

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษา ออกแบบและสร้างระบบการถ่านด้วยกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนในเซชันไผ่ในเตาปฏิกรณ์ และศึกษาปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องได้แก่ ขนาดของชีวมวล อัตราส่วนชีวมวลต่อตัวเร่งปฏิกิริยา และเวลาทำปฏิกิริยาภายในระบบ โดยใช้ไผ่และน้ำเป็นสารตั้งต้นที่มีกรดออกซาลิกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากกระบวนการ HTC อาศัยน้ำเป็นตัวกลางวัตถุดิบจึงไม่ต้องผ่านกระบวนการอบแห้ง แต่ในการทดลองต้องการทราบข้อมูลเบื้องต้นก่อนและหลังปฏิบัติการ ดังนั้นจึงต้องทำการกำจัดความชื้นปะปนก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบเชิงปริมาณและคุณภาพในปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มอล คาร์บอนในเซชัน หลังจากการทำปฏิกิริยาเสร็จ ศึกษาผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ได้รวมถึงผลิตภัณฑ์ของเหลวที่เป็นผลพลอยได้โดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter, Atomic Absorption Spectroscopy (AAS), Scanning Electron Microscope (SEM) และ CHN Analysis รวมถึงการวิเคราะห์พลังงาน

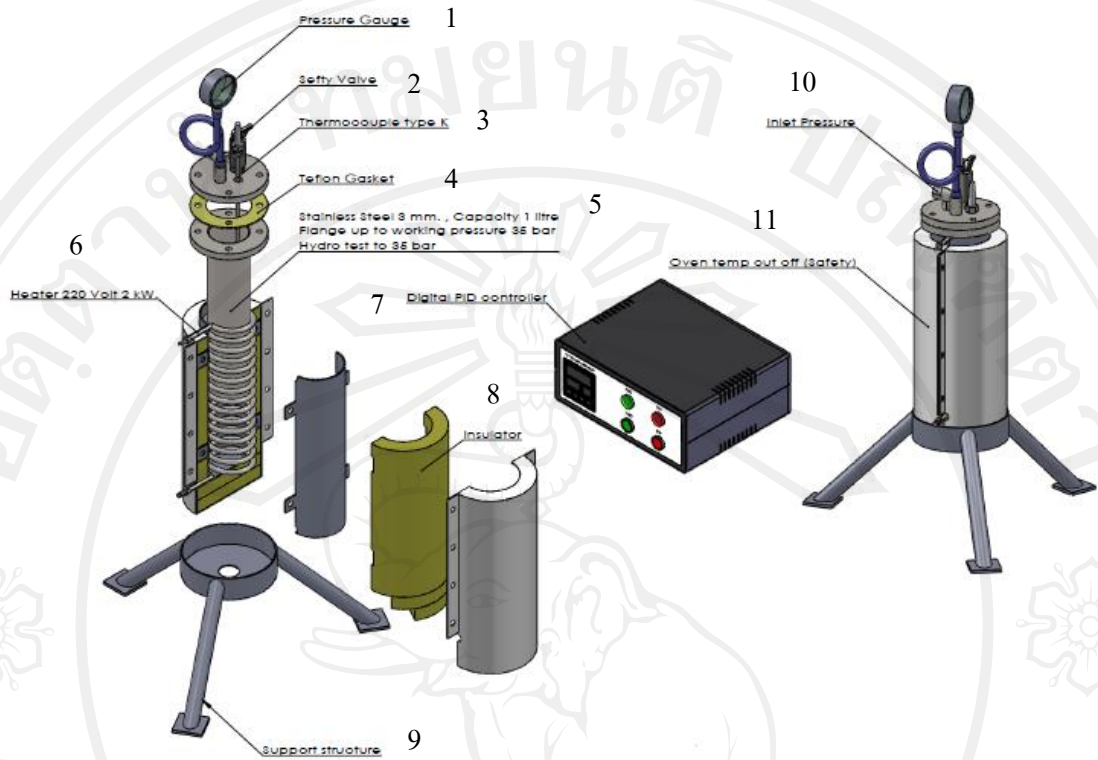
3.1 ชุดทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

เตาปฏิกรณ์แบบปิดขนาด 1.0 ลิตร ที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการติดตั้งและทดสอบตามที่แสดงไว้ดังรูปที่ 3.1 โดยวิธีการออกแบบใช้ Stainless Steel 314 เป็นวัตถุดิบต้นแบบ โดยอาศัยสมการคำนวณแบบผนังบางและโปรแกรม Solid Work ดังแสดงไว้ดังรูป 3.2

3.2 การเตรียมวัตถุดิบตั้งต้น

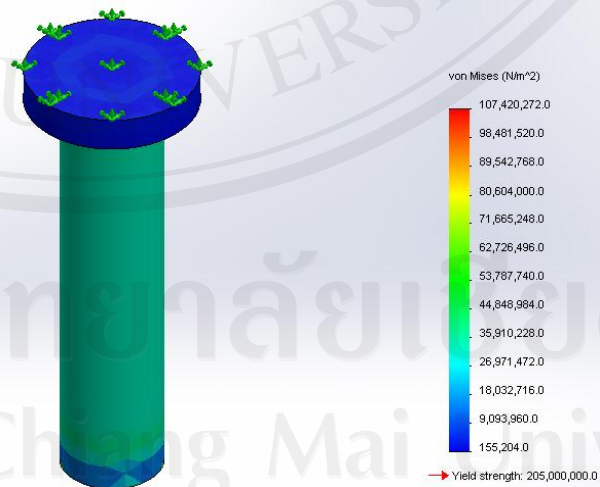
การเตรียมวัตถุดิบเพื่อหาขนาดตามที่ต้องการ โดยใช้กระบวนการบดให้ละเอียดและผ่านตะแกรงร่อนซึ่งมีหน่วยเป็น เมช(mesh) เพื่อใช้ในกระบวนการทดลองวิธีทดลอง

1. นำชีวมวลจากไผ่ขนาดไม่เกิน 15 เซนติเมตร อบไล่ความชื้น 103°C เวลา 24 h. มาตรฐาน ASTM.
2. นำไผ่ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งในขั้นตอนแรกบดหยาบด้วยเครื่อง Hammer Mill ให้ได้ขนาดอนุภาค น้อยกว่า 10 เซนติเมตร
3. ทำการบดซ้ำในขั้นตอนที่สองโดยการเปลี่ยนขนาดตะแกรงเป็นแบบบดละเอียด
4. ทำการคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาดผ่านตะแกรงร่อนด้วยระบบการสั่น



รูป 3.1 แผนภาพชุดทดสอบที่จะใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย 1) อุปกรณ์วัดความดัน 2) วาล์วนิรภัย แผงวงจรควบคุมอุณหภูมิ 3) เทอร์โมคัปเปิลชนิด เค 4) ฉนวนกันรั่ว 5) เหล็กกล้าไร้สนิม 6) ขดลวดความร้อน 2 kW 7) กล่องควบคุม 8) ฉนวนความร้อน 9) ชุดขาตั้งอุปกรณ์ 10) วาล์วลดแรงดัน และ 11) over temperature cut off (safety)

Model name: Part1
Study name: Study 1
Plot type: Static element stress Stress1
Deformation scale: 1



รูป 3.2 ภาพจำลองเตาปฏิกรณ์ 3 มิติภายใต้ความดัน 3.5 MPa



ก

ข

รูป 3.3 อุปกรณ์ใช้ในการเตรียมวัตถุดิบ ก) เครื่องบดหยาบ-บดละเอียด และ ข) เครื่องคัดขนาดอนุภาค

3.3 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. เตาปฏิกรณ์ระบบปิดปริมาตร 1.00 ลิตร ความดันไม่เกิน 30 บาร์
2. เครื่องชั่งน้ำหนักมาตรฐาน 3 ตำแหน่ง
3. กระบอกตวงวัดปริมาตร (Cylinder)
4. เครื่องแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask)
5. บีกเกอร์ ขนาด 250.00 และ 500.00 ml.
6. เครื่องกวน (Stirring Mechanism)
7. เครื่องกรองสุญญากาศ (Vacuum Filter)
8. เตาอบ (Oven)
9. น้ำกลั่นมาตรฐานดีไอ
10. กรดออกซาลิก

3.4 กระบวนการทดลอง

ชุดทดสอบจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1. ส่วนเตรียมวัตถุดิบและตัวกลางในการทำปฏิกิริยา

2. ตัวเตาปฏิกรณ์ มี 1 ชุด คือ ตัวเตาปฏิกรณ์จะถูกหุ้มด้วยลวดความร้อน เพื่อให้ในเตาปฏิกรณ์มีอุณหภูมิในช่วง 200-300 องศาเซลเซียส และความดันอยู่ที่ 20-35 บาร์โดยจะหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร



รูป 3.4 เตาปฏิกรณ์แบบปิดความดันสูง



รูป 3.5 อุปกรณ์ควบคุมที่แสดงผลอุณหภูมิโดยการแปลงสัญญาณจากเทอร์โมคัปเปิล

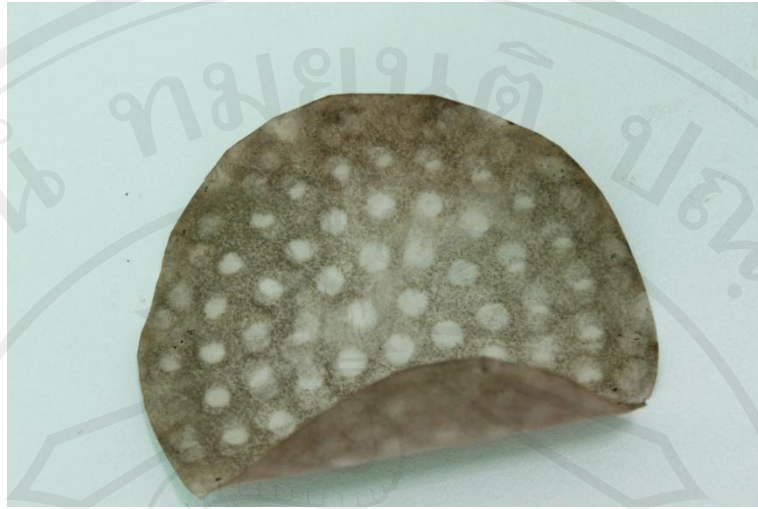
นำชีวมวลที่คำนวณไว้แล้วมาชั่งน้ำหนักตามกำหนด ขนาด น้อยกว่า 3.0, 3.0-5.0 และมากกว่า 5.0 มิลลิเมตร พร้อมทั้งตัวเร่งปฏิกิริยาอัตราส่วนโดยมวลไฟต์ต่อตัวเร่งปฏิกิริยา 1:0 1:1 และ 1:2 แล้วทำการคำนวณหาสัดส่วนปริมาณของการใช้น้ำให้ได้อัตราส่วนสารละลายต่อปริมาตรของเตาปฏิกรณ์เท่ากับ 0.3 จากนั้นทำการกวนเพื่อให้สารชีวมวลดูดซับตัวกลางในการเกิดปฏิกิริยา 30 นาที แล้วทำการป้อนเข้าสู่เตาปฏิกรณ์ ซึ่งทำการตั้งอุณหภูมิเครื่องไว้ 220 °C และอุณหภูมิผิวที่ 250 °C และรอจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ จากนั้นจึงทำการจับเวลาตามที่กำหนด คือ 1, 2, 4, 6 h. หลังจากสิ้นสุดกระบวนการทดลองทำการลดความดันภายในเตาปฏิกรณ์ให้เป็น ศูนย์ จึงเริ่มกระบวนการตกตะกอน

จากนั้นแยกส่วนระหว่างของแข็งและของเหลวที่ได้ด้วยกระบวนการกรองสุญญากาศ นำวัสดุที่ได้ออกมาชั่งน้ำหนักหลังผ่านกระบวนการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 103.0 °C เวลา 4 h. แล้วจึงนำมาทำการสมดุลมวล

จากนั้นนำของแข็งที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter, SEM และ CHN เพื่อวิเคราะห์หาค่าความร้อนสูงสุด ความพรุนของพื้นที่ผิวเชิงผิวและวิเคราะห์หาธาตุที่เป็นองค์ประกอบภายในเนื้อสาร ส่วนสารละลายของเหลวที่ได้นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS เพื่อหาสารประกอบต่อไป



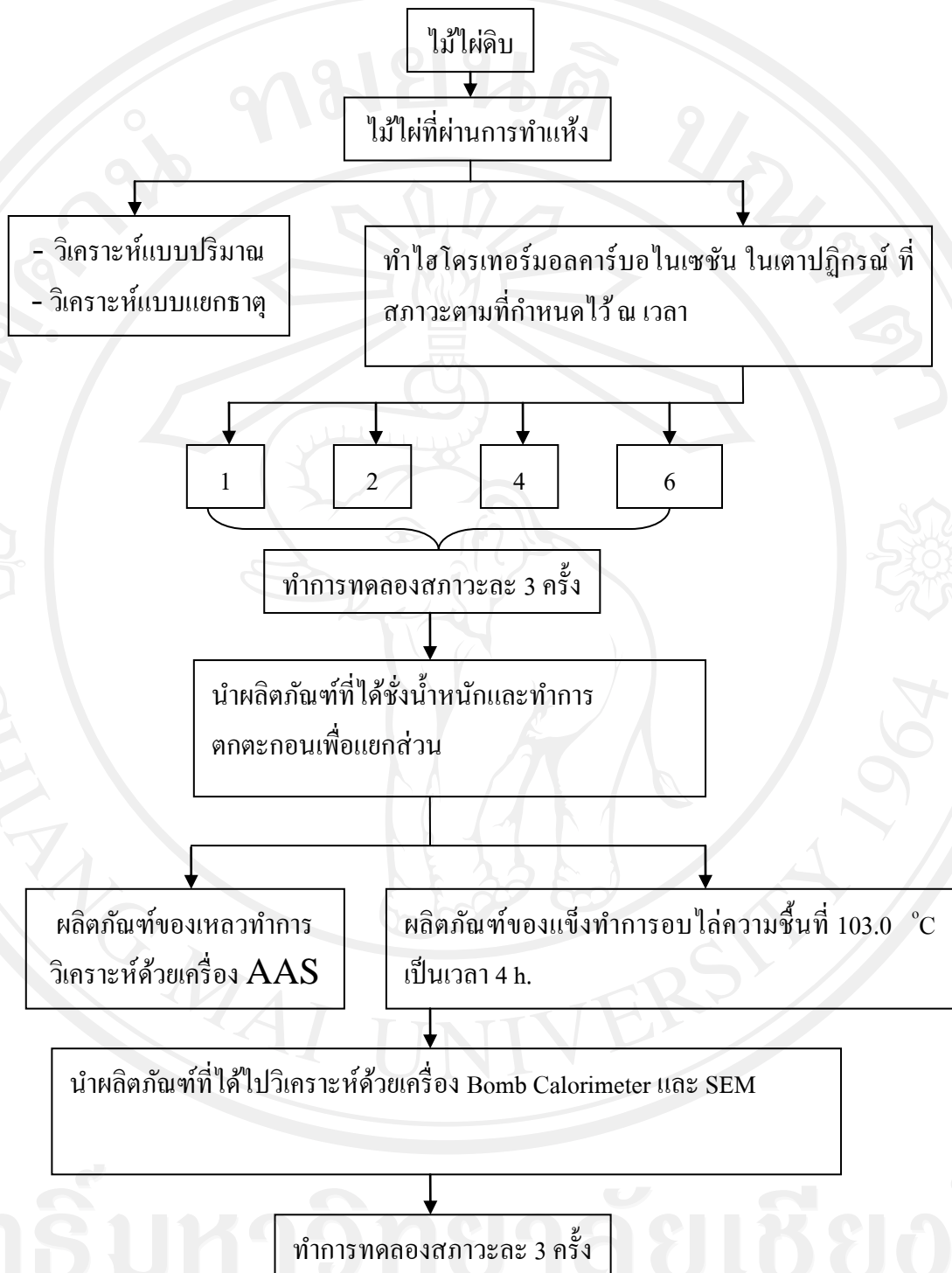
รูป 3.6 กระบวนการกรองสุญญากาศใช้งานร่วมกับปั๊มสุญญากาศ



รูป 3.7 กระดาษกรองเบอร์ 5 หลังผ่านกระบวนการแยกอนุภาคของแข็งและของเหลวแล้วอบได้ความชื้นตามมาตรฐาน ASTM



รูป 3.8 เตาอบไฟฟ้าตั้งอุณหภูมิที่ 103 °C เวลา 4 ชั่วโมง



รูป 3.9 แผนผังขั้นตอนการผลิตไบโอชาร์ในงานวิจัย

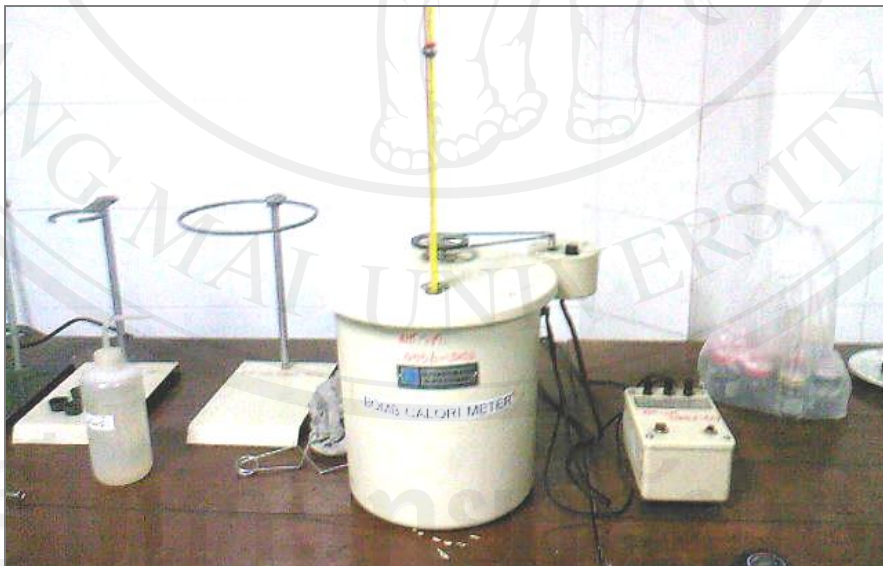
3.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างไบโอชาร์

3.5.1. การหาค่าความร้อน (Heating value)

ค่าความร้อนเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของเชื้อเพลิงซึ่งบอกถึงปริมาณความร้อนต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักมวล

วัสดุอุปกรณ์ประกอบการทดลอง

- 1) บอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Bomb calorimeter)
- 2) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด
- 3) เครื่องบรรจุก๊าซออกซิเจนพร้อมถังออกซิเจน
- 4) นาฬิกาจับเวลา
- 5) หลอดนิตยตาวงปริมาตรน้ำ
- 6) ไฟถ่านชีวภาพ
- 7) หลอดจุกตะเบ็ด
- 8) น้ำบริสุทธิ์
- 9) แวนชขาย
- 10) กระดาษชำระ



รูป 3.10 บอมบ์แคลอรีมิเตอร์

วิธีการทดลอง

- 1) บรรจุเชื้อเพลิงแห้งโดยใช้ช้อนตักสารตวงกะปริมาณเชื้อเพลิงลงบนถ้วยบรรจุเชื้อเพลิงนำไปชั่งกับเครื่องชั่งแบบละเอียดที่ตำแหน่งไม่ให้มีน้ำหนักเกิน 1.1000 กรัม

- 2) ติดตั้งลวดจุดระเบิด ยาว 10 เซนติเมตร เข้ากับแท่นจุดระเบิด ลักษณะเป็นรูปตัวยู (U) โดยไม่ให้ลวดสัมผัสกับตัวถ้วย
- 3) เติมน้ำ 1 มิลลิลิตร โดยใช้เข็มฉีดยาบรรจุ แล้วใส่ลงไปในบอมบ์ ตามปริมาตรที่กำหนด
- 4) นำแท่นจุดระเบิดบรรจุลงไปในบอมบ์ แล้วปิดฝาบอมบ์
- 5) เติมห้ำชออกซิเจนลงในบอมบ์ 25-35 ความดันบรรยากาศ (atm) แต่เกจวัดแรงดันที่ถึงออกซิเจนมีหน่วยเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) ดังนั้นกำหนดที่ค่ากลาง คือ 30 atm คิดเป็น 440.88 psi หรือประมาณ 441 psi
- 6) เติมน้ำกลั่นลงไปจนถึง ปริมาณ 2,000 มิลลิลิตร หรือ 2 ลิตร ซึ่งจะมีขีดแสดงระดับภายในถึง โดยที่อุณหภูมิของน้ำควรต่ำกว่าเสี้ยวฉนวน ประมาณ 2 องศาเซลเซียส
- 7) วางถังน้ำลงในเสี้ยวฉนวน นำบอมบ์ใส่ลงไปในถัง ในตำแหน่งที่เหมาะสม ตามรอยนูนบริเวณก้นถัง หากพบว่ามียอยรั่วในหยุดการทดลองทันที
- 8) ต่อสายไฟสำหรับจุดระเบิด เสียบลงด้านบนของบอมบ์ แล้วปิดเสี้ยวฉนวน
- 9) เปิดสวิตซ์ให้ใบพัดกวนน้ำเป็นเวลา 5 นาที
- 10) จดบันทึกอุณหภูมิ จับเวลา บันทึกในช่วงเวลาที่กำหนดตามรูปแบบตารางบันทึกการทดลอง
- 11) ปิดสวิตซ์มอเตอร์ ปลดสายพาน ยกฝาเสี้ยวฉนวนออก เช็ดเทอร์โมมิเตอร์ให้แห้ง
- 12) ปลดสายจุดระเบิดและดึงน้ำออกจากเสี้ยวฉนวน
- 13) นำบอมบ์ออกจากถังเช็ดให้แห้ง ปลดยก้าชออกซิเจนออกใช้เวลาประมาณ 1 นาที
- 14) วัดความยาวของลวดจุดระเบิดที่เหลือ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าแก้ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ลวดจุดระเบิด
- 15) คำนวณค่าความร้อนจากสูตร

$$H_g = \frac{tW - e}{m}$$

| | | | |
|-------|----------------|---|--|
| เมื่อ | W | = | ค่าพลังงานเทียบเท่าของแคลอรีมิเตอร์ของชุดอุปกรณ์นี้ มีค่าเท่ากับ 2,410 cal/°C |
| | m | = | มวลของน้ำมันตัวอย่าง (g) |
| | e | = | ค่าความร้อนของลวดที่เผาไหม้ = 2.3 (cal/cm) x ความยาวของลวดนิโครมที่เผาไหม้ (cm) |
| | t | = | อุณหภูมิเริ่มต้น – อุณหภูมิสุดท้าย |
| | H _g | = | ค่าความร้อนของน้ำมัน (cal/g) |

3.5.2. หลักขณะผิวผลิตภัณฑ์

เทคนิค นี้อาศัยการโฟกัสลำอิเล็กตรอนกราดลงบนผิวชิ้นงานสัญญาณที่เกิดขึ้นจากอัตรา กิริยาระหว่างอิเล็กตรอนที่ตกกระทบกับผิวชิ้นงานจะถูกถ่ายทอดผ่าน ระบบตรวจวัดและ อิเล็กทรอนิกส์ปรากฏบนจอภาพคล้ายกับภาพที่เห็นทางจอโทรทัศน์ กล้องจุลทรรศน์ที่ทำงานใน ลักษณะนี้ เรียกว่า กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด(SEM) สัญญาณที่ใช้ในการสร้างภาพมี หลายชนิด เช่น อิเล็กตรอนทุติยภูมิ, อิเล็กตรอนกระเจิงกลับ หรือรังสีเอ็กซ์ เป็นต้น ทำให้เทคนิคนี้ สามารถใช้ศึกษา สัณฐานวิทยาของชิ้นงาน สภาพผิวของชิ้นงาน จุดบกพร่องบริเวณใกล้ผิวชิ้นงาน และหากมีตัวตรวจวัดรังสีเอ็กซ์ ลักษณะเฉพาะ ก็สามารถวิเคราะห์ส่วนประกอบเคมีในระดับจุลภาพ วิเคราะห์ได้

วัสดุอุปกรณ์ประกอบการทดลอง

- 1) เครื่องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด
- 2) เครื่องเคลือบทอง
- 3) กระดาษกาวคาร์บอน
- 4) เตาอบ



รูป 3.11 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด JEOL JSM-5910LV

วิธีการเตรียมสารตัวอย่าง

- 1) นำแผ่นกาวคาร์บอนติดไว้บน stub พร้อมชิ้นงานที่จะทำการวิเคราะห์
- 2) กระจายชิ้นงานให้เต็มพื้นที่ stub เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm.
- 3) อบไล่ความชื้น ที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา อย่างน้อย 12 ชั่วโมง

- 4) ทำการฉาบทองบนผิวชิ้นงาน
- 5) วิเคราะห์ด้วย SEM แล้วอ่านค่าประเมินผลที่ได้

3.6 การวิเคราะห์สารละลายจากกระบวนการ

3.6.1 การหาค่าประกอบของสารละลาย

อะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี (atomic absorption spectroscopy) เรียกสั้นๆ ว่า AAS หรือ AA ในการศึกษาด้านเคมีวิเคราะห์ สเปกโทรสโกปีการดูดกลืนแสงของอะตอม (atomic absorption spectroscopy) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณของโลหะในตัวอย่างต่างๆ สารตัวอย่างอาจจะเป็นของแข็งของเหลวและแก๊ส เช่น ดิน ปุ๋ย เลือด ปัสสาวะ น้ำดื่ม น้ำเสีย ไอของโลหะ ฯลฯ สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ซึ่งเทคนิคนี้สามารถใช้วิเคราะห์หาปริมาณโลหะได้มากถึง 70 ธาตุด้วยกัน ระดับความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้อยู่ในระดับ ppm. (part per million, หนึ่งในล้านส่วน)

หลักการอย่างง่าย อิเล็กตรอนที่อยู่ภายในอะตอม เมื่อได้รับพลังงานจะดูดกลืนพลังงาน และเปลี่ยนวงโคจร ไปอยู่ในวงโคจรใหม่ที่ระดับพลังงานสูงขึ้นกว่าเดิม เพียงชั่วครู่เท่านั้น ซึ่งพลังงานที่ให้กับอะตอมจะใช้พลังงานแสงที่มีความจำเพาะกับธาตุแต่ละชนิด โดยค่าการดูดกลืนแสงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของโลหะ เมื่อโลหะมีความเข้มข้นมากจะดูดกลืนพลังงานแสงได้มาก ในทางตรงข้ามหากโลหะมีปริมาณน้อยก็จะดูดกลืนพลังงานแสงได้น้อย เป็นไปตามกฎของเบียร์-แลมเบอร์ต (Beer-Lambert law)

ในการวิเคราะห์จะต้องเปลี่ยนรูปของโลหะที่ปนอยู่ในสารละลายตัวอย่าง ให้กลายเป็นอะตอม โดยใช้พลังงานจากเปลวไฟด้วยตัวสร้างอะตอม (atomizer) อะตอมที่เกิดขึ้นจะดูดกลืนพลังงานแสงที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสง (radiation source) หลังจากนั้นแสงที่ผ่านการดูดกลืนแล้วจะถูกเลือกเฉพาะความยาวคลื่นที่จำเพาะกับธาตุแต่ละชนิด และถูกตรวจวัดด้วยดีเทคเตอร์ (detector) เพื่อเปลี่ยนจากสัญญาณแสงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า จากนั้นเข้าไปที่หน่วยขยายสัญญาณ (amplifier) สิ้นสุดกระบวนการด้วยการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ (signal processor)



รูป 3.12 อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี รุ่น perkin elmer 3100

ก) วิธีวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจน (N)

1. วัดปริมาณสารละลายเคมี 1.00 ml.
2. เติม salicylic acid 0.5 g และกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) 10.00 ml.
3. Digest ที่อุณหภูมิ 100 °C จนละลายหมด ยกวางไว้ให้เย็น 5-10 นาที เติม sodiumthiosulfate ($N_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) 1.00 g Digest ต่อ 5-10 นาที(ทิ้งไว้ให้เย็น) เติม Catalyst mixture 0.5 g Digest ต่อ (โดยปรับอุณหภูมิขึ้นครั้งละ 20-30°C โดยเริ่มจาก 100 °C จนครบ 400 °C) จนใส่ทิ้งไว้ให้เย็น
4. ปรับปริมาตรให้ได้ 100.00 ml. (ด้วยน้ำกลั่น)
5. กลั่นด้วยเครื่องกลั่นไนโตรเจน โดยใช้สารละลาย 25.00 ml. เติม NaOH 40% 40.00ml. และจุ่มปลายเครื่องกลั่นด้วย Flask ขนาด 250.00 ml. ที่บรรจุ Boric acid indicator solution 10 ml. จนกลั่นได้สารละลายใน Flask รวม 100.00 ml.
6. Titrate ด้วยกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 0.02N อ่านค่า(บันทึกผล)

การคำนวณ

$$\% \text{Total N} = N_{H_2SO_4} * ml_{H_2SO_4} * V * 1.4007 * 100 / (V * W)$$

เมื่อ V = ปริมาตรที่นำไปใช้กลั่น

V = ปรับปริมาตร

W = น้ำหนักของตัวอย่าง

ข) วิธีการวิเคราะห์ Total Phosphorous

1. วัดปริมาตรสารตัวอย่าง 1.00 ml. ใน Testube ขนาด 100.00 ml.

2. เติม HClO₄ 70-72% 10 ml.(ทิ้งไว้ประมาณ 2 ชม.)
3. Digest ที่อุณหภูมิ 240 °C จนใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
4. ปรับปริมาตรน้ำกลั่นให้ได้ 250.00 ml.
5. คูดสารละลายที่ได้ 5.00 ml. ใส่ Testube ขนาด 10.00 ml. เติม Molybdovanodate reagent 5.00 ml. ทิ้งไว้ 20-30 นาที
6. วัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่คลื่น 420 nm. โดยใช้สารละลายมาตรฐาน 0,5,10,15,20 ppm.

การคำนวณ

$$\begin{aligned} \% P_2O_5 &= \text{ppm(กราฟ)} * V * 2.29 * \text{dilution factor} * 100 / W * 10^6 \\ &= \text{ppm(กราฟ)} * 0.05725 * \text{dilution factor} / W \end{aligned}$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง

V = ปริมาตร

ค) วิธีวิเคราะห์โปแตสเซียมที่ละลายน้ำ (Water solution K₂O)

1. วัดปริมาตรสารละลาย 1.00 ml. (W)
2. เทสารละลายบนกระดาษกรอง(เบอร์ 1) ปรับปริมาตรจนครบ 250 ml. ใน Volumetric flask (V=250 ml.)
3. เติมสารละลาย suppressor 10 ml./ตัวอย่าง 100 ml.
4. เติมสารละลายที่ได้ทั้งหมดไปทำการวัดค่าด้วยเครื่อง Flame Photometer โดยใช้ Standard 5, 10, 15 และ 20 ppm. (ถ้าผลวิเคราะห์สูงกว่า Standard สูงสุดให้ Dilute)

การคำนวณ

$$\% K = \text{ppm fr. Graph} * \text{dilution factor} * V * 100 / (W * 10^6)$$

$$\% K_2O = 1.2046 \% K$$

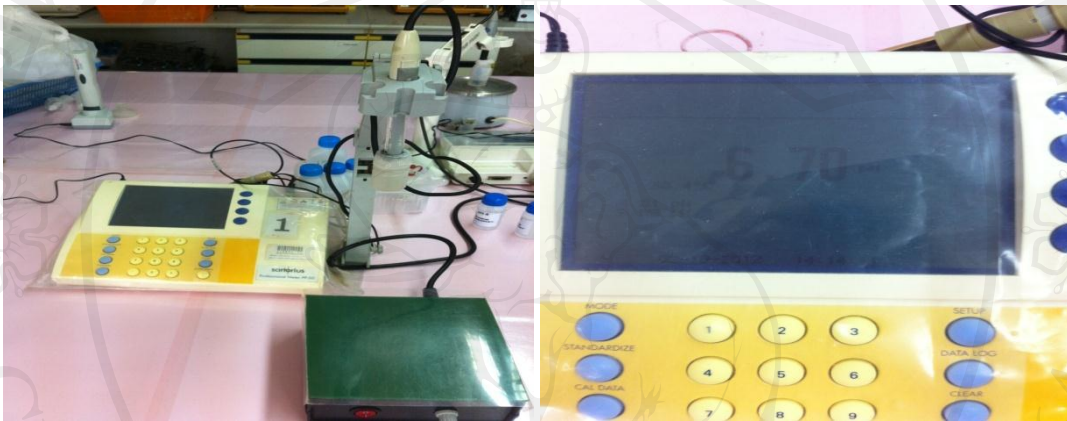
$$\begin{aligned} \% K_2O &= \text{ppm fr Graph} * \text{dilution factor} * V * 1 * 1.2046 / W * 10^4 \\ &= \text{ppm} * 0.030115 \text{ factor} / W \end{aligned}$$

เมื่อ W = น้ำหนักของปุ๋ย (g) (หรือปริมาตรสารละลาย (ml.))

V = ปริมาตรสารละลายที่ปรับ (250ml. ในปุ๋ยของแข็ง, 1.00 ml. ในน้ำปุ๋ย)

3.6.2 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ความเป็นกรดด่างนิยมนอกเป็นค่า pH ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 14 โดยสารตัวอย่างที่มีค่า pH ต่ำกว่า 7 จัดว่าเป็นกรด ส่วนที่มีค่ามากกว่า 7 จัดว่าเป็นด่าง และค่า pH เท่ากับ 7 จัดว่าเป็นกลาง โดยเครื่องวัด pH อาศัยหลักการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (Electrical potential) ที่เกิดขึ้นระหว่าง Indicator electrode และ Reference electrode ซึ่งจุ่มอยู่ในสารละลาย แล้วเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ให้เป็นค่า pH โดยการเทียบค่ากับสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน



รูป 3.13 เครื่องวัด pH meter รุ่น Sartorius Professional meter PP-50

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. เปิดเครื่อง pH meter เพื่ออุ่นเครื่องก่อนวัดประมาณ 5 - 10 นาที
2. Calibrate เครื่องด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่า pH อยู่ในช่วงที่คาดว่าใกล้เคียงกับตัวอย่างที่จะวัด
3. เติมน้ำตัวอย่างหรือตัวอย่างอาหารที่ต้องการวัดลงในบีกเกอร์
4. ทำการวัด pH โดยแกว่งหัววัดเบา ๆ หรือใช้ Magnetic stirrer
5. เมื่อค่า pH หยุดนิ่งประมาณ 10 วินาที จดบันทึกค่าที่วัดได้
6. หลังจากใช้งานเสร็จแล้ว ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างทำความสะอาด Electrode เช็ดให้แห้ง แล้วเก็บใน 3 M KCl