การผลิตแก๊สไฮโดรเจนเข้มข้นจากแกซิฟิเคชันของชีวมวลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา $Ni/K_2CO_3/\gamma\text{-}Al_2O_3$

นางสาว บุปผา พุทธสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549

ISBN : 974-14-3432-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

H_2-RICH GAS PRODUCTION FROM BIOMASS GASIFICATION USING $Ni/K_2CO_3/\gamma$-Al_2O_3 CATALYST

Miss Buppa Puttasawat

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 2006

ISBN 974-14-3432-4

Copyright of Chulalongkorn University

431878

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตแก๊สไฮโดรเจนเข้มข้นจากแกซิฟิเคชันของชีวมวลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา $Ni/K_2CO_3/\gamma\text{-}Al_2O_3$
โดย	นางสาว บุปผา พุทธสวัสดิ์
สาขาวิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. ประพันธ์ คูชลธารา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.ประพันธ์ คูชลธารา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธราพงษ์ วิทิตศานต์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

บุปผา พุทธสวัสดิ์ : การผลิตแก๊สไฮโดรเจนเข้มข้นจากแกซิฟิเคชันของชีวมวลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา $Ni/K_2CO_3/\gamma$-Al_2O_3. (H_2-RICH GAS PRODUCTION FROM BIOMASS GASIFICATION USING $Ni/K_2CO_3/\gamma$-Al_2O_3 CATALYST) อ. ที่ปรึกษา : อ. ดร. ประพันธ์ คูชลธารา, อ. ที่ปรึกษาร่วม: รศ. ดร. เลอสรวง เมฆสุต จำนวนหน้า 98 หน้า. ISBN 974-14-3432-4.

งานวิจัยนี้ ศึกษาผลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อกระบวนการแกซิฟิเคชันของชีวมวลด้วยไอน้ำ ในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง ชีวมวลที่นำมาศึกษา ได้แก่ แกลบ ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ อุณหภูมิ อัตราการป้อนไอน้ำ ร้อยละของโพแทสเซียมในตัวเร่งปฏิกิริยา และชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ โพแทสเซียมคาร์บอเนตบนตัวรองรับแกมมาอะลูมินา นิกเกิลออกไซด์บนตัวรองรับแกมมาอะลูมินา และโพแทสเซียมคาร์บอเนต-นิกเกิลออกไซด์บนตัวรองรับแกมมาอะลูมินา ผลิตภัณฑ์แก๊สที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ เพื่อศึกษาผลของตัวเร่งปฏิกิริยาอัลคาไลต่อองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์แก๊ส จากผลการทดลองในกระบวนการแกซิฟิเคชัน พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมคาร์บอเนต-นิกเกิลออกไซด์บนตัวรองรับแกมมาอะลูมินาช่วยเร่งปฏิกิริยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเมื่ออุณหภูมิ อัตราการป้อนไอน้ำและร้อยละของโพแทสเซียมในตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ร้อยละความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าสูงขึ้น ในขณะที่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนแก๊สมีเทนมีค่าลดลงอย่างมาก ภาวะที่เหมาะสมในการทดลองคือ อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส อัตราการป้อนไอน้ำเท่ากับ 0.15 มิลลิลิตรต่อนาที และร้อยละของโพแทสเซียมในตัวเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 9 โดยผลิตภัณฑ์แก๊สที่ได้มีร้อยละความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรเจนและคาร์บอนมอนอกไซด์เท่ากับ 33.47 และ 30.88 ตามลำดับ

ภาควิชา เคมีเทคนิค	ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา เคมีเทคนิค	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2549	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4772352523: MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY
KEY WORD: GASIFICATION / ALKALI CATALYST / BIOMASS

BUPPA PUTTASAWAT : H_2-RICH GAS PRODUCTION FROM BIOMASS GASIFICATION USING $Ni/K_2CO_3/Al_2O_3$ CATALYST. THESIS ADVISOR : PRAPAN KUCHONTHARA, Ph.D., THESIS COADVISOR : ASSOC.PROF. LURSUANG MEKASUT, Dr. Ing., 98 pp. ISBN 974-14-3432-4.

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, steam feed rate, the percentage of potassium load on catalyst and types of the catalyst, which are K_2CO_3/γ-Al_2O_3, NiO/γ-Al_2O_3 and $K_2CO_3/NiO/\gamma$-Al_2O_3. The gas product was analyzed by Gas Chromatography (GC) in order to examine the effect of the alkali catalyst on gas composition. The results indicated that $K_2CO_3/NiO/\gamma$-Al_2O_3 performed as an effective catalyst in steam gasification. When temperature, steam feed rate and the percentage of potassium load on catalyst were increased, the percentage of hydrogen and carbon monoxide also increased. Carbon dioxide slightly increased, while methane was significantly decreased. The optimum condition was found to be the reaction temperature of 800 degree Celsius, the steam feed rate of 0.15 ml/min, and the percentage of potassium load on catalyst of 9 wt%. At this condition, the percentages of hydrogen and carbon monoxide of 33.47 and 30.88, respectively, were obtained.

Department: Chemical Technology Student's Signature.....
Field of Study: Chemical Technology Advisor's Signature.....
Academic Year 2006 Co-advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ ดร. ประพันธ์ คูชลธารา อาจารย์ที่ปรึกษา และรองศาสตราจารย์ ดร. เลอสรวง เมฆสุต อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ด้วยดีตลอดมารวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเคมีเทคนิคที่ได้ให้คำแนะนำในงานวิจัยนี้

งานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีโดยได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านเชื้อเพลิง ภายใต้โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศูนย์ปิโตรเลียมและเทคโนโลยีปิโตรเคมี ทุนอุดหนุนโครงการวิจัยหรือค้นคว้าเพื่อทำวิทยานิพนธ์ ทุนสนับสนุนกลุ่มวิทยานิพนธ์เพื่อการตีพิมพ์เผยแพร่ และกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักนโยบายและแผนพลังงาน ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ธราพงษ์ วิทิตศานต์ รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในการสร้าง ซ่อมแซมเครื่องมือและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือในการทดลองและห้องปฏิบัติการ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง ที่ให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจอย่างดีและให้การสนับสนุนจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ชาวเคมีเทคนิคทุกคนที่ให้กำลังใจ ช่วยเหลือและให้คำแนะนำด้วยดีเสมอมา

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 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย 3

2 ทฤษฎี 4

2.1 ชีวมวล 4

2.2 หลักการแปรรูปชีวมวล 7

2.3 กระบวนการแกซิฟิเคชัน 8

2.4 ระบบการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง 12

2.5 กระบวนการแบบเบดนิ่ง 13

2.6 ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี 14

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26

3 เครื่องมือและวิธีการทดลอง 31

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง 31

3.2 สารตั้งต้นและสารเคมี 34

3.3 วิธีการทดลอง 34

4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง 38

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของแกลบ 38

4.2 สมบัติทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา 39

บทที่ หน้า

4.3 ไพโรไลซิสของชีวมวลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง 42

4.4 แกซิฟิเคชันของชีวมวลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง 49

5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ 74

5.1 สรุปผลการทดลอง 74

5.2 ข้อเสนอแนะ 74

รายการอ้างอิง 76

ภาคผนวก 79

ภาคผนวก ก 80

ภาคผนวก ข 83

ภาคผนวก ค 85

ภาคผนวก ง 90

ภาคผนวก จ 92

ภาคผนวก ฉ 96

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 98

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	การประเมินศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร, ปีเพาะปลูก 2546/47	5
2.2	ส่วนประกอบทางเคมีของ Biomass Tars	10
2.3	ปฏิกิริยาการเผาไหม้พื้นฐาน	11
2.4	ความแตกต่างของการดูดซับทางเคมีและการดูดซับทางการกายภาพ	22
3.1	ภาวะการวิเคราะห์แก๊สโดยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ	33
4.1	ผลการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) ของแกลบ	38
4.2	ผลการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate analysis) ของแกลบ	38
4.3	ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวBET ก่อนใช้	39
4.4	แสดงการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาต่างๆ เปรียบเทียบระหว่างกระบวนการไพโรไลซิส และแกซิฟิเคชัน	53
4.5	ระยะเวลาที่สารตั้งต้นสัมผัสกับตัวเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ (Contact Time)	58
4.6	ระยะเวลาที่สารตั้งต้นอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์เปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ (Resident Time)	59
4.7	การเกาะติดของคาร์บอนบนตัวเร่งปฏิกิริยา	65
4.8	ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวBET หลังใช้	66
4.9	ร้อยละของโลหะออกไซด์บนตัวเร่งปฏิกิริยาที่หายไป	68
ง1	ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิดของตัวมาตรฐาน	90
ง2	ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิดของตัวอย่าง	90
จ1	ข้อมูลการทดลองในกระบวนการไพโรไลซิส	92
จ2	ข้อมูลการทดลองในกระบวนการแกซิฟิเคชัน	93

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

2.1 แสดงแหล่งพลังงานหมุนเวียนของชีวมวล 4

2.2 การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของชีวมวล 7

2.3 แสดงกลไกการเกิดกระบวนการแกซิฟิเคชัน 8

2.4 แสดงทิศทางการไหลของอากาศในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง 14

2.5 บทบาทของตัวรองรับที่มีต่อการกระจายตัวของ active species 16

2.6 เส้นทางการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอะลูมินา 17

2.7 กลไกการเกิดปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ 20

2.8 การดูดซับลักษณะต่างๆ ของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์บนพื้นผิวของแข็งชนิดต่างๆ 24

2.9 แสดงการเตรียมด้วยวิธี wet impregnation 25

2.10 ผลของอัตราเร็วในการอบแห้งที่มีต่อการกระจายตัวของ active species 26

3.1 แบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง 32

3.2 เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ 33

3.3 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ และการทดสอบต่างๆ 37

4.1 วิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเครื่อง SEM 40

4.2 วิเคราะห์ธาตุของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเครื่อง EDX 41

4.3 อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อผลิตภัณฑ์แก๊สในกระบวนการไพโรไลซิส 42

4.4 อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมดในกระบวนการไพโรไลซิส 43

4.5 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อผลิตภัณฑ์แก๊สในกระบวนการไพโรไลซิส 44

4.6 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมดในกระบวนการไพโรไลซิส 45

4.7 อิทธิพลของร้อยละโพแทสเซียมในตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อผลิตภัณฑ์แก๊สในกระบวนการไพโรไลซิส 46

4.8 อิทธิพลของร้อยละโพแทสเซียมในตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมดในกระบวนการไพโรไลซิส 47

4.9 อิทธิพลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ที่มีต่อผลิตภัณฑ์แก๊สในกระบวนการไพโรไลซิส 48

4.10 อิทธิพลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมดในกระบวนการไพโรไลซิส 49

ภาพประกอบ หน้า

4.11 ผลของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาต่างๆ ที่มีต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด ในกระบวนการแกซิฟิเคชัน..... 50
4.12 ผลของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาต่างๆ ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ในกระบวนการแกซิฟิเคชัน..... 52
4.13 ผลของอุณหภูมิ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมคาร์บอเนต-นิกเกิลออกไซด์-แกมมาอะลูมินา ที่มีต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิดในกระบวนการแกซิฟิเคชัน..... 54
4.14 ผลของอุณหภูมิ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมคาร์บอเนต-นิกเกิลออกไซด์-แกมมาอะลูมินา ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมดในกระบวนการแกซิฟิเคชัน..... 55
4.15 ผลของอัตราการป้อนไอน้ำ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมคาร์บอเนต-นิกเกิลออกไซด์-แกมมาอะลูมินา ที่มีต่อผลิตภัณฑ์แก๊สในกระบวนการแกซิฟิเคชัน..... 56
4.16 ผลของอัตราการป้อนไอน้ำ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมคาร์บอเนต-นิกเกิลออกไซด์-แกมมาอะลูมินา ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมดในกระบวนการแกซิฟิเคชัน..... 57
4.17 ผลของการลดอัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจนและไอน้ำ ที่มีต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิดในกระบวนการแกซิฟิเคชัน..... 60
4.18 ผลของการลดอัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจนและไอน้ำ ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมดแต่ละชนิดในกระบวนการแกซิฟิเคชัน..... 61
4.19 ผลของปริมาณของเบดในการแกซิฟาย (1) ที่มีต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด ในกระบวนการแกซิฟิเคชัน..... 62
4.20 ผลของปริมาณของเบดในการแกซิฟาย (1) ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ในกระบวนการแกซิฟิเคชัน..... 62
4.21 ผลของปริมาณของเบดในการแกซิฟาย (2) ที่มีต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด ในกระบวนการแกซิฟิเคชัน..... 64
4.22 ผลของปริมาณของเบดในการแกซิฟาย (2) ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ในกระบวนการแกซิฟิเคชัน..... 64
4.23 วิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเครื่อง SEM หลังใช้..... 67
4.24 ผลของการตรวจสอบประสิทธิภาพของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมคาร์บอเนต-แกมมาอะลูมินา ที่มีต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด..... 69
4.25 ผลของการตรวจสอบประสิทธิภาพของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมคาร์บอเนต-แกมมาอะลูมินา ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด..... 69

ภาพประกอบ หน้า

4.26 ผลของการตรวจสอบประสิทธิภาพของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลออกไซด์-แกมมาอะลูมินา ที่มีต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด..... 70

4.27 ผลของการตรวจสอบประสิทธิภาพของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลออกไซด์-แกมมาอะลูมินา ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด..... 71

4.28 ผลของการตรวจสอบประสิทธิภาพของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมคาร์บอเนต-นิกเกิลออกไซด์-แกมมาอะลูมินา ที่มีต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด..... 72

4.29 ผลของการตรวจสอบประสิทธิภาพของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมคาร์บอเนต-นิกเกิลออกไซด์-แกมมาอะลูมินา ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด..... 73