

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

การศึกษาการใช้ประโยชน์ทางความร้อนจากกระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊สเพื่อลดความชื้น เชื้อเพลิงชีวมวล มีการสร้างเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง โดยมีรายละเอียดของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และขั้นตอนการทดลองดังนี้

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง ประกอบด้วย

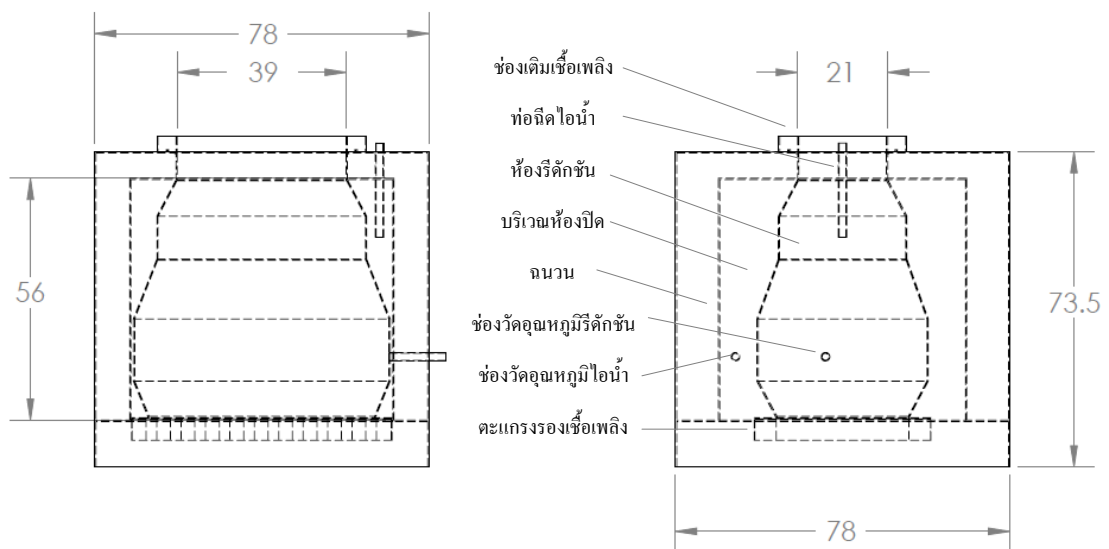
3.1.1 เตาผลิตแก๊สชนิดไหลขึ้นแบบสองชั้น (Two-Stage Updraft Gasifier)

เตาผลิตแก๊สชนิดไหลขึ้นแบบสองชั้น ออกแบบ โดยการแยกเอา ชั้นเผาไหม้ออกจาก ชั้นรีดักชัน แล้วเพิ่มห้องสำหรับหน่วงเวลาให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากชั้นเผาไหม้ มีเวลาทำปฏิกิริยากับถ่านร้อนในรีดักชันโซนให้นานขึ้น เพื่อ เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตแก๊ส มีขนาด 81×81 cm ความสูงรวม 205 cm แสดงในรูปที่ 3.1 โดยตัวเตาทั้ง 2 ส่วนมีรายละเอียดดังนี้

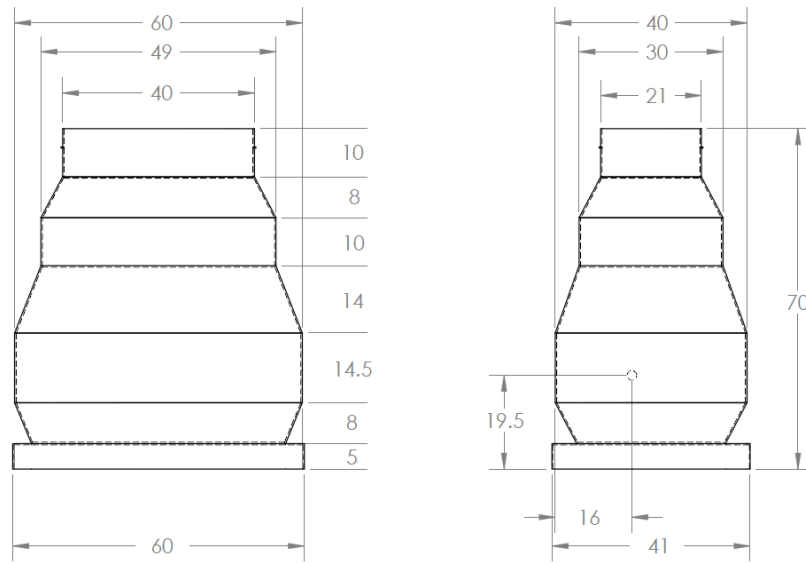


รูปที่ 3.1 เตาผลิตแก๊สชนิดไหลขึ้นแบบสองชั้น

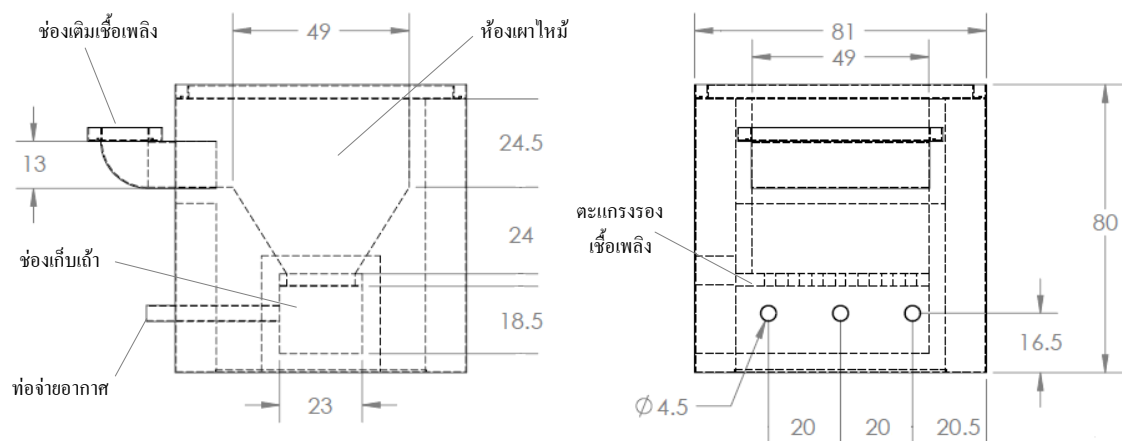
- ชั้นรีดักชัน (Reduction Zone) สร้างจากเหล็กแผ่นหนา 3 mm มีสัดส่วนความกว้างและยาวแสดงในรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 มีความสูงรวม 73.5 cm ปริมาตร 0.1 m³ ด้านบนมีส่วนของช่องเดิมเชื้อเพลิง ขนาด 21×40 cm ท่อทางออกแก๊สขนาด 7.6 cm และท่อระบายความดันเพื่อป้องกันความดันเกิน กำหนดขนาด 3.8 cm ด้านล่างมีตะแกรงรองรับเชื้อเพลิง ทำจากปูนทนไฟหล่อขึ้นรูปขนาด 40×60 cm มีช่องว่างขนาด 2.5×30 cm จำนวน 10 ช่อง ในส่วนชั้นรีดักชันจะถูกหุ้มด้วยห้องปิดทำจากเหล็กหนา 3 mm ขนาด กว้าง 58 cm ยาว 62 cm สูง 56 cm ซึ่งในห้องปิดนี้ด้านบนเป็นแผ่นเหล็กปิดทึบและต่อกับท่อฉีดไอน้ำขนาด 0.6 cm ส่วนด้านล่างเปิดโล่งเพื่อสะสมแก๊ส และความร้อนที่ได้จากชั้นเผาไหม้ โดยภายนอกชั้นรีดักชันนี้จะถูกหุ้มด้วยฉนวน ทำจากอิฐฉนวนทนไฟหนา 7 cm
- ชั้นเผาไหม้ (Combustion Zone) สร้างจากอิฐทนไฟหนา 7 cm มีขนาดกว้างและยาวแสดงในรูปที่ 3.4 มีความสูงรวม 80 cm มีปริมาตร 0.04 m³ ด้านข้างชั้นเผาไหม้มีช่องเดิมเชื้อเพลิง ขนาด 13×49 cm ด้านล่างมีตะแกรงรองรับเชื้อเพลิง ทำจากปูนทนไฟหล่อขึ้นรูปขนาด 23×54 cm มีช่องว่างขนาด 2.5×20 cm จำนวน 7 ช่อง ใต้ตะแกรงรองรับเชื้อเพลิงเป็นช่องเก็บเถ้าสร้างจากอิฐทนไฟ มีขนาดกว้าง 23 cm ยาว 54 cm สูง 18.5 cm ช่องเก็บเถ้ามีประตูปิดกันรั่วสร้างจากแผ่นเหล็กหนา 6 mm ขนาด 22×27 cm บุกอบด้วยปะเก็นกระดาศหนา 2 mm ด้านข้างช่องเก็บเถ้าต่อกับท่อจ่ายอากาศขนาด 3.8 cm จำนวน 3 ท่อ ภายนอกชั้นเผาไหม้ทั้งหมดจะถูกหุ้มด้วยฉนวนทำจากอิฐเถ้าหนา 6 cm



รูปที่ 3.2 เตาผลิตแก๊สชนิดไหลขึ้นชั้นรีดักชัน



รูปที่ 3.3 ห้องรีดักชัน



รูปที่ 3.4 เตาผลิตแก๊สชนิดไหลขึ้นชั้นเผาไหม้

3.1.2 ไซโคลน (Cyclone)

ไซโคลนใช้ในการดักฝุ่นละอองที่ปะปนมากับแก๊สเชื้อเพลิง สร้างจากแผ่นสแตนเลส หนา 1 mm ม้วนเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 cm ความสูงรวม 65 cm ช่องทางเข้าและทางออก แก๊สเป็นท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm แสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ไซโคลน

3.1.3 ห้องอบแห้ง (Drying Chamber)

ห้องอบแห้งสร้างจากถังน้ำมันปริมาตร 100 L เส้นผ่านศูนย์กลาง 60 cm สูง 90 cm มีฝาปิดสำหรับเติมเชื้อเพลิงสำหรับการอบแห้งด้านบน มีท่อทางเข้าแก๊สทางด้านข้างขนาด 7.6 cm และท่อทางออกแก๊สขนาด 3.8 cm ทางด้านล่าง แสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ห้องอบแห้ง

3.1.4 เครื่องควบแน่น (Condenser)

เครื่องควบแน่นชนิดเปลือกและท่อ (Shell and Tube) ใช้ในการควบแน่นไอน้ำและน้ำมันดินที่ปะปนมา กับแก๊สเชื้อเพลิง ส่วนเปลือกทำจากท่อสแตนเลส เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 cm สูง 200 cm และส่วนท่อทำจากสแตนเลสขนาด 1.3 cm จำนวน 6 เส้น แสดงในรูปที่ 3.7 โดยเครื่องควบแน่นนี้ใช้น้ำเย็นที่อุณหภูมิ 6°C เป็นสารหล่อเย็น



รูปที่ 3.7 เครื่องควบแน่นชนิดเปลือกและท่อ

3.1.5 ถังดักน้ำมันดิน

ถังดักน้ำมันดินเป็นถังเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 cm สูง 70 cm มีท่อทางเข้าแก๊สทางด้านบน ขนาด 3.8 cm และท่อทางออกแก๊สขนาดเดียวกันอยู่ด้านล่าง ที่ด้านล่างของถังเป็นทรงกรวยโดยส่วนปลายมีวาล์วเพื่อใช้ระบายน้ำมันดิน แสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ถังดักน้ำมันดิน

3.1.6 ชุดพัฒนาคูแก็ส

ชุดพัฒนาคูแก็สใช้ริงโบลเวอร์ ขับด้วยมอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 1 แรงม้า มีท่อดูดและท่อส่งขนาด 3.8 cm โดยในส่วนของท่อส่งจะมีการติดตั้งบอลวาล์วเพื่อควบคุมปริมาณแก๊สเชื้อเพลิง แสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ชุดพัฒนาคูแก็ส

3.1.7 เครื่องกำเนิดไอน้ำ

เครื่องผลิตไอน้ำใช้เครื่องผลิตไอน้ำ ใช้กำลังไฟ 6 kW ผลิตไอน้ำได้สูงสุด 9 kg/hr ที่ความดัน 0.3 MPa อุณหภูมิ 140 °C แสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 เครื่องกำเนิดไอน้ำ

3.1.8 เครื่องมือวัดและบันทึกอุณหภูมิ

การวัดอุณหภูมิใช้ เทอร์โมคัปเปิล type K ที่มีย่านการวัดอุณหภูมิ $-200-1370^{\circ}\text{C}$ ต่อกับเครื่องบันทึกและแสดงอุณหภูมิ สามารถบันทึกอุณหภูมิได้พร้อมกัน 6 ช่อง

3.1.9 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของแก๊ส

การวัดอัตราการไหลของแก๊ส ใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบ ออร์ฟิสและแมนอมิเตอร์ (Orifice and Manometer) วัดอัตราการไหลแก๊สเชื้อเพลิง โดยขนาดท่อแก๊สเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 cm แผ่นออร์ฟิสเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 cm การวัดค่าความแตกต่างของความดันใช้แมนอมิเตอร์ทำจากสายยางรูปตัวยูภายในบรรจุน้ำ ร่วมกับเครื่องวัดความเร็วลมในท่อ พิกัดการวัด 0.01-25 m/s ในการวัดปริมาณอากาศเข้าภายในเตา

3.1.10 เครื่องวิเคราะห์แก๊สแบบต่อเนื่อง

เครื่องวิเคราะห์แก๊สแบบต่อเนื่อง สามารถตรวจวัดแก๊สได้ 3 ชนิด ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีเทน (CH_4) และ ไฮโดรเจน (H_2) โดยภายในเครื่องจะประกอบด้วยปั๊มดูดแก๊สตัวอย่าง เครื่องลดอุณหภูมิและเครื่องกรองแก๊สตัวอย่าง เครื่องวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีเทน (CH_4) และเครื่องวัดปริมาณไฮโดรเจน (H_2) แสดงในรูปที่ 3.11



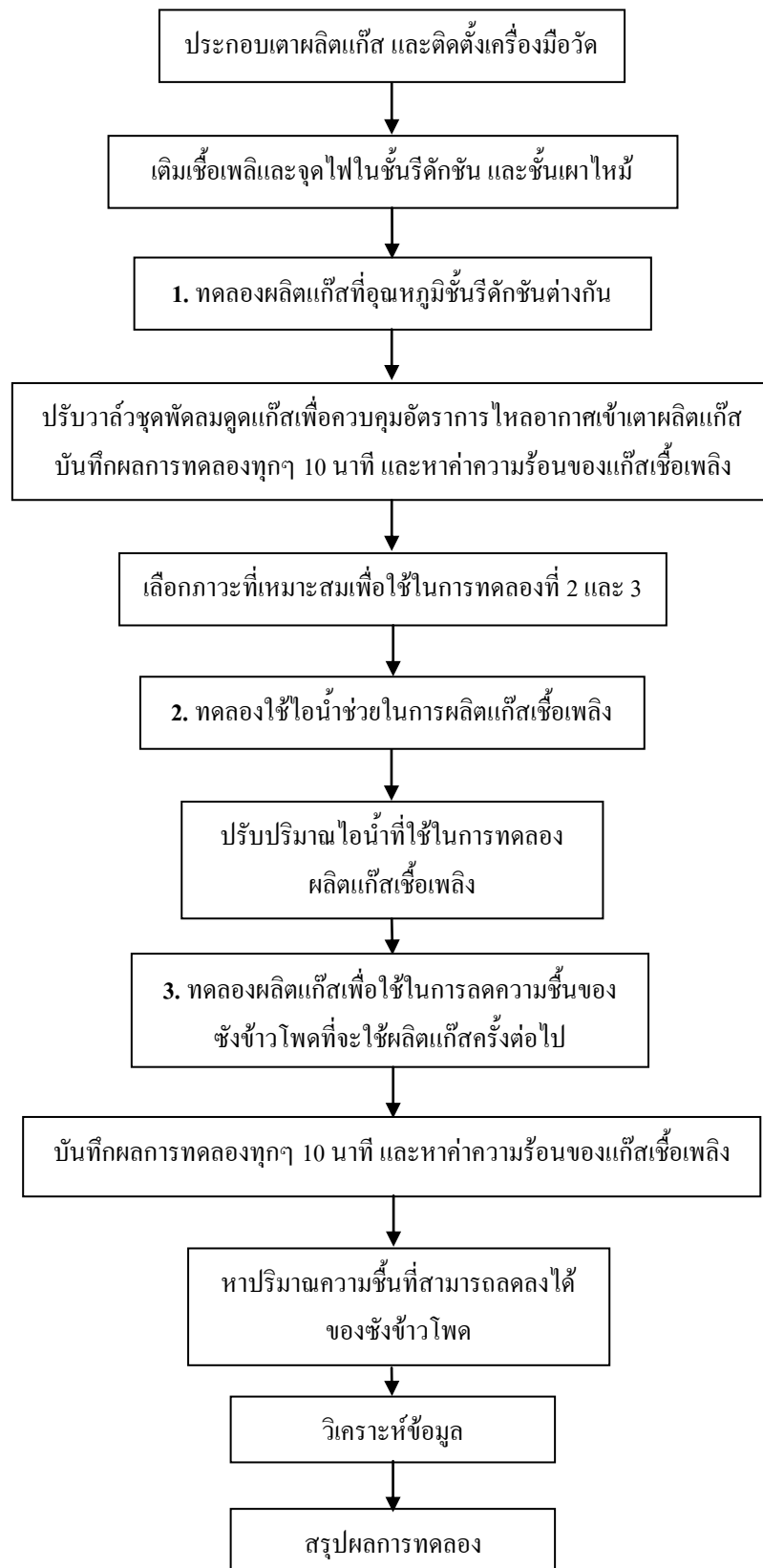
รูปที่ 3.11 เครื่องวิเคราะห์แก๊สแบบต่อเนื่อง

3.2 วิธีการทดลอง

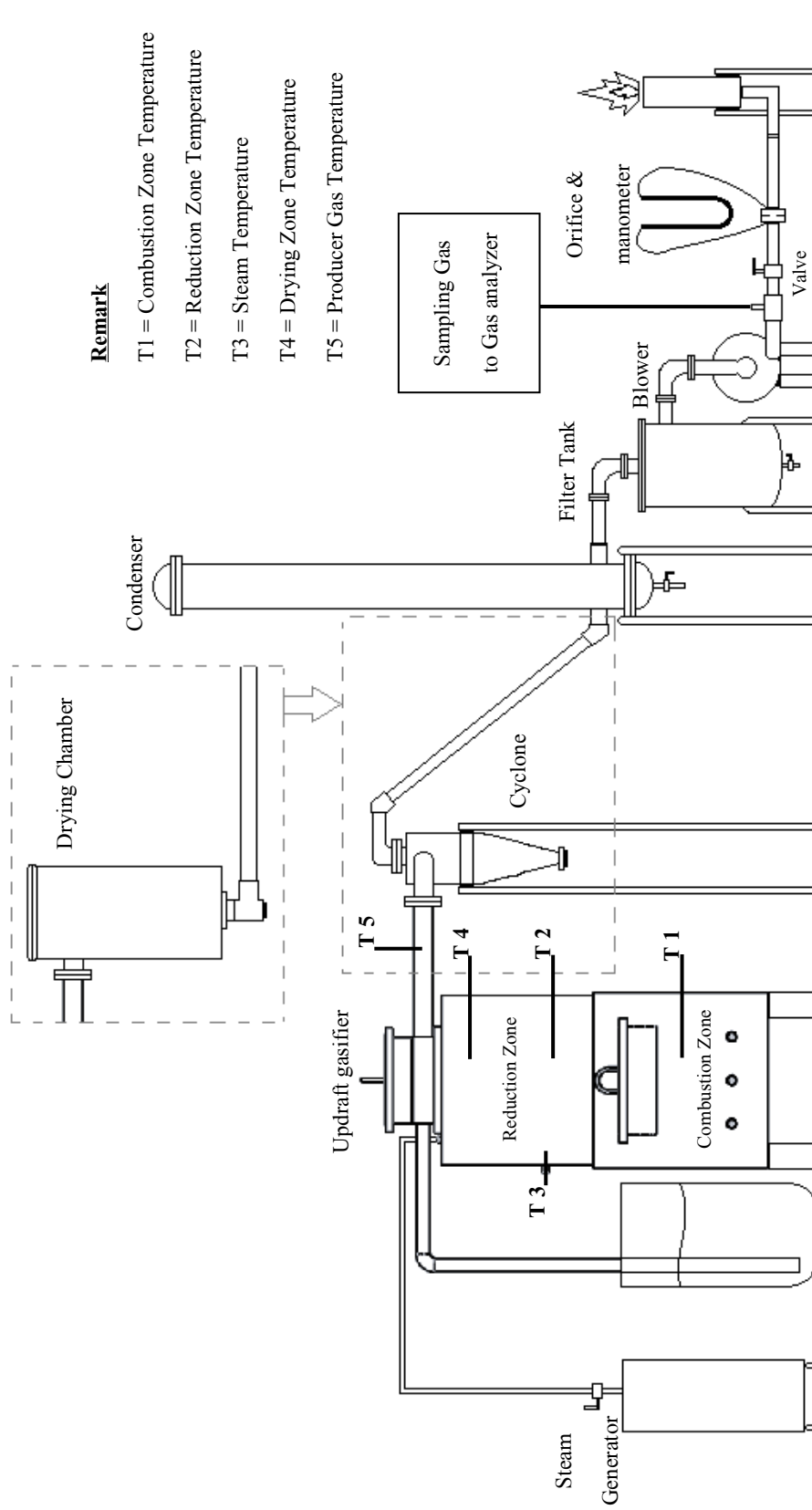
หลังจากสร้างชุดอุปกรณ์ทดลองจนเสร็จ ประกอบส่วนต่างๆ เข้าเป็นระบบดังรูปที่ 3.12 และติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ และอัตราการไหลแก๊สไว้ที่จุดต่างๆ เพื่อดำเนินการทดลองโดยมีขั้นตอนการทดลองดังแผนภาพซึ่งแสดงในรูปที่ 3.13 และมีรายละเอียดตามลำดับดังนี้

1. ใส่ถ่านไม้ลงในชั้นในชั้นรีดักชันประมาณ 2 kg จากนั้นใส่ขังข้าวโพดที่ใช้สำหรับการทดลอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 cm ยาว 3 cm จนเต็ม และปิดฝาชั้นรีดักชันจนแน่น จากนั้นใส่เชื้อเพลิงถ่านไม้ลงในชั้นเผาไหม้ 2 kg
2. เริ่มเดินชุดพัฒนาคูเค้นโดยเปิดวาล์วที่ชุดพัฒนาคูเค้น จากนั้นจุดไฟชั้นรีดักชันโดยใช้หัวเผาไฟ จุดไฟข้างใต้ชั้นรีดักชันโดยสอดหัวเผาไฟเข้าไปทางช่องเดิมเชื้อเพลิงของชั้นเผาไหม้ สังเกตการติดไฟจากอุณหภูมิในชั้นรีดักชันเพิ่มสูงขึ้น
3. เมื่อเชื้อเพลิงในชั้นรีดักชันติดไฟดีแล้วจึงเริ่มจุดไฟบริเวณชั้นเผาไหม้โดยใช้หัวเผาไฟจุดไฟข้างใต้ชั้นเผาไหม้โดยสอดหัวเผาไฟเข้าไปทางช่องเก็บถ่าน เมื่อชั้นเผาไหม้ติดไฟจึงปิดประตูที่ช่องเก็บถ่านจนแน่นสนิท
4. ปรับอัตราการไหลของอากาศที่วาล์วของชุดพัฒนาคูเค้นเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในเตาชั้นรีดักชันให้ได้ตามที่กำหนด (800, 850 และ 900 °C) และสังเกตการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในชั้นรีดักชันเมื่อเพิ่มชิ้นซาลงหรือเริ่มจะคงที่หลังจากเวลาผ่านไป 10-15 นาที ทดลองจุดไฟที่ปล่องไฟหลังชุดพัฒนาคูเค้น
5. บันทึกอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที บันทึกปริมาณแก๊สเชื้อเพลิง (คาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทนและไฮโดรเจน) บันทึกความแตกต่างของระดับน้ำในมานอมิเตอร์ และความเร็วอากาศที่เข้าสู่เตาผลิตแก๊ส
6. ทดลองเดินเตาผลิตแก๊สที่อุณหภูมิชั้นรีดักชันในข้อที่ 4 โดยบันทึกผลเป็นเวลา 90 นาที จึงยุติการทดลอง และเก็บน้ำมันดินที่ได้จากเครื่องควบแน่นและถังดักน้ำมันดินเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันดินที่ได้จากการทดลองผลิตแก๊ส
7. เปรียบเทียบปริมาณแก๊สเชื้อเพลิง และคำนวณค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ จากการทดลองทั้ง 3 เพื่อหาสภาวะการทดลองที่ดีที่สุด และใช้สภาวะการทดลองนั้นในการเดินเตาผลิตแก๊สเพื่อทดลองการฉีดไอน้ำช่วยในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง
8. ทดลองการฉีดไอน้ำช่วยในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงโดยการเดินเตาผลิตแก๊สตามขั้นตอนในข้อ 1-4 จากนั้นสังเกตอุณหภูมิในเตาเมื่อเริ่มลงที่ จึงเปิดวาล์วที่เครื่องกำเนิดไอน้ำเพื่อฉีดไอน้ำเข้าสู่เตาในปริมาณที่กำหนด (0.03, 0.08 และ 0.15 L/min)
9. บันทึกผลการทดลองตามข้อที่ 5 และบันทึกปริมาณไอน้ำที่ป้อนสู่เตาผลิตแก๊สจากระดับน้ำที่ลดลงของเครื่องกำเนิดไอน้ำ และความสูงของเชื้อเพลิงในชั้นรีดักชัน
10. เปรียบเทียบปริมาณแก๊สเชื้อเพลิง ค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิง และปริมาณน้ำมันดินที่ได้จากการทดลองปกติและการทดลองฉีดไอน้ำ

11. ทดลองเดินเตาผลิตแก๊สเพื่อลดความชื้นของซังข้าวโพดโดยการติดตั้งห้องอบแห้งบริเวณปลายทางออกของเตาผลิตแก๊ส จากนั้นใส่ซังข้าวโพดที่ทราบความชื้นเริ่มต้นลงในห้องอบแห้ง และทำการเดินเตาผลิตแก๊สโดยเลือกสภาวะการทดลองที่ดีที่สุดในการเดินเตา
12. บันทึกผลการทดลองทุก 10 นาที เป็นเวลา 90 นาที จึงยุติการทดลอง จากนั้นนำซังข้าวโพดในห้องอบแห้งมาหาปริมาณความชื้นเปรียบเทียบกับซังข้าวโพดก่อนการทดลอง



รูปที่ 3.12 แผนภาพขั้นตอนการทดลอง



รูปที่ 3.13 แผนภาพของระบบผลิตแก๊สจากเตาผลิตแก๊สชนิดไหลขึ้นแบบ 2 ชั้น

เพื่อลดความชื้นเชื้อเพลิงชีวมวล