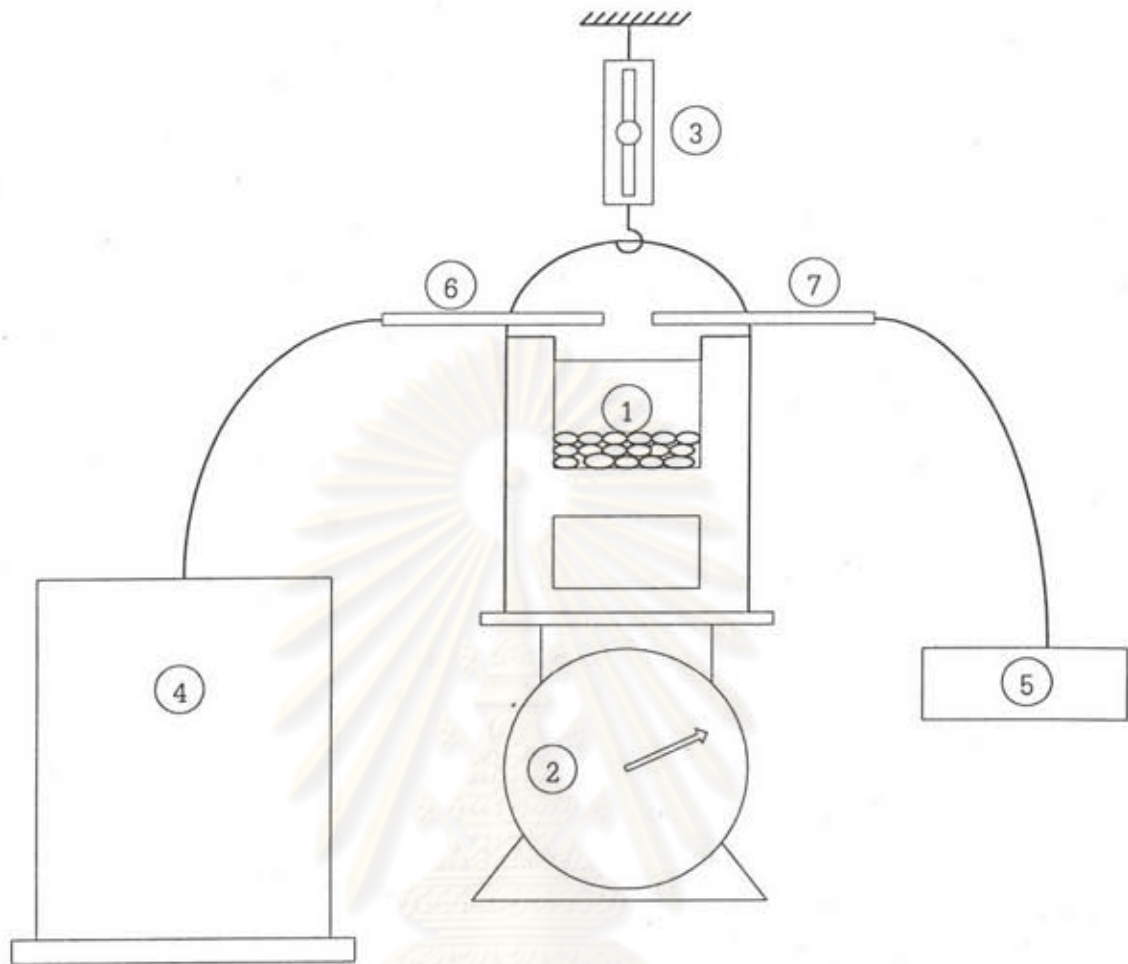
ทำการอัดก้อนถ่านหินโดยวิธีเดียวกับที่มีผู้วิจัยมาแล้วรายงานไว้ (อรุณรัตน์ วุฒิมงคลชัย, 2528) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ผสมถ่านหินที่ได้จากเครื่องบดถ่านหินชนิด hammer mill ในเครื่องผสมแบบรีบบิน ให้มีร้อยละของกัมมะถันตามที่ต้องการ โดยใช้ถ่านหินครั้งละประมาณ 5 กิโลกรัม
2. ผสมปูนขาวกับน้ำในถังจนเป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้ร้อยละโดยน้ำหนักของปูนขาวเพื่อให้มีอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S ตามต้องการ
3. เทน้ำผสมปูนขาวและเติมดินเหนียวในปริมาณที่เหมาะสมลงไปเครื่องผสมแบบรีบบิน และให้เครื่องทำงานจนกระทั่งผสมส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ทั่วถึง รวมเวลาในการผสมครั้งละประมาณ 15-20 นาที
4. นำถ่านหินผสมปูนขาวและดินเหนียวที่ได้มาอัดก้อนในเครื่องอัดก้อนแบบ double ring roll
5. นำถ่านหินอัดก้อนที่ผลิตได้ใส่ถาดผึ่งไว้ในอากาศจนกระทั่งความชื้นของถ่านหินอัดก้อนสมดุลกับความชื้นในอากาศ รวมเวลาประมาณ 5-7 วัน
6. เก็บถ่านหินอัดก้อนที่มีความชื้นสมดุลกับอากาศแล้วใส่ถุงพลาสติกและมัดปากถุงให้มิดชิด เก็บไว้ใช้งานต่อไป

3.4.4 ทดสอบการเผาไหม้ของถ่านหินอัดก้อน ถ่านไม้ และไม้พิน

ทำการทดสอบโดยใช้สภาวะที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงในครัวเรือน (ซึ่งแสดงแผนภาพการติดตั้งเครื่องมือทดสอบการเผาไหม้ตามรูปที่ 3.1) ตามขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งถ่านหินอัดก้อนที่ผลิตได้ให้ละเอียดถึงระดับ ± 0.01 กรัม เพื่อให้ได้น้ำหนักของถ่านหินอัดก้อนที่ใช้ มีค่าความร้อนรวมเทียบเท่าถ่านไม้ 400 กรัม
2. นำถ่านหินอัดก้อนที่ชั่งได้มาเผาไหม้ในเตาหุงต้มโดยใช้วิธีจุดเตาตามที่มีผู้รายงานไว้ (สุชาติ อารีรุ่งเรืองกุล, 2530) วัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ โดยให้ระดับ



- (1) เตาอังโล่ (2) เครื่องชั่งสปริงขนาด 3 กิโลกรัม (3) เครื่องชั่งสปริงแบบแขวน (4) เครื่องวิเคราะห์ก๊าซแบบออร์ซัท
 (5) เครื่องวิเคราะห์ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ (6) probe สำหรับออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์
 (7) probe สำหรับซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ และเทอร์โมคัปเปิล

ศูนย์วิทยุทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.1 การติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ทดสอบการเผาไหม้

ปลาย probe อยู่เหนือปากเตาเท่ากับ 5 เซนติเมตร และเริ่มทำการวัดค่าต่าง ๆ เมื่อเริ่มจุดเตาไปแล้วเป็นเวลา 5 นาที และวัดทุก ๆ 2-5 นาที จนกระทั่งถ่านหินอัดก้อนราไฟ

3. ในระหว่างการเผาไหม้ทำการวัดอัตราการเผาไหม้โดยอ่านน้ำหนักเตาที่วางบนเครื่องชั่งทุก ๆ 5 นาที

4. หลังการเผาไหม้เก็บตัวอย่างถ่านหินอัดก้อนที่ได้เพื่อวิเคราะห์หาร้อยละกำมะถันในถ่านตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 1757 (ASTM Standards, 1992)

5. ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับถ่านหินทุกชุด

6. ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับถ่านไม้และไม้พิน เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์กับถ่านหินอัดก้อน

3.4.5 การทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านหินอัดก้อน ถ่านไม้ และไม้พิน

1. ชั่งถ่านหินอัดก้อนที่ผลิตได้ให้ละเอียดถึงระดับ ± 0.01 กรัม เพื่อให้ได้น้ำหนักของถ่านหินอัดก้อนที่ใช้ มีค่าความร้อนรวมเทียบเท่าถ่านไม้ 400 กรัม

2. ชั่งน้ำหนักน้ำ 2,500 กรัม ให้ละเอียดถึงระดับ ± 0.01 กรัม เเทลงในหม้ออลูมิเนียม วัตถุหนักเริ่มต้น และปิดฝาหม้อ

3. ทำการจุดเตาเช่นเดียวกับ 3.4.3 รอกจนกระทั่งไฟติดดี (เริ่มจากจุดเตาประมาณ 6-8 นาที)

4. วางหม้ออลูมิเนียมลงบนปากเตา รอกจนกระทั่งน้ำเดือดจึงเปิดฝาหม้อออก

5. ทำการต้มน้ำต่อไปจนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำลดลงเหลือ 70°C

6. ชั่งน้ำหนักของน้ำในหม้ออลูมิเนียมหลังการเผาไหม้ให้ละเอียดถึงระดับ ± 0.01 กรัม บันทึกค่า

7. นำผลการทดลองที่ได้ไปคำนวณประสิทธิภาพการใช้งาน

8. ทำการทดลองเช่นเดียวกับถ่านหินชุดอื่น ๆ ถ่านไม้ และไม้พิน เพื่อเปรียบเทียบการใช้งาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย