5292

การลุกไหม้ได้เองของถ่านหินไทย

นางสาวศุภรินทร์ ไชยกลางเมือง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเคมีเทคนิค
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-630-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16908034

SPONTANEOUS COMBUSTION OF THAI COALS

MISS SUPARIN CHAIKLANGMUANG

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลุกไหม้ได้เองของถ่านหินไทย
โดย	นางสาวสุภรินทร์ ไชยกลางเมือง
ภาควิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย โอสุวรรณ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ กัญจนา บุณยเกียรติ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย โอสุวรรณ)

.....กรรมการ
(ดร.สุเมธ ชาเดช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ศุภรินทร์ ไชยกลางเมือง : การลุกไหม้ได้เองของถ่านหินไทย (SPONTANEOUS COMBUSTION OF THAI COALS) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร. สมชาย โอสุวรรณ, 139 หน้า. ISBN 974-584-630-9

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการลุกไหม้ได้เองของถ่านหินแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย 7 แหล่งจาก 4 จังหวัดรวม 11 ตัวอย่าง ทำการทดลองหาแนวโน้มการลุกไหม้ได้เองของถ่านหินโดยวิธีต่างกัน 3 วิธีได้แก่ การดูดซึมก๊าซออกซิเจน ออกซิเดชันแบบเปียก และผลต่างทางความร้อน

ผลการทดลองพบว่า ตัวอย่างถ่านหินทั้งหมดเป็นศักดิ์ซับบิทูมินัสและมีแนวโน้มการลุกไหม้ได้เองแตกต่างกัน สามารถแบ่งตัวอย่างถ่านหินได้เป็น 3 กลุ่ม คือถ่านหินที่มีแนวโน้มการลุกไหม้ได้เองสูง ปานกลาง และต่ำ โดยวิธีวัดการดูดซึมก๊าซออกซิเจนถ่านหินมีอัตราการดูดซึมก๊าซออกซิเจนที่ 5 ชั่วโมงแรกของการทดลองเท่ากับ 30-54, 15-23 และ 9-15 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงต่อ 100 กรัมถ่านหินตามลำดับ ส่วนวิธีออกซิเดชันแบบเปียกซึ่งใช้เวลาเข้าสู่ศูนย์มิลลิโวลต์เป็นเกณฑ์ตัดสิน พบว่าถ่านหินที่มีแนวโน้มการลุกไหม้ได้เองสูง ปานกลางและต่ำใช้เวลาน้อยกว่า 90, 90-130 และมากกว่า 130 นาทีตามลำดับ และผลการทดลองโดยวิธีผลต่างทางความร้อนพบว่าถ่านหินที่มีแนวโน้มการลุกไหม้ได้เองสูง ปานกลางและต่ำ มีเทอร์โม-แกรมตัดแกนอุณหภูมิที่ 135, 160 และ 180 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าถ่านหินที่อยู่ในกองเก็บนานมีแนวโน้มการลุกไหม้ได้เองลดลงและถ่านหินใหม่มีโอกาสลุกติดไฟง่ายกว่าถ่านหินที่กองเก็บไว้เนื่องจากถ่านหินที่กองเก็บไว้พื้นที่ผิวที่ว่องไวในการเกิดออกซิเดชันบางส่วนถูกทำลายไป ทั้งนี้สาเหตุที่ทำให้ถ่านหินเกิดการลุกไหม้ได้เองมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ถ้าหากความร้อนที่เกิดขึ้นไม่สามารถระบายออกได้และเกิดการสะสมจะทำให้แนวโน้มการเกิดการลุกไหม้ได้เองของถ่านหินสูงขึ้น

การทดลองหาแนวโน้มการลุกไหม้ได้เองทั้ง 3 วิธีได้ผลเหมือนกัน ฉะนั้นจึงสามารถเลือกใช้แต่ละวิธีได้ตามความเหมาะสม ประโยชน์ที่ได้รับทำให้ทราบข้อมูลที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการลุกไหม้ได้เองของถ่านหินและใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่อนิสิต ศุภรินทร์ ไชยกลางเมือง

สาขาวิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C425680 : CHEMICAL TECHNOLOGY
KEY WORD : COAL / SPONTANEOUS COMBUSTION / STORAGE
SUPARIN CHAIKLANGMUANG : SPONTANEOUS COMBUSTION OF THAI COALS. THESIS ADVISOR : PROF. SOMCHAI OSUWAN, Ph.D. 139 pp.
ISBN 974-584-630-9

The objective of this research work is to study the spontaneous combustion of Thai coals, some 11 coal samples from 7 sources were analysed. The tendency of spontaneous combustion experiments were performed by oxygen absorption method, wet oxidation method and differential thermal analysis.

One could divide these coals into three groups; high, medium and low susceptibility to spontaneous combustion, freshly-mined coals are more susceptible to spontaneous combustion. The first group, in the oxygen method, the rates of oxygen absorption at 5 hours were 30-54, 15-23 and 9-15 ml/h/100 g of high, medium and low susceptibility coals. In the wet oxidation method, the susceptibility is indicated by time to zero millivolt; which is found to be 90, 90-130 and more than 130 minutes for high, medium and low susceptibility coals repectively. In the differential thermal analysis method, the susceptibility is indicated by the crossing points of the thermogram and temperature profiles, which are found to be at 135, 160 and 180°C for high, medium and low susceptibility coals. This tendency to spontaneous combustion will decrease with stockpiling time. This is due to reduction of reactive surface areas which were partly oxidized since atmospheric oxidation of coal is an exothermic reaction and its rate increases with temperature, if the heat generated by oxidation is not dissipated and is accumulated in the coal pile, the coal is more prone to spontaneous combustion.

The three methods used in this investigation yielded similar result, so any of these methods can be selected accordingly. The benefit obtained from this work is the knowledge on the cause of coal self-heating which will be useful for future development of the research.

ภาควิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่อนิสิต ศุภรินทร์ ไชยกลางเมือง

สาขาวิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย โอสุวรรณ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือ ทำให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาเคมีเทคนิค เพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ คุณเนาวรัตน์ พูนทรัพย์ และเจ้าหน้าที่แผนกเชื้อเพลิงแข็ง กรมทรัพยากรธรณีทุกท่าน และคุณโสภา จิระวงศ์อร่าม ที่กรุณาช่วยเหลือ

ท้ายนี้ขอพระขอบคุณ บิดา มารดา และผู้มีอุปการะคุณทุกท่านที่สนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้ทำวิจัยเสมอมาตลอดจนจบการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ค

กิตติกรรมประกาศ..... ง

สารบัญตารางประกอบ..... ญ

สารบัญรูปประกอบ..... ฌ

บทที่

1. บทนำ..... 1

2. วารสารปริทัศน์..... 3

ถ่านหินและองค์ประกอบของถ่านหิน..... 3

การลุกไหม้ได้เองของถ่านหิน (Spontaneous Combustion of Coal). 8

1. ความหมายของการลุกไหม้ได้เองของถ่านหิน..... 8

2. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทำให้ถ่านหินเกิดการลุกไหม้เองได้..... 9

3. การกองเก็บ..... 11

3.1 พื้นที่ที่สามารถเกิดการลุกไหม้ได้เองของถ่านหิน..... 15

3.2 การกองเก็บถ่านหินให้ปลอดภัย..... 15

4. กลไกของปฏิกิริยาออกซิเดชันและโครงสร้างทางกายภาพของถ่านหิน. 18

5. ผลของขนาดอนุภาคต่อออกซิเดชัน..... 20

6. ออกซิเดชันที่ความดันบรรยากาศที่อุณหภูมิคงที่..... 21

7. วิธีในการพิจารณาแนวโน้มในการลุกไหม้ขึ้นได้เองของถ่านหิน..... 26

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 33

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
3.	เครื่องมือและวิธีวิเคราะห์	41
	วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	41
	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	42
	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย	44
	1. การเตรียมตัวอย่างถ่านหินสำหรับการวิเคราะห์และการทดลอง	44
	2. การวิเคราะห์ถ่านหินและการทดลอง	45
	3. การจัดการข้อมูลวิเคราะห์ผล	46
	4. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	47
4.	ผลการทดลองและวิจารณ์	48
	ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างถ่านหิน	48
	ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างถ่านหินแบบประมาณและคุณสมบัติอื่น ๆ ก่อนการทดลอง	48
	1. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างถ่านหินที่สภาวะถ่านหินใหม่ (fresh coal)	48
	2. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างถ่านหินแบบประมาณในสภาวะที่ทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน	48
	ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจน	56
	1. ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนที่สภาวะถ่านหินใหม่ (fresh coal)	56
	2. ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 7 และ 14 วัน	65
	ผลการทดลองออกซิเดชันแบบเปียก	74
	ผลการวิเคราะห์ผลต่างความร้อน	79

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

เปรียบเทียบผลการทดลองการหาแนวโน้มการลุกไหม้ได้เอง..... 84

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 86

เอกสารอ้างอิง..... 90

ภาคผนวก..... 93

ก. วิธีวิเคราะห์..... 94

ข. ข้อมูลและผลบางส่วนของการทดลอง..... 102

ค. การวิเคราะห์ด้วยก๊าซโครมาโตกราฟ..... 137

ประวัติผู้เขียน..... 139

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 การแบ่งถ่านหินตามศักดิ์โดยวิธีมาตรฐาน ASTM D 388 (ASTM Standard D 388, 1992)..... 5

2.2 อัตราส่วนโดยน้ำหนักอะตอมของธาตุในถ่านหินศักดิ์ต่าง ๆ 7

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของอนุภาคกับค่าความร้อนที่สูญเสียไป..... 10

2.4 สภาวะการเก็บที่เหมาะสม..... 17

2.5 ผลของขนาดอนุภาคต่อออกซิเดชันของถ่านหินชนิด Barnley Hards ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียล..... 21

2.6 ค่าเฉลี่ยเลขยกกำลัง b สำหรับถ่านหิน 6 ชนิด (-200 mesh) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ 24

2.7 ค่าคงที่ C ของตัวอย่างถ่านหินที่อุณหภูมิต่าง ๆ 25

2.8 ผลวิเคราะห์ถ่านหิน..... 36

2.9 ผลการทดลองชุดที่ 1 และ 2 36

2.10 ผล DTA (in uV) ที่อุณหภูมิเริ่มต้นต่าง ๆ 37

2.11 ค่า CPT, I_t, I_a และ heating rate 38

2.12 ผลการทดลองเมื่อผ่านการทำ Thermal treatment..... 40

4.1 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณและคุณสมบัติต่าง ๆ ของตัวอย่างถ่านหิน ที่สภาวะถ่านหินใหม่ (รวมความชื้น)..... 49

4.2 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณของตัวอย่างถ่านหิน ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน (รวมความชื้น)..... 49

4.3 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณของตัวอย่างถ่านหิน ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน (ไม่รวมความชื้น)..... 50

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

4.4 ผลการวิเคราะห์ถ่านหินแบบประมาณ ค่าความร้อน และปริมาณกำมะถันรวม ก่อนและหลังการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจน ที่สภาวะถ่านหินใหม่ (รวมความชื้น) ของตัวอย่างถ่านหิน 11 ตัวอย่าง..... 57

4.5 ผลการวิเคราะห์ถ่านหินแบบแยกธาตุก่อนและหลังการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจน ที่สภาวะถ่านหินใหม่ (ไม่รวมความชื้น) ของตัวอย่างถ่านหิน 11 ตัวอย่าง..... 57

4.6 ผลการทดลองออกซิเดชันแบบเปียกของตัวอย่างถ่านหิน 11 ตัวอย่าง ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 75

4.7 ปริมาณการดูดซึมก๊าซออกซิเจนที่เวลา 96 ชั่วโมง ที่สภาวะถ่านหินใหม่ (fresh coal)..... 85

5.1 สรุปข้อดีและข้อเสียของวิธีการทดลอง..... 88

ข.1 ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP2 ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 102

ข.2 ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP2 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 7 วัน..... 103

ข.3 ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP2 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 14 วัน..... 104

ข.4 ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM2 ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 105

ข.5 ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM2 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 7 วัน..... 106

ข.6 ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM2 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 14 วัน..... 107

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ข.7 ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP110 ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 108
ข.8 ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP163 ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 109
ข.9 ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM1 ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 110
ข.10 ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM3 ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 111
ข.11 ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่ทาน MT ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 112
ข.12 ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่ลอง ML ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 113
ข.13 ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่ละเมา MLM ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 114
ข.14 ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งนาทราย NT ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 115
ข.15 ผลการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งกันตัง KT ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 116
ข.16 ความดันในการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP2 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7 และ 14 วัน..... 117
ข.17 ความดันในการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM2 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7 และ 14 วัน.118
ข.18 ความดันในการทดลองการดูดซึมก๊าซออกซิเจนของตัวอย่างถ่านหินจำนวน 11 ตัวอย่าง ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 119

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ข.19 ผลการทดลองออกซิเดชันแบบเปียกของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP2 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างถ่านหินไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน....125
ข.20 ผลการทดลองออกซิเดชันแบบเปียกของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP110 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างถ่านหินไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน....126
ข.21 ผลการทดลองออกซิเดชันแบบเปียกของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP163 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างถ่านหินไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน....127
ข.22 ผลการทดลองออกซิเดชันแบบเปียกของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM1 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างถ่านหินไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน....128
ข.22 ผลการทดลองออกซิเดชันแบบเปียกของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM1 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างถ่านหินไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน (ต่อ).....129
ข.23 ผลการทดลองออกซิเดชันแบบเปียกของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM2 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างถ่านหินไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน....130
ข.24 ผลการทดลองออกซิเดชันแบบเปียกของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM3 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างถ่านหินไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน....131
ข.25 ผลการทดลองออกซิเดชันแบบเปียกของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่ทาน MT ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างถ่านหินไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน....132
ข.26 ผลการทดลองออกซิเดชันแบบเปียกของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่ลอง ML ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างถ่านหินไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน....133
ข.27 ผลการทดลองออกซิเดชันแบบเปียกของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่ละเมา MLM ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างถ่านหินไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน....134
ข.28 ผลการทดลองออกซิเดชันแบบเปียกของตัวอย่างถ่านหินแหล่งนาทราย NT ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างถ่านหินไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน....135

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ข.29 ผลการทดลองออกซิเดชันแบบเปียกของตัวอย่างถ่านหินแหล่งกันตัง KT ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างถ่านหินไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน....137

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูป		หน้า
2.1	โมเลกุลสมมติของถ่านหิน.....	6
2.2	การจัดเก็บถ่านหินโดยใช้ telescopic chute.....	13
2.3	การจัดเก็บถ่านหินโดยใช้ stacking tube.....	13
2.4	การจัดเก็บถ่านหินโดยใช้ concrete silo.....	14
2.5	การเปลี่ยนแปลงอัตราออกซิเดชันกับเวลาของถ่านหินบดละเอียดและถ่านหินหยาบ.....	19
2.6	ปริมาณพื้นที่ผิวจำเพาะของอนุภาคถ่านหินเป็นฟังก์ชันกับขนาดอนุภาค.....	20
2.7	การเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนกับเวลาของถ่านหินแจ็คจาก Barnsley seam.....	23
2.8	ตัวอย่าง Thermogram ของ DTA.....	28
2.9	ตัวอย่าง Thermogram ของ CPT.....	28
2.10	แผนผังเครื่องมือในการหาจุด Crossing point temperature.....	29
3.1	ชุดเครื่องปฏิกรณ์ในการดูดซึมออกซิเจนของถ่านหิน.....	42
3.2	ชุดเครื่องปฏิกรณ์ในการทดลองออกซิเดชันแบบเปียก.....	43
3.3	เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซ (Gas Chromatography).....	44
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเถ้า ร้อยละสารระเหยได้ และร้อยละคาร์บอนคงตัวกับเวลา (สภาวะไม่รวมความชื้น) ของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP2.....	51
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเถ้า ร้อยละสารระเหยได้ และร้อยละคาร์บอนคงตัวกับเวลา (สภาวะไม่รวมความชื้น) ของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP110.....	51

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป หน้า

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเถ้า ร้อยละสารระเหยได้ และร้อยละคาร์บอนคงตัวกับเวลา (สภาวะไม่รวมความชื้น) ของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP163..... 52

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเถ้า ร้อยละสารระเหยได้ และร้อยละคาร์บอนคงตัวกับเวลา (สภาวะไม่รวมความชื้น) ของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM1..... 52

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเถ้า ร้อยละสารระเหยได้ และร้อยละคาร์บอนคงตัวกับเวลา (สภาวะไม่รวมความชื้น) ของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM2..... 53

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเถ้า ร้อยละสารระเหยได้ และร้อยละคาร์บอนคงตัวกับเวลา (สภาวะไม่รวมความชื้น) ของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM3..... 53

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเถ้า ร้อยละสารระเหยได้ และร้อยละคาร์บอนคงตัวกับเวลา (สภาวะไม่รวมความชื้น) ของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่ทาน MT..... 54

4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเถ้า ร้อยละสารระเหยได้ และร้อยละคาร์บอนคงตัวกับเวลา (สภาวะไม่รวมความชื้น) ของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่ลอง ML..... 54

4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเถ้า ร้อยละสารระเหยได้ และร้อยละคาร์บอนคงตัวกับเวลา (สภาวะไม่รวมความชื้น) ของตัวอย่างถ่านหินแหล่งนาทราย NT..... 55

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเถ้า ร้อยละสารระเหยได้ และร้อยละคาร์บอนคงตัวกับเวลา (สภาวะไม่รวมความชื้น) ของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่ละเมา MLM..... 55

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป หน้า

4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเถ้า ร้อยละสารระเหยได้ และร้อยละคาร์บอนคงตัวกับเวลา (สภาวะไม่รวมความชื้น) ของตัวอย่างถ่านหินแหล่งกันตัง KT..... 56

4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของก๊าซออกซิเจนและอัตราการดูดซึมก๊าซออกซิเจนกับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP2 ที่สภาวะถ่านหินใหม่ (fresh coal)..... 59

4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของก๊าซออกซิเจนและอัตราการดูดซึมก๊าซออกซิเจนกับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM2 ที่สภาวะถ่านหินใหม่ (fresh coal)..... 60

4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของก๊าซออกซิเจนกับเวลาของตัวอย่างถ่านหิน 11 ตัวอย่าง ที่สภาวะถ่านหินใหม่ (fresh coal)..... 61

4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของก๊าซออกซิเจนกับเวลาของตัวอย่างถ่านหิน 11 ตัวอย่าง (ช่วงเวลา 30 ชั่วโมงแรกของการทดลอง) ที่สภาวะถ่านหินใหม่ (fresh coal)..... 62

4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมก๊าซออกซิเจนกับเวลาของตัวอย่างถ่านหิน 11 ตัวอย่าง ที่สภาวะถ่านหินใหม่ (fresh coal)..... 63

4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับเวลาของตัวอย่างถ่านหิน 11 ตัวอย่าง ที่สภาวะถ่านหินใหม่ (fresh coal)..... 64

4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันลดกับเวลาของตัวอย่างถ่านหิน 11 ตัวอย่าง ที่สภาวะถ่านหินใหม่ (fresh coal)..... 66

4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันลดกับเวลาของตัวอย่างถ่านหิน 11 ตัวอย่าง (ช่วงเวลา 30 ชั่วโมงแรกของการทดลอง) ที่สภาวะถ่านหินใหม่ (fresh coal)..... 67

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป หน้า

4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของก๊าซออกซิเจนกับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP2 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7 และ 14 วัน..... 68

4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของก๊าซออกซิเจนกับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM2 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7 และ 14 วัน..... 69

4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP2 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7 และ 14 วัน..... 70

4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM2 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7 และ 14 วัน..... 71

4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันลดกับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP2 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7 และ 14 วัน..... 72

4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันลดกับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM2 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7 และ 14 วัน..... 73

4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาของตัวอย่างถ่านหิน 11 ตัวอย่าง ที่สภาวะถ่านหินใหม่ (fresh coal)..... 76

4.27 เทอร์โมแกรมผลต่างความร้อนของถ่านหินแหล่งบ้านปู BP2 และแหล่งแม่เมาะ MM2 ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 78

4.28 เทอร์โมแกรมผลต่างความร้อนของถ่านหินแหล่งบ้านปู BP2 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน..... 80

4.29 เทอร์โมแกรมผลต่างความร้อนของถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM2 ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน..... 81

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป หน้า

4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมก๊าซออกซิเจนต่อเวลาต่อ 100 กรัมถ่านหิน กับเวลาของตัวอย่างถ่านหิน 11 ตัวอย่าง (ในช่วงแรกของการทดลอง) ที่สภาวะถ่านหินใหม่ (fresh coal)..... 82

4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมก๊าซออกซิเจนต่อเวลาต่อ 100 กรัมถ่านหิน กับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP2 (ในช่วงแรกของการทดลอง) ที่สภาวะทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลา 0, 7 และ 14 วัน..... 83

ข.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนในถังปฏิกรณ์และอัตราการดูดซึมก๊าซออกซิเจนกับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP110 ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 120

ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนในถังปฏิกรณ์และอัตราการดูดซึมก๊าซออกซิเจนกับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งบ้านปู BP163 ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 120

ข.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนในถังปฏิกรณ์และอัตราการดูดซึมก๊าซออกซิเจนกับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM1 ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 121

ข.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนในถังปฏิกรณ์และอัตราการดูดซึมก๊าซออกซิเจนกับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่เมาะ MM3 ที่สภาวะถ่านหินใหม่..... 121

ข.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนในถังปฏิกรณ์และอัตราการดูดซึมก๊าซออกซิเจนกับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่ทาน MT ที่สภาวะถ่านหินใหม่. 122

ข.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนในถังปฏิกรณ์และอัตราการดูดซึมก๊าซออกซิเจนกับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่ลอง ML ที่สภาวะถ่านหินใหม่. 122

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป หน้า

ข.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนในถังปฏิกรณ์และอัตราการดูดซึมก๊าซออกซิเจนกับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งนาทราย NT ที่สภาวะถ่านหินใหม่.....123

ข.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนในถังปฏิกรณ์และอัตราการดูดซึมก๊าซออกซิเจนกับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งแม่ละเมา MLM ที่สภาวะถ่านหินใหม่.....123

ข.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนในถังปฏิกรณ์และอัตราการดูดซึมก๊าซออกซิเจนกับเวลาของตัวอย่างถ่านหินแหล่งกันตัง KT ที่สภาวะถ่านหินใหม่.124

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย