การเผาไหม้ถ่านลิกไนท์ในฟลูอิไดซ์เบด

นาย วรเดช เพริศพรายวงค์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2528

ISBN 974-564-851-5

009218

ว 17188428

COMBUSTION OF LIGNITE IN FLUIDIZED BED

Mr. Voradet Pirstprayvong

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

1985

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเผาไหม้ถ่านลิกไนท์ในฟลูอิไดซ์เบด
โดย	นาย วรเดช เพริศพรายวงค์
ภาควิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.พล ลำเกทอง
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย โอสุวรรณ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ นารา พิทักษ์อรรณพ)

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

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต)

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ลาเกอรี)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พล ลำเกทอง)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเผาไหม้ถ่านลิกไนท์ในฟลูอิไดซ์เบด

ชื่อนิสิต นาย วรเดช เพริศพรายวงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.พล สำเกทอง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต

ภาควิชา เคมีเทคนิค

ปีการศึกษา 2528

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การเผาไหม้ถ่านลิกไนท์ในฟลูอิไดซ์เบดเป็นวิธีการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งที่เป็นที่นิยมกันวิธีหนึ่ง เนื่องจากอัตราการถ่ายเทมวลสารและพลังงานเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและประสิทธิภาพของการเผาไหม้ก็มีค่าสูง จุดมุ่งหมายในงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของการเผาไหม้แบบต่อเนื่องในฟลูอิไดซ์เบดที่จะให้พลังงานความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ อันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าและวิจัยในการนำผงถ่านลิกไนท์ที่มีอยู่ปริมาณมากในประเทศไทยมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

ขั้นตอนของการวิจัยเริ่มด้วยการปรับปรุงเครื่องมือวิจัย ศึกษาระบบการทำงานของส่วนต่าง ๆ พร้อมทั้งแก้ไขดัดแปลงบางส่วนของเครื่องมือเพื่อความเหมาะสม จากนั้นก็ศึกษาการทำงานของเครื่องมือวิจัยในขณะเผาไหม้ถ่านลิกไนท์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.5 มม. ในคอลัมน์ฟลูอิไดซ์ขนาด 200 มม. แบบต่อเนื่อง และเก็บข้อมูลการวิจัยโดยมีตัวแปรที่พิจารณาคือ อุณหภูมิของการเผาไหม้และอัตราการไหลของอากาศ เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมของการเผาไหม้และประสิทธิภาพสูงสุดที่จะได้รับ

ในการทดลองจะใช้ช่วงอุณหภูมิการเผาไหม้จาก 800 องศาเซลเซียส ถึง 950 องศาเซลเซียส และความเร็วของอากาศ 76.08 ซม./วินาที ถึง 98.20 ซม./วินาที หรือ 1.55-2.00 เท่าของความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิไดเซชัน

ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเผาไหม้ถ่านลิกไนท์ในฟลูอิไดซ์เบดแบบต่อเนื่อง คือที่อุณหภูมิของการเผาไหม้ 900 องศาเซลเซียส และความเร็วของอากาศ 98.20 ซม./วินาที อัตราการป้อนถ่านหินลิกไนท์ 0.675 กรัม/ซม.^{2}นาที ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพของการเผาไหม้สูงสุดร้อยละ 89.57

Thesis Title Combustion of Lignite in Fluidized Bed

Name Mr. Voradet Pirstprayvong

Thesis Advisor Associate Professor Phol Sagetong Ph.D.

Assistant Professor Lursuang Mekasut Ph.D.

Department Chemical Technology

Academic Year 1985

ABSTRACT

Combustion of lignite in fluidized bed is one of highlight methods for burning solid fuel in order to take advantage of homogeneity of mass and heat transfer beside its high efficiency. Main point of this work concentrated in studying optimal operating conditions with regard to conversion efficiency, guiding to further research on utilization of lignite powder in Thailand to get more benefit.

In this study, the design and developement of a fluidized bed combustor were performed after some problems were encountered and solved. Then some tested runs on continuous combustion of lignite size 1.5 mm. and combustor diameter of 200 mm. at various operating conditions were operated. The studied parameters were combustion temperatures and air flow rates in order to get optimal operating condition of high efficiency.

The combustion temperatures were varied from 800^{o}C to 950^{o}C and air flow rates were varied from 76.08 cm./sec to 98.20 cm./sec or from 1.55 - 2.00 times of minimum fluidization velocity.

The results show that the best operating conditions in continuous combustion are at the combustion temperature of 900^{o}C with an air velocity of 98.20 cm./sec and lignite feed rate of 0.675 gm/cm.^{2} min. that can obtain highest combustion efficiency of 89.57 percent.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.พล ลำเกทอง และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต ที่ได้ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในด้านวิชาการเป็นอย่างดี

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย โอสุวรรณ อาจารย์นารา พิทักษ์อรรณพ รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย สุกาญจนัจที ศาสตราจารย์ ดร.ลาเกอร์ ที่ได้กรุณาทำหน้าที่เป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีเทคนิค และเพื่อนนิสิตทุกท่านที่ได้ช่วยเหลือและให้การสนับสนุนจนทำให้งานวิจัยผ่านไปด้วยความเรียบร้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย . . . . . ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ . . . . . จ

กิตติกรรมประกาศ . . . . . ฉ

รายการตารางประกอบ . . . . . ญ

รายการรูปประกอบ . . . . . ฏ

สัญญลักษณ์ที่ใช้ . . . . . ฝ

บทที่

1. บทนำ 1

2. วารสารปริทรรศน์ 3

2.1 ถ่านหิน 3

2.1.1 ประเภทของถ่านหิน 3

2.1.2 การกำเนิดของถ่านหิน 3

2.1.3 องค์ประกอบของถ่านลิกไนท์ 4

2.1.4 ถ่านลิกไนท์ในประเทศไทย 4

2.2 ฟลูอิไดเซชัน 7

2.2.1 ปรากฏการณ์ฟลูอิไดเซชัน 7

2.2.2 เบด 9

2.2.3 การคำนวณหาค่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิไดเซชัน 9

2.2.4 การหาค่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิไดเซชันโดยการทดลอง 10

2.2.5 แนวความคิดและการพัฒนาการใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชัน 12

2.2.6 ข้อดีและข้อเสียของการใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชัน . . 14

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3.	เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง	15
	3.1 เครื่องมือที่ใช้กระบวนการเผาไหม้	15
	3.1.1 มอเตอร์	15
	3.1.2 เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ	15
	3.1.3 ฟลูอิไดซ์เบดคอลัมน์	19
	3.1.4 ไซโคลน	19
	3.1.5 ระบบป้อนวัตถุดิบ	20
	3.1.6 เครื่องวัดและเครื่องควบคุมอุณหภูมิ	20
	3.2 เครื่องอัดอากาศ	20
	3.3 บอมบ์แคลอริมิเตอร์	20
	3.4 เครื่องมือออแล่ท	20
4.	วิธีการทดลอง	23
	4.1 การปรับปรุงเครื่องมือวิจัย	23
	4.2 การหาคุณสมบัติทางกายภาพของเบด	24
	4.3 การเผาไหม้ถ่านลิกไนท์ในฟลูอิไดซ์เบดแบบต่อเนื่อง	27
	4.4 สภาวะในการเผาไหม้	28
5.	ผลการทดลอง	30
	5.1 ผลของการหาคุณสมบัติทางกายภาพของถ่านลิกไนท์	30
	5.2 การหาค่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิไดเซชัน	31
	5.3 ผลการทดลองเผาไหม้ถ่านลิกไนท์ในฟลูอิไดซ์เบด	31
6.	วิจารณ์ผลการทดลอง	43
	6.1 คุณสมบัติทางกายภาพของถ่านลิกไนท์	43
	6.2 ผลการทดลองการเผาไหม้ถ่านลิกไนท์	44
	6.2.1 อัตราการป้อนถ่านลิกไนท์	44
	6.2.2 เถ้าที่ออกจากคอลัมน์	44
	6.2.3 เถ้าที่ออกจากไซโคลน	45

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	6.2.4 อัตราการไหลของอากาศ	47
	6.2.5 อุณหภูมิของการเผาไหม้	49
	6.2.6 อัตราส่วนร้อยละของปริมาณอากาศที่มากเกินพอ . . .	50
	6.2.7 อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	53
	6.2.8 ประสิทธิภาพของการเผาไหม้	54
7.	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	55
เอกสารอ้างอิง		57
ภาคผนวก		61
ประวัติ		89

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2-1	แสดงผลผลิตถ่านหินภายในประเทศ	5
2-2	แสดงองค์ประกอบของถ่านลิกไนท์จากแหล่งต่าง ๆ ภายในประเทศ . . .	6
4-1	แสดงสภาวะที่กำหนดขึ้นในการทดลองเผาไหม้ถ่านลิกไนท์ในฟลูอิไดซ์เบด. .	29
5-1	แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของถ่านลิกไนท์	30
5-2	ผลการทดลองเผาไหม้ถ่านลิกไนท์ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส	34
5-3	ผลการทดลองเผาไหม้ถ่านลิกไนท์ที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส	35
5-4	ผลการทดลองเผาไหม้ถ่านลิกไนท์ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส	36
5-5	ผลการทดลองเผาไหม้ถ่านลิกไนท์ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส	37

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2-1	ขั้นตอนการเกิดปรากฏการณ์ฟลูอิไดเซชันของอนุภาคของแข็ง	8
2-2	แสดงความสัมพันธ์ของความดันลดและความเร็วของของไหล	11
3-1	แสดงการติดตั้งและส่วนประกอบของระบบการเผาไหม้ถ่านลิกไนท์ในฟลูอิไดซ์เบด.	16
3-2	แสดงส่วนประกอบของเตาเผาแบบฟลูอิไดซ์เบด	17
3-3	แสดงลักษณะของแผ่นกระจายลม	18
3-4	บอมบ์แคลอริมิเตอร์	21
3-5	เครื่องมือวิเคราะห์ส่วนประกอบของก๊าซ	22
5-1	แสดงการหาค่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิไดเซชัน	33
5-2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนถ่านลิกไนท์และความเร็วของอากาศ . .	38
5-3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละของเถ้าที่ออกจากไซโคลนและความเร็วของอากาศ	39
5-4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละของปริมาณอากาศที่มากเกินพอ และความเร็วของอากาศ	40
5-5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพของการเผาไหม้และความเร็วของอากาศ	41
5-6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละของประสิทธิภาพของการเผาไหม้และอัตราส่วนร้อยละของปริมาณอากาศที่มากเกินพอ	42
6-1	แสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่ออนุภาคเชื้อเพลิงเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ . .	48
6-2	แสดงความสำคัญของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่ผิวของถ่าน	51
6-3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละของปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนน็อกไซด์และอัตราส่วนร้อยละของปริมาณอากาศที่มากเกินพอ	52

สัญญลักษณ์ที่ใช้

C_{pm} = ความจุความร้อนเฉลี่ย, แคลอรี/กรัมโมล. องศาเซลเซียส

d_p = เส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกลมที่มีปริมาตรเทียบเท่า, ซม.

e_1 = ความถูกต้องของปริมาณความร้อนของการรวมตัวของกรดไนตริก, แคลอรี

e_2 = ความถูกต้องสำหรับการรวมตัวของกรดซัลฟุริก, แคลอรี

e_3 = ความถูกต้องของปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ของยดลวด, แคลอรี

ε = สัดส่วนช่องว่าง, ไม่มีหน่วย

ε_m = สัดส่วนช่องว่างของเบดที่อยู่กับที่, ไม่มีหน่วย

ε_{mf} = สัดส่วนช่องว่างของเบดในขณะที่เริ่มเกิดฟลูอิไดเซชัน, ไม่มีหน่วย

g = อัตราเร่งจากแรงดึงดูดของโลก (980 ซม./วินาที^{2})

g_c = 980 กรัม-ซม./กรัม-น้ำหนัก.วินาที^{2} (gravitational factor)

ρ = ความหนาแน่นของของไหล, กรัม/ซม.^{3}

ρ_s = ความหนาแน่นของของแข็ง, กรัม/ซม.^{3}

ρ_g = ความหนาแน่นของก๊าซ, กรัม/ซม.^{3}

ΔH = เอนทาลปี, กิโลแคลอรี

H_g = ปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ของตัวอย่าง, แคลอรี/กรัม

L_m = ความสูงของเบดที่อยู่กับที่, ซม.

L_{mf} = ความสูงของเบดในขณะที่เริ่มเกิดฟลูอิไดเซชัน, ซม.

m = น้ำหนักของตัวอย่าง, กรัม

n = จำนวน กรัม-โมล

P_1 = ความดันของอากาศที่อุณหภูมิอ้างอิง, นิ้วของปรอท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

P_2 = ความดันของอากาศที่สภาวะมาตรฐาน, นิ้วของปรอท

ϕ_s = ความเป็นทรงกลมเทียบเท่าของอนุภาค, ไม่มีหน่วย

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิ, องศาเซลเซียส

t = ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิสุดท้าย, องศาเซลเซียส

T_1 = อุณหภูมิของอากาศที่อุณหภูมิอ้างอิง, องศาเคลวิล

T_2 = อุณหภูมิของอากาศที่สภาวะมาตราฐาน, องศาเคลวิล

U_o = ความเร็วของของไหลที่ผ่านเบด, ซม./วินาที

U_{mf} = ความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิไดเซชัน, ซม./วินาที

μ = ความหนืดของก๊าซ, กรัม/ซม.วินาที

V_1 = ปริมาตรของอากาศที่อุณหภูมิอ้างอิง, ลิตร

V_2 = ปริมาตรของอากาศที่สภาวะมาตราฐาน, ลิตร

w = ปริมาณความร้อนเทียบเท่าของบอมบ์แคลอรีมิเตอร์, แคลอรี/องศาเซลเซียส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย