



บทที่ 3

การดำเนินงานทดลอง

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- : Netzsch Thermal Analyser รุ่น STA 429
 - ประกอบไปด้วย - Simultaneous DTA and Thermobalance
 - Temperature Controller
 - X-Y₁Y₂ Plotter
- : Bomb Calorimeter
- : Tubular Furnace
- : Muffle Furnace
- : Iron Jar Tumbler Tester
- : ASTM Standard Sieves
- : Retsch Centrifugal Ball Mill
- : Cross Beater Mill
- : Hammer Mill

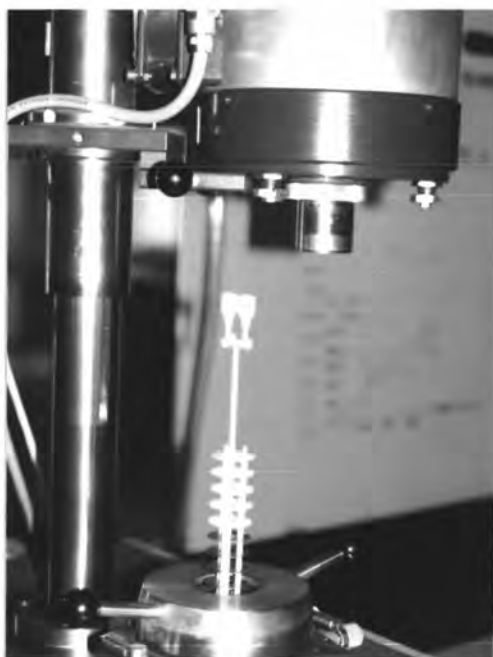
3.2 ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ใช้ตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 10 ตัวอย่าง คือ

- เหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง รวม 4 ตัวอย่าง
 - แม่เมาะ เบอร์ 1 เบอร์ 2 เบอร์ 3 ซึ่งได้จากตำแหน่งที่แตกต่างกัน
 - จาก stock pile
- เหมืองกระบี่ จังหวัดกระบี่ รวม 2 ตัวอย่าง
 - บางปุด้า
 - จาก stock pile
- เหมืองบ้านปู จังหวัดลำพูน
- เหมืองป่าคา จังหวัดลำพูน
- เหมืองหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี
- เหมืองนาด้วง จังหวัดเลย



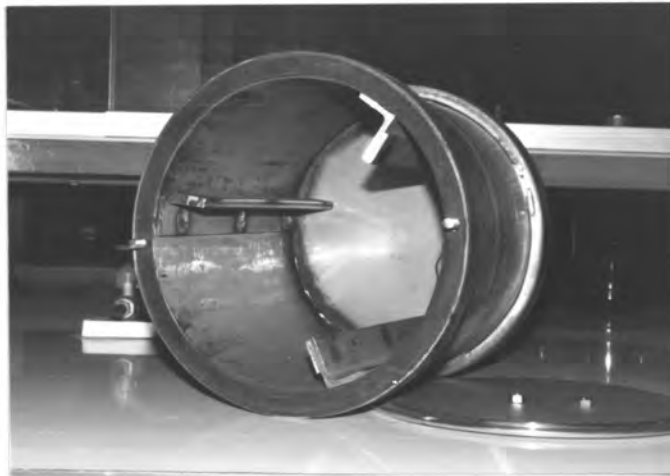
รูปที่ 3.1 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ทางอุณหภูมิจึงความร้อน ได้แก่
Simultaneous DTA and Thermobalance,
Recorder, Plotter



รูปที่ 3.2 รูปแสดงการวางครุชชีเบิ้ลบนแกนซึ่งน้ำหนัก



รูปที่ 3.3 ชุดเครื่องวิเคราะห์การแตก่วนของถ่านหิน



รูปที่ 3.4 รูปแสดงภายในของ Iron Jar

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

- 3.3.1 เตรียมตัวอย่างถ่านหินเพื่อนำไปวิเคราะห์
- 3.3.2 วิเคราะห์ถ่านหินแบบประมาณ (36) ตาม ASTM D 3172-3175 อ้างภาคผนวก ก.
- ก. การหาปริมาณความชื้นในถ่านหิน (Moisture in the analysis sample of coal and coke, ASTM D-3173) (37)
- ข. การหาปริมาณเถ้าในถ่านหิน (Ash in the analysis sample of coal and coke, ASTM D-3174) (38)
- ค. การหาปริมาณสารระเหยได้ในถ่านหิน (Volatile Matter in the analysis sample of coal and coke, ASTM D-3175) (39)
- 3.3.3 วิเคราะห์ถ่านหินแบบแยกธาตุตาม ASTM D 3176-3179 โดยศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นผู้ดำเนินการให้ และนำข้อมูลที่ได้มาทำการคำนวณตาม ASTM (ภาคผนวก ข.)
- 3.3.4 วิเคราะห์หาค่าความร้อนและปริมาณกำมะถันของถ่านหิน ตาม ASTM D 2015, 3177 อ้างภาคผนวก ก. (40,41)
- 3.3.5 ทดสอบการแตกร่วนของถ่านหิน โดยวิธี Tumbler test ตาม ASTM D 441 อ้างภาคผนวก ก. (42)
- 3.3.6 วิเคราะห์ถ่านหินแบบประมาณ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ทางความร้อน
- 3.3.7 หา Burning Profile ของถ่านหิน
- 3.3.8 หาความสามารถในการเผาไหม้ของถ่านหิน ในเทอมของค่าพลังงานกระตุ้นเฉลี่ยทางน้ำหนัก

3.4 วิธีทดลอง

- 3.4.1 การเตรียมตัวอย่างถ่านหิน ตาม ASTM D-2013 (43)
1. บดถ่านหินตัวอย่าง 5 กิโลกรัม ด้วย Hamner Mill จากนั้นนำไปผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 4 (4.75 มม.) บดให้ผ่านตะแกรงร่อนอย่างน้อย 95% ของน้ำหนักถ่านหินทั้งหมด แบ่งถ่านหินโดยใช้ริฟเฟิล (Rifle) ให้ได้น้ำหนักอย่างน้อย 2000 กรัม ดังตารางที่ 3.1
 2. นำถ่านหินที่ได้มาบดด้วย Cross Beater Mill ให้ผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 8 (2.36 มม.) แบ่งให้มือน้ำหนักอย่างน้อย 500 กรัม

3. จากนั้นนำมาผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 20 (850 ไมโครเมตร) แบ่งให้มีน้ำหนักอย่างน้อย 250 กรัม

4. นำถ่านหินที่ได้มาบดละเอียดด้วย Ball Mill แบ่งเพื่อให้ได้ตัวอย่างสุดท้ายมีปริมาณไม่น้อยกว่า 50 กรัม ผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 60 (250 ไมโครเมตร) ได้ทั้งหมด และนำไปเก็บในขวดที่มีฝาปิดแน่น

ตารางที่ 3.1 การเตรียมตัวอย่างถ่านหินที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์

บดให้ผ่านตะแกรงอย่างน้อย 95%	น้ำหนักอย่างน้อย(กรัม)
เบอร์ 4 (4.75 มม.)	2000
เบอร์ 8 (2.36 มม.)	500
เบอร์ 20 (850 ไมโครเมตร)	250
เบอร์ 60 (250 ไมโครเมตร)	50

3.4.2 การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หาความสามารถในการเผาไหม้

ทำการเตรียมตาม ASTM D-2013 จากนั้นจึงนำมาแบ่งตัวอย่างเพื่อนำไปบดให้ละเอียด เพื่อให้ผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 200 (75 ไมโครเมตร) แล้วนำไปเก็บในขวดที่มีฝาปิดแน่น

3.4.3 การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบการแตก่วนของถ่านหิน ตาม ASTM D-441

นำถ่านหินที่ทำการตากแห้งแล้ว (air dried) น้ำหนักประมาณ 45 กิโลกรัม มาผ่านตะแกรงร่อนสี่เหลี่ยม ขนาดรูตะแกรง 38 และ 25 มิลลิเมตร ตามลำดับ เพื่อให้ได้ถ่านหินที่มีขนาด 25 - 38 มิลลิเมตร ปริมาณ 11 กิโลกรัม สำหรับนำไปใช้ในการทดลอง

3.4.4 การวิเคราะห์ถ่านหินแบบประมาณ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ทางความร้อน มีสภาวะในการทดลอง ดังนี้ (28)

- ขนาดของตัวอย่าง : เล็กกว่า 250 ไมโครเมตร
- ปริมาณตัวอย่าง : 40 ± 0.5 มก./ครั้ง

- อัตราการไหลอากาศ : 50 มล./นาที
 - อัตราการไหลไนโตรเจน : 50 มล./นาที
 - อัตราการให้ความร้อน : กำหนดเป็น 6 ช่วง คือ
- ช่วงที่ 1-2 วิเคราะห์หาความชื้น ใช้ก๊าซไนโตรเจนผ่าน เพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องจนถึง 130 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 25 องศาเซลเซียสต่อนาที แล้วรักษาอุณหภูมิให้คงที่ เป็นเวลา 10 นาที
- ช่วงที่ 3-4 วิเคราะห์หาสารระเหยได้ ใช้ก๊าซไนโตรเจนผ่าน เพิ่มอุณหภูมิจาก 130-950 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 50 องศาเซลเซียสต่อนาที แล้วรักษาอุณหภูมิให้คงที่ เป็นเวลา 7 นาที
- ช่วงที่ 5-6 วิเคราะห์หาเถ้า เปลี่ยนไปใช้อากาศผ่าน ลดอุณหภูมิจาก 950 เป็น 850 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 7 องศาเซลเซียสต่อนาที แล้วรักษาอุณหภูมิให้คงที่ เป็นเวลา 15 นาที จนกระทั่งนำหนักสุดท้ายของตัวอย่างคงที่

3.4.5 การวิเคราะห์หา Burning Profile และ ความสามารถในการเผาไหม้ของถ่านหิน โดยเครื่องวิเคราะห์ทางความร้อน

มีสภาวะในการทดลอง ดังนี้

- ขนาดของตัวอย่าง : เล็กกว่า 75 ไมโครเมตร
- ปริมาณตัวอย่าง : 20 ± 0.5 มก./ครั้ง
- อัตราการไหลอากาศ : 75 มล./นาที
- อุณหภูมิเริ่มต้น : อุณหภูมิห้อง
- อุณหภูมิสุดท้าย : 1200 องศาเซลเซียส
- อัตราการให้ความร้อน : 2, 10, 20 องศาเซลเซียส/นาที

ก. การทดลอง

1. ชั่งสารเคโอลิน (Kaolin) ปริมาณ 20 ± 0.5 มิลลิกรัมในครุชชีเบิลที่อบเตรียมไว้ เพื่อใช้เป็นสารอ้างอิง
2. ชั่งถ่านหิน 20 ± 0.5 มิลลิกรัมในครุชชีเบิลอีก 1 ใบ
3. ตรวจสอบสวิทช์ทางซ้ายมือของเครื่อง Thermobalance ให้ตำแหน่งของสวิทช์อยู่ที่ " Arrest "
4. ยกส่วนของเตาขึ้นจนสุด ล็อคเตาโดยหมุนทวนเข็มนาฬิกาจนสุด
5. วางครุชชีเบิลทั้ง 2 ลงบนคานชั่ง โดยให้ครุชชีเบิลใส่ตัวอย่างอยู่ทางด้านขวา สารอ้างอิงอยู่ด้านซ้าย หมุนเตากลับมาตำแหน่งเดิมแล้วเลื่อนลงมาจนสุด ล็อคให้เรียบร้อย
6. ปิดสวิทช์ไปที่ตำแหน่ง " release " เปิดสวิทช์ไฟ เพื่อดูสเกลของ

Thermobalance

7. ปรับ " Tare knob " ให้เข็มชี้ที่ 50 เพื่อเป็นการ set balance ของเครื่อง แล้วปิดสวิทช์ไฟ
8. เปิดวาล์วให้อากาศจากถังไหลผ่านแผง Soap Bubble Meter ด้วยอัตรา 75 มิลลิลิตรต่อนาที เลียบท่ออากาศเข้าที่วาล์วนำก๊าซเข้าที่ฐานเตา
9. ตั้งโปรแกรมควบคุมอุณหภูมิ และเลือกช่วงของการวัดค่า TG, DTA และ อุณหภูมิของ เครื่องบันทึกกราฟ
10. กดปุ่ม Heater เพื่อตั้งตำแหน่งเริ่มต้นของกราฟ
11. กดปุ่ม " B " และ " S " เพื่อเริ่มต้นโปรแกรม
12. หลังจากสิ้นสุดโปรแกรมปิดสวิทช์ทางซ้ายมือของเครื่องไปที่ "Arrest"
13. รอจนอุณหภูมิเตาลดลง จนได้อุณหภูมิประมาณ 650 องศาเซลเซียส จึงยกเตาขึ้นส่วนหนึ่ง จากนั้นยกชิ้นครึ่งหนึ่งของเตาเมื่ออุณหภูมิถึง 300 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิลงมาถึง 100 องศาเซลเซียส จึงยกเตาขึ้นหมด
14. เมื่อครูชีเบิ้ลเย็นลง นำไปชั่ง บันทึกน้ำหนักของถ่านหินที่เหลือ

ข. การวิเคราะห์ Burning Profile

1. นำข้อมูลของน้ำหนักที่หายไปและ อุณหภูมิ ที่เวลาต่างๆ มาทำการคำนวณหาอัตราการสูญเสียน้ำหนักต่อเวลา (dw/dt) ที่เวลาต่างๆ
2. นำผลการคำนวณที่ได้มาสร้างกราฟ ระหว่าง อุณหภูมิ(แกน X) กับอัตราการสูญเสียน้ำหนักต่อเวลา(แกน Y)

ค. การวิเคราะห์ความสามารถในการเผาไหม้ในเทอมของพลังงานกระตุ้น

1. นำค่าอัตราการสูญเสียน้ำหนักต่อเวลากับอุณหภูมิ มาคำนวณหา $1/T$ กับ $\log k$
2. นำค่าที่ได้มาสร้าง Arrhenius plot ซึ่งจะทำให้สามารถหาค่าพลังงานกระตุ้นของแต่ละช่วงได้ จากนั้นนำไปทำการหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าพลังงานกระตุ้นเฉลี่ยทางน้ำหนัก (ภาคผนวก ค.)