การผลิตแก๊สไฮโดรเจนเข้มข้นจากแกซิฟิเคชันของชีวมวลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมคาร์บอเนต-นิกเกิลออกไซด์บนตัวรองรับโดโลไมต์

นางสาว กนกรส คงเถื่อน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

H_2-RICH GAS PRODUCTION FROM BIOMASS GASIFICATION USING K_2CO_3-NiO/DOLOMITE CATALYST

Miss Kanokrod Kongthuan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Chemical Technology

Department of Chemical Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

501894

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตแก๊สไฮโดรเจนเข้มข้นจากแกซิฟิเคชันของชีวมวลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมคาร์บอเนต-นิกเกิลออกไซด์บนตัวรองรับโดโลไมต์
โดย	นางสาว กนกรส คงเถื่อน
สาขาวิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ คูชลธารา

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ คูชลธารา)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตศานต์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ชวลิต งามจรัสศรีวิชัย)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ)

กนกรส คงเถื่อน : การผลิตแก๊สไฮโดรเจนเข้มข้นจากแกซิฟิเคชันของชีวมวลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมคาร์บอเนต-นิกเกิลออกไซด์บนตัวรองรับโดโลไมต์ (H_2-RICH GAS PRODUCTION FROM BIOMASS GASIFICATION USING K_2CO_3-NiO/DOLOMITE CATALYST) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. ประพันธ์ คูชลธารา, 92 หน้า.

งานวิจัยนี้ ศึกษาผลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อกระบวนการแกซิฟิเคชันของชีวมวลด้วยไอน้ำ ในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง ชีวมวลที่นำมาศึกษา ได้แก่ แกลบ ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ อุณหภูมิ ร้อยละของโพแทสเซียมในตัวเร่งปฏิกิริยา และชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ โดโลไมต์ นิกเกิลออกไซด์บนตัวรองรับโดโลไมต์ โพแทสเซียมคาร์บอเนตบนตัวรองรับโดโลไมต์ และโพแทสเซียมคาร์บอเนต-นิกเกิลออกไซด์บนตัวรองรับโดโลไมต์ ผลิตภัณฑ์แก๊สที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ เพื่อศึกษาผลของโลหะแอลคาไลน์ต่อประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยวิเคราะห์ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดและองค์ประกอบของแก๊สผลิตภัณฑ์ จากผลการทดลอง พบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมคาร์บอเนต-นิกเกิลออกไซด์บนตัวรองรับโดโลไมต์ช่วยเร่งปฏิกิริยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเมื่ออุณหภูมิ ร้อยละของโพแทสเซียมในตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ร้อยละความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรเจนมีค่าสูงขึ้น ภาวะที่เหมาะสมในการทดลองคือ อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ร้อยละของโพแทสเซียมในตัวเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 9 โดยผลิตภัณฑ์แก๊สที่ได้มีร้อยละความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรเจนเท่ากับ 57.37

ภาควิชา.....เคมีเทคนิค.....ลายมือชื่อนิสิต.....กนกรส คงเถื่อน.....

สาขาวิชา.....เคมีเทคนิค.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2550.....

4872573023: MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD: GASIFICATION / ALKALI CATALYST / BIOMASS

KANOKROD KONGTHUAN : H_2-RICH GAS PRODUCTION FROM BIOMASS GASIFICATION USING K_2CO_3-NiO/DOLOMITE CATALYST. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. PRAPAN KUCHONTHARA, Ph.D., 92 pp.

In this research, the effect of catalyst on the steam gasification of biomass was studied using a drop-tube fixed bed reactor. Rice husk was employed as a biomass feedstock. The studied parameters were temperature, the percentage of potassium loading on catalyst and types of the catalyst, which were dolomite, K_2CO_3/dolomite, NiO/dolomite and K_2CO_3-NiO/dolomite. The gas product was analyzed by gas chromatography (GC) in order to examine the effect of the alkali metal on gas composition. The results indicated that K_2CO_3-NiO/dolomite performed as an effective catalyst in steam gasification. When temperature and the percentage of potassium loading on catalyst were increased, the percentage of hydrogen also increased. The optimum condition was found to be the reaction temperature of 800 degree Celsius and the percentage of potassium load on catalyst of 9 wt%. At this condition, the gas product with 57.37 %v/v of hydrogen was obtained.

Department.....Chemical Technology....Student's signature.....kanokrod kongthuan.....

Field of Study...Chemical Technology....Advisor's signature.....Prapan Kuchontha.....

Academic Year.....2007.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประพันธ์ คูชลธารา อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ด้วยดีตลอดมารวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเคมีเทคนิคที่ได้ให้คำแนะนำในงานวิจัยนี้

งานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีโดยได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านเชื้อเพลิง ภายใต้โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ศูนย์ปิโตรเลียมและเทคโนโลยีปิโตรเคมี ทุนอุดหนุนโครงการวิจัยหรือค้นคว้าเพื่อทำวิทยานิพนธ์ ทุนสนับสนุนกลุ่มวิทยานิพนธ์เพื่อการตีพิมพ์เผยแพร่ และกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักนโยบายและแผนพลังงาน ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตศานต์ อาจารย์ ดร. ชวลิต งามจรัสศรีวิชัย อาจารย์ ดร. ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในการอำนวยความสะดวกการใช้เครื่องมือในการทดลองและห้องปฏิบัติการ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง ที่ให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจอย่างดีและให้การสนับสนุนจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจช่วยเหลือและให้คำแนะนำด้วยดีเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 2

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย..... 4

2 ทฤษฎี..... 5

2.1 ชีวมวล..... 5

2.2 หลักการแปรรูปชีวมวล..... 12

2.3 กระบวนการแกซิฟิเคชัน..... 13

2.4 ระบบการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง..... 17

2.5 เครื่องปฏิกรณ์แบบแบดนิ่ง..... 18

2.6 ไฮโดรเจน..... 19

2.7 ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี..... 22

2.8 โดโลไมต์..... 34

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 37

3 เครื่องมือและวิธีการทดลอง..... 41

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง..... 41

3.2 สารตั้งต้นและสารเคมี..... 44

3.3 วิธีการทดลอง..... 44

บทที่		หน้า
4	ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง	48
	4.1 องค์ประกอบทางเคมีของแกลบ	48
	4.2 สมบัติทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา	49
	4.3 แกซิฟิเคชันของชีวมวลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง	51
	4.3.1 ผลของตัวเร่งปฏิกิริยา	51
	4.3.2 ผลของอุณหภูมิ	55
	4.3.3 ผลของร้อยละของโพแทสเซียมบนตัวเร่งปฏิกิริยา	58
	4.3.4 ผลของระยะเวลาที่สารตั้งต้นสัมผัสกับตัวเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์	60
	4.3.5 ผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้	63
	4.3.6 ผลของเสถียรภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา	66
	4.3.7 ผลของการตรวจสอบประสิทธิภาพของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา	72
5	สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	74
	5.1 สรุปผลการทดลอง	74
	5.2 ข้อเสนอแนะ	75
รายการอ้างอิง		76
ภาคผนวก		78
	ภาคผนวก ก	79
	ภาคผนวก ข	82
	ภาคผนวก ค	84
	ภาคผนวก ง	87
	ภาคผนวก จ	90
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์		92

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	พลังงานชีวมวลที่เกิดขึ้นในแต่ละปี	7
2.2	ส่วนประกอบทางเคมีของ Biomass Tars	15
2.3	ปฏิกิริยาการเผาไหม้พื้นฐาน	16
2.4	ประเภทของตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดวิวิธพันธุ์	24
2.5	การแบ่งประเภทของตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดวิวิธพันธุ์	25
2.6	ระบบปฏิกิริยาเร่งแบ่งตามลักษณะทางกายภาพ และขนาดของตัวเร่งปฏิกิริยา และประเภทของเครื่องปฏิกรณ์	29
3.1	ภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์แก๊สด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ	44
4.1	ผลการวิเคราะห์แบบประมาณของแกลบ	48
4.2	ผลการวิเคราะห์แบบแยกธาตุของแกลบ	49
4.3	ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวเร่งปฏิกิริยาก่อนใช้	49
4.4	ผลการวิเคราะห์ร้อยละของโลหะบนตัวเร่งปฏิกิริยาก่อนใช้	50
4.5	ระยะเวลาที่สารตั้งต้นสัมผัสกับตัวเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์	61
4.6	ระยะเวลาที่สารตั้งต้นสัมผัสกับตัวเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์	64
4.7	ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวเร่งปฏิกิริยาหลังใช้หนึ่งครั้ง	72
ง1	ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิดของตัวมาตรฐาน	88
ง2	ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิดของตัวอย่าง	88
จ1	ข้อมูลการทดลองในกระบวนการแกซิฟิเคชัน	90

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
2.1	การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของชีวมวล	12
2.2	แสดงทิศทางการไหลของอากาศในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง	19
2.3	กลไกการเกิดปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์	27
2.4	ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอนุภาคหยาบที่มีรูปร่างต่างๆ	30
2.5	ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดโครงสร้างแบบโมโนลิธิกหรือรังผึ้ง	30
2.6	(ก) เครื่องปฏิกรณ์ชนิดฐานอยู่กับที่ (ข) เครื่องปฏิกรณ์ชนิดฐานเคลื่อนที่	30
2.7	แสดงขั้นตอนการเตรียมโลหะตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดมีตัวรองรับด้วยวิธีเคลือบฝังโดยใช้สารละลายเจือจางและเข้มข้นของเกลือโลหะ	33
3.1	แบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง	42
3.2	เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง	43
3.3	เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ	43
3.4	(ก) เครื่องอัดขึ้นรูป (ข) ชุดอุปกรณ์อัดขึ้นรูป	46
3.5	ตัวเร่งปฏิกิริยา K_2CO_3-NiO/dolomite แบบอัดเม็ด	46
4.1	แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาก่อนใช้ ด้วยเครื่อง XRD	50
4.2	แสดงผลของการแกซิฟิเคชันชีวมวลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด	52
4.3	แสดงผลของการแกซิฟิเคชันชีวมวลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด	54
4.4	แสดงผลของอุณหภูมิต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด	55
4.5	แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมคาร์บอเนต-นิกเกิลออกไซด์บนตัวรองรับโดโลไมต์ ด้วยเครื่อง XRD	57
4.6	แสดงผลของอุณหภูมิต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด	58
4.7	อิทธิพลของร้อยละโพแทสเซียมบนตัวเร่งปฏิกิริยาต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด	59
4.8	อิทธิพลของร้อยละโพแทสเซียมบนตัวเร่งปฏิกิริยาต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด	60
4.9	แสดงผลของการเพิ่มความสูงของเบดในการแกซิฟายต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด	62
4.10	แสดงผลของการเพิ่มความสูงของเบดในการแกซิฟายต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด	63
4.11	แสดงผลของปริมาณของเบดในการแกซิฟายแกลบต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด	64
4.12	แสดงผลของปริมาณของเบดในการแกซิฟายแกลบต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด	65

ภาพประกอบ หน้า

4.13 แสดงผลของเสถียรภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา 9%NiO/dolomite ต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด..... 66

4.14 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยา 9%NiO/dolomite ด้วยเครื่อง XRD..... 67

4.15 แสดงผลของเสถียรภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา 9%NiO/dolomite ต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด..... 67

4.16 แสดงผลของเสถียรภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา 9%K_2CO_3/dolomite ต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด..... 68

4.17 แสดงผลของเสถียรภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา 9%K_2CO_3/dolomite ต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด..... 69

4.18 แสดงผลของเสถียรภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา 9%K_2CO_3-9%NiO/dolomite ต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด..... 70

4.19 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยา 9%K_2CO_3-9%NiO/dolomite ด้วยเครื่อง XRD..... 71

4.20 แสดงผลของเสถียรภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา 9%K_2CO_3-9%NiO/dolomite ต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด..... 71

4.21 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาหลังใช้ ด้วยเครื่อง XRD..... 73