

การคาร์บอนไนซ์ของถ่านหินในฟลูอิดไคซ์เบด



นาย วิเชียร ตรงจิตธรรม

ศูนย์วิทยุทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-289-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015924

Carbonization of Coal in Fluidized Bed

Mr. Vichein Trongchittham

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Chemical Technology
Graduate School
Chulalongkorn University

1989

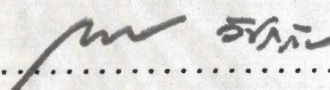
ISBN 974-576-289-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์
โดย
ภาควิชา
อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

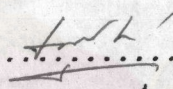
การคาร์บอนไนซ์ของถ่านหินในฟลูอิโดซ์เบด
นายวิเชียร ตรงจิตธรรม
ภาควิชาเคมีเทคนิค
ศ.ดร.สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ
รศ.กัญญา บุญเกียรติ




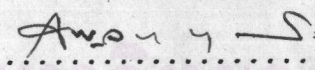
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

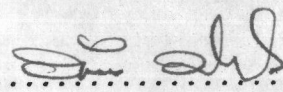

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรากัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ บารมี)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ กัญญา บุญเกียรติ)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรหม ประศาสน์สารกิจ)

วิเชียร ตรงจิตธรรม : การคาร์บอนไนซ์ของถ่านหินในฟลูอิไดซ์เบด
(CABONIZATION OF COAL IN FLUIDIZED BED) อ.ที่ปรึกษา :

ศ.ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.กัญจนา บุญเกียรติ, 104 หน้า

ถ่านหินได้จากแหล่งเหมืองบ้านปู อ.สี จ.ลำพูน เป็นวัตถุดิบ โดยบดและแยกขนาดเป็น 4 ช่วง
ขนาดคือ 0.5-1.0, 1.0-2.0, 2.0-4.0 และ 4.0-6.0 มิลลิเมตร การทดลองแบ่งเป็น 2 ตอน
กล่าวคือ ตอนแรกคาร์บอนไนซ์ในรีaktorมาตรฐานแบบพิซเซอร์ ที่อุณหภูมิ 250, 325, 400, 475, 550
และ 600 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มความร้อน 5 องศาเซลเซียสต่อนาที พบว่า ที่อุณหภูมิ 600
องศาเซลเซียส ได้ผลิตก๊าซที่เป็นถ่านชาร์ร้อยละ 53.0 ผลิตภัณฑ์ของน้ำมันทาร์ร้อยละ 3.4 และก๊าซมี
ปริมาตร 15.6 ลิตร ตอนที่สองคาร์บอนไนซ์ในฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 325, 400, 475, 550 และ 600
องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มความร้อน 5 องศาเซลเซียสต่อนาที พบว่าที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส
ได้ผลิตก๊าซที่เป็นถ่านชาร์ร้อยละ 51.0 และผลิตภัณฑ์ของน้ำมันทาร์ร้อยละ 0.3 ผลิตภัณฑ์ถ่านชาร์มีปริมาณ
คาร์บอนคงตัวร้อยละ 65.8 ค่าสารระเหยร้อยละ 17.6 เก้าร้อยละ 16.5 และค่าความร้อน 6,457
แคลอรีต่อกรัม ผลิตภัณฑ์น้ำมันทาร์ประกอบด้วยสัดส่วนของไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว 0.3081 ไฮโดรคาร์บอน
ไม่อิ่มตัว 0.3051 และวงแหวนอะโรมาติก 0.3868 ก๊าซที่ได้จากการวิเคราะห์มีก๊าซ มีเทน คาร์บอน
ไดออกไซด์และออกซิเจน

ศูนย์วิทยพัชร์พยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เคมีเทคนิค
สาขาวิชา เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อนิติศ วิเชียร ตรงจิตธรรม
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 0.55



VICHEIN TRONGCHITTHAM : CARBONIZATION OF COAL IN FLUIDIZED BED
THESIS ADVISOR : PROF. SOMSAK DAMRONGLERD, Ph.D., THESIS COADVISOR :
ASSO. PROF. KUNCHANA BUNYAKIAT, 104 PP.

Raw coal samples recieved from Ban Poo Mine, Lampoon province were crushed and prepared into four particle size ranges (0.5-1.0 mm., 1.0-2.0 mm., 2.0-4.0 mm. and 4.0-6.0 mm.). The experiments were devided in two parts. In part one, it was carbonized in a Modified Fischer Assay retort at final temperatures 250-600 °C with a heating rate of 5 °C/min. The result showed that the yield of char was 53.0 (%W), tar oil 3.4 (%W) and gas 15.6 lits at 600 °C. In part two , it was carbonized in a fluidized bed reactor at 325-600 °C at the same heating rate. The result showed that the yield of char was 51.0 (%W) with 0.3 (%W) tar oil at 600 °C. The proximate analysis of char were fixed carbon 65.8 %, volatile matter 17.6 %, ash content 16.5 % and calorific value 6,457 cal/g at 600 °C. Coal tar consisted of saturated hydrocarbon : unsaturated hydrocarbon : aromatics in the order 0.3081 : 0.3051 : 0.3868. Noncondensable gases from carbonization in fluidized bed composed of methane, carbondioxide and oxygen.

ศูนย์วิทยพัชยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เคมีเทคนิค
สาขาวิชา เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อนิต วิจิตร ตรงจิตรธรรม
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ส.ส
.....



๓

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบพระคุณอย่างสูงต่อ ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและรองศาสตราจารย์ กัญจนา บุญเกียรติ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำทางด้านวิชาการและได้ให้ความช่วยเหลือเรื่องทุนสนับสนุนการวิจัย ตลอดจนให้ความเอื้อเฟื้อในการใช้วัสดุอุปกรณ์ในการวิจัยและห้องปฏิบัติการ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ทรายพงษ์ วิจิตตานต์ ที่กรุณาให้ความเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และคำปรึกษาในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณอมร ชรรมอภิผล บริษัทแพร์ลิกไนท์ จำกัด ที่กรุณาให้ความเอื้อเฟื้อวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ ชำราชากร เพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ในภาควิชาเคมีเทคนิค ได้ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัย

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ และรำลึกถึง คุณพ่อ ของข้าพเจ้า ที่คอยให้กำลังใจจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

๗

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
รายการตารางประกอบ.....	ฅ
รายการรูปประกอบ.....	ฉ
สัญลักษณ์ที่แทนข้อความ.....	ท
บทที่.....	1
1 บทนำ.....	1
2 วารสารปริทัศน์.....	3
2.1 กำนหิน.....	3
2.1.1 แหล่งกำนหินในประเทศไทย.....	5
2.1.2 โครงสร้างทางเคมีของกำนหิน.....	6
2.2 การคาร์บอนไนซ์ของกำนหิน.....	7
2.2.1 กระบวนการคาร์บอนไนซ์.....	7
2.2.2 การแบ่งชนิดของการคาร์บอนไนซ์.....	9
2.2.3 ผลผลิตที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์.....	9
2.2.4 กลไกปฏิกิริยาการแตกตัวทางเคมีด้วยความร้อน.....	10
2.2.5 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของกำนหินในระหว่างการคาร์บอนไนซ์.....	11
2.2.6 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี.....	13
2.3 ปัจจัยของการคาร์บอนไนซ์ในฟลูอิดไคส์เบค.....	14
2.3.1 ประเภทของกำนหิน.....	14
2.3.2 อุณหภูมิ.....	14
2.3.3 อัตราการให้ความร้อน.....	15
2.3.4 ความดัน.....	16
2.3.5 ขนาดของอนุภาค.....	17
2.3.6 เวลาที่อนุภาคอยู่ในเบค.....	17
2.4 ผลงานการวิจัย.....	18
2.4.1 ผลงานวิจัยภายนอกประเทศ.....	18
2.4.2 ผลงานวิจัยภายในประเทศ.....	21

บทที่	หน้า
2.5 ข้อดีและข้อเสียของการใช้เทคนิคฟลูอิดเซชัน.....	24
2.5.1 ข้อดี.....	24
2.5.2 ข้อเสีย.....	24
3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	25
3.1 อุปกรณ์ทดลอง.....	25
3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองรีทอร์ทมาตรฐานแบบพิชเชอร์.....	25
3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองแบบฟลูอิดไคซ์เบค.....	26
3.1.3 เครื่องบดถ่านหิน.....	34
3.1.4 เครื่องคัดขนาดถ่านหิน.....	34
3.2 วัตถุประสงค์.....	34
3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง.....	35
3.3.1 การคาร์บอนไนซ์ในรีทอร์ทแบบพิชเชอร์.....	35
3.3.2 การคาร์บอนไนซ์ในฟลูอิดไคซ์เบค.....	35
3.4 ระบบการชักและวิเคราะห์ตัวอย่าง.....	36
3.4.1 ถ่านชาร์.....	36
3.4.2 น้ำมันทาร์.....	37
3.4.3 การวิเคราะห์ก๊าซ.....	37
4 ผลการทดลอง.....	38
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านหินที่ใช้ในการทดลอง.....	39
4.2 ผลการทดลองการคาร์บอนไนซ์ถ่านหินในรีทอร์ทแบบพิชเชอร์.....	40
4.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านชาร์ที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์.....	44
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำมันทาร์ที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์.....	47
4.3 ผลการทดลองการคาร์บอนไนซ์ถ่านหินในแบบฟลูอิดไคซ์เซชัน.....	50
4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านชาร์ที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์.....	52
4.3.2 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำมันทาร์ที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์.....	55
4.3.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์.....	58
5. วิจารณ์ผลการทดลอง.....	59
6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	67
เอกสารอ้างอิง.....	71
ภาคผนวก.....	75
ประวัติผู้เขียน.....	104



รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
2.1	แสดงการจำแนกชนิดก้านหินโดยลำดับตาม ASTM D 388.....4
2.2	แสดงอิทธิพลของอัตราการเพิ่มอุณหภูมิต่อปริมาณผลิตภัณฑ์.....16
2.3	แสดงอิทธิพลของความดันต่อปริมาณผลิตภัณฑ์.....16
2.4	แสดงอิทธิพลของช่วงขนาดอนุภาคต่าง ๆ ต่อปริมาณผลิตภัณฑ์.....17
2.5	แสดงปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแหล่ง Loy Yang และ Millmerran.....21
2.6	แสดงค่าผลิตภัณฑ์จากการคาร์บอนไนซ์ก้านหินจากแหล่งต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสขนาดอนุภาค 0.5-1.0 มิลลิเมตร.....22
2.7	แสดงค่าปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ของก้านหินแหล่งต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสขนาดอนุภาค 0.5-1.0 มิลลิเมตร.....23
4.1	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของก้านหินในช่วงขนาด 0.5-1.0, 1.0-2.0, 2.0-4.0 และ 4.0-6.0 มิลลิเมตร.....39
6.1	แสดงปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้ในระบบรีทอร์ตแบบพิซเซอร์และระบบฟลูอิโดเซชันที่ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส.....67
6.2	แสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละแบบประมาณในระบบรีทอร์ตแบบพิซเซอร์และระบบ ฟลูอิโดเซชันที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส (dry basis).....67
6.3	แสดงปริมาณกลุ่มโครงสร้างต่าง ๆ ในน้ำมันทาร์ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส...69

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1	แสดงบริเวณแหล่งถ่านหินในประเทศไทย..... 5
2.2	แสดงโครงสร้างโมเลกุลสมมติของถ่านหิน..... 6
2.3	แสดงลักษณะการแตกสลายของโมเลกุลถ่านหินด้วยความร้อน..... 8
2.4	แสดงขั้นตอนการเกิดถ่านโค้ก..... 12
2.5	แสดงการเกิดปฏิกิริยาปฏิกิริยาปฏิกิริยาและทุติยภูมิของถ่านหินจากการคาร์บอนไนซ์..... 15
2.6	แสดงการคาร์บอนไนซ์ของถ่านหินในฟลูอิโดซ์เบดของสถาบัน Cerchar..... 18
2.7	แสดงแผนภาพของการคาร์บอนไนซ์ถ่านหินแบบฟลูอิโดซ์เบดของ Bowling..... 19
2.8	แสดงกระบวนการคาร์บอนไนซ์แบบฟลูอิโดซ์เบดของ Tyler..... 20
3.1	แสดงรีทอร์ทมาตรฐานแบบพิชเซอร์และส่วนประกอบภายใน..... 28
3.2 ก	แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการคาร์บอนไนซ์ในรีทอร์ทแบบพิชเซอร์..... 26
3.2 ข	แสดงแผนภาพการคาร์บอนไนซ์ในรีทอร์ทแบบพิชเซอร์..... 27
3.3 ก	แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการคาร์บอนไนซ์แบบฟลูอิโดซ์เบด..... 30
3.3 ข	แสดงแผนภาพการคาร์บอนไนซ์แบบฟลูอิโดซ์เบด..... 31
3.4	แสดงสัดส่วนเตาคาร์บอนไนซ์แบบฟลูอิโดซ์เบด..... 32
3.5	แสดงขนาดต่าง ๆ ของอนุภาคถ่านหิน..... 34
4.1	แสดงลักษณะของถ่านหินและถ่านชาร์ น้ำมันทาร์..... 40
4.2	แสดงปริมาณของผลิตภัณฑ์เป็นร้อยละโดยน้ำหนักที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ของถ่านหิน ช่วงขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตรกับอนุภาคต่าง ๆ ในระบบรีทอร์ทแบบพิชเซอร์..... 41
4.3 ก	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณร้อยละของถ่านชาร์ที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ ของถ่านหินช่วงขนาดต่าง ๆ กับอนุภาคในระบบรีทอร์ทแบบพิชเซอร์..... 42
4.3 ข	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณร้อยละของน้ำมันทาร์ที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ ของถ่านหินช่วงขนาดต่าง ๆ กับอนุภาคในระบบรีทอร์ทแบบพิชเซอร์..... 42
4.3 ค	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของก๊าซที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ ของถ่านหินช่วงขนาดต่าง ๆ กับอนุภาคในระบบรีทอร์ทแบบพิชเซอร์..... 43
4.4	แสดงผลการวิเคราะห์แบบประมาณร้อยละของถ่านชาร์ที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ถ่านหิน ช่วงขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตรที่อนุภาคต่าง ๆ ในระบบรีทอร์ทแบบพิชเซอร์..... 44
4.5 ก	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละถ่านชาร์ช่วงขนาดต่าง ๆ กับอนุภาคในระบบรีทอร์ทแบบพิชเซอร์ (dry basis)..... 45

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
4.5 ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสารระเหยของถ่านชาร์ช่วงขนาดต่าง ๆ กับอุณหภูมิในระบบรีทอร์ตแบบพิชเชอร์ (dry basis).....	45
4.5 ค แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละคาร์บอนคงตัวของถ่านชาร์ช่วงขนาดต่าง ๆ กับอุณหภูมิในระบบรีทอร์ตแบบพิชเชอร์ (dry basis).....	46
4.6 แสดงผลการวิเคราะห์กลุ่มโครงสร้างเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักของน้ำมันทาร์จากถ่านหินช่วงขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตรที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในระบบรีทอร์ตแบบพิชเชอร์.....	47
4.7 ก แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักของน้ำมันทาร์จากถ่านหินช่วงขนาดต่าง ๆ กับอุณหภูมิในระบบรีทอร์ตแบบพิชเชอร์...	48
4.7 ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักของน้ำมันทาร์จากถ่านหินช่วงขนาดต่าง ๆ กับอุณหภูมิในระบบรีทอร์ตแบบพิชเชอร์...	48
4.7 ค แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารวงแหวนอะโรมาติกเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักของน้ำมันทาร์จากถ่านหินช่วงขนาดต่าง ๆ กับอุณหภูมิในระบบรีทอร์ตแบบพิชเชอร์...	49
4.8 แสดงปริมาณของผลิตภัณฑ์เป็นร้อยละโดยน้ำหนักที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ของถ่านหินช่วงขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิต่าง ๆ ในระบบฟลูอิโดซ์เบด.....	50
4.9 ก แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณร้อยละของถ่านชาร์ที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ของถ่านหินช่วงขนาดต่าง ๆ กับอุณหภูมิในระบบฟลูอิโดซ์เบด.....	51
4.9 ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณร้อยละของน้ำมันทาร์ที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ของถ่านหินช่วงขนาดต่าง ๆ กับอุณหภูมิในระบบฟลูอิโดซ์เบด.....	51
4.10 แสดงผลการวิเคราะห์แบบประมาณร้อยละของถ่านชาร์ที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ถ่านหินช่วงขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตรที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในระบบฟลูอิโดซ์เบด.....	52
4.11 ก แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเถ้าของถ่านชาร์ช่วงขนาดต่าง ๆ กับอุณหภูมิในระบบฟลูอิโดซ์เบด (dry basis).....	53
4.11 ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสารระเหยของถ่านชาร์ช่วงขนาดต่าง ๆ กับอุณหภูมิในระบบฟลูอิโดซ์เบด (dry basis).....	53
4.11 ค แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละคาร์บอนคงตัวของถ่านชาร์ช่วงขนาดต่าง ๆ กับอุณหภูมิในระบบฟลูอิโดซ์เบด (dry basis).....	54
4.12 แสดงผลการวิเคราะห์กลุ่มโครงสร้างเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักของน้ำมันทาร์จากถ่านหินช่วงขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตรที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในระบบฟลูอิโดซ์เบด....	55

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
4.13 ก แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักของ น้ำมันทาร์จากถ่านหินช่วงขนาดต่าง ๆ กับอนุภูมิภาคในระบบฟลูอิโดรเบค.....	56
4.13 ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนัก ของน้ำมันทาร์จากถ่านหินช่วงขนาดต่าง ๆ กับอนุภูมิภาคในระบบฟลูอิโดรเบค....	56
4.13 ค แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารวงแหวนอะโรมาติกเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักของ น้ำมันทาร์จากถ่านหินช่วงขนาดต่าง ๆ กับอนุภูมิภาคในระบบฟลูอิโดรเบค.....	57
4.14 แสดงปริมาณของผลิตภัณฑ์เป็นร้อยละ โดยน้ำหนักที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ของถ่านหิน ช่วงขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตรกับอนุภูมิภาคต่าง ๆ ในฟลูอิโดรเบค.....	58

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย