

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 แรงบันดาลใจ.....	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ตัวรองรับซิลิกาและตัวรองรับเชิงประกอบเซอร์โคเนียกับซิลิกา.....	5
2.2 ตัวเร่งปฏิกิริยาในการเกิดไฮโดรจิเนชันของการไฮโดรจิเนชัน คาร์บอนมอนอกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์.....	7
บทที่ 3 ทฤษฎี.....	10
3.1 ปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของคาร์บอนไดออกไซด์.....	10
3.2 ซิลิกา.....	11
3.3 เซอร์โคเนีย.....	13
3.4 โคบอลต์.....	15
บทที่ 4 วิธีการทดลอง.....	18
4.1 วิธีดำเนินการวิจัย.....	18
4.2 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา.....	20
4.2.1 สารเคมีที่ใช้.....	20
4.2.2 การเตรียมตัวรองรับซิลิกาทรงกลม.....	20

	หน้า
4.2.3 การเตรียมตัวรองรับเชิงประกอบเซอร์โคเนียกับซิลิกา.....	20
4.2.4 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาบนตัวรองรับ.....	21
4.2.5 วิธีการเรียกชื่อตัวเร่งปฏิกิริยา.....	21
4.3 การศึกษาคุณลักษณะ.....	22
4.3.1 การวิเคราะห์เฟสด้วยวิธีการกระเจิงรังสีเอกซ์.....	22
4.3.2 วิธีการดูดซับทางกายภาพของแก๊สไนโตรเจน.....	22
4.3.3 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน.....	22
4.3.4 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน.....	22
4.3.5 เครื่องวิเคราะห์ที่วัดกัมมันตภาพรังสีแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	23
4.3.6 การวิเคราะห์วัดโดยความร้อน.....	23
4.4 การศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของคาร์บอนไดออกไซด์... 4.4.1 วัสดุที่ใช้.....	23
4.4.2 ระบบการทดลอง.....	24
4.4.3 วิธีทำการทดลอง.....	25
บทที่ 5 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	28
5.1 การศึกษาคุณลักษณะของตัวรองรับ.....	28
5.1.1 การศึกษาคุณลักษณะของตัวรองรับซิลิกา.....	28
5.1.2 การศึกษาคุณลักษณะของตัวรองรับเชิงประกอบเซอร์โคเนียกับ ซิลิกา.....	29
5.2 การศึกษาคุณลักษณะของตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์บนตัวรองรับซิลิกา และตัวรองรับเชิงประกอบเซอร์โคเนียกับซิลิกา.....	39
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	58
6.1 สรุปผลการทดลอง.....	58
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	59
รายการอ้างอิง.....	60
ภาคผนวก.....	65
ภาคผนวก ก การคำนวณการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา.....	66

ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ทางความร้อนของตัวรองรับ.....	68
ภาคผนวก ค การคำนวณค่าคอนเวอร์ชัน, อัตราการเกิดปฏิกิริยา และค่าการเลือกเกิด.....	75
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	76

## สารบัญญัตราสาร

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพทั่วไปของซิลิกา.....	12
3.2 แสดงพื้นที่ผิว, ปริมาตรรูพรุน และขนาดรูพรุนของเมโซพอร์ซิลิกาที่มีพื้นที่ผิว และปริมาตรรูพรุนสูงชนิดต่างๆ.....	13
3.3 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพทั่วไปของเซอร์โคเนีย.....	14
3.4 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพทั่วไปของโคบอลต์.....	17
4.1 สภาวะการใช้งานของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี.....	26
5.1 แสดงพื้นที่ผิว, ปริมาตรรูพรุน และขนาดรูพรุนของตัวรองรับซิลิกา.....	29
5.2 แสดงขนาดผลึกของเซอร์โคเนียบนตัวรองรับเชิงประกอบเซอร์โคเนียกับซิลิกา.....	33
5.3 แสดงพื้นที่ผิว, ปริมาตรรูพรุน และขนาดรูพรุนของตัวรองรับเชิงประกอบ เซอร์โคเนียกับซิลิกาก่อนการเคลือบฝังแบบเปียกกับโลหะว่องไวโคบอลต์.....	34
5.4 แสดงส่วนประกอบของธาตุในตัวรองรับซิลิกาและตัวรองรับเชิงประกอบ เซอร์โคเนียกับซิลิกาที่ได้จากอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน.....	38
5.5 แสดงขนาดผลึกของโคบอลต์ออกไซด์บนตัวรองรับชนิดต่างๆ.....	41
5.6 แสดงพื้นที่ผิว, ปริมาตรรูพรุน และขนาดรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์ บนตัวรองรับตัวรองรับชนิดต่างๆ.....	42
5.7 แสดงส่วนประกอบของธาตุในตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์บนตัวรองรับชนิดต่างๆ ที่ได้จากอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน.....	50
5.8 แสดงค่าคอนเวอร์ชันและค่าการเลือกเกิดของตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์ บนตัวรองรับชนิดต่างๆ.....	56

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาของคาร์บอน, คาร์บอนมอนอกไซด์ และ คาร์บอนไดออกไซด์.....	8
3.1 แสดงหน่วยเซลล์ของโครงร่างผลึกแต่ละเฟส.....	15
3.2 แสดงโครงสร้างมอนอคลินิก (monoclinic), เตตระโกนอล (tetragonal) และ คิวบิกหรือลูกบาศก์ (Cubic) ของเซอร์โคเนีย.....	15
4.1 แสดงแผนผังแสดงขั้นตอนการเตรียมตัวรองรับและการศึกษาคุณลักษณะ.....	18
4.2 แสดงแผนผังแสดงขั้นตอนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาและการศึกษาคุณลักษณะ.....	19
4.3 แสดงระบบการทดลองปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันของคาร์บอนไดออกไซด์.....	27
5.1 แสดงภาพตัวรองรับซีลิกาโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	29
5.2 แสดงน้ำหนักที่หายไปของตัวรองรับซีลิกาและตัวรองรับเชิงประกอบเซอร์โคเนียกับ ซีลิกา.....	30
5.3 แสดงกราฟ DTA ของตัวรองรับซีลิกาและตัวรองรับเชิงประกอบเซอร์โคเนียกับซีลิกา...	31
5.4 แสดงการกระเจิงรังสีเอ็กซ์ของตัวรองรับชนิดต่างๆ.....	33
5.5 แสดงภาพตัวรองรับเชิงประกอบเซอร์โคเนียกับซีลิกา ZrSSP400(1:3) โดย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	35
5.6 แสดงภาพตัวรองรับเชิงประกอบเซอร์โคเนียกับซีลิกา ZrSSP400(1:1) โดย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	36
5.7 แสดงภาพตัวรองรับเชิงประกอบเซอร์โคเนียกับซีลิกา ZrSSP400(3:1) โดย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	36
5.8 แสดงภาพตัวรองรับเชิงประกอบเซอร์โคเนียกับซีลิกา ZrSSP800(1:3) โดย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	37
5.9 แสดงภาพตัวรองรับเชิงประกอบเซอร์โคเนียกับซีลิกา ZrSSP800(1:1) โดย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	37
5.10 แสดงภาพตัวรองรับเชิงประกอบเซอร์โคเนียกับซีลิกา ZrSSP800(3:1) โดย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	38



รูปที่	หน้า
5.25 แสดงภาพตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์บนรองรับเชิงประกอบเซอร์โคเนียกับซิลิกา CoZrSSP800(1:1) โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน.....	53
5.26 แสดงภาพตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์บนรองรับเชิงประกอบเซอร์โคเนียกับซิลิกา CoZrSSP800(3:1) โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน.....	54
5.27 แสดงภาพการวิเคราะห์หัตถ์ชั้นแบบโปรแกรมอุณหภูมิของตัวเร่งปฏิกิริยา โคบอลต์บนตัวรองรับชนิดต่างๆ.....	55
5.28 แสดงอัตราการเกิดปฏิกิริยาเทียบกับเวลาของตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์บน ตัวรองรับชนิดต่างๆ.....	57
ข.1 แสดงน้ำหนักที่หายไปและกราฟ DTA ของตัวรองรับซิลิกา SSP550.....	68
ข.2 แสดงน้ำหนักที่หายไปและกราฟ DTA ของตัวรองรับเชิงประกอบ เซอร์โคเนียกับซิลิกา ZrSSP400(1:3).....	69
ข.3 แสดงน้ำหนักที่หายไปและกราฟ DTA ของตัวรองรับเชิงประกอบ เซอร์โคเนียกับซิลิกา ZrSSP400(1:1).....	70
ข.4 แสดงน้ำหนักที่หายไปและกราฟ DTA ของตัวรองรับเชิงประกอบ เซอร์โคเนียกับซิลิกา ZrSSP400(3:1).....	71
ข.5 แสดงน้ำหนักที่หายไปและกราฟ DTA ของตัวรองรับเชิงประกอบ เซอร์โคเนียกับซิลิกา ZrSSP800(1:3).....	72
ข.6 แสดงน้ำหนักที่หายไปและกราฟ DTA ของตัวรองรับเชิงประกอบ เซอร์โคเนียกับซิลิกา ZrSSP800(1:1).....	73
ข.7 แสดงน้ำหนักที่หายไปและกราฟ DTA ของตัวรองรับเชิงประกอบ เซอร์โคเนียกับซิลิกา ZrSSP800(3:1).....	74