

การผลิตถ่านกัมมันต์จากยางรถยนต์ใช้แล้วโดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

นางสาวรติกร อิศระเสนีย์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-365-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 1705705 X

PRODUCTION OF ACTIVATED CARBON FROM USED TIRES
BY SUPERHEATED STEAM ACTIVATION

Miss Ratikorn Isarasaenee

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduated School

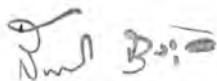
Chulalongkorn University

1996

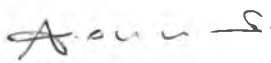
ISBN 974-633-365-8

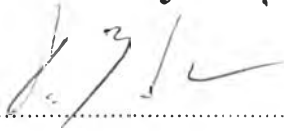
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตถ่านกัมมันต์จากยางรถยนต์ใช้แล้วโดยการกระตุ้นด้วย
ไอน้ำร้อนผุดยิ่ง
โดย นางสาวรติกร อิศระเสนีย์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิจิตตศานต์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ดร. สมเกียรติ งามประเสริฐสุสิทธิ์

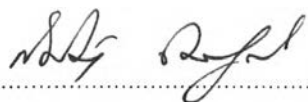
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

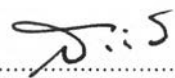

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ฤงสูววรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์กัญญา นุณยเกียรติ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิจิตตศานต์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร.สมเกียรติ งามประเสริฐสุสิทธิ์)


..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ)


..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

รติกร อิศระเสนีย์ : การผลิตถ่านกัมมันต์จากยางรถยนต์ใช้แล้วโดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำ
ร้อนยวดยิ่ง (PRODUCTION OF ACTIVATED CARBON FROM USED TIRES BY
SUPERHEATED STEAM ACTIVATION) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ธราพงษ์ วิทิตสานต์
อ.ที่ปรึกษาร่วม : อ.ดร.สมเกียรติ งามประเสริฐสุทธิ, 102 หน้า. ISBN 974-633-365-8

การทดลองผลิตถ่านกัมมันต์จากยางรถยนต์ใช้แล้ว ได้ดำเนินการ 2 ขั้นตอนคือ
การคาร์บอนไนซ์ยางรถยนต์ และกระตุ้นถ่านที่ได้ด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง การคาร์บอนไนซ์ทำในเครื่อง
ปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 110 เซนติเมตร ตัวแปรที่ศึกษา
คืออุณหภูมิและเวลาการคาร์บอนไนซ์ พบว่าภาวะที่เหมาะสมสำหรับการคาร์บอนไนซ์ยางรถยนต์ตัด
ขนาด 0.5 x 0.5 x 0.5 เซนติเมตร ปริมาณ 1 กิโลกรัม คือคาร์บอนไนซ์ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส
30 นาที ในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน ได้ผลิตถ่านที่เป็นถ่านชาร์ร้อยละ 47.20 ปริมาณคาร์บอน
คงตัวร้อยละ 50.48 สารระเหยร้อยละ 23.11 และเถ้าร้อยละ 23.41

ขั้นตอนการกระตุ้นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งทำในเครื่องแอกติเวเตอร์แบบเบดนิ่ง ขนาด
เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.81 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ตัวแปรที่ศึกษาคือ อุณหภูมิและเวลา
การกระตุ้น, ขนาดถ่านที่ใช้กระตุ้น และอัตราการป้อนไอน้ำ พบว่าภาวะที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้น
ถ่านที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ 50 กรัม คือใช้ถ่านขนาด 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร กระตุ้นที่อุณหภูมิ 900
องศาเซลเซียส 30 นาที โดยมีอัตราการป้อนไอน้ำ 1.88 กรัมต่อนาที และอัตราการป้อนอากาศ 43
ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที ได้ผลิตถ่านที่เป็นถ่านกัมมันต์ร้อยละ 17.35 ของน้ำหนักยางรถยนต์
ใช้แล้ว มีพื้นที่ผิว 691.51 ตารางเมตรต่อกรัม ค่าไอโอดีน 891.11 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าเมทิลีนบลู
172.03 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร 0.440 กรัมต่อซีซี และค่าเถ้าร้อยละ 29.05

ภาควิชา เคมีเทคนิค
สาขาวิชา เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา 2538

ลายมือชื่อนิสิต ธราพงษ์ วิทิตสานต์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Dr. Thrapong Wittitsanant
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Dr. Somkiat Namsaprisutthi

C625683 MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD: ACTIVATED CARBON/SUPERHEATED STEAM/USED TIRE

RATIKORN ISARASAENEE: PRODUCTION OF ACTIVATED CARBON FROM USED TIRES BY SUPERHEATED STEAM ACTIVATION. THESIS ADVISOR : ASST.PROF.THARAPONG VITIDSANT, Ph.D., THESIS COADVISOR : SOMKIAT NGAMPRASERTSITH, Ph.D. 102 pp. ISBN 974-633-365-8

Production of activated carbon from used tires was investigated in two parts: tires carbonization and superheated steam activation. Carbonization part was conducted in a fixed bed reactor, 15 cm. id. and 110 cm. in height. The studied variables were temperature and carbonization period. It was found that the optimum condition for 1 kg. of used tires, 0.5x0.5x0.5 cm. in dimension, was at 450 °C and 30 minutes under nitrogen atmosphere. Under the above condition, the char product yield was 47.20 % , which consisted of 50.48 % fixed carbon, 23.11 % volatile matter and 23.41 % ash.

The superheated steam activation part was operated in a fixed bed reactor, 3.81 cm. id. and 20 cm. in height. The studied variables were temperature and time of activation, char particle size, and steam input rate. It was found that the optimum conditions for 50 g of carbonized char were char particle size of 1.18 - 2.36 mm., temperature and time of activation at 900 °C and 30 minutes, steam input rate at 1.88 g/min and air input rate at 43 cm³/s. The product yield was 17.35 % activated carbon from used tires. The activated carbon obtained had the surface area of 691.51m²/g, iodine adsorption 891.11 mg/g, methylene blue adsorption 0.44 mg/g, bulk density 0.44 g/cc, and ash content 29.05%.

ภาควิชา.....	เคมีเทคนิค	ลายมือชื่อผู้ผลิต.....	สมิทธิ นาม
สาขาวิชา.....	เคมีเทคนิค	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....	สมิทธิ นาม
ปีการศึกษา.....	2538	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....	สมิทธิ นาม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตสานต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ดร. สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านทั้งสองได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาด้วยดียิ่งตลอด

ขอขอบคุณ คุณสังข์ ชมชื่น ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการสร้างและซ่อมเครื่องมือ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านของภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการวิจัย และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยและภาควิชาเคมีเทคนิคที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนมาจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1. บทนำ.....	1
บทที่ 2. ทฤษฎีและสมมติฐานที่สำคัญ.....	5
1. วัตถุประสงค์ที่ใช้ผลิตถ่านกัมมันต์.....	5
2. กระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์.....	7
3. ลักษณะและโครงสร้างของถ่านกัมมันต์.....	14
3.1 ลักษณะและชนิดของถ่านกัมมันต์.....	14
3.2 ประโยชน์ของถ่านกัมมันต์.....	15
3.3 โครงสร้างรูพรุนของถ่านกัมมันต์.....	17
3.4 โครงสร้างทางเคมีของผิวถ่านกัมมันต์.....	20
3.5 หลักการวิเคราะห์สมบัติของถ่านกัมมันต์.....	26
บทที่ 3. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	31
บทที่ 4. วิธีทดลอง.....	42
1. อุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง.....	42
2. การเตรียมวัตถุดิบ.....	46
3. การคาร์บอนไนซ์.....	46
4. การกระตุ้น.....	46
บทที่ 5. ผลการทดลอง.....	47
1. ลักษณะทั่วไปของถ่านจากการคาร์บอนไนซ์ยางรถยนต์.....	47

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2. ผลการวิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis) ของถ่านจาก การคาร์บอนไนซ์ยางรถยนต์.....	49
3. ผลการวิเคราะห์แบบประมาณของถ่านจากการคาร์บอนไนซ์ ยางรถยนต์สำหรับนำไปกระตุ้นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง.....	54
4. สมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง.....	55
4.1 เมื่อแปรอุณหภูมิและระยะเวลาการกระตุ้น.....	55
4.2 เมื่อแปรขนาดถ่าน.....	63
4.3 เมื่อแปรอัตราการป้อนไอน้ำ.....	64
4.4 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณของถ่านกัมมันต์.....	64
บทที่ 6. อภิปราย ข้อสรุป และข้อเสนอแนะ.....	68
รายการอ้างอิง.....	77
ภาคผนวก	
ก. วิธีวิเคราะห์สมบัติโดยประมาณของถ่านจากการคาร์บอนไนซ์ยางรถยนต์.....	81
ข. การวิเคราะห์ค่าเถ้าของถ่านกัมมันต์.....	83
ค. การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรของถ่านกัมมันต์.....	84
ง. การวิเคราะห์ค่าเมทธิลีนบลู.....	85
จ. การวิเคราะห์ค่าไอโอดีนของถ่านกัมมันต์.....	88
ฉ. การวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะรูพรุนทั้งหมด.....	92
ช. สมบัติของถ่านกัมมันต์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 900-2532).....	94
ซ. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เวลาต่างๆ ในเครื่องคาร์บอนไนซ์และ เครื่องแอกติเวเตอร์.....	95
ประวัติผู้เขียน.....	102

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 สถิติการนำเข้าถ่านกัมมันต์ของประเทศไทย.....	1
1.2 องค์ประกอบทางเคมีของยางรถยนต์.....	3
2.1 วัตถุประสงค์ชนิดต่างๆ ที่ได้มีการศึกษาใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์.....	6
2.2 สมบัติของวัสดุที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์และการใช้ประโยชน์..	7
2.3 ความสัมพันธ์ของพื้นที่ผิวกับค่าการดูดซับ.....	27
3.1 สมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากการทดลองของ Johnson and coworker (1977).....	32
3.2 สมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากการทดลองของ บุญชัย ตระกูลมหัย (2536).....	34
3.3 ค่าพื้นที่ผิวของผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการไพโรไลซิสที่ อุณหภูมิต่างๆ ในการทดลองของ Lucchesi and Maschio (1983).....	38
5.1 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณของถ่านจากการคาร์บอนไนซ์ยางรถยนต์.....	49
5.2 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณของถ่านจากการคาร์บอนไนซ์ยางรถยนต์ที่ อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที สำหรับนำไปกระตุ้น ด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง.....	54
5.3 สมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ.....	56
5.4 สมบัติของถ่านกัมมันต์เมื่อแปรขนาดของเม็ดถ่านที่นำไปกระตุ้น.....	63
5.5 สมบัติของถ่านกัมมันต์เมื่อแปรอัตราการป้อนไอน้ำ.....	64

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ตำแหน่งของอิเล็กตรอนของคาร์บอนที่เกิดจาก เอสพี - 2-ไฮบริดไดเซชัน.....	9
2.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของปฏิกิริยาการกระตุ้นด้วยแก๊สออกซิไดซ์ (ก) การจัดเรียงโครงสร้าง (ข) การกำจัดโมเลกุลแปลกปลอม.....	10
2.3 ตัวอย่างการใช้ประโยชน์ถ่านกัมมันต์.....	17
2.4 เปรียบเทียบขนาดและการวางตัวของรูพรุนขนาดต่างๆ.....	18
2.5 เปรียบเทียบการกระจายขนาดรูพรุนของถ่านกัมมันต์จากวัตถุดิบที่ใช้ และวิธีผลิตต่างๆ.....	19
2.6 การเคลื่อนที่ของไออิเล็กตรอนในโครงสร้างถ่านและถ่านกัมมันต์.....	21
2.7 การเคลื่อนที่ของไออิเล็กตรอนในโครงสร้างถ่านและถ่านกัมมันต์ที่มีอะตอม ออกซิเจน.....	21
2.8 ชนิดของหมู่ฟังก์ชันนัลที่เป็นกรด.....	23
2.9 ตัวอย่างหมู่ฟังก์ชันนัลที่เป็นกรดบนผิวถ่านกัมมันต์.....	23
2.10 ตัวอย่างปฏิกิริยาของถ่านกัมมันต์ที่ผิวเป็นกรด.....	24
2.11 หมู่ฟังก์ชันนัลที่เป็นด่างบนผิวถ่านกัมมันต์.....	25
2.12 ตัวอย่างปฏิกิริยาการดูดซับโมเลกุลกรดด้วยถ่านกัมมันต์ที่มีผิวเป็นด่าง.....	25
2.13 แบบจำลองของผิวคาร์บอนที่ถูกออกซิไดซ์.....	26
2.14 ลักษณะกราฟตามสมการบีอีที.....	28
2.15 โครงสร้างของเมทิลีนบลู.....	29
2.16 จลนพลศาสตร์ของการดูดซับเมทิลีนบลูบนถ่านกัมมันต์ที่ 25 องศาเซลเซียส.....	30
3.1 เตาหมุนที่ใช้ในการทดลองของเกศรา นุตาลัย และคณะ (2531).....	32
3.2 เครื่องแอดดิเวเตอร์ที่ใช้ในการทดลองของ Ninomiya and coworker (1974)....	33
3.3 เครื่องคาร์บอนเซอร์แบบแบนดิ่งในการทดลองของบุญชัย ตระกูลมหัย (2536).....	35

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
3.4 เครื่องแอกติเวเตอร์ในการทดลองของบุญชัย ตระกูลมหชัย (2536).....	36
3.5 อุปกรณ์ในการทดลองของ Lucchisi and Maschio (1983).....	37
3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์และอุณหภูมิที่ใช้ไฟโรไลซิส จากการทดลองของ Lucchisi and Maschio (1983).....	38
3.7 เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อไหลในการทดลองของ Ogasawara and coworker (1987).....	39
3.8 ผลของอุณหภูมิของปฏิกิริยาต่อปริมาณและพื้นที่ผิวของผลิตภัณฑ์ ถ่านกัมมันต์ จากการทดลองของ Ogasawara and coworker (1987).....	40
3.9 ผลของเวลาของปฏิกิริยาต่อปริมาณและพื้นที่ผิวของผลิตภัณฑ์ ถ่านกัมมันต์ จากการทดลองของ Ogasawara and coworker (1987).....	40
3.10 ผลของอัตราการป้อนไอน้ำต่อปริมาณและพื้นที่ผิวของผลิตภัณฑ์ ถ่านกัมมันต์ จากการทดลองของ Ogasawara and coworker (1987).....	41
4.1 เครื่องคาร์บอนไนซ์แบบเบตนิ่ง.....	43
4.2 เครื่องแอกติเวเตอร์แบบเบตนิ่ง.....	44
5.1 (ก) ถ่านที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ยางรถยนต์ที่ 450 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที (ข) ยางรถยนต์ก่อนการคาร์บอนไนซ์.....	47
5.2 ผลของอุณหภูมิการคาร์บอนไนซ์ที่มีต่อค่าร้อยละผลิตภัณฑ์ ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ยางรถยนต์ปริมาณ 1 กิโลกรัม คาร์บอนไนซ์ภายใต้บรรยากาศของ แก๊สไนโตรเจน.....	50
5.3 ผลของอุณหภูมิการคาร์บอนไนซ์ที่มีต่อปริมาณถ่าน ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ยางรถยนต์ปริมาณ 1 กิโลกรัม คาร์บอนไนซ์ภายใต้บรรยากาศของ แก๊สไนโตรเจน.....	50
5.4 ผลของอุณหภูมิการคาร์บอนไนซ์ที่มีต่อปริมาณสารระเหย ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ยางรถยนต์ปริมาณ 1 กิโลกรัม คาร์บอนไนซ์ภายใต้บรรยากาศของ แก๊สไนโตรเจน.....	51

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
5.5 ผลของอุณหภูมิการคาร์บอนไนซ์ที่มีต่อปริมาณคาร์บอนคงตัว ที่เวลาต่างๆ โดยใช้อย่างรถยนต์ปริมาณ 1 กิโลกรัม คาร์บอนไนซ์ภายใต้บรรยากาศของ แก๊สไนโตรเจน.....	51
5.6 ผลของเวลาการคาร์บอนไนซ์ที่มีต่อค่าร้อยละผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้อย่างรถยนต์ปริมาณ 1 กิโลกรัม คาร์บอนไนซ์ภายใต้บรรยากาศของ แก๊สไนโตรเจน.....	52
5.7 ผลของเวลาการคาร์บอนไนซ์ที่มีต่อปริมาณเถ้า ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้อย่างรถยนต์ปริมาณ 1 กิโลกรัม คาร์บอนไนซ์ภายใต้บรรยากาศของ แก๊สไนโตรเจน.....	52
5.8 ผลของเวลาการคาร์บอนไนซ์ที่มีต่อปริมาณสารระเหย ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้อย่างรถยนต์ปริมาณ 1 กิโลกรัม คาร์บอนไนซ์ภายใต้บรรยากาศของ แก๊สไนโตรเจน.....	53
5.9 ผลของเวลาการคาร์บอนไนซ์ที่มีต่อปริมาณคาร์บอนคงตัว ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้อย่างรถยนต์ปริมาณ 1 กิโลกรัม คาร์บอนไนซ์ภายใต้บรรยากาศของ แก๊สไนโตรเจน.....	53
5.10 ผลของอุณหภูมิการกระตุ้นที่มีต่อค่าร้อยละผลิตภัณฑ์ โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์ เซนติเมตรต่อวินาที.....	57
5.11 ผลของอุณหภูมิการกระตุ้นที่มีต่อค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์ เซนติเมตรต่อวินาที.....	57

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
5.12 ผลของอุณหภูมิการกระตุ้นที่มีต่อปริมาณเถ้า โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์ เซนติเมตรต่อวินาที.....	58
5.13 ผลของอุณหภูมิการกระตุ้นที่มีต่อค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์ เซนติเมตรต่อวินาที.....	58
5.14 ผลของอุณหภูมิการกระตุ้นที่มีต่อค่าการดูดซับไอโอดีน โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์ เซนติเมตรต่อวินาที.....	59
5.15 ผลของอุณหภูมิการกระตุ้นที่มีต่อค่าพื้นที่ผิวทั้งหมด โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์ เซนติเมตรต่อวินาที.....	59
5.16 ผลของเวลาการกระตุ้นที่มีต่อค่าร้อยละผลิตภัณฑ์ โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์ เซนติเมตรต่อวินาที.....	60
5.17 ผลของเวลาการกระตุ้นที่มีต่อค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์ เซนติเมตรต่อวินาที.....	60

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
5.18 ผลของเวลาการกระตุ้นที่มีต่อปริมาณเถ้า โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์ เซนติเมตรต่อวินาที.....	61
5.19 ผลของเวลาการกระตุ้นที่มีต่อค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์ เซนติเมตรต่อวินาที.....	61
5.20 ผลของเวลาการกระตุ้นที่มีต่อค่าการดูดซับไอโอดีน โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์ เซนติเมตรต่อวินาที.....	62
5.21 ผลของเวลาการกระตุ้นที่มีต่อค่าพื้นที่ผิวทั้งหมด โดยใช้ถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กรัม อัตราการป้อนไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที อัตราการป้อนอากาศ 43 ลูกบาศก์ เซนติเมตรต่อวินาที.....	62
5.22 ผลของอัตราการป้อนไอน้ำที่มีต่อค่าร้อยละผลิตภัณฑ์ โดยใช้ถ่านขนาด 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร กระตุ้นที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที.....	65
5.23 ผลของอัตราการป้อนไอน้ำที่มีต่อค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร โดยใช้ถ่านขนาด 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร กระตุ้นที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที.....	65
5.24 ผลของอัตราการป้อนไอน้ำที่มีต่อการดูดซับเมทธิลีนบลู โดยใช้ถ่านขนาด 1.18-2.36 มิลลิเมตร กระตุ้นที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที.....	66

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
5.25 ผลของอัตราการป้อนไอน้ำที่มีต่อค่าการดูดซับไอโอดีน โดยใช้ถ่านขนาด 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร กระตุ้นที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที.....	66
5.26 ผลของอัตราการป้อนไอน้ำที่มีต่อค่าพื้นที่ผิวทั้งหมด โดยใช้ถ่านขนาด 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร กระตุ้นที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที.....	67
6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวทั้งหมดและค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ ที่ได้จากการกระตุ้นถ่านขนาด 0.35-1.18 มิลลิเมตร ที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆ โดยมีอัตราการป้อนไอน้ำ 2.05 มิลลิกรัมต่อนาที.....	75
6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวทั้งหมดและค่าการดูดซับเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์ ที่ได้จากการกระตุ้นถ่านขนาด 0.35-1.18 มิลลิเมตร ที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆ โดยมีอัตราการป้อนไอน้ำ 2.05 มิลลิกรัมต่อนาที.....	75