

แอดทริชชันและแฟรกเมนเทชันของถ่านหินในเครื่องเผาไหม้ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน



นายศรายุทธ ไซตือภีรัตน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ATTRITION AND FRAGMENTATION OF COAL IN CIRCULATING
FLUIDIZED BED COMBUSTOR

Mr. Sarayut Chotipirat

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 2008

Copyright of Chulalongkorn University

510699

หัวข้อวิทยานิพนธ์

แอตทริชันและแฟร็กเมนต์ของถ่านหินในเครื่อง

ฟลูอิดไรต์แบบหมุนเวียน

โดย

นายศรายุทธ ไซตือภีรัตน์


สาขาวิชา

เคมีเทคนิค

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบุญ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

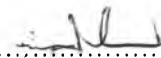
(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธราพงษ์ วิจิตรคันต์)



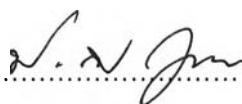
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบุญ)



..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. เลอสรวง เมฆสุด)



..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประพันธ์ คูชดธारा)

ศรายุทธ โชติอภิวรุตน์ : แอตทริชันและแฟรกเมนเทชันของถ่านหินในเครื่องเผาไหม้
ฟลูอิดไธด์แบบหมุนเวียน. (ATTRITION AND FRAGMENTATION OF COAL IN
CIRCULATING FLUIDIZED BED COMBUSTOR) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก :
รศ. ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์, 125 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาพฤติกรรมการลดขนาดระหว่างการเผาไหม้ของถ่านหินลิกไนต์จากแหล่ง
ต่าง ๆ ทั้งในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.9 เซนติเมตร และเครื่อง
ปฏิกรณ์ฟลูอิดไธด์แบบหมุนเวียน ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไรเซอร์ 1.9 เซนติเมตร สูง
170 เซนติเมตร เพื่อเปรียบเทียบลักษณะการลดขนาดเนื่องจากแฟรกเมนเทชันขั้นปฐมภูมิภายใน
เครื่องปฏิกรณ์ที่ไม่มีการเคลื่อนที่ และมีการเคลื่อนที่ของเบดอย่างต่อเนื่อง ตัวแปรที่ทำการศึกษา
คือ อุณหภูมิ และชนิดของถ่านหินที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง

จากผลการทดลองพบว่า ชนิดของถ่านหินจะมีผลต่อลักษณะการลดขนาดของอนุภาค
ทั้งในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะและเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไธด์แบบหมุนเวียน โดยถ่านหินที่มีค่า
Hardgrove Grindability Index (HGI) สูงจะมีการลดขนาดได้มากกว่า ขณะที่การแอตทริชันของ
ถ่านหินในเครื่องฟลูอิดไธด์แบบหมุนเวียนที่อุณหภูมิห้องส่งผลการลดขนาดเพียงเล็กน้อย
โดยปัจจัยหลักที่ส่งผลการลดขนาดคือ แฟรกเมนเทชันขั้นปฐมภูมิ ซึ่งขนาดเฉลี่ยของถ่านหิน
แต่ละชนิดภายในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไธด์แบบหมุนเวียนจะมีขนาดลดลงได้มากกว่าในเครื่อง
ปฏิกรณ์แบบกะ เนื่องจากการชนกันของอนุภาคภายในเครื่องปฏิกรณ์ และระยะเวลาที่
เกิดปฏิกิริยาที่นานกว่า

ภาควิชา.....เคมีเทคนิค.....ลายมือชื่อนิสิต.....ศรายุทธ โชติอภิวรุตน์
สาขาวิชา.....เคมีเทคนิค.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา...2551

4872477423 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEYWORDS : CIRCULATING FLUIDIZED BED / ATTRITION / FRAGMENTATION

SARAYUT CHOTIPIRAT : ATTRITION AND FRAGMENTATION OF COAL IN
CIRCULATING FLUIDIZED BED COMBUSTOR. ADVISOR : PORNPOTE
PIUMSOMBOON, Assoc. Prof., Ph. D., 125 pp.

This research studied the comminution characteristics of coal particles which were obtained from different sources, in a batch reactor with inner diameter of 1.9 cm. and in a circulating fluidized bed reactor with the same inside diameter and the height of 170 cm. The experiments were carried out to compare the comminution characteristics from primary fragmentation in the reactors without movement and with movement. The parameters, which were taken into consideration, were temperatures and types of the coal.

From the experiment, it was proved that the type of coal had significant effect on the reduction of the particle size both in batch reactor and in circulating fluidized bed reactor. The results implied that the size reduction of coal with high HGI is much easier than that with low HGI. It was also found that the attrition of the coal particles in CFB under room temperature has little effect on the particle size reduction. Furthermore, it can be suggested that the most significant effect on the size reduction be primary fragmentation. Overall, CFB can reduce the particle sizes of all types of coal at higher rate due to the collision of particles in the reactor and longer retention time.

Department : Chemical Technology

Field of Study : Chemical Technology

Academic Year : .. 2008

Student's Signature : Sarayut Chotapirat

Advisor's Signature : 

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบุรณ์ รองศาสตราจารย์ ดร. เลอสรวง เมฆสุด และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประพันธ์ คุณลธารา ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนช่วยเหลือให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเคมีเทคนิคที่ได้ให้คำแนะนำ

ขอขอบคุณบริษัท บ้านปู อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัด(มหาชน) ที่กรุณาอนุเคราะห์ให้ตัวอย่างถ่านหินเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาช่วยเหลือพร้อมทั้งอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์

ขอขอบคุณสำนักนโยบายและแผนพลังงานภายใต้การกำกับกระทรวงพลังงาน ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านปิโตรเลียม ปิโตรเคมีและวัสดุขั้นสูง และภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย และสถานที่ในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณบุคลากรในภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่าน ที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี และขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ ในภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ น้อง ที่ได้ให้กำลังใจ ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือและให้การสนับสนุนจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
1.7 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....	5
2.2 ประเภทของฟลูอิดเซชัน.....	5
2.3 ลักษณะของฟลูอิดซ์เบด.....	6
2.4 การจำแนกประเภทของอุณหภูมิตัวของ Geldart.....	6
2.5 แก๊สฟลูอิดเซชัน.....	7
2.6 ลักษณะคล้ายของไหลของฟลูอิดซ์เบด.....	13
2.7 ข้อดีและข้อเสียของการใช้เทคนิคฟลูอิดเซชัน.....	14
2.8 ฟลูอิดซ์เบดแบบหมุนเวียน.....	15
2.9 กลไกการเผาไหม้ถ่านหินในระบบฟลูอิดซ์เบด.....	18
2.10 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	26
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	26
3.2 สารตั้งต้น และสารเคมี.....	31
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	31
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	33
4.1 การวิเคราะห์สมบัติของถ่านหิน.....	33
4.2 ผลการศึกษาการลดขนาดของถ่านหินในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ.....	35
4.3 ผลการศึกษาการลดขนาดของถ่านหินในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบด แบบหมุนเวียน.....	42
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและการเสนอแนะ.....	59
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	59
5.1.1 ผลการศึกษาการลดขนาดของถ่านหินในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ.....	59
5.1.2 ผลการศึกษาการลดขนาดของถ่านหินในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิด ไคซ์เบดแบบหมุนเวียน.....	59
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	61
รายการอ้างอิง.....	62
ภาคผนวก.....	64
ภาคผนวก ก.....	65
ภาคผนวก ข.....	69
ภาคผนวก ค.....	124
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	125

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ลักษณะการไหลที่เกิดขึ้นในระบบฟลูอิดส์เบดแบบหมุนเวียน.....	19
4.1	ผลการวิเคราะห์แบบประมาณของถ่านหินจากแหล่งต่างๆ.....	33
4.2	ผลการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ.....	34
4.3	ผลการวิเคราะห์ความสึกกร่อนของถ่านหินแต่ละชนิด.....	34
4.4	ขนาดเฉลี่ยของถ่านหินแต่ละชนิดก่อนและหลังทดลองที่อุณหภูมิตั้ง 27 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ และใช้อากาศเป็นแก๊สพา.....	46
4.5	ขนาดเฉลี่ยของถ่านหินแต่ละชนิดก่อนและหลังทดลองที่อุณหภูมิตั้ง 750 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ และใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สพา.....	50
4.6	เปอร์เซ็นต์การลดขนาดของถ่านหินแต่ละชนิดภายในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะและเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดส์เบดแบบหมุนเวียนที่อุณหภูมิตั้ง 750 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ และใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สพา.....	50

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การจำแนกกลุ่มของของแข็งโดยวิธีของ Geldart.....	7
2.2	รูปแบบการไหลสำหรับฟลูอิดซ์เบดแก๊ส – ของแข็ง.....	7
2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันลดกับความเร็วในช่วงการเกิดเบดแบบปั่นป่วน.....	10
2.4	ลักษณะคล้ายของไหลของฟลูอิดซ์เบด.....	14
2.5	ระบบฟลูอิดซ์เบดแบบหมุนเวียน.....	17
2.6	กระบวนการลดขนาดระหว่างการเผาไหม้.....	19
3.1	แบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ.....	27
3.2	เครื่องปฏิกรณ์แบบกะที่ใช้ในการทดลองและเตาให้ความร้อน.....	27
3.3	แบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดซ์เบดแบบหมุนเวียน.....	29
3.4	เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดซ์เบดแบบหมุนเวียนที่ใช้ในการทดลอง.....	30
4.1	โปรแกรม Image Pro Plus ที่ใช้ช่วยในการหาขนาดอนุภาคจากภาพถ่าย.....	35
4.2	กราฟเปรียบเทียบขนาดด้านหินเฉลี่ยทั้ง 3 ชนิด หลังจากเกิด Devolatilization.....	36
4.3	กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดขนาดของด้านหินที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส กับค่าความง่ายต่อการสึกกร่อนของด้านหิน (HGI).....	38
4.4	กราฟเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่ใช้ในเครื่องปฏิกรณ์ในกระบวนการ Devolatilization.....	39
4.5	อนุภาคด้านหินแต่ละชนิดก่อนและหลังการ Devolatilization ในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ และใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สพา.....	40
4.6	อนุภาคของแข็งภายหลังจากการทดลองในเครื่องฟลูอิดซ์เบดแบบหมุนเวียน ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ ใช้อากาศเป็นแก๊สพา.....	42
4.7	การกระจายขนาดของด้านหินแม่ทะในเครื่องฟลูอิดซ์เบดแบบหมุนเวียน สำหรับอนุภาคที่ขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ และใช้อากาศเป็นแก๊สพา.....	43
4.8	การกระจายขนาดของด้านหินลานนาในเครื่องฟลูอิดซ์เบดแบบหมุนเวียน สำหรับอนุภาคที่ขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ และใช้อากาศเป็นแก๊สพา.....	44

4.9	การกระจายขนาดของถ่านหินอินโดนีเซียในเครื่องฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน สำหรับอนุภาคที่ขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ และใช้อากาศเป็นแก๊สพา.....	45
4.10	การกระจายขนาดของอนุภาคผสมระหว่างเบดกับถ่านหินแต่ละชนิดที่มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร ภายในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ.....	47
4.11	อนุภาคของแข็งภายหลังจากการทดลองในเครื่องฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน ที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ ใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สพา.....	49
4.12	การกระจายขนาดของถ่านหินแม่ทะในเครื่องฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน ของอนุภาคที่ขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ และใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สพา.....	51
4.13	การกระจายขนาดของถ่านหินลานนาในเครื่องฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน ของอนุภาคที่ขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ และใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สพา.....	52
4.14	การกระจายขนาดของถ่านหินอินโดนีเซียในเครื่องฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน ของอนุภาคที่ขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ และใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สพา.....	53
4.15	การกระจายขนาดของอนุภาคผสมระหว่างเบดกับถ่านหินแต่ละชนิดที่มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร ภายในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ.....	54
4.16	อนุภาคของแข็งภายหลังจากการทดลองในเครื่องฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน.....	56
4.17	การกระจายขนาดของอนุภาคผสมระหว่างเบดกับถ่านหินแต่ละชนิดที่มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร ภายในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ หลังจากเกิดแฟนเมนเทชันขั้นทุติยภูมิ.....	57
4.18	การกระจายขนาดของอนุภาคผสมระหว่างเบดกับถ่านหินแต่ละชนิดที่มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร ภายในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ หลังจากเกิดแฟนเมนเทชันขั้นทุติยภูมิ.....	58