

การเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์ในเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด



นายवलันต์ แสงจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำเนินการตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2527

ISBN 974-563-079-9

009376

17250146

COMBUSTION OF LIGNITE IN FLUIDIZED BED COMBUSTOR

Mr. Wasant Saengchantr

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1984

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การ เฝ้าใหม่ถ่านหินลิกไนท์ใน เคา เฝ้าแบบฟลูอิด โค้ช เเบด


โดย นายวสันต์ แสงจันทร์

ภาควิชา วิศวกรรม เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บิยะสาร ประ เสริฐธรรม




บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ ชูชนาค)


คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



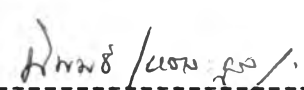
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุธรรม วาณิชเสนี)

ประธานกรรมการ




(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรา จงวิศาล)

กรรมการ



(ดร.นิพนธ์ เทศระกุล)

กรรมการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บิยะสาร ประ เสริฐธรรม)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเผาไหม้ถ่านหินลิกไนท์ในเตาเผาแบบฟลูอิดโคช เบด
ชื่อนิสิต	นาย วสันต์ แสงจันทร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะสาร ประเสริฐธรรม
ภาควิชา	วิศวกรรม เคมี
ปีการศึกษา	2526



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนท์ในเตาเผาแบบฟลูอิดโคช เบด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 เซนติเมตร ซึ่งรวมทั้งพฤติกรรมและคุณลักษณะของเตาเผา การถ่ายเทความร้อนในเตาเผา และวิธีการลดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยใช้หินปูน

การทดลองจะนำถ่านหินลิกไนท์จากแม่เมาะ จังหวัดลำปางมาผสมกับหินปูนในอัตราส่วนผสม 2.4: 1 โดยน้ำหนักหรืออัตราส่วนผสมระหว่างแคลเซียม (Ca) กับกำมะถัน (S) เท่ากับ 3:1 โดยน้ำหนักโมเลกุลแล้วป้อนเข้าไปในเตาเผาโดยใช้สกรูอัตราการป้อน เท่ากับ 5.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

อุณหภูมิสูงสุดบริเวณเบดและเหนือเบด เท่ากับ 710 และ 328 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ที่อัตราความเร็วของอากาศในเตาเผาเท่ากับ 65.9 เซนติเมตรต่อวินาที จากผลการทดลองครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิบริเวณเบดจะสม่ำเสมอ แต่ในบริเวณเหนือเบดจะมีค่าแตกต่างกัน

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงสุดบริเวณเบดและเหนือเบด เท่ากับ 248.6 และ 56.5 กิโลแคลอรี/ชม/ม²/ ฐ ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ที่ปล่อยออกมาจากเตาเผาพร้อมกับก๊าซเสียพบว่ามีความเท่ากับ 285 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

Thesis Title Combustion of Lignite in Fluidized Bed Combustor
Name Mr. Wasant Saengchantr
Thesis Advisor Assistant Professor Piyasan Prasertam
Department Chemical Engineering
Academic Year 1983

ABSTRACT

The combustion of lignite in fluidized bed combustor with diameter of 23 centimeters was studied. Also the behavior and the characteristic of combustor including heat transfer and sulphurdioxide retention by limestone were investigated.

The mixture of lignite from Maemoh in Lampang Province and limestone in the ratio of 2.4:1 by weight which consist of both calcium (Ca) and sulphur (S) with a mole ratio of 3:1, was fed to the combustor by screw feeder with a feed rate of 5.4 kilograms per hour, was considered.

The maximum temperature in bed and freeboard while a velocity of air in combustor is 65.9 centimeters per second, equal to 710 °C and 328 °C respectively.

As a result of this experiment indicated that the bed temperatures are Uniform while the freeboard temperatures are not.

The maximum value of heat transfer coefficient in region of bed and freeboard equal to 248.6 kilocalories/hr/m²/°C and 56.5 kilocalories/hr/m²/°C respectively.

The quantitative analysis of sulphurdioxide (SO₂) in the flue gas, is only 285 ppm and also below and acceptable environmental manner.



กิติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะसार ประเสริฐธรรม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.สุธรรม วาณิชเสนี ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรา จงวิศาล และ ดร.นิพนธ์ เทตระกุล ซึ่งเป็นกรรมการสำหรับทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ได้รับจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (EGAT) ซึ่งได้ให้ความอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองรวมทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ จึงใคร่ขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

วสันต์ แสงจันทร์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ



	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
รายการตารางประกอบ	ณ
รายการรูปประกอบ	ญ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.2 ขอบเขตและวิธีดำเนินการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย	2
1.4 การวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	2
2. ถ่านหินลิกไนท์	3
2.1 ความหมายของถ่านหินลิกไนท์	3
2.2 การกำเนิดของถ่านหินลิกไนท์	3
2.3 สารประกอบและคุณสมบัติของถ่านหินลิกไนท์	4
2.4 การนำถ่านหินลิกไนท์ไปใช้ประโยชน์	5
2.5 ถ่านหินลิกไนท์ในประเทศไทย	8
2.6 คุณสมบัติของถ่านหินลิกไนท์ในประเทศไทย	10
3. ฟลูอิดโค เซชั่น	12
3.1 ปรากฏการณ์ของฟลูอิดโค เซชั่น	12
3.2 การแบ่งประเภทของฟลูอิดโค เซชั่น	14
3.3 ก๊าซฟลูอิดโค เซชั่น	14
3.4 ฟลูอิดโค ไซด์ เบด	14
3.5 พฤติกรรมต่าง ๆ ของฟลูอิดโค ไซด์ เบด	15

	หน้า
4. การเผาไหม้ถ่านหินลิกไนท์ในเตาเผาแบบฟลูอิดโคชเบด	25
4.1 หลักการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนท์ในเตาเผาแบบฟลูอิดโคชเบด ...	25
4.2 รูปร่างลักษณะของเตาเผาแบบฟลูอิดโคชเบด	26
4.3 การควบคุมอุณหภูมิในเตาเผาแบบฟลูอิดโคชเบด	28
4.4 การถ่ายเทความร้อนในเตาเผาแบบฟลูอิดโคชเบด	28
4.5 การกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂) ในเตาเผาแบบ- ฟลูอิดโคชเบด	31
5. การทดลอง	34
5.1 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมและคุณลักษณะของฟลูอิดโคชเบด ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดโคชเบด และลักษณะการ- ผสมผสานของอนุภาคขณะเกิดปรากฏการณ์ฟลูอิดโคชเบด	34
5.2 การทดลองเผาไหม้ถ่านหินลิกไนท์ในเตาเผาแบบฟลูอิดโคชเบด .	42
6. ผลการทดลองและอภิปราย	53
6.1 พฤติกรรมและคุณลักษณะของฟลูอิดโคชเบด	53
6.2 ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดโคชเบด	54
6.3 ลักษณะการผสมผสานของอนุภาคของแข็งขณะเกิดปรากฏการณ์ ฟลูอิดโคชเบด	55
6.4 การเผาไหม้ถ่านหินลิกไนท์ในเตาเผาแบบฟลูอิดโคชเบด	90
7. บทสรุปและข้อเสนอนี้	99
เอกสารอ้างอิง	102
ภาคผนวก	105
สัญลักษณ์	109
ประวัติ	111

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบทาง เคมีของถ่านหินลิกไนท์ภายในประเทศ	11
5.1	ส่วนประกอบทาง เคมีของถ่านหินลิกไนท์	50
5.2	ขนาดของถ่านหินลิกไนท์และหินปูน	52
6.1	ผลการทดลองหาความ เร็วต่ำสุดของการ เกิดฟลูอิดโคช เบคทดลองตาม ข้อ	
	5.1.3.1 (วิธีแรก)ขนาดของวัสดุ = 4.05 มิลลิ เมตร	77
6.2	ผลการทดลองหาความ เร็วต่ำสุดของการ เกิดฟลูอิดโคช เบคทดลองตามข้อ	
	5.1.3.1 (วิธีแรก)ขนาดของวัสดุ = 2.855 มิลลิ เมตร	79
6.3	ผลการทดลองหาความ เร็วต่ำสุดของการ เกิดฟลูอิดโคช เบคทดลองตาม ข้อ	
	5.1.3.1 (วิธีแรก)ขนาดของวัสดุ = 2.03 มิลลิ เมตร	80
6.4	ผลการทดลองหาความ เร็วต่ำสุดของการ เกิดฟลูอิดโคช เบคทดลองตาม ข้อ	
	5.1.3.1 (วิธีแรก) ขนาดของวัสดุ= 1.44 มิลลิ เมตร	81
6.5	ผลการทดลองหาความ เร็วต่ำสุดของการ เกิดฟลูอิดโคช เบคทดลองตาม ข้อ	
	5.1.3.1 (วิธีที่สอง) ขนาดของวัสดุ=4.05 มิลลิ เมตร	82
6.6	ผลการทดลองหาความ เร็วต่ำสุดของการ เกิดฟลูอิดโคช เบคทดลองตาม ข้อ	
	5.1.3.1 (วิธีที่สอง) ขนาดของวัสดุ=2.855 มิลลิ เมตร	83
6.7	ผลการทดลองหาความ เร็วต่ำสุดของการ เกิดฟลูอิดโคช เบคทดลองตาม ข้อ	
	5.1.3.1 (วิธีที่สอง) ขนาดของวัสดุ= 2.03 มิลลิ เมตร	84
6.8	ผลการทดลองหาความ เร็วต่ำสุดของการ เกิดฟลูอิดโคช เบคทดลองตาม ข้อ	
	5.1.3.1 (วิธีที่สอง) ขนาดของวัสดุ= 1.44 มิลลิ เมตร	85
6.9	ผลการทดลองหาความ เร็วต่ำสุดของการ เกิดฟลูอิดโคช เบคทดลองตาม ข้อ	
	5.1.3.1 (วิธีที่สอง) ขนาดของวัสดุ= 2.087 มิลลิ เมตร	86
6.10	ความ เร็วต่ำสุดของการ เกิดฟลูอิดโคช เบค	87
6.11	ค่า เรย์โนลด์นัม เบอร์ที่ความ เร็วต่ำสุดของการ เกิดฟลูอิดโคช เบค	88
6.12	ผลการทดลองการผสมผสานของอนุภาคของแข็ง ในหอตกลงโดยใช้สารตัวนำ ..	89

ตารางที่	หน้า
6.13	อุณหภูมิใน เตา เเผาที่ระดับความสูงต่าง ๆ จากแผ่นกระจายอากาศ 91
6.14	อุณหภูมิโดยเฉลี่ยใน เตา เเผาที่อัตราความเร็วของอากาศต่าง ๆ โดยอัตราการ ป้อนถ่านหินลิกไนท์และหินปูนคงที่เท่ากับ 5.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง 93
6.15	สัมประสิทธิ์การถ่าย เทความร้อนใน เตา เเผาบริเวณเบดและเหนือบดเมื่ออัตราการป้อน ถ่านหินลิกไนท์และหินปูน เท่ากับ 5.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง 95
6.16	เปรียบเทียบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการ เผาไหม้ถ่านหินลิกไนท์ เมื่อใช้หินปูน เป็นตัวกำจัดและไม่ใช้หินปูน 96

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
3.1	13
3.2	16
3.3	17
3.4	21
3.5	23
3.6	24
4.1	26
4.2	30
4.3	31
4.4	33
5.1	35
5.2	36
5.3	37

รูปที่	หน้า	
5.4	แผนภาพ เครื่องมือทดลองศึกษาพฤติกรรมและคุณลักษณะของฟลูอิดโคช เบดแบบต่อเนื่อง และลักษณะการผสมผสานของอนุภาคขณะ เกิดปรากฏการณ์ฟลูอิดโคช เซชัน ..	38
5.5	แผนภาพส่วนประกอบต่าง ๆ ของ เคา เผาแบบฟลูอิดโคช เบดที่ใช้ในการทดลอง ..	43
5.6	แผนภาพการทำงานของ เคา เผาแบบฟลูอิดโคช เบดที่ใช้ในการทดลอง	44
5.7	ภาพถ่าย เคา เผาแบบฟลูอิดโคช เบดที่ใช้ในการทดลอง	45
5.8	ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิภายใน เคา เผาแบบฟลูอิดโคช เบด	46
6.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตก (ΔP) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของ วัสดุ $\phi = 4.05$ มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีแรก)	56
6.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตก (ΔP) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของ วัสดุ $\phi = 2.855$ มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีแรก)	57
6.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตก (ΔP) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของ วัสดุ $\phi = 2.03$ มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีแรก)	58
6.4	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตก (ΔP) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของ วัสดุ $\phi = 1.44$ มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีแรก)	59
6.5	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตก (ΔP) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของ วัสดุ $\phi = 4.05$ มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีที่สอง)	60
6.6	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตก (ΔP) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของ วัสดุ $\phi = 2.855$ มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีที่สอง)	61
6.7	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตก (ΔP) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของ วัสดุ $\phi = 2.03$ มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีที่สอง)	62
6.8	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตก (ΔP) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของ วัสดุ $\phi = 1.44$ มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีที่สอง)	63
6.9	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตก (ΔP) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของ วัสดุ $\phi = 2.087$ มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีที่สอง)	64
6.10	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความดันตกและความสูงของ เบดคงที่ ($\Delta P/L_m$) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของวัสดุ $\phi = 4.05$ มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีแรก)	65

รูปที่	หน้า
6.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความดันตกและความสูงของ เบดคองที่ ($\Delta P/L_m$) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของวัสดุ = 2.855 มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีแรก)	66
6.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความดันตกและความสูงของ เบดคองที่ ($\Delta P/L_m$) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของวัสดุ = 2.03 มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีแรก)	67
6.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความดันตกและความสูงของ เบดคองที่ ($\Delta P/L_m$) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของวัสดุ = 1.44 มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีแรก)	68
6.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความดันตกและความสูงของ เบดคองที่ ($\Delta P/L_m$) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของวัสดุ = 4.05 มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีที่สอง)	69
6.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความดันตกและความสูงของ เบดคองที่ ($\Delta P/L_m$) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของวัสดุ = 2.855 มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีที่สอง)	70
6.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความดันตกและความสูงของ เบดคองที่ ($\Delta P/L_m$) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของวัสดุ = 2.03 มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีที่สอง)	71
6.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความดันตกและความสูงของ เบดคองที่ ($\Delta P/L_m$) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของวัสดุ = 1.44 มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีที่สอง)	72
6.18 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความดันตกและความสูงของ เบดคองที่ ($\Delta P/L_m$) กับความเร็วของอากาศ (U_o) (ขนาดของวัสดุ = 2.087 มม. ทดลองตามข้อ 5.1.3.1 วิธีที่สอง)	73
6.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วค่าสุดของการเกิดฟลูอิดโคช เบดกับขนาดของวัสดุ ที่ใช้เป็นเบด	74
6.20 ความสัมพันธ์ระหว่างสารตัวน้ำ (C) กับ เวลา (t)	75

รูปที่	หน้า
6.21 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของสารตัวนำและสารตัวนำอ้างอิง (C/Co) กับ อัตราส่วนของเวลาและเวลาที่สารตัวนำอยู่ในหลอดลอง (t/t̄)	76
6.22 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในเตาเผากับความสูงจากแผ่นกระจายอากาศ ...	97
6.23 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในเตาเผาโดยเฉลี่ยกับความเร็วนៃของอากาศใน เตาเผาเมื่ออัตราการป้อนถ่านหินลิกไนต์และหินปูน เท่ากับ 5.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง.๑๘	