การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากแกลบในเบดนิ่ง

นางสาวอาภาณี เหลืองนฤมิตชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเคมีเทคนิค
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2538

ISBN 974-631-642-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16716740X

Gasification of Rice Husk in Fixed Bed

Miss. Apanee Luengnaruemitchai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1995

ISBN 974-631-642-7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากแกลบในเบดนิ่ง
โดย นางสาวอาภาณี เหลืองนฤมิตชัย
ภาควิชา เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.พล สาเกทอง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ บารมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์กัญจนา บุณยเกียรติ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พล สาเกทอง)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ บารมี)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย สุกาญจนัจที)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

อาภาณี เหลืองนฤมิตชัย : การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากแกลบในเบดนิ่ง (GASIFICATION OF RICE HUSK IN FIXED BED) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.พล สาเกทอง, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.ชูชาติ บารมี, 143 หน้า. ISBN 974-631-642-7

การผลิตก๊าซชีวมวลจากแกลบในเครื่องกำเนิดก๊าซแบบเบดนิ่งเป็นงานวิจัยที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมของการผลิตก๊าซชีวมวลจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน โดยใช้เครื่องกำเนิดก๊าซแบบเบดนิ่งประเภท Downdraft gasifier

ขั้นตอนของการวิจัยเริ่มด้วยการปรับปรุงเครื่องมือวิจัย ศึกษาระบบการทำงานของส่วนต่างๆ พร้อมทั้งแก้ไขดัดแปลงตลอดจนสร้างเครื่องมือบางส่วนเพื่อความเหมาะสมสำหรับงานวิจัย จากนั้นจึงศึกษากระบวนการแก๊สซิฟิเคชันแกลบในเครื่องกำเนิดก๊าซที่ได้ปรับปรุงแล้ว และเก็บข้อมูลการวิจัยโดยมีตัวแปรที่พิจารณา คือ อุณหภูมิของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันและอัตราการไหลของอากาศ

ในการทดลองแกลบจะถูกป้อนเข้าทางด้านบนเพื่อเผาไหม้แกลบให้เกิดเป็นก๊าซร้อนและไหลผ่านคอลัมน์ออกทางด้านล่าง ปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชันเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 650-900 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ และใช้ค่าอัตราการไหลของอากาศ 0.12 ถึง 0.32 ลูกบาศก์เมตร/นาที องค์ประกอบของก๊าซชีวมวลจะถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊สโครมาโตกราฟี

ผลการวิจัยพบว่าภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวมวลในเครื่องกำเนิดก๊าซแบบเบดนิ่งที่อุณหภูมิของการทดลอง 850 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลของอากาศ 0.20 ลูกบาศก์เมตร/นาที อัตราการป้อนแกลบ 100-260 กรัม/นาที ก๊าซชีวมวลที่ได้มีปริมาณร้อยละโดยปริมาตรของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 8.46 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละโดยปริมาตร 5.12 ก๊าซไฮโดรเจนร้อยละโดยปริมาตร 7.78 และก๊าซมีเทนร้อยละโดยปริมาตร 0.83 คุณค่าทางความร้อนของก๊าซชีวมวล 671.79 กิโลแคลอรี/ลูกบาศก์เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่อนิสิต อาภาณี เหลืองนฤมิตชัย

สาขาวิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2547 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

##C425531: :MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY
KEY WORD: : RICE HUSK,GASIFICATION
APANEE LUENGNARUEMITCHAI:GASIFICATION OF RICE HUSK IN FIXED BED. THESIS ADVISOR :ASSO.PROF.PHOL SAKETONG,Ph.D.THESIS CO-ADVISOR : ASSO. PROF. SHOOSHAT BARAME,Ph.D. 143 PP. ISBN 974-631-642-7

Gasification of rice husk in fixed bed system was studied. Main point of this work concentrated in studying optimal operating conditions of gasification process in downdraft fixed bed gasifier.

The design and development of the fixed bed system were performed and tested. Experiments on gasification were carried out and a number of tests were conducted by varying 2 parameters; bed temperature and air flow rate.

On the process, gasification of rice husk were carried out in a fixed bed gasifier in the temperature range 650-900 ^{o}C and atmospheric pressure. The air flow rate were varied from 0.12 to 0.32 m^3/min. Producer gas composition was analized by a Gas Chromatography.

The result of this work indicated that the optimum operating conditions were obtained with a bed temperature of 850 ^{o}C , an air flow rate 0.20 m^3/min, rice husk feed rate 100-260 gm/min. The producer gas composition consisted of CO, CO_2, H_2, CH_4 8.46, 5.12, 7.78 and 0.83 percent by volume respectively. The heating value of this gas at standard condition was 671.79 $Kcal/m^3$.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่อนิสิต อภาณี เหลืองนฤมิตชัย

สาขาวิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีของรองศาสตราจารย์ ดร.พล สาเกทอง และรองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ บารมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดต่างๆของการวิจัยมาด้วยดีตลอด และเนื่องจากทุนวิจัยครั้งนี้ บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย และบริษัทเอสโซ่ สแตนดาร์ด (ประเทศไทย) จำกัด จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย และบริษัทเอสโซ่ สแตนดาร์ด (ประเทศไทย) จำกัด มา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา-พี่-น้อง ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1. บทนำ 1
2. วารสารปริทัศน์
ชนิด คุณภาพและการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้จากการสีข้าว 5
แกลบ 7
1. สมบัติทางกายภาพ 8
2. ราคา 9
3. การใช้ประโยชน์ 10
แก๊สซิฟิเคชัน 15
1. วิวัฒนาการของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน 15
2. งานวิจัยเกี่ยวกับเตาผลิตก๊าซจากแกลบในอดีต 21
3. ทฤษฎีแก๊สซิฟิเคชัน 28
4. ระบบการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง 31
5. ประเภทของกระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง 32
6. เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง 35
คำจำกัดความของทาร์ 38
3. เครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัย
อุปกรณ์และเครื่องมือ 40
ตัวแปรที่ทำการศึกษา 63

หน้า

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 63
การควบคุมอุณหภูมิในการทดลอง 66
4. ผลการทดลอง
1. ผลการทดลอง 67
5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง
สมบัติของแกลบ 76
ผลของอุณหภูมิตลอดความสูงของเบดและการหาปริมาณก๊าซต่างๆ..... 76
ผลของตัวแปรที่มีต่อการเกิดโซนออกซิเดชันและออกซิเดชัน 81
วิจารณ์ผลการพัฒนาเครื่องมือ 85
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ
อิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อโซนออกซิเดชันและโซนรีดักชัน 86
ข้อเสนอแนะ 87
ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม 88
ตารางแสดงปัญหาในการทดลองและการพัฒนาเครื่องมือ 89
รายการอ้างอิง 91
ภาคผนวก ก 95
ภาคผนวก ข 102
ภาคผนวก ค 123
ภาคผนวก ง 128
ประวัติผู้เขียน 143

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

1.1 ข้าวรวม(นาปีและนาปรัง) เนื้อที่ ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ราคาและมูลค่าของผลผลิตตามราคาที่เกษตรกรขายได้ ปีเพาะปลูก 2524/25-2533/34 3
2.1 สมบัติของแกลบ 8
2.2 สมบัติของแกลบ (% โดยน้ำหนัก) : งานวิจัยในต่างประเทศ 9
2.3 แสดงสมบัติของเถ้าแกลบ 9
2.4 ค่าใช้จ่ายในการขนส่งแกลบ 10
2.5 แสดงปริมาณการใช้ประโยชน์จากแกลบและปริมาณที่เหลือ 11
2.6 สมบัติของเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบ (แกลบอัดแท่ง) และไม้ฟืน 14
2.7 สถานภาพการวิจัยและพัฒนาในด้าน Rice Husk Gasification 18
2.8 การทดลองเกี่ยวกับ Fixed-Bed Gasifier 19
2.9 สถานที่ตั้งและขนาดของ Gasifier ที่ติดตั้งโดยบริษัทจรุงเอนจิเนียริ่ง 20
2.10 Typical Dairy Operations Data 25
2.11 แสดงส่วนผสมของก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านไม้และไม้ 28
2.12 แสดงคุณสมบัติของก๊าซเชื้อเพลิงจากแกลบและเชื้อเพลิงอื่น 29
2.13 ปฏิกิริยาการเผาไหม้พื้นฐาน 30
2.14 ส่วนประกอบทางเคมีของ Biomass Tars 39
3.1 รายการทดลองและมาตรฐานวิธีวิเคราะห์ 63
4.1 ผลการวิเคราะห์แกลบแบบประมาณและแบบแยกธาตุ 67
4.2 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเตาผลิตก๊าซที่ความสูงเหนือตะแกรงและอัตราการไหลของอากาศต่างๆ 70
4.3 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเตาผลิตก๊าซที่ความสูงเหนือตะแกรงและระยะห่างจากผนังคอลัมน์ด้านใน 71
4.4 องค์ประกอบของก๊าซเฉลี่ยที่เกิดขึ้นและวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ GC ที่อัตราการไหลต่างๆ 72

หน้า

4.5 องค์ประกอบของก๊าซ CO,CO_2,O_2 อัตราการไหลของอากาศต่างๆ 73
4.6 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเบดและองค์ประกอบของก๊าซที่เกิดขึ้นที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ CO Analyzer 74
4.7 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเบดและอัตราการไหลของอากาศ 0.12-0.32 ลูกบาศก์เมตร/นาที 75

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

1.1 ข้าวรวม(นาปีและนาปรัง) เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ปีเพาะปลูก 2531/32-2535/36 3
2.1 แสดงปริมาณและผลิตภัณฑ์ของข้าวเปลือกหลังการสี 6
2.2 การใช้ประโยชน์ของแกลบและแกลบที่เหลือทิ้ง 13
2.3 แสดงเตาผลิตก๊าซ 4 ประเภท 33
2.4 แสดงเตาผลิตก๊าซในรูปแบบต่างๆ โดยแบ่งตามทิศทางการไหลของอากาศ 36
3.1 แสดง Schematic Diagram of Fixed-Bed Gasifier 41
3.2 แสดงภาพ Fixed-Bed Gasifier 42
3.3 แสดงลักษณะและขนาดของเครื่องผลิตก๊าซแบบเบดนิ่ง 43
3.4 แสดงภาพเครื่องผลิตก๊าซแบบเบดนิ่ง 44
3.5 แสดงลักษณะและขนาดของ Scrubber 47
3.6 แสดงภาพ Scrubber 48
3.7 แสดงลักษณะและขนาดของ Cyclone 50
3.8 แสดงภาพ Cyclone 51
3.9 แสดงลักษณะและขนาดของถังรองรับน้ำและเถ้าและระบบระบายเถ้า 53
3.10 แสดงภาพของถังรองรับน้ำและเถ้าและระบบระบายเถ้า 54
3.11 แสดงลักษณะและขนาดของกะบะแยกเถ้า 55
3.12 แสดงภาพของกะบะแยกเถ้า 56
3.13 แสดงภาพของ Blower 57
3.14 แสดงการวัดอุณหภูมิของเตาผลิตก๊าซ 59
3.15 แสดง Drawing ของแผงควบคุมระบบไฟฟ้า 61
3.16 แสดงภาพของแผงควบคุมระบบไฟฟ้า 62

หน้า

4.1 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยและความสูงเหนือตะแกรงที่อัตราการไหลของอากาศต่างๆ 70
4.2 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยและระยะห่างจากผนังคอลัมน์ด้านใน 71
4.3 แสดงองค์ประกอบของก๊าซ CO,CO_2 (ค่าเฉลี่ย) อัตราการไหลของอากาศต่างๆ ... 73
4.4 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเบดและองค์ประกอบของก๊าซที่เกิดขึ้นที่วิเคราะห์ด้วย เครื่องมือCO Analyzer 74
4.5 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเบดและอัตราการไหลของอากาศ 0.12-0.32 ลูกบาศก์เมตร/นาที 75
5.1 แสดงโซนต่างๆที่เกิดขึ้นในเตาแบบ Downdraft 77
5.2 แสดงส่วนประกอบของก๊าซต่างๆตามความสูงของเบด 84
ค 1 แสดงรูปภาพของเครื่องมือวัดปริมาณทาร์ (ชุดที่ 1) 125
ค 2 แสดงรูปภาพของเครื่องมือวัดปริมาณทาร์ (ชุดที่ 2) 125
ง 1 แสดงระบบการผลิตก๊าซชีวมวลของนักสิทธิ์ คูวัฒนาชัย (ม.สงขลานครินทร์) 130
ง 2 แสดงการกลั่นสลายแกลบของนารา พิทักษ์อรรณพ (วท.) 130
ง 3 เครื่องกำเนิดก๊าซแบบฟลูอิไดซ์เบดแบบ Double Stage(มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) 131
ง 4 แสดงการผลิตก๊าซชีวมวลในเครื่องกำเนิดก๊าซแบบฟลูอิไดซ์เบด(สถาบัน AIT) 131
ง 5 ระบบของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 132
ง 6 ระบบของบริษัทจรุงเอ็นจิเนียริ่ง 132
ง 7 ระบบของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า-ธนบุรี 133
ง 8 ระบบของF.A.O. 134
ง 9 ระบบของประเทศอิตาลี 134
ง 10 ระบบของประเทศอินโดนีเซีย 135
ง 11 ระบบของประเทศญี่ปุ่น 135
ง 12 ระบบของประเทศเนเธอร์แลนด์ 136
ง 13 ระบบของ A. Kaupp 136
ง 14 ระบบของประเทศอินเดีย 137
ง 15 กระบวนการผลิตก๊าซจากไม้ฟืน 138

หน้า

ง 16 กระบวนการผลิตของสถาบันพลังงานพลังงานแห่งชาติ 139
ง 17 กระบวนการผลิตก๊าซของ ม.สงขลานครินทร์ 141

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย