

บทที่ 2

การทดลอง

2.1 วัสดุ สารเคมีและอุปกรณ์

2.1.1 วัสดุ

สารตั้งต้นที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ จีเลื่อยไม้สกัดจากจังหวัดน่าน และวัสดุที่ใช้เป็นตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาได้แก่ ถ่านหินลิกไนต์จากแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

2.1.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย แสดงดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี	สูตร โมเลกุล	เกรด	บริษัท
แอมโมเนียมคาร์บอเนต	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	AR	Fluka
นิกเกิลคาร์บอเนตเบสิด-ไฮดรเอท	$\text{NiCO}_3 \cdot 2\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	AR	Fluka
สารละลายแอมโมเนีย	NH_3	AR	-
กรดเบนโซอิก	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$	AR	Fluka
โซเดียมไซโอซัลเฟต	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Lab	J.T Baker
โซเดียมคาร์บอเนต	Na_2CO_3	Lab	ลาร์คริสเตนเซ็นเคมีกัลปี
โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	KOH	Lab	Merck
โซเดียมไฮดรอกไซด์	NaOH	Lab	Merck
กรดไฮโดรคลอริก	HCl	AR	Fluka
แบเรียมซัลเฟต	BaSO_4	Lab	-
ซิลเวอร์ไนเตรท	AgNO_3	Lab	-
เมทิลเรด	$\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$	AR	Sigma chemical

ตาราง 2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

สารเคมี	สูตร โมเลกุล	เกรด	บริษัท
เมทิลเรด	$C_{15}H_{15}N_3O_2$	AR	Sigma chemical
กรดไนตริก	HNO_3	AR	Fluka
กรดบอริก	H_3BO_3	AR	Fluka
กรดไฮโดรฟลูออริก	HF	AR	Fluka
แก๊สไนโตรเจน	N_2	Commercial	TIG
แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	CO_2	Commercial	TIG
แก๊สไฮโดรเจน	H_2	Commercial	TIG
แก๊สออกซิเจน	O_2	Commercial	TIG

2.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย แสดงดังตาราง 2.2

ตาราง 2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์	รุ่น	บริษัท
เครื่องชั่งละเอียด	BA 210S	Sartorius basic
เครื่องชั่งหยาบ	B610	Sartorius basic
เครื่องบด	-	Retch
เครื่องร่อน	AS 200 basis	Retch
ตะแกรงร่อน	-	Retch
ภาชนะดูดความชื้น	-	Nalgene
เตาเผา	2-525 Series II	Eurotherm electric furnace
เตาอบ	PV-110	Taibai espect corp.
Bomb washing calorimeter	No. 1341	Parr instrumentation company, inc.
CHNS/O Analysis	PE 2004 Series II	Perkin-Elmer
Gas chromatograph (GC)	6890	Agilent
Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)	Analyst 100	Perkin-Elmer

ตาราง 2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

เครื่องมือและอุปกรณ์	รุ่น	บริษัท
KJT-Thermocouple	HI 93551	Hanna instrument
Spot-Thermometer	HT-21	Konica minolta sensing, Inc
เครื่องปฏิกรณ์แบบฟิกส์เบดแบบ 2 ชั้นตอน	Tailored made	Tailored made

2.1.4 ชุดเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง (Fixed bed reactor system)

เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งที่ใช้สำหรับทำงานวิจัยแสดงดังรูป 2.1 ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้



รูป 2.1 ชุดเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งในกระบวนการแกสลิฟเคชันด้วยไอน้ำแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยา

1. แก๊สออกซิเจน (O_2)
2. เครื่องวัดอัตราการไหลแก๊ส (Flow meter)
3. เครื่องระเหย (Devolatilizer)
4. เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง (Fixed bed reactor)

5. เครื่องผลิตไอน้ำ (Steam generator)
6. วาล์ว (Valve)
7. แก๊สไนโตรเจน (N_2)
8. เครื่องควบแน่น (Condenser)
9. เครื่องดักจับน้ำ (Ice trap)
10. ถุงเก็บแก๊สผลิตภัณฑ์ (Gas sampling bag)

2.1.5 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas chromatograph) ⁽²³⁾

ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟียี่ห้อ Agilent 6890 แสดงดังรูป 2.2 เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกสารผสมที่ระเหยง่าย โดยสารผสมจะถูกฉีดเข้าไปในคอลัมน์ (Column) ที่บรรจุด้วยสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวยึดจับที่เรียกว่า Stationary phase และมีแก๊สพา (Carrier gas) เป็นเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) เคลื่อนที่ไปตามคอลัมน์เข้าสู่เครื่องวัด (Detector) สัญญาณที่เครื่องตรวจวัดได้รับนั้นจะถูกส่งไปบันทึกเป็นโครมาโทแกรม (Chromatogram) ด้วยเครื่องบันทึก โดยแก๊สโครมาโทกราฟีมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

- | | |
|--|-----------------------------|
| 1. แก๊สพา (Carrier gas) | 4. คอลัมน์ (Column) |
| 2. ตัวควบคุมการไหล (Flow controller) | 5. ดีเทคเตอร์ (Detector) |
| 3. ส่วนที่ฉีดสารตัวอย่าง (Injector port) | 6. เครื่องบันทึก (Recorder) |



รูป 2.2 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

เก็บตัวอย่างจีเลื้อยจากร้านขายเฟอร์นิเจอร์ สหกรณ์จังหวัดน่าน นำจีเลื้อยตากแดด ประมาณ 1 สัปดาห์ จากนั้นนำจีเลื้อยมาบดด้วยอุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นออกบางส่วน จากนั้นบดจีเลื้อยด้วยเครื่องบดแสดงดังรูป 2.3 และทำการ ร่อนผ่านตะแกรงคัดขนาดแสดงดังรูป 2.4 ซึ่งจีเลื้อยที่ใช้มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 0.25-0.45 มิลลิเมตร แสดงดังรูป 2.5



รูป 2.3 เครื่องบด Hammer mill



รูป 2.4 เครื่องร่อนคัดขนาด



รูป 2.5 จีเลื้อย

2.2.2 การวิเคราะห์แบบประมาณ⁽²⁴⁻³¹⁾

วิธีการวิเคราะห์แบบประมาณของชี้เลื้อยทำการวิเคราะห์ตาม ASTM E870-82 ซึ่งวิธีการทดลองและการคำนวณแสดงดังภาคผนวก ก และการวิเคราะห์แบบประมาณของถ่านหินทำการวิเคราะห์ตาม ASTM D3172-89 ซึ่งวิธีการทดลองและการคำนวณแสดงดังภาคผนวก ข

2.2.3 การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ⁽³²⁾

วิธีการวิเคราะห์แบบแยกธาตุของชี้เลื้อยและถ่านหินทำการวิเคราะห์ตาม ASTM D3176 ซึ่งวิธีการทดลองแสดงดังภาคผนวก ค

2.2.4 การวิเคราะห์หาค่าความร้อนสูง⁽³³⁻³⁴⁾

1. ชั่งชี้เลื้อยหรือถ่านหินที่ผ่านตะแกรงร่อนจำนวนประมาณ 1.000 กรัม ใส่ในแคปซูล (Combustion capsule)
2. นำแคปซูลใส่ในบอมบ์ร้อยลวด (Fuse wire) ยาว 10 เซนติเมตร ผ่านตัวอย่างชี้เลื้อย
3. ปิดบอมบ์แล้วเติมออกซิเจน 25-35 ความดันบรรยากาศ จากนั้นไล่แก๊สออกแล้วเติมออกซิเจนเข้าไปใหม่อีกครั้ง
4. ใส่บอมบ์ลงในแคลอริมิเตอร์บัคเก็ต (Calorimeter bucket) ซึ่งอยู่ใน (Jacket)
5. ต่อวงจรสำหรับฟิวส์ (Fuse) และไบกวนแสดงดังรูป 2.6
6. เติมน้ำกลั่นประมาณ 2 ลิตร ลงในบัคเก็ต (Bucket)
7. ปิดฝาแคลอริมิเตอร์ แล้วห่อเทอร์โมมิเตอร์ลงไป เริ่มกวนไบกวนให้อุณหภูมิคงที่ รอประมาณ 5 นาที
8. เมื่อถึงที่สมดุล (อุณหภูมิคงที่หรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย) ให้เริ่มอ่านอุณหภูมิทุกๆ 1 นาทีนาน 5 นาที
9. กดปุ่มอิกนิชัน (Ignition) เริ่มเกิดการเผาไหม้ในนาทิตี่ 6 บันทึกอุณหภูมิและเวลาที่อ่านค่า (อ่านทุก 15 วินาที หรือทุก 30 วินาที) ในช่วงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นอ่านทุกๆ 1 นาที อ่านต่อไปใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 18-20 นาที อุณหภูมิจะเริ่มคงที่ ให้บันทึกอุณหภูมิที่คงที่ติดต่อกัน 5 นาที
10. หยุดไบกวนแล้วเปิดฝาแคลอริมิเตอร์ ยกบอมบ์ออกค่อยๆ ปลดความดันในบอมบ์ให้ลดลงจนไม่มีเสียงอากาศออก

11. ล้างภายในบอมบ์ด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด เก็บน้ำที่ล้างได้ทั้งหมดไว้ในบีกเกอร์แล้วนำไปไทเทรตกับ 0.0725 นอร์มอล (N) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ใช้เมธิลเรด (Methyl red) หรือเมธิลออเรนจ์ (Methyl orange) เป็นอินดิเคเตอร์
12. นำสารละลายที่ไทเทรตแล้วไปหาปริมาณซัลเฟอร์ในจีเลียวตัวอย่าง
13. วัดผลที่ไม่ถูกเผาไหม้จากนั้นนำค่าต่างๆ มาคำนวณหาความร้อนสูงของตัวอย่าง แสดงดังภาคผนวก ง



รูป 2.6 เครื่องวิเคราะห์ค่าความร้อน (Bomb calorimeter)

2.2.5 การชะละลายแก้วของถ่านหินเพื่อเตรียมเป็นตัวอย่างปฏิกิริยา

1. นำถ่านหินตัวอย่างมาทำการบดและคัดขนาด
2. นำถ่านหินที่ผ่านการคัดขนาดมาทำการชะละลายโดยใช้ตัวทำละลายโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นในช่วงร้อยละ 16-0.1 โดยน้ำหนัก และตัวทำละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นในช่วงร้อยละ 10-1 โดยปริมาตร⁽²¹⁾ โดยใช้เวลาในการชะละลาย 60 และ 120 นาที แล้วนำไปกรองและอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
3. นำถ่านหินที่ได้เก็บไว้เพื่อเตรียมเป็นตัวอย่างปฏิกิริยาและนำถ่านหินบางส่วนมาทำการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ดังแสดงในรูป 2.7 และวิเคราะห์หาธาตุ คือ Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn และ Si ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี ดังแสดงในรูป 2.8



รูป 2.7 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



รูป 2.8 เครื่องอะตอมมิกเอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี

2.2.6 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์โดยวิธีแลกเปลี่ยนไอออน (Ion-exchange)

1. นำสารประกอบนิกเกิลมาผสมกับแอมโมเนียมคาร์บอเนต และสารละลายแอมโมเนียมเติมน้ำลงไป และกวนทิ้งไว้ แสดงดังรูป 2.9
2. นำสารละลายนิกเกิลที่ผสมได้นั้นมาวิเคราะห์หาปริมาณนิกเกิลโดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปี เพื่อคำนวณปริมาณนิกเกิลที่มีในสารละลายนิกเกิลที่เตรียมได้ โดยต้องการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีนิกเกิลเคลือบบนถ่านหินอยู่ประมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก
3. นำถ่านหินที่ผ่านการชะละลายที่เวลา 60 และ 120 นาที และถ่านหินที่ไม่ผ่านการชะละลายใส่ลงในบีกเกอร์ และนำมาผสมกับสารละลายที่ได้จากข้อที่ 2 กวนทิ้งไว้ แสดงดังรูป 2.10
4. นำมากรองและล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นจนสะอาด แสดงดังรูป 2.11 จึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เก็บตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมไว้ในภาชนะปิดสนิท รูปตัวเร่งปฏิกิริยาแสดงดังรูป 2.12



รูป 2.9 สารละลายนิกเกิล



รูป 2.10 สารละลายนิกเกิลผสมกับถ่านหิน



รูป 2.11 ชุดกรองตัวเร่งปฏิกิริยา



รูป 2.12 ตัวเร่งปฏิกิริยา

2.2.7 การหาปริมาณร้อยละของนิกเกิลในตัวเร่งปฏิกิริยา ⁽³⁵⁾

นำตัวเร่งปฏิกิริยามาย่อยตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3683-78 ดังนี้

1. นำสารตัวอย่างมา 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยพอสเลน เเผาในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และเผาต่อที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำออกมาเก็บไว้ในภาชนะดูดความชื้น แสดงดังรูป 2.13
2. นำสารตัวอย่างที่ผ่านการเผามา 0.2 กรัม ใส่ลงในขวดพลาสติก เติมน้ำละลายกรดผสม (Aqua regain solution) ลงไป 3 มิลลิลิตร และเติมกรดไฮโดรฟลูออริกอีก 5 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วนำไปให้ความร้อนบนอ่างน้ำร้อน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ติดตั้งเครื่องมือการย่อย
3. เติมน้ำละลายกรดบอริกลงไป 50 มิลลิลิตร ถ้าพบว่ายังมีกากตะกอนเหลืออยู่ ให้ความร้อนต่ออีก 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการละลายได้ดีขึ้น
4. เก็บตัวอย่างในขวดพลาสติกที่ทำจากพอลิเอทิลีน
5. ปล่อยให้ตัวอย่างเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้องและปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำปราศจากไอออนในการปรับปริมาตร
6. วิเคราะห์ตัวอย่างที่ได้ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอ็บซอร์พชันสเปกโทรสโกปี เพื่อหาปริมาณนิกเกิล



รูป 2.13 โถดูดความชื้น (Desicator)

2.2.8 การหา Heating zone ของท่อปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง

1. ทำการต่อเทอร์โมคัปเปิลเข้ากับเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งแสดงดังรูป 2.14
2. ตั้งอุณหภูมิของตัวปฏิกรณ์ที่ 500, 550, 600 หรือ 650 องศาเซลเซียส
3. เมื่ออุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ทำการอ่านอุณหภูมิที่จุดซึ่งห่างจากตะแกรงในท่อปฏิกรณ์ทุกๆ 1 เซนติเมตร จากระยะห่างเหนือและใต้ตะแกรงและทำการบันทึกอุณหภูมิ



รูป 2.14 เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง

2.2.9 การทดสอบอุณหภูมิของเครื่องระเหย

1. ติดตั้งระบบเครื่องระเหย โดยนำท่อปฏิกรณ์ใส่ในตัวเครื่องระเหยและติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิของเครื่องระเหย
2. ตั้งอุณหภูมิเครื่องระเหยไว้ที่ 700 องศาเซลเซียส
3. เปิดสวิตช์เครื่องให้ความร้อนของเครื่องระเหยทำงาน
4. บันทึกการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 1 นาที อ่านอุณหภูมิจากเทอร์โมคัปเปิล
5. ทำการบันทึกจนอุณหภูมิเริ่มคงที่ (มีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน ± 5 องศาเซลเซียส)

2.2.10 การทดสอบอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง

1. ติดตั้งระบบของเครื่องปฏิกรณ์ให้สมบูรณ์ โดยนำท่อปฏิกรณ์ใส่ในตัวเครื่องปฏิกรณ์ และติดตั้งควบคุมของเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง
2. ตั้งอุณหภูมิเครื่องปฏิกรณ์ไว้ที่ 500 องศาเซลเซียส
3. เปิดสวิตช์เครื่องให้ความร้อนของเครื่องปฏิกรณ์ทำงาน
4. บันทึกอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 1 นาที อ่านอุณหภูมิจากเทอร์โมคัลเปิด
5. ทำการบันทึกจนอุณหภูมิเริ่มคงที่ (มีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน ± 5 องศาเซลเซียส)
6. เปลี่ยนอุณหภูมิที่ตั้งไว้เป็น 550, 600 และ 650 องศาเซลเซียส โดยการทำการทดลองซ้ำข้อ 1-5

2.2.11 การหาอัตราส่วนโดยมวลของซีลีเนียมต่อตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการแกสลิฟเคชันด้วยไอน้ำแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยา

1. ชั่งซีลีเนียมปริมาณประมาณ 1 กรัมใส่ถ้วยแล้วจึงใส่ในท่อปฏิกรณ์แสดงดังรูป 2.15 แล้วใส่ลงในเครื่องระเหยแสดงรูป 2.16
2. ชั่งตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถาดนิน โดยเปลี่ยนอัตราส่วนโดยมวลของซีลีเนียมต่อตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น 1:1, 1:3 และ 1:5 ตามลำดับ ใส่ลงในท่อปฏิกรณ์และนำท่อปฏิกรณ์ใส่ลงในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง
3. ประกอบชุดเครื่องระเหย ตัวปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งและอุปกรณ์ต่างๆ ให้เรียบร้อย ใช้แก๊สไนโตรเจนให้ไหลผ่านระบบที่อัตราการไหล 120 มิลลิเมตรต่อนาที ทำการตั้งอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งตามสภาวะที่ต้องการคือ 650 องศาเซลเซียส
4. เมื่ออุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งถึงสภาวะที่ต้องการให้ทำการเปิดน้ำหล่อเย็นผ่านเครื่องควบแน่นและเปิดไอน้ำที่ความกดดัน 30 กิโลปาสกาล ผ่านระบบ
5. เปิดเครื่องระเหยโดยตั้งอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 10 องศาเซลเซียสต่อนาที และทำการเก็บแก๊สโดยใช้ถุงเก็บแก๊สดังรูป 2.17
6. นำแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สสังเคราะห์โดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี
7. ทำการเก็บตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ได้จากการแกสลิฟได้แก่ ถ่านชาร์ แสดงดังรูป 2.18

8. ทำการไล่คาร์บอนที่ติดอยู่ภายในเครื่องปฏิกรณ์แก๊สฟิเคชันออก โดยใช้ออกซิเจนไหลผ่านในระบบ ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส และเก็บแก๊สที่ได้ไปวิเคราะห์โดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี



รูป 2.15 ท่อปฏิกรณ์



รูป 2.16 เครื่องระเหย



รูป 2.17 ถุงเก็บแก๊สผลิตภัณฑ์



รูป 2.18 ถ่านชาร์ปี่เลื่อย

2.2.12 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากขี้เลื่อยโดยแกสซิฟเคชันด้วยไอน้ำแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยา

1. ชั่งขี้เลื่อยปริมาณ 1 กรัม ใส่ด้วยเซรามิกแล้วจึงนำไปใส่ในท่อปฏิกรณ์ แล้วใส่ลงในเครื่องระเหย
2. ชั่งตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์ โดยให้อัตราส่วนโดยมวลของชีวมวลต่อตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น 1:3 โดยน้ำหนัก ใส่ลงในท่อปฏิกรณ์และนำท่อใส่เครื่องปฏิกรณ์
3. ทำการทดลองที่อุณหภูมิเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งที่ 600, 650 และ 700 องศาเซลเซียส โดยทำการทดลองเหมือนข้อ 3-8 ของหัวข้อที่ 2.2.10

2.2.13 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ (GC – TCD)

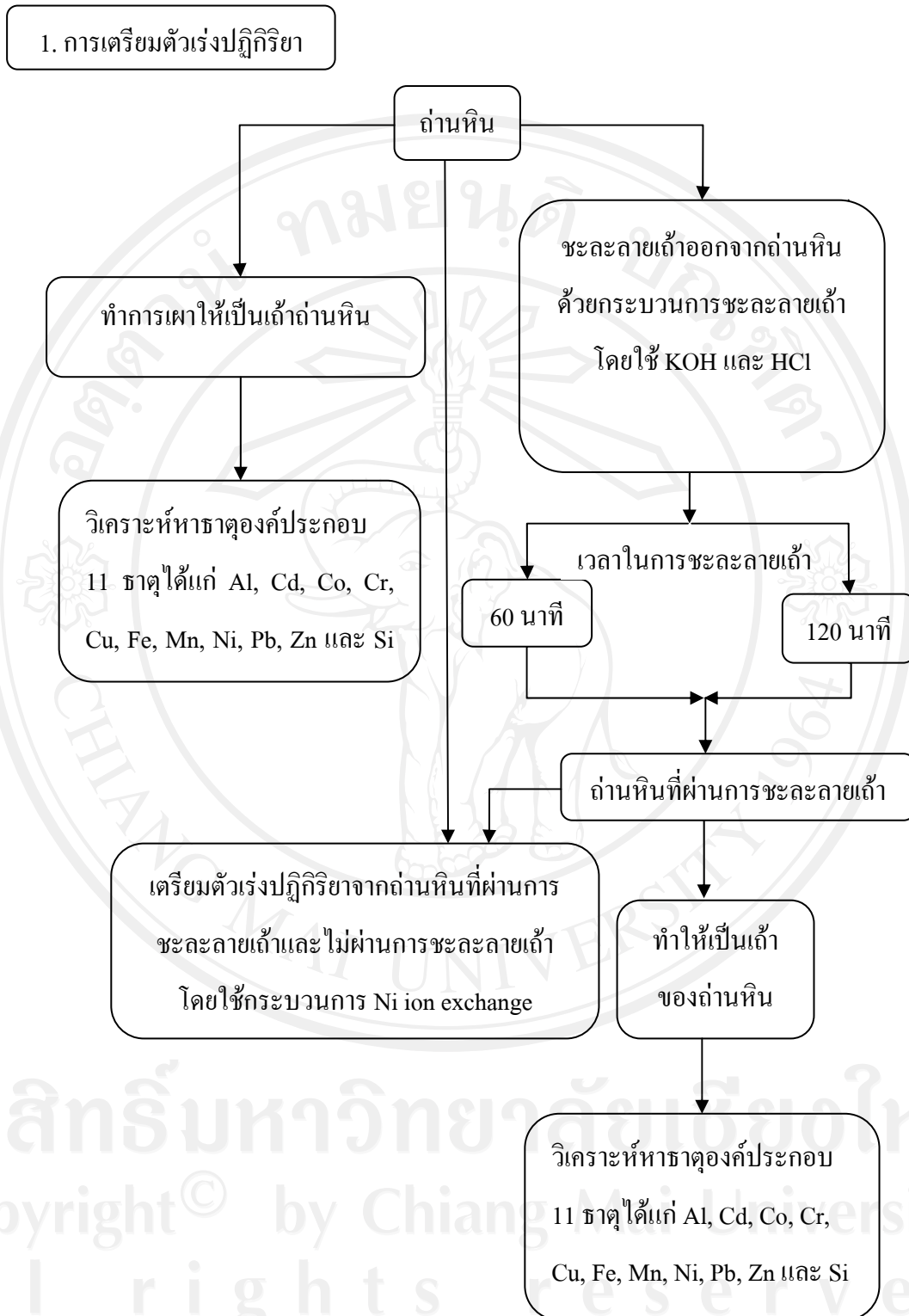
1. นำแก๊สสังเคราะห์ที่ได้จากกระบวนการแกสซิฟเคชันของขี้เลื่อยด้วยไอน้ำแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เก็บไว้ในถุงเก็บแก๊สผลิตภัณฑ์ ไปทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC – TCD รุ่น 6890 โดยใช้คอลัมน์ HP-PLOT Mole Sieve 5A สภาพของเครื่อง GC – TCD แสดงดังภาคผนวก ก
2. นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณของแก๊สไฮโดรเจน แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบกับสารมาตรฐาน แสดงดังภาคผนวก ข

2.2.14 สรุปวิธีการทดลองในงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งขั้นตอนการทดลองได้เป็น 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

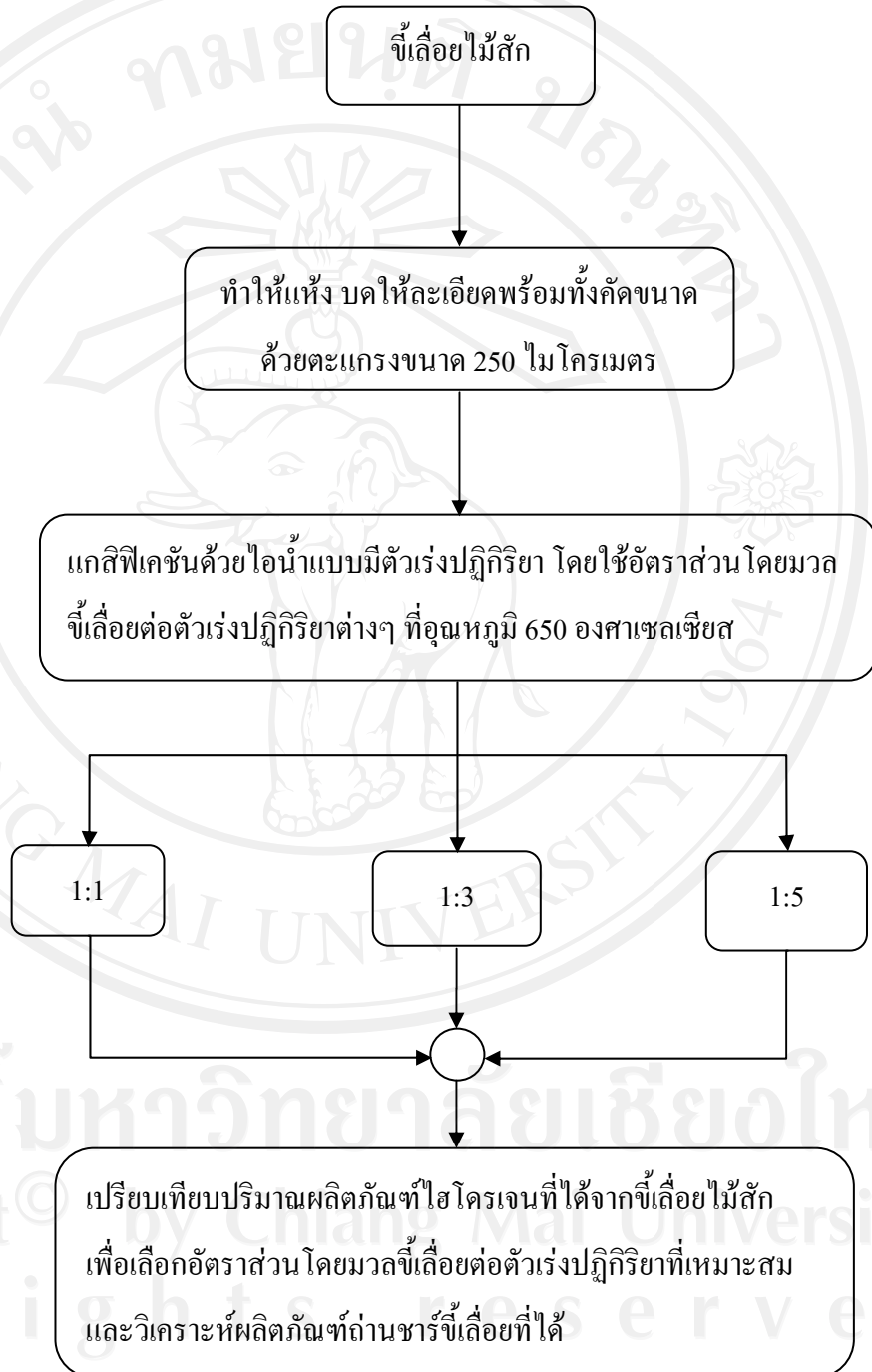
1. ขั้นตอนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา
2. ขั้นตอนการแกสซิฟเคชันขี้เลื่อยด้วยไอน้ำแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยา

การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ ซึ่งแบ่งเป็นวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ของแข็งของขี้เลื่อยที่ผ่านการไล่สารระเหย (ถ่านชาร์ขี้เลื่อย) และผลิตภัณฑ์แก๊สจากกระบวนการแกสซิฟเคชันซึ่งสรุปขั้นตอนการทดลองแสดงดังรูป 2.19

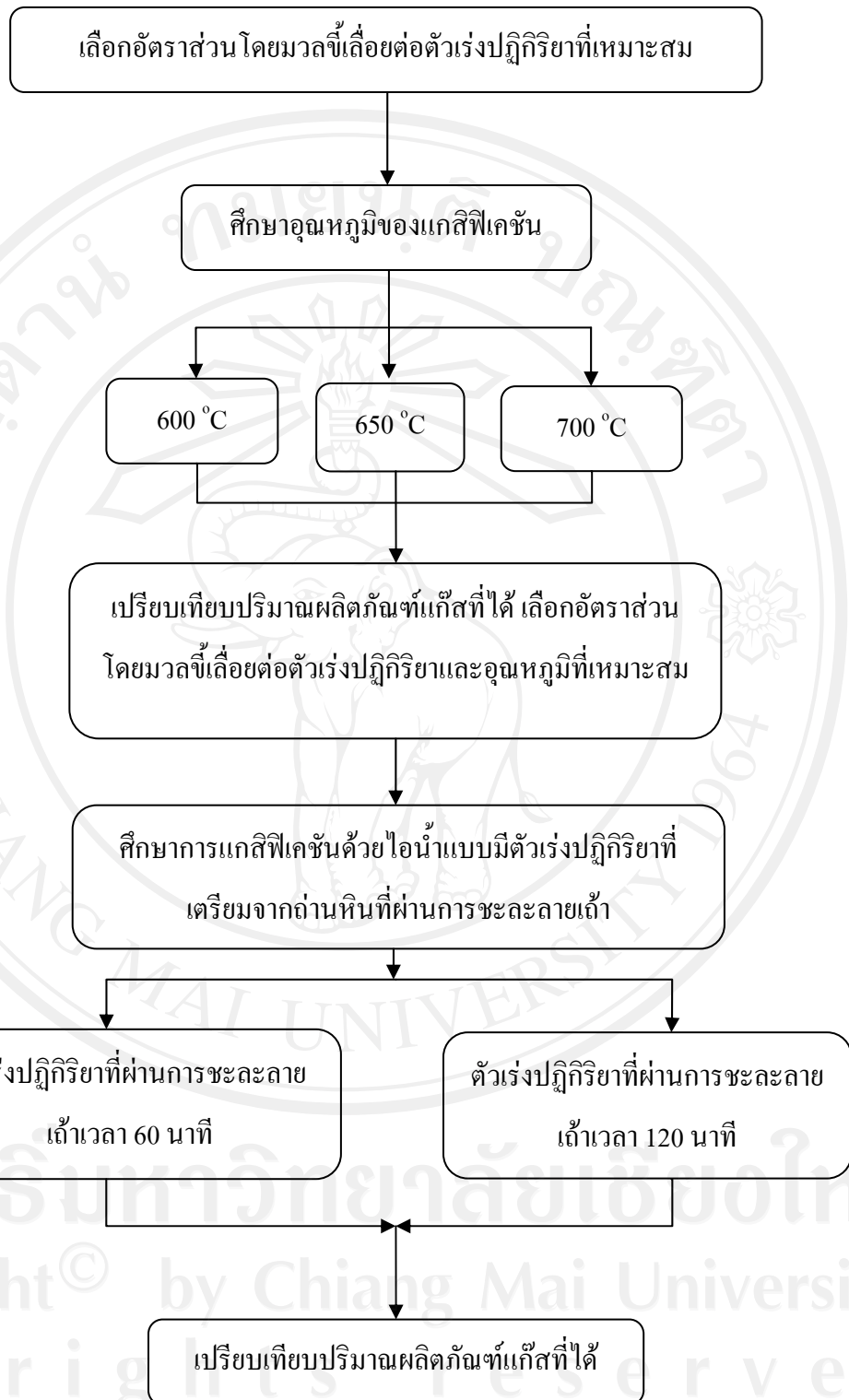


รูป 2.19 แผนผังสรุปงานวิจัย

2. กระบวนการแกสลิฟเคชันของจีเลื่อยไม้สัก



รูป 2.19 แผนผังสรุปงานวิจัย (ต่อ)



รูป 2.19 แผนผังสรุปรงานวิจัย (ต่อ)