แบบจำลองของการก๊าซซิฟิเคชันจากถ่านไม้ในฟลูอิไดซ์เบด

นางสาวพรทิพย์ แก้ววรานนท์ชัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเคมีเทคนิค
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2534

ISBN 974-576-875-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017586
i17838964

Model of Gasification from Wood Charcoal in Fluidized Bed

Miss Porntip Kaewvaranonchai

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1991

ISBN 974-576-875-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์ แบบจำลองของการก๊าซซิฟิเคชันจากถ่านไม้ในฟลูอิไดซ์เบด

โดย นางสาวพรทิพย์ แก้ววรานนท์ชัย

ภาควิชา เคมีเทคนิค

อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ บารมี)

..... กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.เพียรพรรค ทัศคร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พรทิพย์ แก้ววรานนท์ชัย : แบบจำลองของการก๊าซซิฟิเคชันจากถ่านไม้ในฟลูอิไดซ์เบด (MODEL OF GASIFICATION FROM WOOD CHARCOAL IN FLUIDIZED BED) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.เลอสรวง เมฆสุต, 85 หน้า. ISBN 974-576-875-8

การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงในระบบฟลูอิไดซ์เบด เป็นเทคนิคหนึ่งที่นิยมใช้ในการแปรรูปเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิง สำหรับประเทศไทยการศึกษาส่วนใหญ่เป็นการวิจัยหาสภาวะในการผลิตก๊าซเพื่อนำไปใช้งานจริง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษากลไกภายในเตาผลิตก๊าซโดยศึกษาถึงการแบ่งแยกโซนออกซิเดชันและรีดักชัน และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นตลอดความสูงเบด

สภาวะที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ถ่านไม้ขนาด 4-6 มม. อุณหภูมิ 800-1100 °ซ ความสูงเบด 50 ซม. อัตราการป้อนถ่านไม้ 100-260 กรัมต่อนาที อัตราการไหลของอากาศ 0.28-0.36 ลบ.ม.ต่อนาที ทำการวัดอุณหภูมิและวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซที่ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ 5, 10, 15, 20, 30, 40 และ 50 ซม.

จากองค์ประกอบก๊าซที่วัดได้ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ตลอดความสูงเบด พบว่าเบดสามารถแบ่งออกเป็น 2 โซน คือ โซนออกซิเดชันและรีดักชัน ซึ่งขนาดของโซนทั้งสองแปรเปลี่ยนตามอัตราการป้อนของอากาศและอัตราการป้อนของถ่านไม้ ดังนั้นในการกำหนดขอบเขตของโซนทั้งสอง จึงต้องกำหนดอัตราการป้อนถ่านไม้และอัตราการไหลของอากาศกำกับไว้ทุกครั้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2533 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

PORNTIP KAEWVARANONCHAI : MODEL OF GASIFICATION FROM WOOD CHARCOAL IN FLUIDIZED BED. THESIS ADVISOR : PROF. SOMSAK DAMRONGLERD,Ph.D., ASSIST.PROF. LURSUANG MEKASUT,Ph.D., 85 pp. ISBN 974-576-875-8

Gasification in fluidized bed is well-known for converting solid fuel to gaseous fuel. Most of research projects in Thailand have been aimed at seeking an appropriate condition in gas production. This research, however, was oriented towards the investigation into interior process of gas furnace, zone division between oxidization and reduction, reactions along bed height.

Conditions investigated in this research were wood charcoal diameter size 4-6 mm, feed rate 100-260 g/min, temperature 800-1100 °C, bed height 50 cm, and air flow rate 0.28-0.36 m^3/min. Temperature and gas compositions at positions at 5, 10, 15, 20, 30, 40 and 50 cm from distributor were detected and analyzed.

From gas composition at different heights, it was found that the bed could be divided into 2 zones; oxidation zone and reduction zone. The level of these zones depends on the variation of air flow rate and charcoal feed rate. Therefore the positions of these zones must be stated together with wood charcoal flow rate and air flow rate.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2533 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ อบรมสั่งสอน และช่วยเหลือมาโดยตลอด รวมทั้งคณาจารย์และบุคลากรในภาควิชาเคมีเทคนิคทุก ๆ ท่านที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลือตลอดจนอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณสังข์ ชมชื่น ภาควิชาเคมีเทคนิค ที่กรุณาช่วยซ่อมแซมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณพัชรี ชุติศิลป์ ที่ช่วยเหลือทางด้านคอมพิวเตอร์ ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และ น้อง ๆ ในภาควิชาเคมีเทคนิค ที่เป็นกำลังใจ สนับสนุน และให้ความร่วมมือช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่สนับสนุน เป็นกำลังใจตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ญ

บทที่

1. บทนำ 1

2. วารสารปริทัศน์ 2

2.1 ก๊าซซิฟิเคชัน 3

2.1.1 วิวัฒนาการของกระบวนการก๊าซซิฟิเคชัน 3

2.1.2 ทฤษฎีก๊าซซิฟิเคชัน 4

2.1.3 ระบบการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง 7

2.1.4 ประเภทของกระบวนการก๊าซซิฟิเคชัน 8

2.1.5 ชนิดของเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง 11

2.2 การเผาไหม้ในฟลูอิไดซ์เบด 16

2.2.1 ไฮโดรไดนามิกในเตาเผาแบบฟลูอิไดซ์ 16

2.2.2 กลไกการเกิดปฏิกิริยาก๊าซซิฟิเคชัน 19

2.2.3 แบบจำลองของการเกิดปฏิกิริยา 20

2.2.4 กลไกการแบ่งแยกโซนภายในเตาผลิตก๊าซชนิดฟลูอิไดซ์เบด 21

3. เครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัย 24

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง 24

3.2 การเตรียมวัตถุดิบ 28

3.3 ตัวแปรที่ทำการศึกษา 28

3.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 28

4. ผลการทดลอง 32

4.1 คุณสมบัติของถ่านไม้ 32

4.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของถ่านไม้ 32

บทที่		หน้า
	4.1.2 ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิไดเซชันของถ่านไม้ ..	33
	4.2 ผลของตัวแปรที่มีต่ออุณหภูมิและองค์ประกอบก๊าซตลอดความสูงเบด	
	4.2.1 อัตราการไหลของอากาศ	33
	4.2.2 อัตราการป้อนอากาศ	43
	5. วิจารณ์ผลการทดลอง	52
	5.1 คุณสมบัติของถ่านไม้	52
	5.2 ผลการหาปริมาณก๊าซต่างๆที่เกิดขึ้นและอุณหภูมิตลอดความสูงเบด .	52
	5.3 การแบ่งแยกโซนออกซิเดชันและรีดักชัน	54
	5.4 ผลของตัวแปรที่มีต่อการเกิดโซนออกซิเดชันและรีดักชัน	54
	6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	59
เอกสารอ้างอิง		62
ภาคผนวก		65
	ก. วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านไม้	65
	ข. การหาอัตราการไหลของอากาศ และ การหาความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิไดเซชันของถ่านไม้	69
	ค. ข้อมูลการทดลอง และ ตัวอย่างการคำนวณ	75
ประวัติผู้เขียน		85

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ปฏิกิริยาการเผาไหม้พื้นฐาน	5
3.1	รายการทดลองและมาตรฐานการวิเคราะห์	29
4.1	ผลการวิเคราะห์ถ่านไม้แบบแยกธาตุและการวิเคราะห์แบบประมาณ	32
4.2	แสดงปริมาณก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นและอุณหภูมิที่แต่ละความสูงของเตาผลิตก๊าซที่ อัตราการป้อนถ่านไม้ 100 กรัมต่อนาที.....	34
4.3	แสดงปริมาณก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นและอุณหภูมิที่แต่ละความสูงของเตาผลิตก๊าซที่ อัตราการป้อนถ่านไม้ 180 กรัมต่อนาที.....	37
4.4	แสดงปริมาณก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นและอุณหภูมิที่แต่ละความสูงของเตาผลิตก๊าซที่ อัตราการป้อนถ่านไม้ 260 กรัมต่อนาที.....	40
ข.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหลของอากาศ กับ ความดันลด.....	69
ข.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วของอากาศ กับ ความดันลด.....	72
ค.1	แสดงข้อมูลทดลองการก๊าซซิฟายถ่านไม้ในฟลูอิไดซ์เบด.....	76
ค.2	แสดงผลการคำนวณ สมดุลมวลสาร.....	83
ค.3	แสดงผลการคำนวณ สมดุลพลังงาน.....	84

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงกราฟของ Boudouard Equilibrium และอุณหภูมิในเตาผลิตก๊าซ	6
2.2	กราฟระหว่างลอการิทึมของค่าคงที่ของสมดุลสำหรับปฏิกิริยาการเผาไหม้พื้นฐานกับอุณหภูมิ	7
2.3	แสดงเตาผลิตก๊าซทั้ง 4 ประเภท	9
2.4	แสดงเตาผลิตก๊าซในรูปแบบต่างๆ	12
2.5	แสดงลักษณะของ U-Gas Gasifier	13
2.6	แสดงลักษณะของ Imbert Gasifier	15
2.7	แสดงการเปลี่ยนแปลงของฟองก๊าซเคลื่อนที่ช้าเป็นฟองก๊าซเคลื่อนที่เร็ว	17
2.8	แสดงการเกิดปฏิกิริยาในส่วนต่างๆของฟลูอิไดซ์เบดในอุดมคติ	18
2.9	แสดงปฏิกิริยาดูดความร้อนระหว่างก๊าซกับของแข็ง	19
2.10	แสดงแบบจำลอง Shrinking Sphere Unreacted Core	20
2.11	แสดงถึงโซนภายในเตาผลิตก๊าซโดย Campbell	22
3.1	แสดงเครื่องมือในการทำก๊าซซิฟิเคชันจากถ่านไม้	25
3.2	แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิบนเตาผลิตก๊าซและเครื่องดักฝุ่นตัวที่ 1	27
4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศที่อัตราการป้อนถ่านไม้ 100 กรัมต่อนาที.....	35
4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO_2 กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศที่อัตราการป้อนถ่านไม้ 100 กรัมต่อนาที.....	35
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศที่อัตราการป้อนถ่านไม้ 100 กรัมต่อนาที.....	36
4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO กับ อุณหภูมิ ที่อัตราการป้อนถ่านไม้ 100 กรัมต่อนาที.....	36
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศที่อัตราการป้อนถ่านไม้ 180 กรัมต่อนาที.....	38
4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO2 กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศที่อัตราการป้อนถ่านไม้ 180 กรัมต่อนาที.....	38

รูปที่ หน้า

4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ ที่อัตราการป้อนถ่านไม้ 180 กรัมต่อนาที..... 39

4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO กับ อุณหภูมิ ที่อัตราการป้อนถ่านไม้ 180 กรัมต่อนาที..... 39

4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ ที่อัตราการป้อนถ่านไม้ 260 กรัมต่อนาที..... 41

4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO_2 กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ ที่อัตราการป้อนถ่านไม้ 260 กรัมต่อนาที..... 41

4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ ที่อัตราการป้อนถ่านไม้ 260 กรัมต่อนาที..... 42

4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO กับ อุณหภูมิ ที่อัตราการป้อนถ่านไม้ 260 กรัมต่อนาที..... 42

4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ ที่อัตราการไหลของอากาศ 0.30 ลบ.ม.ต่อนาที..... 44

4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO_2 กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ ที่อัตราการไหลของอากาศ 0.30 ลบ.ม.ต่อนาที..... 44

4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ ที่อัตราการไหลของอากาศ 0.30 ลบ.ม.ต่อนาที..... 45

4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ ที่อัตราการไหลของอากาศ 0.32 ลบ.ม.ต่อนาที..... 46

4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO_2 กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ ที่อัตราการไหลของอากาศ 0.32 ลบ.ม.ต่อนาที..... 46

4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ ที่อัตราการไหลของอากาศ 0.32 ลบ.ม.ต่อนาที..... 47

4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ ที่อัตราการไหลของอากาศ 0.33 ลบ.ม.ต่อนาที..... 48

4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO_2 กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ ที่อัตราการไหลของอากาศ 0.33 ลบ.ม.ต่อนาที..... 48

รูปที่ หน้า

4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ ที่อัตราการไหลของอากาศ ๐.33 ลบ.ม.ต่อนาที..... 49

4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ ที่อัตราการไหลของอากาศ ๐.34 ลบ.ม.ต่อนาที..... 50

4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO_2 กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ ที่อัตราการไหลของอากาศ ๐.34 ลบ.ม.ต่อนาที..... 50

4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CO กับ ความสูงเหนือแผ่นกระจายอากาศ ที่อัตราการไหลของอากาศ ๐.34 ลบ.ม.ต่อนาที..... 51

ข.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราเร็วของอากาศ กับ ความดันลด..... 71

ข.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วลม กับ ความดันลด..... 74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย