หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

เครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 3.1 มีดังนี้คือ

1. เตาผลิตก๊าซ (Gasifier) ตัวเตามีลักษณะเป็นทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 15 ซม. ผนังด้านนอกทำด้วยเหล็ก ผนังด้านในก่อด้วยคอนกรีตทนไฟ ตัวเตามีความสูง 2 เมตร ทางตอนบนของเตามีเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 ซม. ซึ่งใหญ่กว่าส่วนของเตาเผา เพื่อลดความเร็วลมที่ผ่านขึ้นมาจากคอลัมน์ ทำให้อนุภาคที่มีขนาดใหญ่ตกกลับลงในคอลัมน์อีก ภายนอกตัวเตาหุ้มด้วยใยเซรามิกหนา 1 นิ้วและหุ้มด้วยอลูมิเนียมอีก เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในเตาให้คงที่มากที่สุด

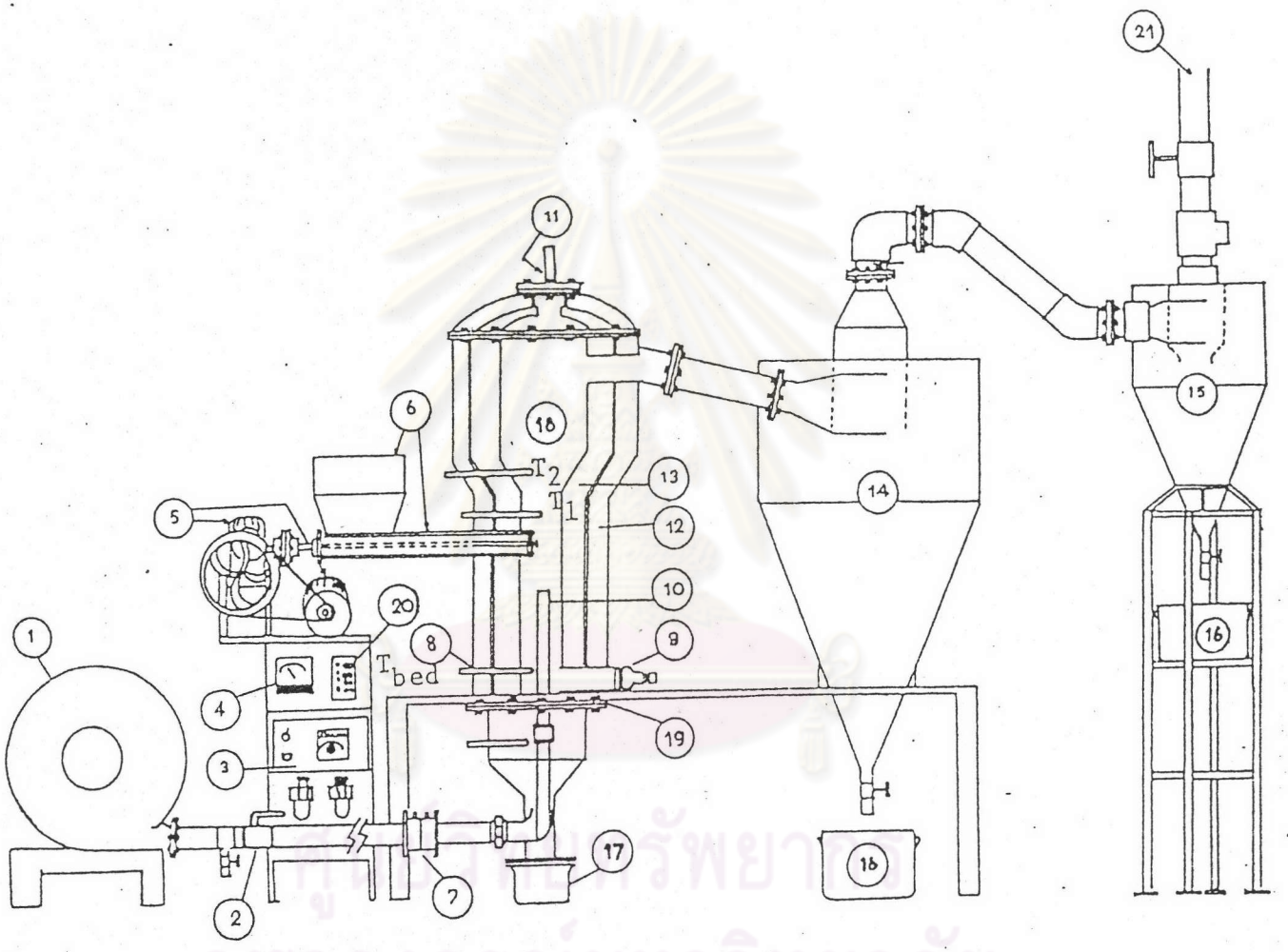
2. เครื่องป้อนถ่าน (Feeder) เป็นชนิดเกลียวผลักดันถ่านไม้ (Screw feeder) ให้ลงสู่คอลัมน์ เกลียวนี้จะถูกขับเคลื่อนด้วย Motor และ Gearbox จุดป้อนถ่านจะอยู่สูงกว่าแผ่นกระจายอากาศ (Distributor) ประมาณ 55 ซม.

3. เครื่องเป่าอากาศ (Blower) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการป้อนอากาศเข้าสู่ตัวเตาผลิตก๊าซ ถูกขับด้วยมอเตอร์ขนาด 1/4 HP. อากาศที่ได้จะผ่านเข้าสู่ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว และโค้งเข้าสู่ด้านล่างของตัวเตาผลิตก๊าซ โดยควบคุมปริมาณอากาศเข้าด้วยบอลวาล์ว (Ball valve) และ By pass

4. ไซโคลน (Cyclone) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแยกผงถ่านที่ติดมาพร้อมกับโปรดิวเซอร์ก๊าซ โดยโปรดิวเซอร์ก๊าซออกทางด้านบน เถ้าและผงถ่านที่ติดปนมาจะถูกแยกออกทางด้านล่าง ไซโคลนมี 2 ตัว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40.6 และ 55 ซม. มีความสูง 94.5 และ 200 ซม. ตามลำดับ

5. เครื่องวัดอุณหภูมิและเทอร์โมคัปเปิล (Temperature Indicator and Thermocouple) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิภายในเบด โดยใช้ประกอบกับเทอร์โมคัปเปิลชนิด C.A. อาศัยหลักการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า และถูกเปลี่ยนเป็นตัวเลขแสดงอุณหภูมิอีกครั้ง นอกจากนี้ยังมีชุดควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิของถ่านไม้ที่ป้อนเข้าเครื่อง เป็นแบบ On-Off controller ตำแหน่งวัดอุณหภูมิแสดงในรูปที่ 3.2

6. เครื่องวัดความเร็วอากาศ เป็น Orifice ต่อกับมานอมิเตอร์ (Manometer) ใช้ในการวัดปริมาณอากาศที่ป้อนเข้า

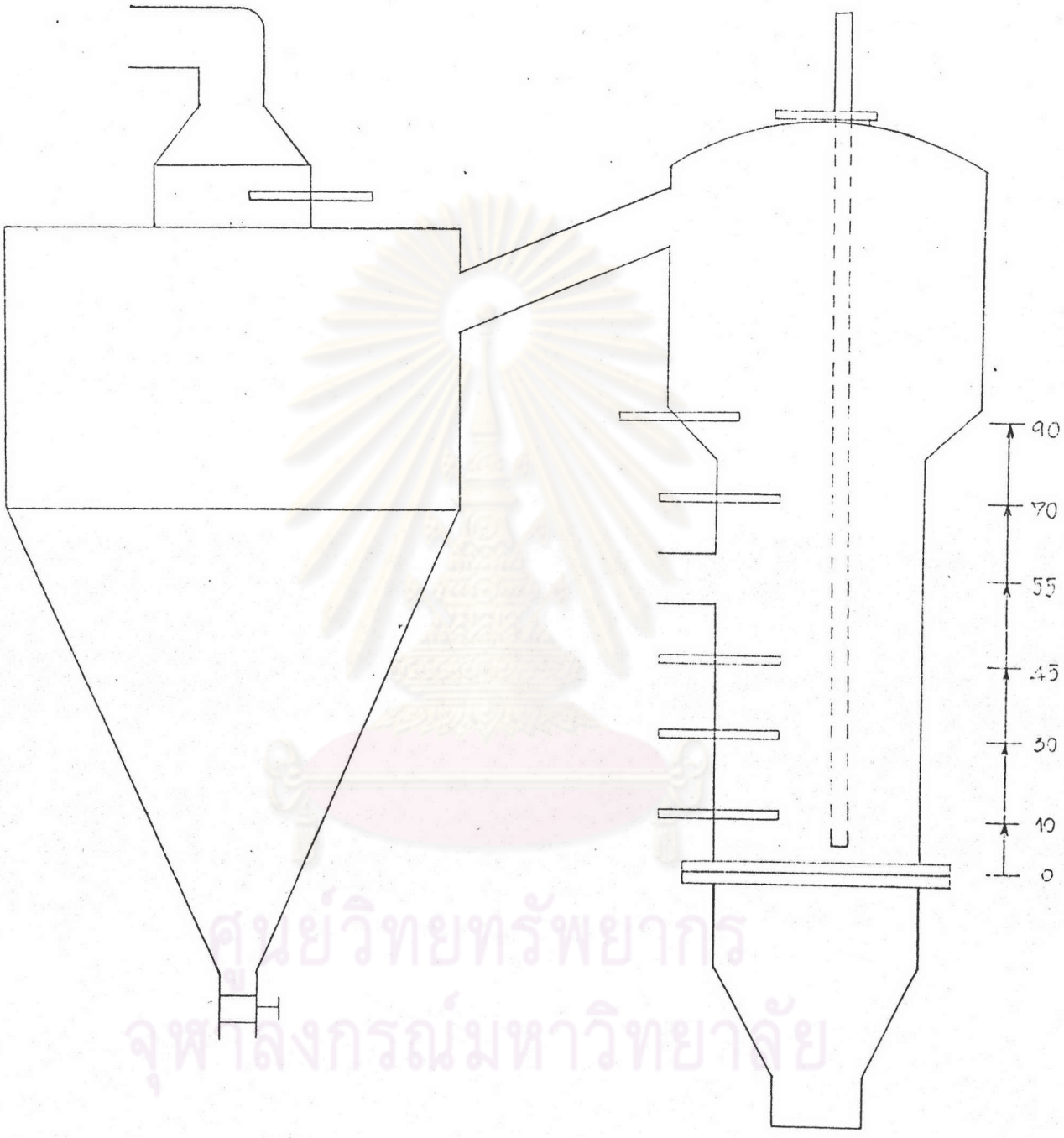


รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องมือในการทำก๊าซซิฟิเคชันจากถ่านไม้

รายละเอียดรูปที่ 3.1

1. Blower
2. Ball Valve
3. Temperature Controller
4. Temperature Indicator
5. Motor and Gear Box
6. Hopper and Screw Feeder
7. Orifice
8. Thermocouple
9. LPG Burner
10. Overflow Pipe
11. Sampling Pipe
12. Insulator
13. Casable Concrete
14. Cyclone 1
15. Cyclone 2
16. Fly Charcoal Tank
17. Overflow Tank
18. Gasifier
19. Distributor
20. Selected Switch
21. Flue Gas Outlet

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิบนเตาผลิตก๊าซและเครื่องดักฝุ่นตัวที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. ท่อถ่านล้น (Overflow) ใช้เป็นเครื่องมือในการปรับความสูงเบด ในการวิจัยนี้ใช้ความสูงเบดที่ 50 ซม. มีถังรองรับถ่านที่ล้นมาจากการ Overflow

8. ท่อดึงตัวอย่างก๊าซ เป็นท่อเหล็กสเตนเลสทนไฟ (Stainless steel) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21.3 มม. หนา 2.77 มม. ใส่ลงไปในเตาผลิตก๊าซทางด้านบน สามารถเลื่อนท่อขึ้นลงได้ ข้างในท่อมีเทอร์โมคัปเปิล เพื่อวัดอุณหภูมิที่จุดปลายท่อ และสามารถดึงตัวอย่างก๊าซโดยใช้ปั๊มได้ตลอดความสูงของเตา

9. เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซ (Gas Chromatograph) ที่ใช้เป็นของบริษัท Delsi รุ่น GC 121 MB และเครื่องบันทึกกราฟ (Recorder) เป็นของ Shimadzu รุ่น C-R 6A

3.2 การเตรียมวัตถุดิบ

1. นำเศษถ่านไม้โกงกางจากโรงเผาถ่าน มาร่อนผ่านตะแกรงรูกลมให้ได้ขนาด 4-6 มม. แล้วเก็บใส่ถุงสำหรับนำไปทดลอง

2. การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์หาคุณสมบัติ โดยการสุ่มตัวอย่างถ่านไม้จากข้อ 1. ประมาณ 50 กรัม มาบดละเอียดด้วย Ball mill แล้วนำมาผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 250 ไมโครเมตร (ผ่าน 100 %) จึงนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติต่าง ๆ

3.3 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

1. อัตราการไหลของอากาศ (Air Flow Rate) ทำการเปลี่ยนค่าโดยการปรับวาล์วและอ่านค่าจากมานอมิเตอร์

2. อัตราการป้อนถ่านไม้ (Feed Rate of Wood Charcoal) แปรค่าโดยปรับแต่งขนาดของพูลเลย์ให้เหมาะสม อัตราการป้อนถ่านไม้ที่ใช้คือ 100, 180 และ 260 กรัม/นาที

3. ความสูงในการวัดอุณหภูมิและดึงตัวอย่างก๊าซภายในเตา จากแผ่นกระจายอากาศถึงปลายท่อดึงตัวอย่างก๊าซ ที่ความสูง 5, 10, 15, 20, 30, 40 และ 50 ซม.

3.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านไม้ แบ่งเป็น 2 ประเภท

1. การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Utimate Analysis) นำถ่านไม้ที่สุ่มตัวอย่างมาบางส่วน บดต่อให้ได้ขนาด 53 ไมโครเมตร แล้วอบไล่ความชื้น นำไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Elemental Analyzer ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate Analysis) นำถ่านไม้มาวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของ ASTM ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายการทดลองและมาตรฐานวิธีวิเคราะห์

รายการทดลอง	วิธีวิเคราะห์
การวิเคราะห์แบบประมาณ	ASTM D3172
ความชื้น (Moisture)	ASTM D3173
เถ้า (Ash)	ASTM D3174
สารระเหยได้ (Volatile Matter)	ASTM D3175
ค่าความร้อน (Heating Value)	ASTM D2015

หมายเหตุ รายละเอียดขั้นตอนการวิเคราะห์ แสดงอยู่ในภาคผนวก ก

3.4.2 การหาอัตราการป้อนถ่านไม้

ทำโดยการถอดส่วนล่างของเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงออก แล้วเปิด Screw Feeder ที่ได้ปรับพูลเล่ย์เรียบร้อยแล้ว หาน้ำหนักของถ่านไม้ที่ตกลงมาในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง คิดเฉลี่ยเป็นกรัม/นาที จะได้อัตราการป้อนถ่านของพูลเล่ย์นั้น เปลี่ยนขนาดของพูลเล่ย์แล้วทำซ้ำ จะได้อัตราการป้อนถ่านไม้ทั้งหมด

3.4.3 การหาอัตราการไหลเข้าของอากาศ

เนื่องจากไม่สามารถวัดความเร็วของอากาศ ที่เข้าเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงได้โดยตรง จึงต้องทำการ Calibrate Curve หาความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับความแตกต่างของระดับน้ำในมานอมิเตอร์ ก่อนที่จะทำการผลิตก๊าซจริง ดังนี้คือ

1. ถอดท่อของเครื่องเป่าอากาศ (Blower) ที่ต่อกับตัวเตาผลิตก๊าซออก แล้วใช้แอนนีโมมิเตอร์ (Anemometer) วัดที่ปลายท่อ

2. เปิดเครื่องเป่าอากาศ แล้วบันทึกค่าความเร็วของอากาศที่อ่านได้จากแอนนีโมมิเตอร์ กับความต่างระดับของมานอมิเตอร์

3. นำข้อมูลมาเขียนกราฟระหว่าง ความต่างระดับของมานอมิเตอร์กับอัตรา

การไหลของอากาศ (โดยคำนวณจากความเร็วของอากาศคูณกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ)

3.4.4 การหาความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิไดเซชันของถ่านไม้ (Minimum Fluidizing Velocity: U_{mf})

อุปกรณ์ในการทดลองประกอบด้วย คอลัมน์ทำจาก Plexiglass ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10.7 ซม. เครื่องเป่าอากาศที่มีวาล์วและ Flow cell สามารถเปลี่ยนอัตราการไหล และทราบค่าอัตราการป้อนอากาศที่เข้าคอลัมน์ได้ โดยใช้มานอมิเตอร์วัดความดันลดของเบด ขณะที่เปลี่ยนปริมาตรการไหลของอากาศต่าง ๆ

วิธีทดลองทำโดย ใส่ถ่านไม้ขนาด 4-6 มม.ลงไปในคอลัมน์ เปิดเครื่องเป่าอากาศ เพิ่มปริมาณอากาศเข้าไปทีละน้อย ๆ บันทึกค่าความดันลดของเบดจากมานอมิเตอร์และความเร็วของอากาศ นำข้อมูลทั้งสองมาเขียนลงในกราฟสเกล log-log โดยแกน x เป็นความดันลด แกน y เป็นอัตราการไหลของอากาศ ส่วน U_{mf} คือค่าความเร็วแรกสุดของอากาศที่ทำให้ความดันลดในเบดคงที่

3.4.5 ขั้นตอนการทดลอง

1. บันทึกสภาวะเบื้องต้นคือ อัตราการป้อนถ่าน อุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง

2. อุ่นเตาผลิตก๊าซด้วยก๊าซหุงต้มเหนือบริเวณแผ่นกระจายอากาศ จนได้อุณหภูมิประมาณ 500-600 °ซ

3. ป้อนถ่านไม้และอากาศให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เบดประมาณ 900-1000 °ซ แล้วจึงลดปริมาณอากาศที่ป้อนลงตามค่าที่ต้องการ บันทึกค่าความต่างระดับของน้ำในมานอมิเตอร์

4. รอจนอุณหภูมิของเบดและจุดอื่น ๆ คงที่ ซึ่งเป็นสภาวะสม่ำเสมอ (steady state) ของระบบ วัดความสูงของท่อดึงตัวอย่างจากแผ่นกระจายอากาศ ให้ได้ 5 ซม. จากนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่

ก. อุณหภูมิของเบดและที่ปลายท่อดึงตัวอย่าง

ข. ตัวอย่างก๊าซภายในเตาผลิตก๊าซ โดยใช้ปั๊มดูดก๊าซผ่านท่อดึงตัวอย่างผ่านตัวกรองและตัวดูดความชื้น มาเก็บไว้ในหลอดเก็บก๊าซ แล้วนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบก๊าซในรูปของร้อยละคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph

ค. อัตราการไหลของถ่านล้น โดยถอดถังรองรับถ่านล้นออกเททิ้ง แล้วประกอบเข้าใหม่ จับเวลา 10 นาที แล้วเก็บตัวอย่างถ่านล้น เฉลี่ยเป็นกรัมต่อนาที

ง. อัตราการไหลของฝุ่นถ่านจากไซโคลนทั้ง 2 ตัว ทดลองทำเช่นเดียวกับหาอัตราการไหลของถ่านล้น เพียงแต่เปลี่ยนตัวอย่างเป็นฝุ่นถ่าน

5. เพิ่มความสูงของท่อดึงตัวอย่างเป็น 10, 15, 20, 30, 40 และ 50 ซม. ตามลำดับ บันทึกข้อมูลของอุณหภูมิที่ปลายท่อ และเก็บตัวอย่างก๊าซภายในเตาที่ความสูงนั้น จากนั้นเก็บตัวอย่างก๊าซที่ผลิตได้

6. เปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศ แล้วทำตามขั้นตอนที่ 1-5 จนได้ข้อมูลครบทุกค่า

7. เปลี่ยนอัตราการป้อนถ่านไม้ (โดยปรับแต่พูลเลย์) ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อที่ 1-6 จนครบทุกอัตราการป้อนถ่านไม้

8. นำตัวอย่างของฝุ่นถ่านและถ่านล้น ไปวิเคราะห์หาร้อยละของเถ้าด้วยวิธี ASTM D3174

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย