บทที่ 3

เครื่องมือและวิธีการทดลอง

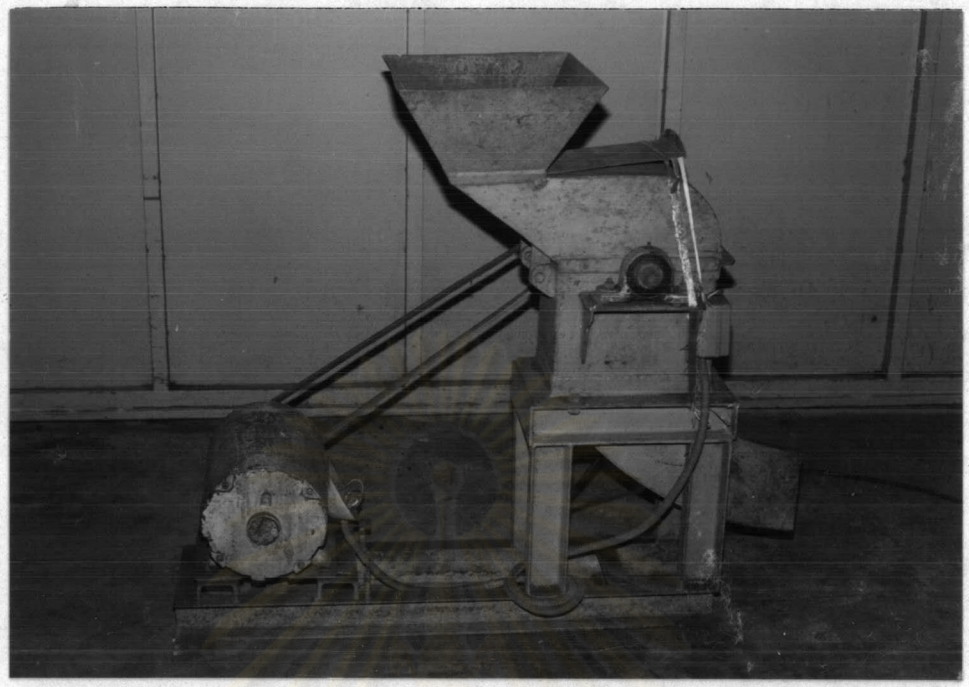
ในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยขั้นตอนการทดลองต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อปรับปรุงคุณภาพของถ่านหินโดยการคาร์บอไนซ์ถ่านหินด้วยความร้อน แหล่งให้ความร้อนดัดแปลงจากเตาที่ใช้ในครัวเรือนทั่วไปที่เรียกว่า เตาอั้งโล่ โดยทำการสร้างเตาขึ้นมาใหม่ให้มีบริเวณที่ใส่ถ่านหินเพื่อทำการคาร์บอไนซ์ได้ในขณะที่กำลังหุงต้มอาหาร ทั้งนี้เนื่องมาจากขณะที่หุงต้มอาหารนั้น เตาอั้งโล่ทั่วไปมีการสูญเสียความร้อนในส่วนต่างๆ เช่นการสูญเสียความร้อนจากบริเวณห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงออกไปสู่ผิวเตาด้านนอก จึงได้นำเอาความร้อนในส่วนนี้มาใช้ประโยชน์ในการคาร์บอไนซ์ถ่านหิน โดยออกแบบเตาให้มีรูปร่างคล้ายกับเตาอั้งโล่ดังกล่าว แล้วทดลองคาร์บอไนซ์ถ่านหิน เมื่อได้ถ่านที่ผ่านการคาร์บอไนซ์ซึ่งเป็นถ่านหินไร้ควัน จึงนำมาอัดก้อนเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงต่อไป ตลอดจนพิจารณาถึงอุณหภูมิในห้องคาร์บอไนซ์ถ่านหิน เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาหรือดัดแปลงให้เหมาะสมกับการใช้งานถ้ามีความจำเป็น และเสนอแนะการใช้งานที่เหมาะสม

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

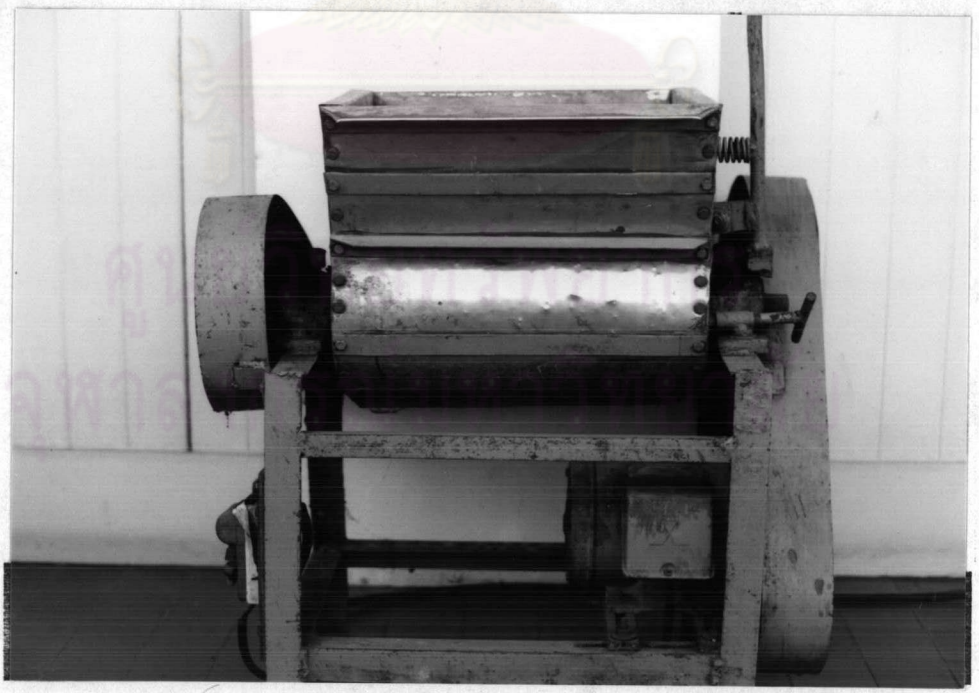
- ถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง
- ดินเหนียว เพื่อใช้เป็นตัวประสานในการอัดก้อนถ่านหิน
- ปูนขาว เพื่อใช้กำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาไหม้ของถ่านหิน
- ถ่านไม้ ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยก้อนละ 20 กรัม

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องบดถ่านหินชนิด Hammer mill ที่มีตะแกรงขนาด 9.5 มม. ดังรูปที่ 3.1
2. เครื่องผสม (Mixer) ใช้ผสมส่วนผสมต่างๆให้เข้ากันดีก่อนนำไปอัดก้อน ดังรูปที่ 3.2
3. เครื่องบดถ่านหินชนิด Cross beater mill ดังรูปที่ 3.3 พร้อมตะแกรงขนาด 0.75 , 1.0 , 2.0 , และ 4.0 มม. ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.1 เครื่องบดถ่านหินชนิด Hammer mill



รูปที่ 3.2 เครื่องผสม (Mixer)

รูปที่ 3.3 เครื่องบดถ่านหินชนิด Cross beater mill

รูปที่ 3.4 ตะแกรงขนาดต่างๆที่ใช้กับเครื่องบดถ่านหินชนิด Cross beater mill

4. เตาที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์ถ่านหิน (ดังรายละเอียดใน 3.3.3)

5. ตู้อบ ใช้หาความชื้นในถ่านหิน

6. เตาเผาไฟฟ้า แบบ tubular ใช้หาปริมาณสารระเหยในถ่านหิน

7. เตาเผาไฟฟ้า แบบ muffle ใช้หาปริมาณเถ้าในถ่านหิน

8. บอมบ์มคาลอริมิเตอร์ (Bomb calorimeter) ชนิด adiabatic ใช้วิเคราะห์ค่าความร้อนของถ่านหิน

9. เทอร์โมคับเบิล (Thermocouple) แบบ โครเมล - อลูเมล (Chromel - Alumel) ใช้วัดอุณหภูมิในห้องคาร์บอไนซ์ถ่านหิน ดังรายละเอียดใน 3.3.3

10. เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Recorder)

11. อุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็นในการทดลอง และการวิเคราะห์ตัวอย่างถ่านหิน เช่น

- พัดลมขนาดเล็ก
- เครื่องชั่งน้ำหนัก
- เครื่องแก้ว เช่น บิเปต บิวเรต กรวยกรอง และอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ก
- ถาดตะแกรงที่มีรูพรุน เพื่อใช้ตากถ่านอัดก้อนไว้ในอากาศ
- หม้ออลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26 ซม.

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างถ่านหิน

1. นำถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะ มาบดด้วยเครื่องบดชนิด Hammer mill
2. นำถ่านหินที่บดแล้วตากทิ้งไว้ในอากาศ เพื่อให้ความชื้นเข้าสู่สมดุลกับความชื้นในอากาศ
3. เมื่อถ่านหินมีความชื้นสมดุลกับอากาศแล้ว เก็บถ่านหินไว้ในถุงพลาสติกขนาดใหญ่ ปิดปากถุง เพื่อนำไปใช้งานต่อไป
4. เก็บตัวอย่างถ่านหินเพื่อนำไปวิเคราะห์ ดังรายละเอียดใน 3.3.2

3.3.2 การวิเคราะห์ถ่านหิน

1. นำตัวอย่างถ่านหินที่ต้องการวิเคราะห์มาบดให้ละเอียด ด้วยเครื่องบดถ่านหินชนิด Cross beater mill แล้วจึงนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมครอน จนผ่าน

ตะแกรงร่อนได้หมด เก็บตัวอย่างใส่ในขวดที่มีฝาปิดสนิท

2. ทำการวิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3172 (36) ซึ่งประกอบด้วย

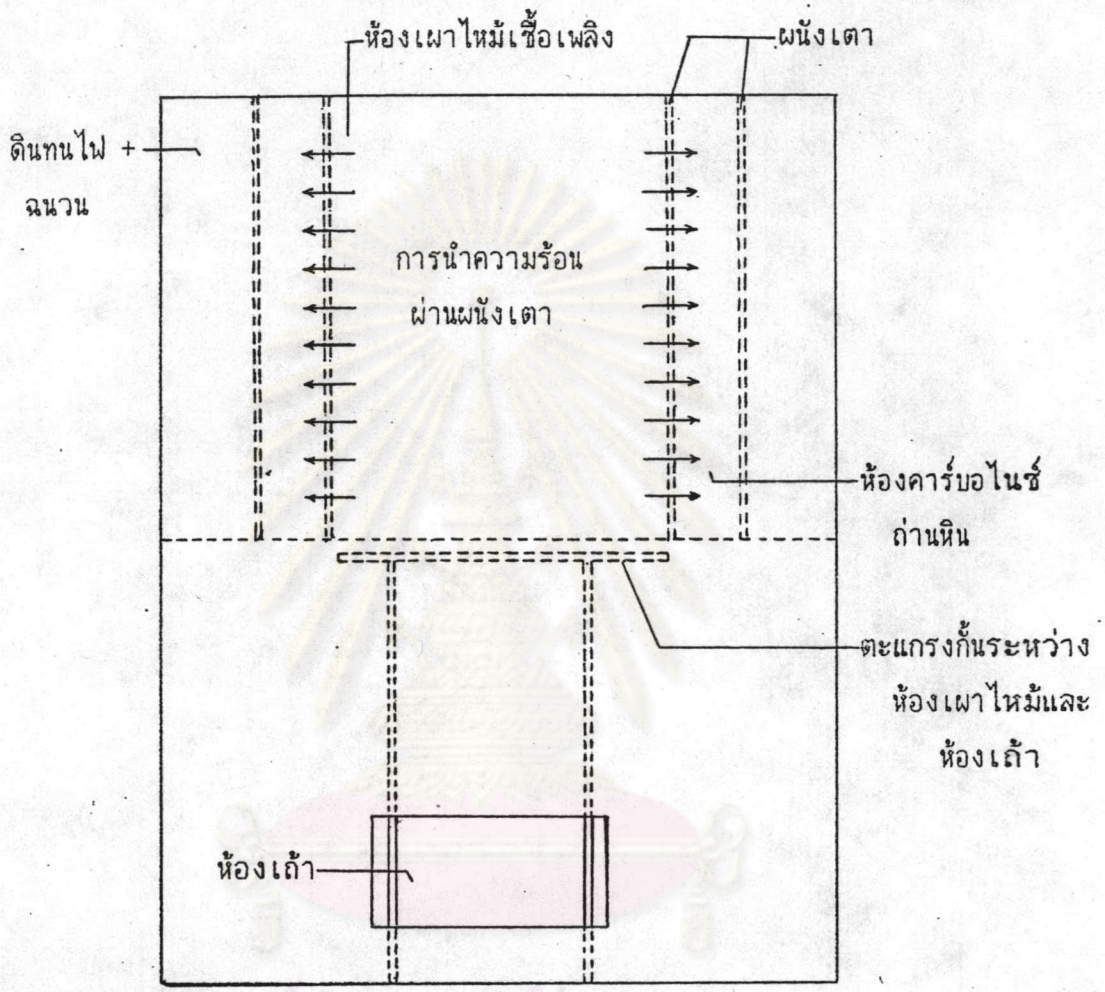
- การวิเคราะห์ความชื้น (moisture) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3173 (37)
- การวิเคราะห์เถ้า (ash) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3174 (38)
- การวิเคราะห์สารระเหย (volatile matter) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3175 (39)
- การวิเคราะห์ปริมาณร้อยละของกำมะถันรวม (total sulfur) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3177 (40)
- การวิเคราะห์ค่าความร้อน (gross calorific value) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 2015 (41)

(รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ ได้แสดงในภาคผนวก ก)

3.3.3 การออกแบบเตาคาร์บอไนซ์

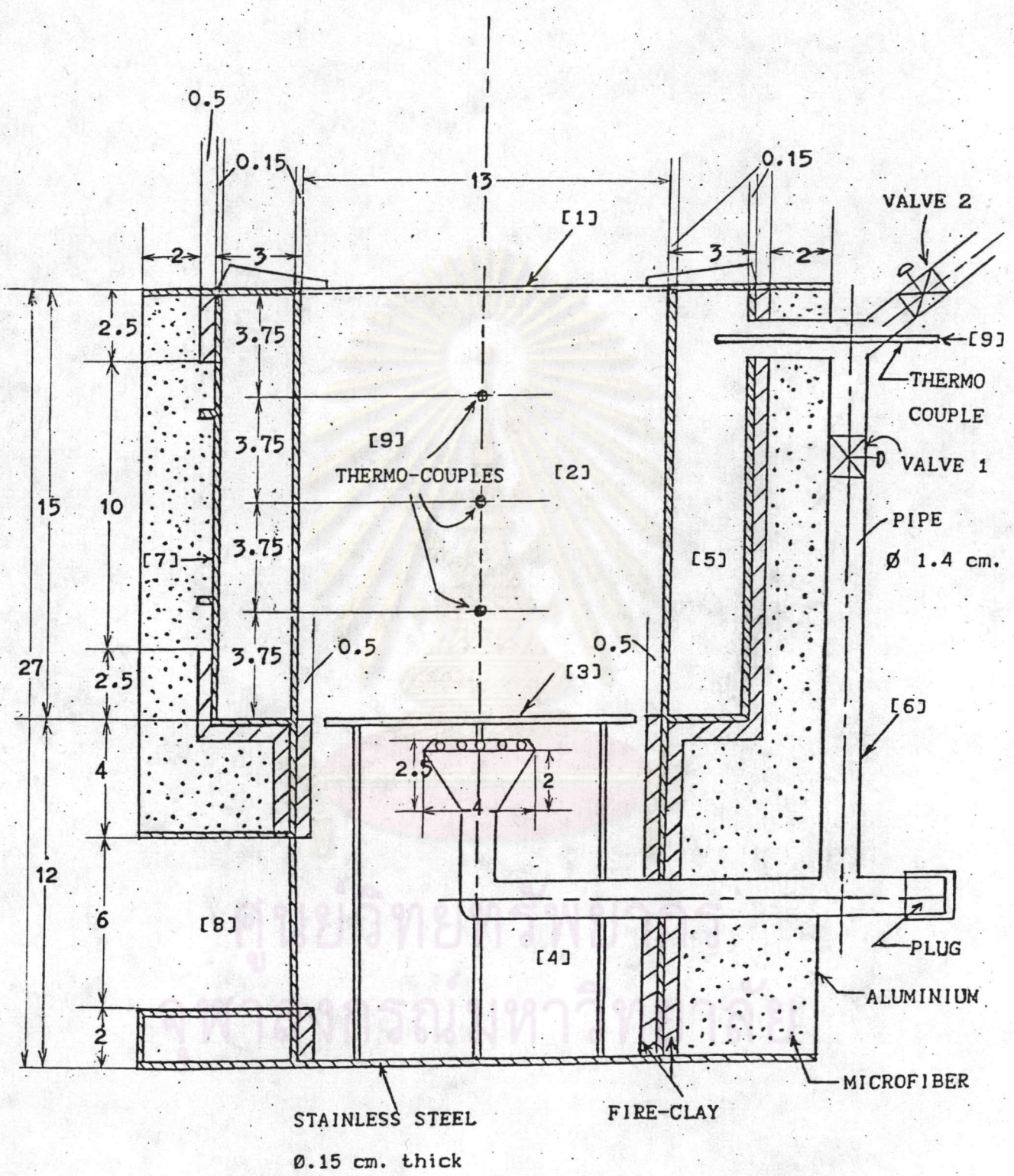
เตาหุงต้มที่นิยมใช้กันในครัวเรือนตามชนบทของประเทศไทย พบว่ามีการใช้เตาอั้งโล่มากที่สุดเมื่อเทียบกับเตาชนิดอื่นๆ (2) ลักษณะของเตาอั้งโล่ที่ดีนั้น ควรเป็นเตาที่มีขนาดกระทัดรัด เคลื่อนย้ายสะดวก บรรจุถ่านไม้ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ 400 - 500 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอแก่การใช้หุงต้มอาหารในครัวเรือนทั่วไปที่มีสมาชิก 4 - 5 คน (3) ดังนั้น การออกแบบเตาเพื่อใช้งานในการหุงต้ม และสามารถคาร์บอไนซ์ถ่านหินไปได้พร้อมกันในขณะที่หุงต้ม จึงยึดลักษณะของเตาอั้งโล่เป็นแบบ โดยออกแบบให้ห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงมีปริมาตรเพียงพอในการบรรจุเชื้อเพลิงถ่านไม้ประมาณ 500 กรัม และพัฒนาให้มีบริเวณที่เรียกว่าห้องคาร์บอไนซ์เพิ่มเติมลงไปเพื่อใช้บรรจุถ่านหินที่จะนำไปคาร์บอไนซ์ จากงานวิจัยที่ผ่านมา (3) พบว่า เตาอั้งโล่ที่ดีมีประสิทธิภาพในการใช้งานร้อยละ 30 - 33 เมื่อเทียบกับปริมาณความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิงทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากเตาอั้งโล่ในขณะใช้งานในการหุงต้มอาหารนั้น มีความร้อนสูญเสียออกไปตามส่วนต่างๆของเตา เช่นการสูญเสียความร้อนออกไปสู่ผิวเตาด้านนอก ซึ่งอยู่รอบๆห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงของเตา ดังนั้นในการออกแบบเตาใหม่ที่ใช้ในการทดลองนี้ จึงนำความร้อนที่สูญเสียในส่วนนี้มาพิจารณาเพื่อนำไปใช้งานในการคาร์บอไนซ์ถ่านหินขณะที่หุงต้มไปด้วย โดยดัดแปลงผนังของเตาที่สร้างขึ้นมาใหม่ให้เป็นผนังเตาสองชั้น ช่องระหว่างผนังเตาใช้เป็นส่วนที่บรรจุถ่านหินดิบเพื่อทำการคาร์บอไนซ์ โดยความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ จะส่งผ่านผนังเตาซึ่งทำ

ด้วยโลหะเพื่อเพิ่มการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน (conduction) ไปยังถ่านหินที่อยู่ในช่องระหว่างผนังเตา ซึ่งเรียกว่า ห้องคาร์บอไนซ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.5

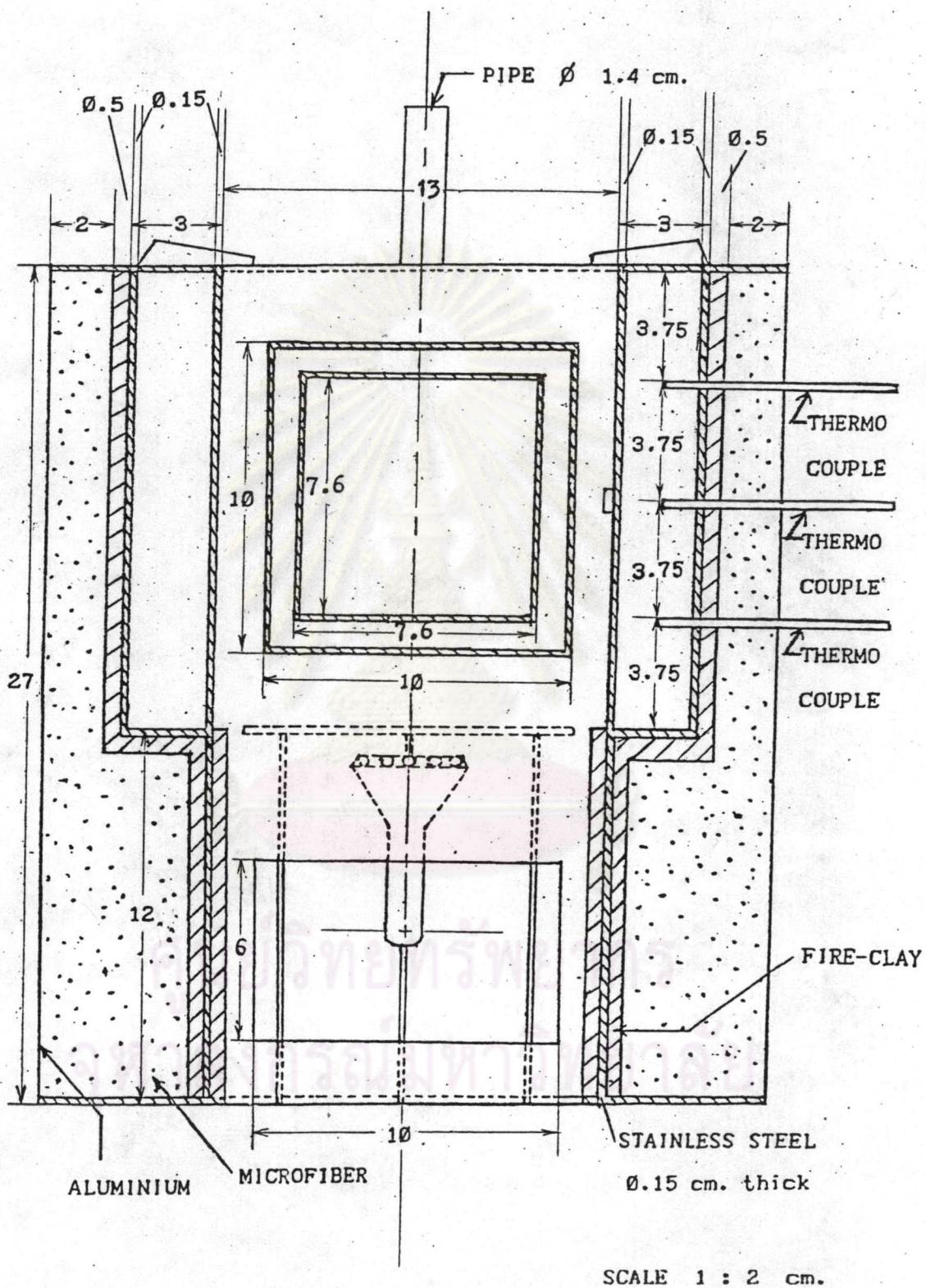


รูปที่ 3.5 แสดงการนำความร้อนจากห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงผ่านผนังเตาไปยังถ่านหินที่อยู่ในห้องคาร์บอไนซ์

เมื่อถ่านหินได้รับความร้อน ความชื้นและสารระเหยจะออกไปจากถ่านหิน ทำให้ถ่านหินที่ได้จากการคาร์บอไนซ์มีคุณภาพดีขึ้น มีกลิ่นและควันลดลง การออกแบบเตาที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ใช้โลหะ stainless steel เป็นโครงสร้างของเตา โดยนำมาตัดและเชื่อมติดกันเป็นรูปร่างของเตา ดังรายละเอียดการออกแบบในรูปที่ 3.6 และ 3.7 ในรูป 3.6 เป็นภาพหน้าตัดแสดงรายละเอียดของตัวเตาด้านข้าง สำหรับรูป 3.7 แสดงภาพหน้าตัดของตัวเตาด้านหน้า ซึ่งแสดงส่วนต่างๆตามหมายเลข ดังนี้คือ



รูปที่ 3.6 ภาพหน้าตัดแสดงรายละเอียดของเตาคาร์บอไนซ์ด้านข้าง



รูปที่ 3.7 ภาพหน้าตัดแสดงรายละเอียดของเตาคาร์บอไนซ์ด้านหน้า

[1] ตัวเตา ทำด้วย stainless steel ที่มีความหนาประมาณ 0.15 ซม. ลักษณะรูปร่างเป็นทรงกระบอก มีรายละเอียดดังนี้คือ

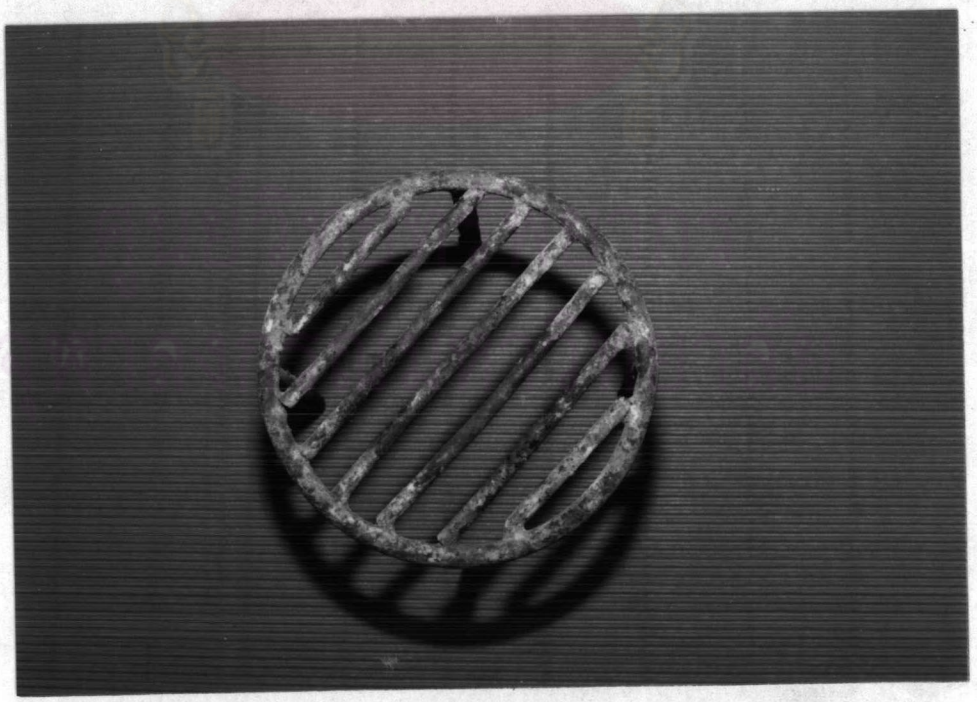
- ความสูงทั้งหมดของเตา 27 ซม.
- เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 13 ซม.
- เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 24 ซม.
- น้ำหนักเตา 6 กก.

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวเตาบุด้วยดินทนไฟที่บริเวณด้านในของห้องเถ้า และที่ผิวรอบนอกของตัวเตาทั้งหมด ยกเว้นส่วนที่เป็นประตูเตาและช่องที่ให้อากาศช่วยในการเผาไหม้เข้า มีความหนาประมาณ 0.5 ซม. แล้วจึงหุ้มฉนวนที่เป็นไมโครไฟเบอร์ (microfiber) รอบตัวเตา หลังจากนั้นจึงหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมบางทับอีกชั้นหนึ่งเพื่อความทนทานและสวยงาม

[2] ห้องเผาไหม้ เป็นบริเวณที่เชื้อเพลิงมีการเผาไหม้เพื่อใช้งาน ลักษณะห้องเผาไหม้เป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 13 ซม. สูง 15 ซม. มีปริมาตร 1,990 ลบ.ซม. ด้านบนเปิดสู่บรรยากาศ ส่วนด้านล่างมีตะแกรงรองรับเชื้อเพลิงอยู่

[3] ตะแกรงรองรับเชื้อเพลิง ลักษณะเป็นวงกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.5 ซม. ทำด้วยเหล็กเป็นซี่ตะแกรง ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ระยะห่างระหว่างซี่ 1 ซม. มีขาตั้ง 4 ขา ตะแกรงรองรับเชื้อเพลิงลักษณะนี้ ทำให้สะดวกต่อการเขี่ยเชื้อเพลิงที่เป็นถ่านหินอัดก้อนเมื่อต้องการเติมเชื้อเพลิง (3) ตะแกรงอยู่ระหว่างห้องเผาไหม้และห้องเถ้าซึ่งอยู่ทางด้านล่างของห้องเผาไหม้



รูปที่ 3.8 ตะแกรงรองรับเชื้อเพลิง เมื่อมองจากด้านบน

[4] ห้องเถ้า เป็นส่วนที่รองรับเถ้าจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ ห้องเถ้าอยู่บริเวณด้านล่างของห้องเผาไหม้ มีความสูงจากก้นเตาถึงตะแกรงรองรับเชื้อเพลิง 12 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 ซม. ลักษณะเป็นทรงกระบอก มีปริมาตร 1,360 ลบ.ซม.

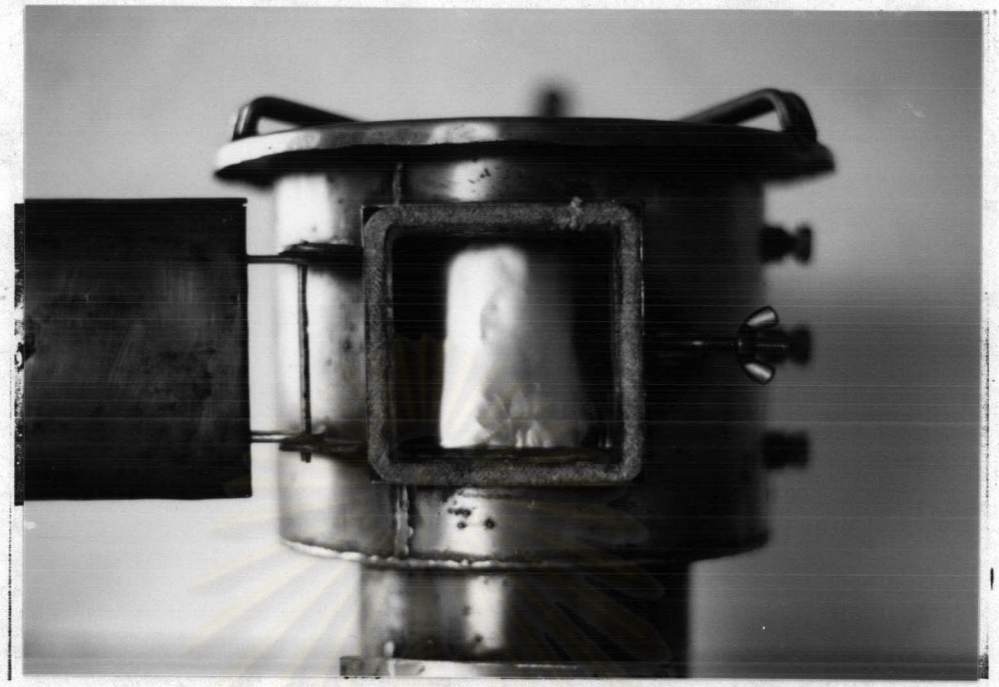
[5] ห้องคาร์บอไนซ์ ใช้สำหรับคาร์บอไนซ์ถ่านหินด้วยความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่อยู่ในห้องเผาไหม้ ห้องคาร์บอไนซ์มีลักษณะเป็นปริมาตรวงแหวนที่อยู่ระหว่างห้องเผาไหม้กับผนังเตาด้านนอกสุด มีความกว้าง 3 ซม. สูง 15 ซม. มีปริมาตร 2,260 ลบ.ซม. ภายในห้องคาร์บอไนซ์มีทางออกของไอน้ำและสารระเหยที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ถ่านหิน โดยต่อกับท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 ซม. เพื่อนำออกไปสู่บรรยากาศภายนอกหรือปล่อยกลับเข้ามายังส่วนล่างของเตาได้ ดังรายละเอียดในข้อ [6] บริเวณห้องคาร์บอไนซ์ด้านหน้าของเตาเป็นช่องเปิดสี่เหลี่ยมมีขนาด 7.6 ซม. x 7.6 ซม. ใช้เป็นช่องสำหรับใส่ถ่านหินเข้าไปในห้องคาร์บอไนซ์ ดังรายละเอียดในข้อ [7] บริเวณด้านข้างซีกขวาของเตาภายในห้องคาร์บอไนซ์มีเทอร์โมคับเปิล (thermocouple) 3 ตัว ติดอยู่ ดังรายละเอียดในข้อ [9] เพื่อใช้วัดอุณหภูมิในห้องคาร์บอไนซ์ขณะที่ทำการคาร์บอไนซ์ที่บริเวณส่วนบน กลาง และส่วนล่างของห้องคาร์บอไนซ์

[6] ท่อกลม ต่ออยู่กับห้องคาร์บอไนซ์เพื่อใช้เป็นทางออกของไอน้ำและสารระเหยจากการคาร์บอไนซ์ มีเทอร์โมคับเปิลติดอยู่ 1 ตัว เพื่อวัดอุณหภูมิก่อนออกไปสู่บรรยากาศ ดังรายละเอียดในข้อ [9] ท่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.4 ซม. ที่ปลายด้านนอกแยกเป็น 2 ทาง มีวาล์วเปิด-ปิดอยู่ที่แต่ละทาง ทางแรกเป็นท่อที่ปล่อยไอน้ำและสารระเหยออกไปสู่อากาศ มีวาล์วตัวที่ 2 ติดอยู่ ส่วนทางที่สอง เป็นท่อที่ปล่อยให้ไอน้ำและสารระเหยกลับเข้ามายังตัวเตาโดยผ่านวาล์วตัวที่ 1 เมื่อต้องการปล่อยทิ้งไปในอากาศให้เปิดวาล์วตัวที่ 2 และปิดวาล์วตัวที่ 1 และเมื่อต้องการปล่อยให้กลับมายังตัวเตา ให้ปิดวาล์วตัวที่ 2 และ เปิดวาล์วตัวที่ 1 ซึ่งสามารถนำสารระเหยผ่านไปยังหัวเผา (burner) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาได้ นอกจากนี้ที่ปลายท่อด้านล่างก่อนที่ท่อจะวกกลับเข้ามายังตัวเตา มี plug ซึ่งสามารถเปิดเพื่อทำความสะอาดท่อได้

[7] ช่องเปิดสำหรับใส่ถ่านหิน และประตูเตา ช่องเปิดเป็นสี่เหลี่ยมมีขนาด 7.6 ซม. x 7.6 ซม. สำหรับเป็นช่องใส่ถ่านหินเข้าในห้องคาร์บอไนซ์ ขอบด้านนอกทำเป็นขอบ 2 ชั้น ดังรูปที่ 3.9 มีขนาด 10 ซม. x 10 ซม. ระหว่างขอบในกับขอบนอกใส่ประเก็นเชือกทนไฟไว้เพื่อป้องกันการรั่วของไอน้ำและสารระเหยออกทางประตูเตาที่ปิดทับช่องใส่ถ่านหินอีกชั้นหนึ่ง สำหรับประตูเตา เป็นรูปสี่เหลี่ยม มีขนาด 10 ซม. x 10 ซม. มีลักษณะดังรูปที่ 3.9 และ 3.10

[8] ช่องสำหรับอากาศช่วยในการเผาไหม้เข้า อยู่ทางด้านล่างของเตาบริเวณห้องเถ้า มีไว้เพื่อให้อากาศไหลเข้าไปในเตาเพื่อเผาไหม้เชื้อเพลิง ช่องเป็นรูปสี่เหลี่ยมมีขนาด 6 ซม. x 10 ซม. และเป็นช่องที่ใช้กำจัดเถ้าหลังการเผาไหม้ทิ้ง

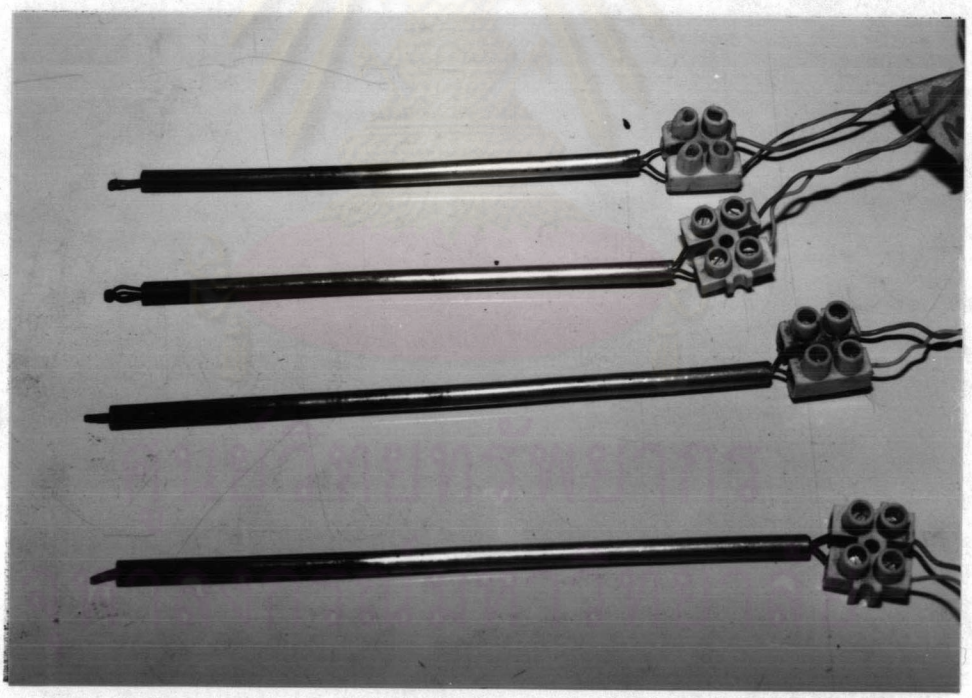
I10308180



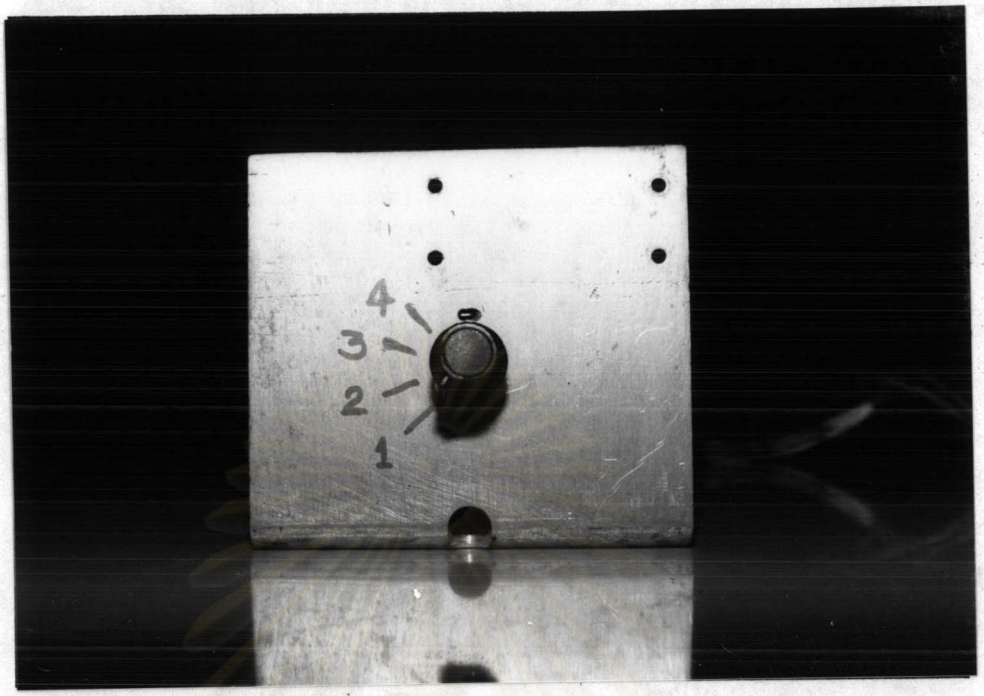
รูปที่ 3.9 ลักษณะขอบสองชั้นของช่องใส่ถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์

รูปที่ 3.10 ประตูเตาคาร์บอไนซ์เมื่อปิด

[9] เทอร์โมคับเปิล (thermocouple) มีทั้งหมด 4 ตัว เป็นแบบโครเมล -อลูเมล (chromel-alumel) ดังรูปที่ 3.11 ตัวแรกอยู่ที่ท่อซึ่งเป็นทางออกของไอน้ำและสารระเหยจากการคาร์บอไนซ์ถ่านหิน เพื่อใช้วัดอุณหภูมิก่อนออกไปสู่อากาศภายนอก และอีก 3 ตัว ติดอยู่ในบริเวณห้องคาร์บอไนซ์ โดยเว้นระยะห่างเท่าๆกัน เพื่อวัดอุณหภูมิในห้องคาร์บอไนซ์ถ่านหิน เทอร์โมคับเปิลทุกตัวติดให้ห่างจากผนังห้องคาร์บอไนซ์ด้านใน 1.5 ซม. ซึ่งเป็นตำแหน่งกึ่งกลางของห้องพอดี เทอร์โมคับเปิลทุกตัวต่ออยู่กับเครื่องบันทึก (recorder) ซึ่งใช้บันทึกวัดอุณหภูมิ โดยผ่านสวิทซ์เลือก (selector switch) เพื่อเลือกตำแหน่งการวัดของเทอร์โมคับเปิลแต่ละตัว ดังแสดงในรูป 3.12



รูปที่ 3.11 เทอร์โมคับเปิล แบบโครเมล - อลูเมล



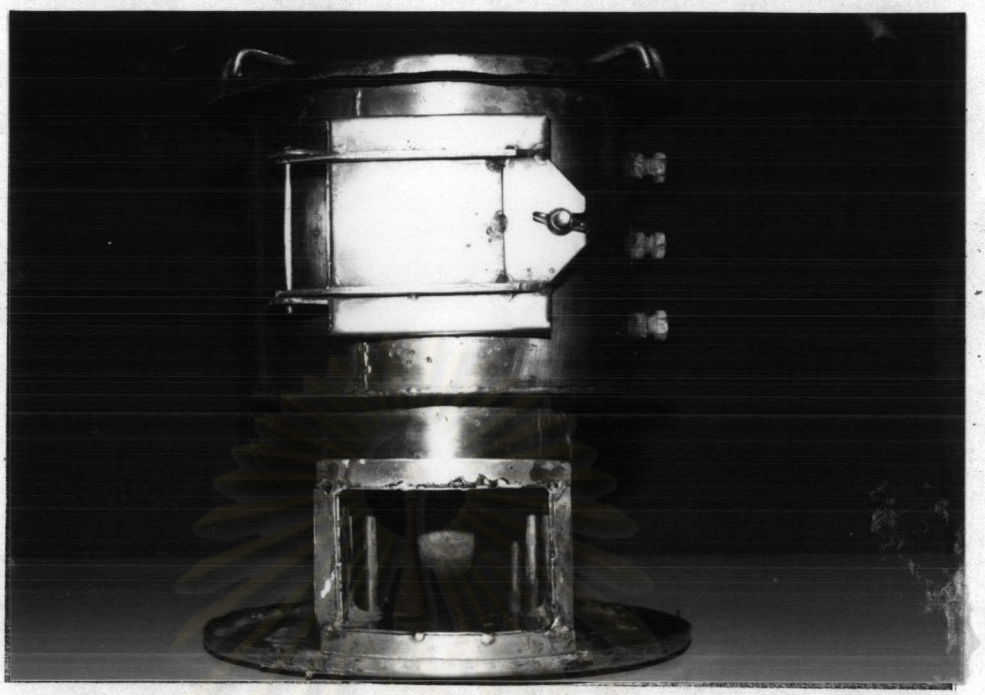
รูปที่ 3.12 สวิทช์เลือก (selector switch)

เตาคาร์บอไนซ์ที่สร้างขึ้นทั้งหมด 2 เตา โดยทั้งสองเตามีลักษณะเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.13 - 3.16 ซึ่งแสดงตัวเตาที่บริเวณด้านหน้า ด้านข้าง ด้านหลัง และด้านบน ตามลำดับ รูปที่ 3.17 แสดงตำแหน่งของเทอร์โมคับเปิลที่ใส่ในเตาทั้ง 4 ตัว

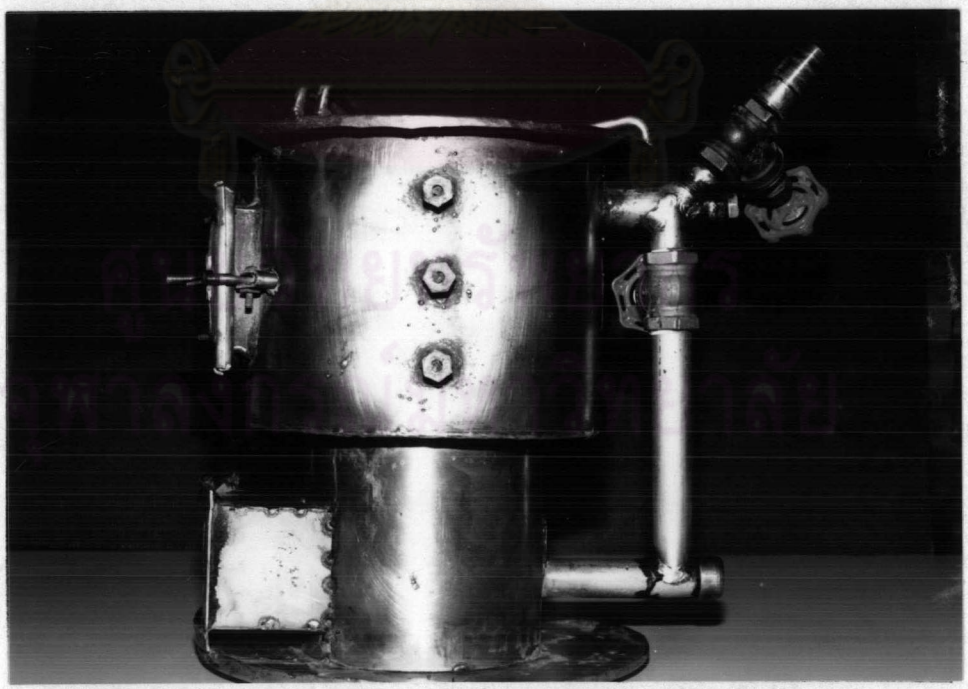
เตาคาร์บอไนซ์ที่สร้างขึ้น ก่อนที่นำมาใช้งานในการหุงต้มและคาร์บอไนซ์ถ่านหิน จะนำไปบุด้วยดินทนไฟที่บริเวณห้องเถ้า และรอบผิวเตาด้านนอกทั้งหมด ยกเว้นประตูเตาและช่องสำหรับให้อากาศช่วยในการเผาไหม้เข้า นำมาหุ้มด้วยฉนวนไมโครไฟเบอร์และแผ่นอลูมิเนียมบางอีกชั้น ตัวเตาที่ได้มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.18 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับเตาอั้งโล่ที่มีใช้กันอยู่ทั่วไป

3.3.4 การคาร์บอไนซ์ถ่านหินและการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตา

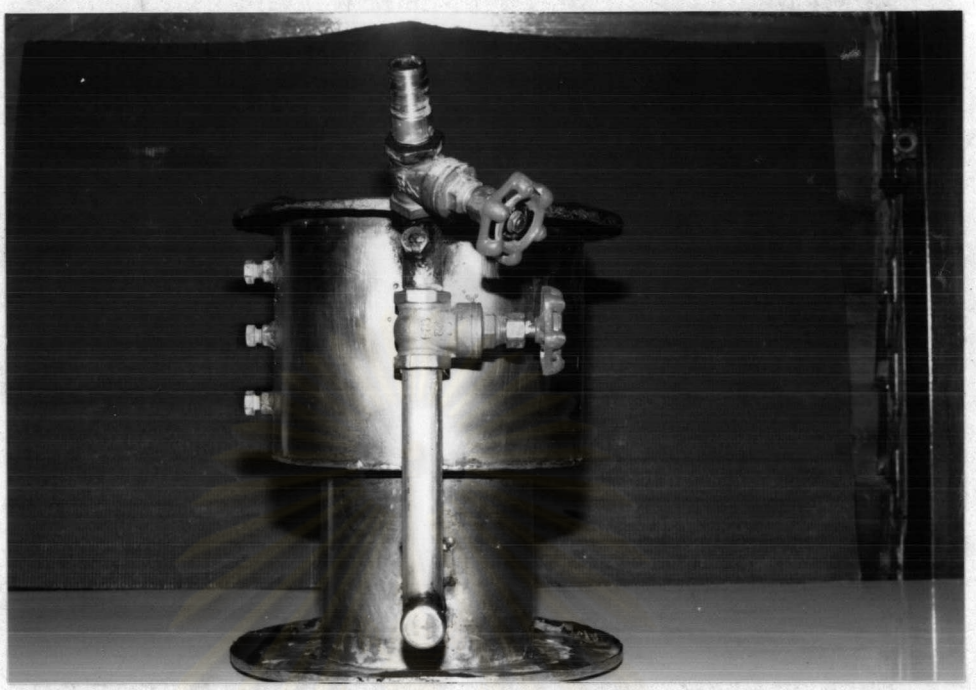
ในการคาร์บอไนซ์ถ่านหินนั้น ทำไปพร้อมกับการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตา ในการจุดเตาคาร์บอไนซ์แต่ละครั้ง บันทึกข้อมูลต่างๆที่ต้องการ เช่น ระยะเวลาที่ควันหมด อุณหภูมิน้ำและอากาศ ช่วงเวลาที่ทำให้น้ำเดือด ช่วงเวลาใช้งาน เป็นต้น ตลอดจนควบคุมสภาวะในการจุดเตา ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ค.



รูปที่ 3.13 แสดงเตาคาร์บอไนซ์ที่บริเวณด้านหน้า

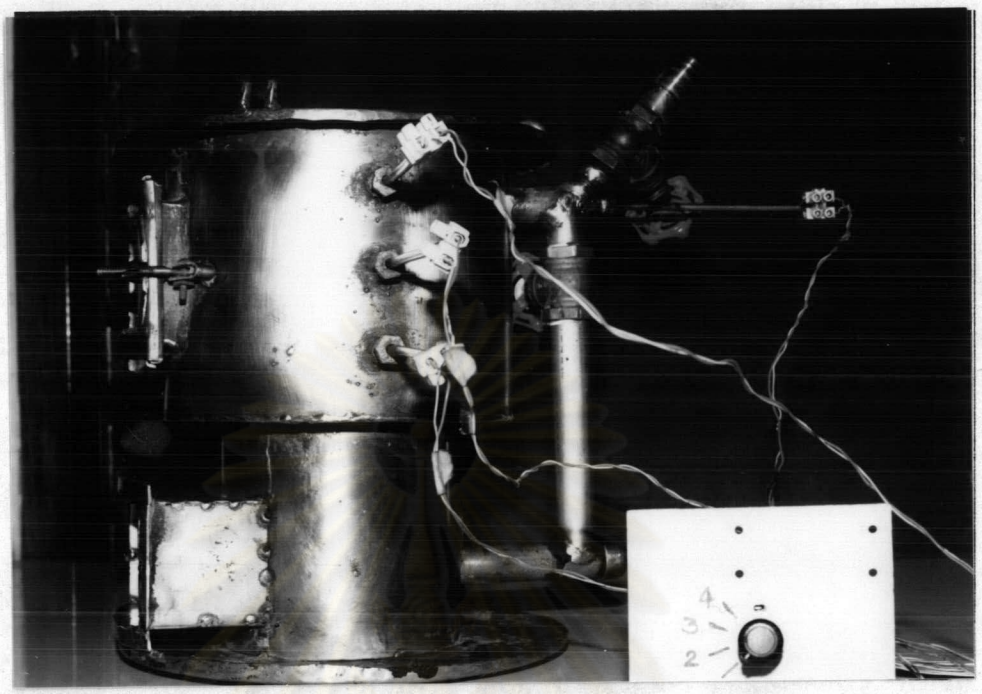


รูปที่ 3.14 แสดงเตาคาร์บอไนซ์ที่บริเวณด้านข้าง

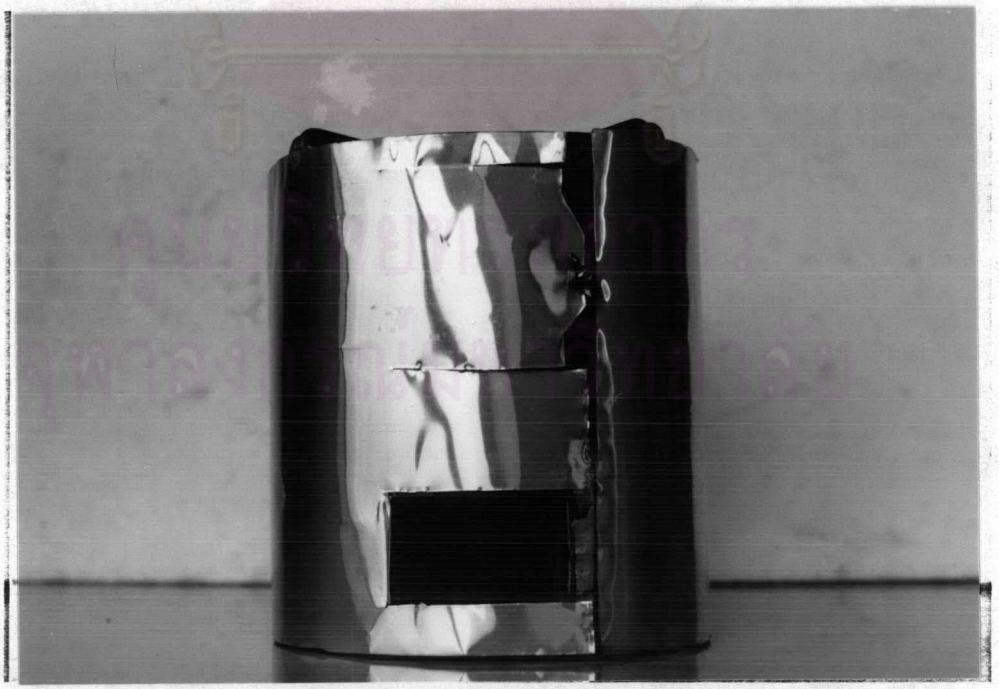


รูปที่ 3.15 แสดงเตาคาร์บอไนซ์ที่บริเวณด้านหลัง

รูปที่ 3.16 แสดงเตาคาร์บอไนซ์ที่บริเวณด้านบน



รูปที่ 3.17 แสดงตำแหน่งของเทอร์โมคับเบิล 4 ตัวที่ใส่ในเตาคาร์บอไนซ์



รูปที่ 3.18 เตาคาร์บอไนซ์ที่บุดินทนไฟ ฉนวน และหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมบางแล้ว

สำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลองนั้น การทดลองในระยะแรกได้ใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงก่อน ทำการหาประสิทธิภาพการใช้งาน และคาร์บอไนซ์ถ่านหินในเตาไปพร้อมกัน เมื่อมีถ่านหินไร้ควันที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ปริมาณพอสมควรแล้ว จึงนำมารวมกัน เก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ (ดังรายละเอียดใน 3.3.2) นำไปบดและอัดก้อน (ดังรายละเอียดใน 3.3.5) เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนถ่านไม้ต่อไป

3.3.5 การอัดก้อนถ่านหินไร้ควัน

1. นำถ่านหินไร้ควันที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ในข้อ 3.3.4 มารวมกัน คลุกผสมให้ทั่ว แล้วนำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดถ่านหินแบบ Cross beater mill โดยใช้ตะแกรงขนาด Ø.75 มม. จนหมด

2. ดินเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสาน จะผ่านการบดละเอียด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมครอนจนหมด นำมาอบแห้งและเก็บไว้ในถุงพลาสติก ปิดปากถุง

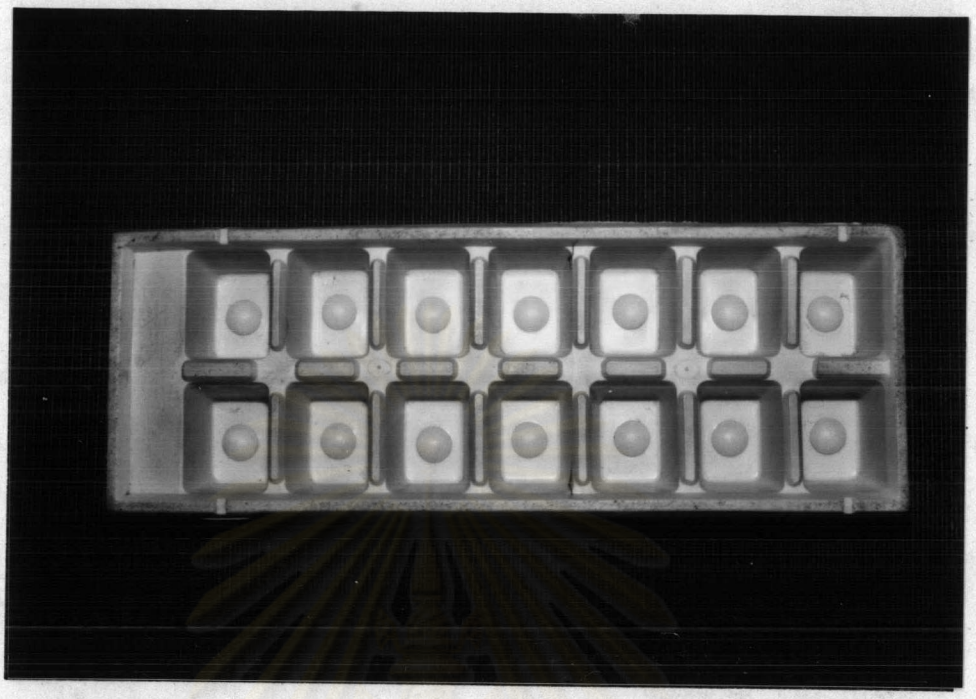
3. ชั่งส่วนผสมต่างๆ ได้แก่ ถ่านหินไร้ควันที่บดละเอียดแล้ว ปูนขาว ซึ่งใช้กำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระหว่างการเผาไหม้ ดินเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสาน ตามอัตราส่วนที่ต้องการศึกษา โดยเทียบกับน้ำหนักของถ่านหินไร้ควันแห้ง ดังตัวอย่างการคำนวณที่แสดงไว้ในภาคผนวก ข.

4. นำถ่านหินไร้ควัน ผสมกับปูนขาวในเครื่องผสม (Mixer) จากนั้นเอาดินเหนียวที่ละลายน้ำเทตามลงไป ผสมในเครื่องผสมจนเข้ากันดีเป็นเวลาประมาณ 15 นาที จึงนำเอาส่วนผสมออกจากเครื่อง

5. นำส่วนผสมมาอัดก้อน โดยใช้แบบพิมพ์เป็นถาดน้ำแข็งพลาสติกที่มีรูปร่างพิมพ์เป็นก้อนสี่เหลี่ยม ดังรูปที่ 3.19 ออกแรงกดด้วยมือจนแน่น แล้วจึงค่อยๆเคาะออกจากแบบพิมพ์ ในกรณีที่เคาะเอาก้อนถ่านออกมาแล้ว ถ่านมีรอยแตกหรือไม่ติดเป็นก้อน ให้เติมน้ำลงในส่วนผสมเล็กน้อย คลุกให้ทั่วแล้วจึงทำการอัดก้อนใหม่ ถ่านหินอัดก้อนไร้ควันที่ได้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 2.5 x 3.5 x 2.5 ซม. ดังรูปที่ 3.20 นำมาตากแห้งโดยตั้งทิ้งไว้ในอากาศจนความชื้นเข้าสู่สมดุลกับความชื้นในอากาศ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์ จึงนำเอามาใช้งาน

3.3.6 การวิเคราะห์ปริมาณและรูปแบบของกำมะถัน

ทำการทดลองโดยนำเถ้าที่ได้จากการเผาไหม้ของถ่านหินอัดก้อนไร้ควันที่มีส่วนผสมในการอัดก้อนต่างกัน ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมและยังคงรูปเดิมอยู่เป็นส่วนใหญ่ ดังรูปที่ 3.21 มาบดละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมครอน จนหมด นำมาวิเคราะห์ปริมาณและ



รูปที่ 3.19 ถาดน้ำแข็งพลาสติกที่ใช้เป็นแบบพิมพ์ในการอัดก้อน

รูปที่ 3.20 ถ่านหินอัดก้อนไร้ควัน

รูปที่ 3.21 เถ้าของถ่านหินอัดก้อนไร้ควัน

รูปแบบของกำมะถันในเถ้า เปรียบเทียบกับที่มีในถ่านหินก่อนการคาร์บอไนซ์ และถ่านหินไร้ควันที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ เพื่อหาประสิทธิภาพในการขจัดกำมะถันของปูนขาวที่ใส่ลงไปในถ่านหินอัดก้อนไร้ควัน โดยนำมาวิเคราะห์

1. ความชื้นในเถ้า ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3173 (37)
2. ปริมาณกำมะถันรวม ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 1757 (42)
3. รูปแบบของกำมะถัน ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 2492 (43)

(รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ อยู่ในภาคผนวก ก)

3.3.7 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

3.4 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

ในงานวิจัยนี้ ใช้เตาที่สร้างขึ้นทำการคาร์บอไนซ์ถ่านหินในขณะที่หุงต้มไปพร้อมกัน โดยมีตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ

1. ปริมาณเชื้อเพลิง เกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณความร้อนที่ได้รับ ในขณะที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ในเตา ความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ส่วนหนึ่งถูกใช้ไปในการหุงต้มอาหาร ส่วนหนึ่งถูกใช้ไปกับการคาร์บอไนซ์ถ่านหินที่อยู่ในห้องคาร์บอไนซ์ ในงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาถึงผลของปริมาณเชื้อเพลิงที่ต่างกันที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้งานของเตา ปริมาณสารระเหยที่เหลืออยู่ในถ่านหินไร้ควันที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ และอุณหภูมิในห้องคาร์บอไนซ์ โดยใช้เชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควันปริมาณเทียบเท่ากับค่าความร้อนที่ได้จากถ่านไม้ 400 - 600 กรัม

2. ปริมาณถ่านหินที่ใส่ในห้องคาร์บอไนซ์ ถ่านหินที่อยู่ในห้องคาร์บอไนซ์ต้องการความร้อนส่วนหนึ่งในขณะที่หุงต้มไปเพื่อทำการไล่ความชื้นและสารระเหยออกจากถ่านหิน ดังนั้น ปริมาณถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์จึงอาจมีผลต่อคุณภาพถ่านหินไร้ควันที่ได้รับหลังการคาร์บอไนซ์ จึงศึกษาถึงผลของปริมาณถ่านหินที่ใส่ในห้องต่างกันว่ามีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานอย่างไร ตลอดจนอุณหภูมิในห้องคาร์บอไนซ์ และปริมาณสารระเหยที่เหลืออยู่ในถ่านหินไร้ควันที่ได้ โดยใช้ปริมาณถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์ 650 - 1,300 กรัม

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ และ ปริมาณถ่านหินที่ใส่ในห้องคาร์บอไนซ์ยังมีผลต่อคุณสมบัติของถ่านหินไร้ควันที่ได้รับจากการคาร์บอไนซ์ซึ่งจะถูกนำมาเป็นเชื้อเพลิงในรูปของถ่านหินอัดก้อนไร้ควัน จึงต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบกันไปด้วย โดยพยายามทำให้เป็นเชื้อเพลิงที่จุดติดได้สะดวก มีกลิ่นและควันลดลง เป็นต้น

3. ร้อยละของส่วนผสมต่างๆที่เหมาะสมในการอัดก้อนถ่านหินไร้ควัน โดยศึกษาปริมาณของดินเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสาน และปูนขาวที่ใช้จับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนไร้ควัน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อผลิตถ่านหินอัดก้อนไร้ควันจากถ่านหินไร้ควันที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ด้วยวิธีการอย่างง่าย ใช้อุปกรณ์ที่ไม่ยุ่งยากและราคาไม่แพง สามารถผลิตถ่านหินอัดก้อนไร้ควันที่คงรูปร่างในขณะหยิบจับ ขณะที่เผาไหม้ และมีเถ้าที่คงรูปหลังการเผาไหม้ โดยใช้ปริมาณดินเหนียว ร้อยละ 0 , 5 , 10 , 15 โดยน้ำหนัก เทียบกับน้ำหนักของถ่านหินไร้ควันแห้ง และใช้ปูนขาว ร้อยละ 0 , 5 , 10 , 15 โดยน้ำหนัก เทียบกับน้ำหนักของถ่านหินไร้ควันแห้ง

ขั้นตอนต่างๆในงานวิจัยสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนต่างๆในงานวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย