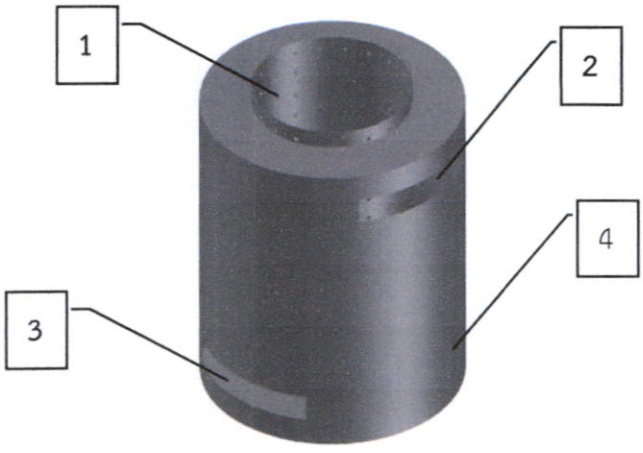
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีลำดับขั้นตอนในการทำวิจัยต้องอาศัยเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ การออกแบบเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงชีวมวลในงานวิจัยนี้ได้แบ่งออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการสร้างชุดเตาผลิตแก๊ส
2. ขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบจากเปลือกผลไม้
3. ขั้นตอนการทดลองการเผาเชื้อเพลิง
4. ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน
5. ขั้นตอนเก็บตัวอย่างแก๊ส

3.1 การออกแบบเตาผลิตแก๊สชีวมวล

การออกแบบสร้างเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงนั้นต้องมีความสะดวกในการใช้งานและมีราคาประหยัดมีแนวคิดมาจากขนาดของเตาฟืนที่มีใช้ในครัวเรือนและระยะเวลาการใช้งานในแต่ละครั้งเพื่อหาขนาดปริมาตรของห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงรวมไปถึงความหนาแน่นจากเชื้อเพลิงที่เป็นเปลือกผลไม้และเศษชีวมวลทางการเกษตร โดยเตาที่ทำการออกแบบนั้นจะลักษณะทรงกระบอกซ้อนกัน 2 ชั้น โดย [1] โครงสร้างด้านนอกเป็นเหล็กแผ่นความหนา 1.2 มิลลิเมตร ม้วนทรงกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 290 มิลลิเมตร สูงจากพื้น 300 มิลลิเมตร [4] เจาะช่องอากาศ 4 ช่อง ด้านลมล่างขนาด 160 x 50 มิลลิเมตร และ[2] ด้านบนขนาด 160 x 10 มิลลิเมตร [1] ในส่วนของห้องเผาไหม้เป็นรูปทรงกระบอกซ้อนด้านในโครงสร้างใช้เหล็กแผ่นความหนา 1.2 มิลลิเมตร ม้วนทรงกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 175 มิลลิเมตร สูง 280 มิลลิเมตร



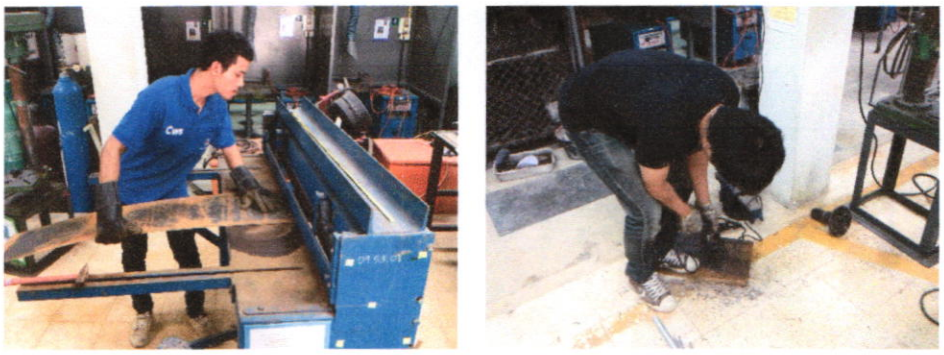
ภาพที่ 3.1 ลักษณะเตาผลิตแก๊ส

จากนั้นสามารถกำหนดลักษณะของเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงนำข้อมูลมาทำการสร้างตัวเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงในขั้นตอนต่อไป

3.2 ขั้นตอนการสร้างเตาแก๊สชีวมวล

หลังจากขั้นตอนการคำนวณหาขนาดและได้ข้อมูลการใช้งานออกแบบเสร็จแล้วในขั้นตอนการสร้างเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจะมีขั้นตอนต่าง ๆดังนี้

3.2.1 การสร้างเตาผลิตแก๊สจะเริ่มจากการนำเหล็กแผ่นหนา 1.2 มิลลิเมตร มาวัดขนาดไว้ตามที่ออกแบบและตัดเป็นชิ้นงาน แล้วนำมาทำการเจาะรูขนาด 5 mm เพื่อเติมและควบคุมทิศทางของอากาศที่ป้อนเข้าห้องเผาไหม้



(ก) (ข)

ภาพที่ 3.2 (ก) แสดงการตัดแผ่นเหล็กตามขนาด (ข) แสดงการเจาะรูแผ่นเหล็ก

3.2.2 การนำเหล็กแผ่นหนา 1.2 มิลลิเมตร ที่ได้จากการตัดตามขนาดและเจาะรูเติมอากาศเรียบร้อยแล้วมาทำการม้วนเป็นทรงกระบอกด้วยเครื่องม้วนขึ้นรูปแล้วมาทำการเชื่อมประกอบให้เป็นทรงกระบอกเพื่อใช้เป็นส่วนของห้องเผาไหม้

(ก) (ข)

ภาพที่ 3.3 (ก) แสดงการม้วนขึ้นรูปชิ้นส่วน (ข) แสดงการเชื่อมประกอบส่วนของห้องเผาไหม้

3.2.3 เชื่อมประกอบตะแกรงห้องเผาไหม้ด้านล่างเพื่อกักเศษเถ้าจากการเผาไหม้จากนั้นทำการเจาะช่องเติมอากาศที่ตัวโครงด้านนอกของเตาด้วยหินเจียรใบตัดตามขนาดที่ได้ออกแบบ

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.4 (ก) การเชื่อมประกอบตะแกรงห้องเผาไหม้ (ข) ตัดเพื่อเจาะรูควบคุมปริมาณอากาศ

3.2.4 ประกอบชุดห้องเผาไหม้กับโครงตัวเตาด้านนอกจากนั้นทดสอบการใช้งานเบื้องต้นเพื่อตรวจการทนความร้อนรอบๆ ตัวเตาเตรียมความพร้อมก่อนการทดลองจริง

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.5 (ก) ประกอบชุดห้องเผาไหม้กับโครงตัวเตา (ข) ทดสอบการใช้งานเบื้องต้น

3.3 การเตรียมวัตถุดิบจากเปลือกมังคุด

การเตรียมวัตถุดิบเพื่อใช้ในการทดลองโดยผู้วิจัยได้เรียบเรียงแบ่งออกไว้เป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ เริ่มจากการสำรวจวัตถุดิบจากแหล่งต่าง ๆ ในชุมชนเทศบาลท่าหลวงของจังหวัดจันทบุรี ซึ่งจะมีปริมาณของวัตถุดิบจำนวนมากและทำการจัดเก็บวัตถุดิบ นำวัตถุดิบที่ได้มาทำการผึ่งตากแดดให้แห้งเพื่อลดความชื้นในวัตถุดิบให้น้อยลงใช้ระยะเวลาในการตาก 2 วัน

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.6 (ก) แสดงเตรียมวัตถุดิบ (ข) แสดงการตากวัตถุดิบ

3.3.2 นำวัตถุดิบมาทำการบดย่อยด้วยเครื่องสับย่อยขนาด 5.5 แรงม้าเพื่อให้ง่ายต่อการอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงสำหรับเผาทดสอบนำวัตถุดิบที่ได้มาทำการเตรียมสำหรับอัดแท่งโดยใช้แป้งมันที่ละลายน้ำอัตราส่วน 250 กรัม ต่อน้ำ 3 ลิตร จะได้กาวแป้งเปียกใช้ในการอัดแท่ง อัตราผสมกาวแป้งเปียก 1 กิโลกรัม ต่อ วัตถุดิบ 10 กิโลกรัม

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.7 (ก) แสดงการสับย่อย (ข) แสดงการผสมวัตถุดิบกับกาวแป้งเปียก

3.3.3 จากนั้นนำวัตถุดิบมาทำการบดผสมกับตัวประสานเป็นกาวแป้งเปียก โดยอัดแท่งเป็นก้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร โดยเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงขนาด 1 แรงม้า จากนั้นนำวัตถุดิบไปทำการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 103 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จะได้วัตถุดิบสำหรับไว้ใช้เป็นเชื้อเพลิงทดสอบในขั้นตอนต่อไป

(ก) (ข)

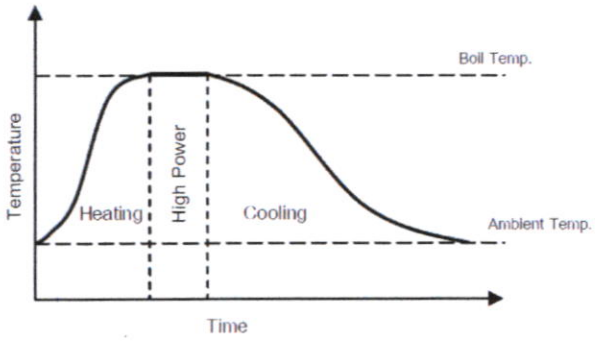
ภาพที่ 3.8 (ก) แสดงแท่งวัตถุดิบเชื้อเพลิง (ข) การอบวัตถุดิบและลักษณะของตู้อบ

3.4 วิธีการทดลองการเผาเชื้อเพลิง

3.4.1 ขั้นตอนวิธีการทดลอง

1. ทำการเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆที่ใช้ในการทดสอบเตาผลิตแก๊สชีวมวลให้พร้อม
2. ทำการติดตั้งและตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบเตาผลิตแก๊สชีวมวลให้เรียบร้อย
3. ทำการจุดไฟที่เชื้อเพลิงการทดสอบจากนั้นนำน้ำจำนวน 3 ลิตรใส่ยังภาชนะเพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของเตาด้วยวิธี Water Boiling Test (WBT) ตามมาตรฐาน

วิธีการทดลอง Water Boiling Test (WBT) ครอบคลุมตลอดช่วงการให้ความร้อนของเชื้อเพลิง (Heating, High Power, และ Low power หรือ Cooling) หาอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำ



ภาพที่ 3.9 อุณหภูมิของน้ำในการทดลอง (WBT)

จากนั้นนำมาแทนค่าในสมการเพื่อหาค่าพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้การคำนวณหาค่าพลังงานความร้อนเชื้อเพลิง (HHV) ได้จากสมการ

$$n = \frac{m_w C_p, w(\Delta T_w) + m_e L}{m_f HHV}$$

เมื่อ

n = ประสิทธิภาพทางความร้อนของเตา (Thermal Efficiency)

m_w = คือมวลของน้ำเริ่มต้น (kg)

m_e = คือมวลของน้ำที่ระเหย (kg)

C_p, w = คือความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg-K)

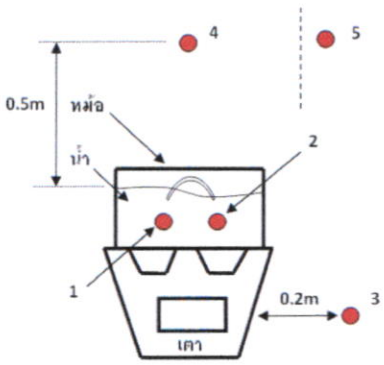
ΔT_w = คือผลต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นกับอุณหภูมิเดือด (K)

HHV = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

m_f = คือมวลของเชื้อเพลิง (kg)

L = คือ ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ (MJ/kg)

โดยติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ Thermocouple จำนวน 5 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 2 คือ อุณหภูมิน้ำ 2 ตำแหน่ง (จุดที่ 1 และ 2) ด้านนอกข้างตัวเตา 0.2 m 1 ตำแหน่ง (จุดที่ 3) เหนือผิวน้ำ 0.5 m 1 ตำแหน่ง (จุดที่ 4) และอุณหภูมินอกห้องทดสอบ 1 ตำแหน่ง (จุดที่ 5) โดยทดลองในห้องที่ปราศจากกระแสลม



ภาพที่ 3.10 ตำแหน่งการติดตั้ง RTD (Pt100)

4. ทำการเก็บค่าอุณหภูมิจากน้ำที่ต้มโดยใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิแบบ Data logger ยี่ห้อ wisco รุ่น ML 23 ติดตั้งเซนเซอร์ Thermo Couple Type K และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ RTD 100 ไว้ตำแหน่งบริเวณตรงกลางห่างจากก้นภาชนะ 5 เซนติเมตร

5. เก็บตัวอย่างวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิง

6. ทำการกดบันทึกอุณหภูมิของน้ำจนกระทั่งเชื้อเพลิงเผาไหม้หมดจึงหยุดบันทึกข้อมูล

7. ทำการชั่งมวลของน้ำหลังการทดสอบและทำการชั่งเถ้าของเชื้อเพลิงแล้วบันทึกข้อมูลและนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้ไปทำการหาประสิทธิภาพของเตาผลิตชีวมวล

3.4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์การวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ต้องอาศัยเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆเพื่อช่วยในดำเนินการแต่ละขั้นตอนและช่วยเก็บผลการทดลอง โดยมีเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. เครื่องทดสอบค่าความร้อนเชื้อเพลิง เป็นของบริษัท ESSOM สามารถทดสอบได้ตามมาตรฐาน ASTM D240, หรือ D4809 หรือ D5865

ภาพที่ 3.11 เครื่องทดสอบค่าความร้อนเชื้อเพลิง

มีรายละเอียดทางเทคนิค

- ตัวเครื่องทำเป็น 2 ชั้น มีช่องสาหรับเติมน้าด้านบนโครงเครื่องทำด้วย สแตนเลส
- มีมอเตอร์กวนน้ำเป็นชนิดต่อตรงกับใบพัดกวน
- ชุดจุดระเบิดพร้อมอุปกรณ์ติดตั้งอยู่ในตัวเครื่องอย่างสมบูรณ์
- มีถ้วยจุดระเบิดขนาดไม่น้อยกว่า 300 มิลลิลิตรทำด้วย สแตนเลสทนความดันได้ไม่น้อยกว่า 2900psi
- อุปกรณ์ประกอบเครื่องดังนี้ ถังออกซิเจนพร้อมอุปกรณ์, ถ้วยสาหรับใส่สารตัวอย่างเชื้อเพลิง,บีกเกอร์ , กระบอกฉีด และ Fuse จุดระเบิด
- มีซอฟแวร์สาหรับหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ซอฟแวร์สามารถ Key in ค่าตามสูตรคำนวณ ตามทฤษฎีเพื่อให้โปรแกรม คำนวณหาค่าความร้อนในหน่วยของแคลอรี่ได้

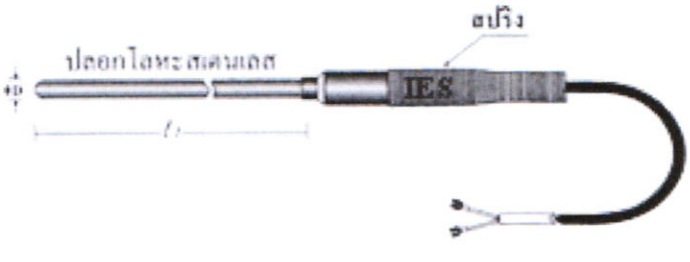
2. ภาชนะใส่น้ำ Stan less steel ความจุขนาด 5 ลิตร

ภาพที่ 3.12 ภาชนะใส่น้ำ Stan less steel ขนาด 5 ลิตร

3. ตาชั่งน้ำหนักแบบ ดิจิตอล CST รุ่น CDR-30 พิกัดขนาดน้ำหนัก 30 กิโลกรัมเป็นเครื่องชั่งชนิดแสดงผลแบบตัวเลขโดยอาศัยหลักการอิเล็กทรอนิกส์ทำงานจากแผงวงจรต่อเชื่อมกับส่วนรับน้ำหนัก (load cell) เหมาะสมกับงานที่ต้องการความแม่นยำและรวดเร็วในการทำงาน มีโปรแกรมการทำงานหักค่าภาชนะมีแบตเตอรี่สำรองภายในเครื่องสามารถใช้งานได้ 60 ชั่วโมง

ภาพที่ 3.13 ตาชั่งน้ำหนักแบบ ดิจิตอล CST รุ่น CDR-30

4. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ RTD 100

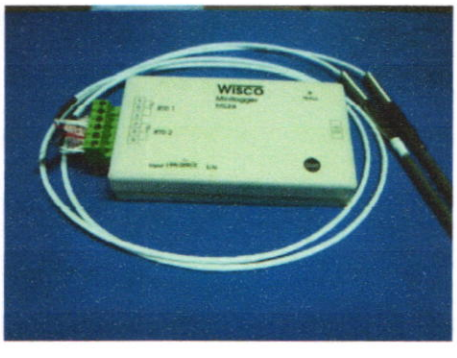


ภาพที่ 3.14 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ RTD 100

มีรายละเอียดทางเทคนิค

- ชนิดของไส้ : Type K (CA), J (IC), T, E, Pt100W
- ขนาดของไส้ : Ø 0.65 มม.
- ขนาดของปลอก : Ø 5, 6.35,9.6 มม.
- ความยาวปลอก : 100, 200, 300, 400, 500, 600 มม.
- ความยาวสาย : 1, 2, 3, 4, 5,10,..... ม.
- อุณหภูมิใช้งานสูงสุด : Type K, J : 600 °C, Pt100 : 600 °C
- ลักษณะการใช้งาน : สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศและของเหลว

5. เครื่องบันทึกอุณหภูมิ ML23 Data logger



ภาพที่ 3.15 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ ML23 Data logger

เครื่อง DATA LOGGER รุ่น ML23 เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลขนาดเล็ก สามารถรับค่าสัญญาณอุณหภูมิจาก Thermocouple Sensor ได้ 2 แชนแนลโดยข้อมูลจะถูกเก็บอย่างต่อเนื่องในหน่วยความจำภายในเครื่องซึ่งจะมีค่าวันที่และเวลาบันทึกกำกับไว้ด้วย

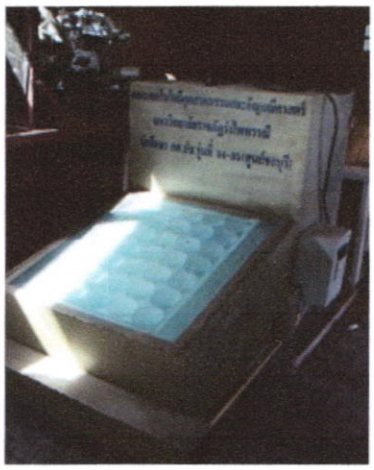
การอ่านข้อมูลที่บันทึกอยู่ในโมดูลของเครื่องสามารถทำได้โดย ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับเครื่อง DATA LOGGER ทางพอร์ต RS-232 หรือผ่านโมเด็มโดยมี Soft Ware ช่วยในการอ่านข้อมูลเข้าไปในเครื่องคอมพิวเตอร์โดยจะแสดงผลในรูปแบบตัวเลขหรือกราฟ ข้อมูลนี้ก็จะสามารถนำไปใช้กับโปรแกรมประยุกต์อื่นได้ละนำไปใช้ในการคำนวณเพิ่มเติมได้อีกด้วย

มีรายละเอียดทางเทคนิค

Analog Input	2 Channels
Input Type (Order)	Thermocouple Type K, 0-1000 °C
ADC Resolution	10 bits
Accuracy	±0.2% of span
Recording Interval	1 sec – 18 Hours (Programmable)
Memory	128 Kbytes

Record Mode	Stop when full
Power Supply	Battery 9 VDC
Data Format	Can be exported to MS Excel, MS Access,
Dimension	W117 x H65 x D23 mm.
Ordering Information	Specify Input Range
Example	ML23/K/0-500

6. ตู้อบความร้อน



ภาพที่ 3.16 ตู้อบความร้อน

ตู้อบความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้อบวัตถุดิบที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงต่าง ๆให้แห้งโดยใช้พลังงานได้ 2 ทาง คือพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีพัดลมดูดอากาศสำหรับป้อนอากาศเข้าเตาเพื่อไล่ความชื้นออกจากเตาทำให้วัตถุดิบแห้งสามารถปรับอุณหภูมิได้ทำงานแบบสลับโหมดหากความร้อนจากแสงอาทิตย์พอ

7. ถุงเก็บตัวอย่างแก๊สเชื้อเพลิง

ภาพที่ 3.17 ถุงเก็บตัวอย่าง

ใช้เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิง โดยจะนำมาคำนวณหาค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิง (Calorific value of producer gas) การเก็บตัวอย่างแก๊สนั้นจะใช้ท่อลดขนาดที่เตรียมเอาไว้สวมปลายทางออกของแก๊สโดยปลายด้านหนึ่งของท่อลดขนาดจะสวมเข้ากับปากถุงบรรจุแก๊สตัวอย่างจากนั้นเปิดวาล์วที่ปากถุงให้แก๊สไหลเข้าถุงจนเต็มเมื่อถุงเริ่มพองจนเต็มให้ปิดวาล์วที่ปากถุงจากนั้นนำตัวอย่างแก๊สไปวิเคราะห์องค์ประกอบ CO, H_2 และ CH_4 เพื่อคำนวณค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงต่อไป