

สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับผลวิเคราะห์แบบประมาณของ
ถ่านหินแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย



นายธีรศักดิ์ ฤกษ์สมบูรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต
ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2533

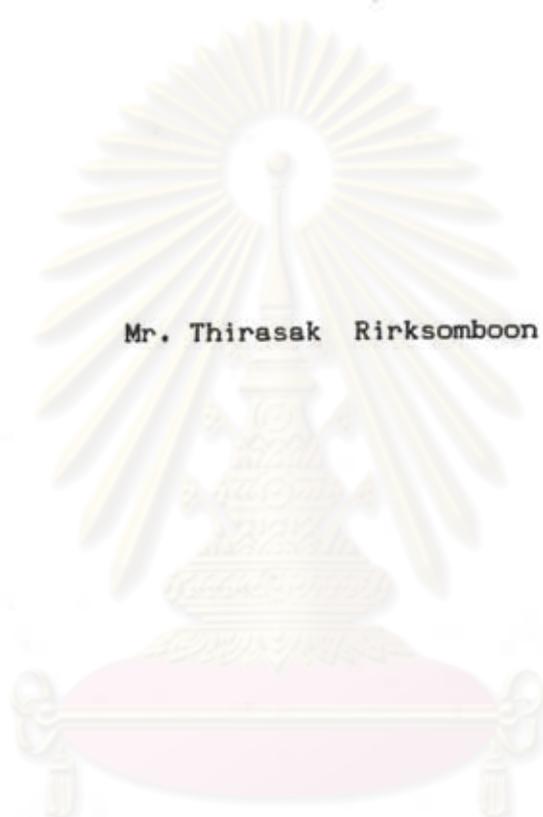
ISBN 974-577-073-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016331

I15191072

CORRELATION OF HEATING VALUE AND PROXIMATE ANALYSIS
OF COALS IN THAILAND



Mr. Thirasak Rirksomboon

ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

1990

ISBN 974-577-073-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์ สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับผลวิเคราะห์แบบประมาณของถ่านหิน
แหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย

โดย นายธีรศักดิ์ ฤกษ์สมบูรณ์

ภาควิชา เคมีเทคนิค

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ไอลูวรรณ



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรากัญ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ไอลูวรรณ)

.....
(รองศาสตราจารย์ กัญญา บุญเกียรติ)

.....
(อาจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตคานต์)



ธีรศักดิ์ ฤกษ์สมบูรณ์ : สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับผลวิเคราะห์แบบประมาณของ
ถ่านหินแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย (CORRELATION OF HEATING VALUE AND PRO-
XIMATE ANALYSIS OF COALS IN THAILAND) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สมชาย
โอสุวรณ์, 92 หน้า. ISBN 974-577-073-6

ในการพิจารณาคุณภาพของถ่านหิน โดยทั่วไปนิยมใช้ค่าความร้อนและผลวิเคราะห์แบบ
ประมาณ ได้แก่ ความชื้น, เถ้า, สารระเหยได้ และคาร์บอนคงตัว ซึ่งค่าความร้อนสามารถหาได้จาก
เครื่องบอมม์แคลอรีมิเตอร์ ส่วนผลวิเคราะห์แบบประมาณใช้วิธีมาตรฐานทั่ว ๆ ไป มีงานวิจัยของ
ต่างประเทศที่ได้เสนอความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับผลวิเคราะห์แบบประมาณ ซึ่งใช้ในการคำนวณ
ค่าความร้อนแทนการหาจากเครื่องมือโดยตรง เมื่อนำความสัมพันธ์เหล่านั้นมาใช้กับข้อมูลผลวิเคราะห์
ของถ่านหินในประเทศไทย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นถ่านหินคักดีซิปิทูมินัสพบว่า ให้ค่าความคลาดเคลื่อนสูง งาน
วิจัยนี้ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ดังกล่าวของถ่านหินในประเทศไทย โดยใช้ตัวอย่างถ่านหินจาก 10 แหล่ง
จำนวน 91 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ผลการวิเคราะห์พบว่า ถ่านหินมีความชื้นอยู่ในช่วง
ร้อยละ 7.92-25.46 เถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 3.43-37.00 สารระเหยได้อยู่ในช่วงร้อยละ 28.97-
42.98 คาร์บอนคงตัวอยู่ในช่วงร้อยละ 18.87-48.17 กำมะถันรวมอยู่ในช่วงร้อยละ 0.17-4.09
และค่าความร้อน (สถานะที่กึ่งตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลานานจนความชื้นสมดุล) อยู่ในช่วง 2,466-
5,550 แคลอรี/กรัม และพบว่าเป็นถ่านหินคักดีซิปิทูมินัส 89 ตัวอย่าง นำผลวิเคราะห์ของถ่านหินคักดี
ซิปิทูมินัสมาสร้างความสัมพันธ์โดยอาศัยหลักการถดถอยเชิงซ้อน จากการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ที่
เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้งานคือ

$$HV_u = 71.38FC_u + 58.40VM_u$$

เมื่อ HV_u คือ ค่าความร้อน (สถานะไม่รวมความชื้น) มีหน่วยเป็น แคลอรี/กรัม, FC_u และ VM_u คือ
ร้อยละคาร์บอนคงตัว และร้อยละสารระเหยได้ (สถานะไม่รวมความชื้น) ตามลำดับ โดยมีค่าความ
คลาดเคลื่อนเฉลี่ย 1.28 % ซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของต่างประเทศ และเมื่อนำ
ไปทดสอบกับข้อมูลผลวิเคราะห์จากหน่วยงานภายนอกประมาณ 380 ข้อมูล พบว่า ให้ค่าความคลาดเคลื่อน
เฉลี่ย 3.06 %

ภาควิชา เคมีเทคนิค
สาขาวิชา เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



THIRASAK RIRKSOMBOON : CORRELATION OF HEATING VALUE AND PROXIMATE ANALYSIS OF COALS IN THAILAND. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.SOMCHAI OSUWAN, Ph.D. 92 PP.

Coal quality is generally considered by its heating value and proximate analysis, i.e., moisture, ash, volatile matter and fixed carbon. The heating value can be obtained by bomb calorimetry and proximate analysis can be determined by standard methods of coal analysis. Correlations between heating value and proximate analysis have been proposed by many workers abroad to determine the heating value of coals from their proximate analysis instead of by direct measurement. Those correlations when applied to coals in Thailand which are mostly subbituminous yield high errors. This research work is aimed at correlating the heating value to proximate analysis of coals in Thailand. Some 91 coal samples from 10 sources were analysed. Results were as follows : moisture 7.92-25.46 %; ash 3.43-37.00 %; volatile matter 28.97-42.98 %; fixed carbon 18.87-48.17 %; total sulfur 0.17-4.09 % and heating value (air-dried basis) 2,466-5,550 cal/g. It was found that 89 coal samples were subbituminous and their experimental data were used to determine correlations by employing multiple regression. It was found that the best correlation is

$$HV_d = 71.38FC_d + 58.40VM_d,$$

where HV_d is heating value (dry basis) in cal/g, FC_d and VM_d are percentage of fixed carbon and volatile matter (dry basis) respectively. It gives an average error of 1.28 % which is rather low compared with that of the previous correlations and gives an average error of 3.06 % when tested with some 380 coal analysis data obtained from other organizations.

ภาควิชา เคมีเทคนิค
สาขาวิชา เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิติกร *S. Somchai*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *M. J.*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย โอสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษา ช่วยเหลือ และอบรมสั่งสอนมาโดยตลอด และคณาจารย์ภาควิชา เคมีเทคนิคทุกท่านที่ให้คำแนะนำ จนงานวิจัยสำเร็จด้วยดี

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่และบุคลากรในภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวก ในการใช้ห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณ บริษัท วิศวกรรมเคมี จำกัด ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลผลวิเคราะห์และตัวอย่างถ่านหิน บริษัท แพร่ลิคไนท์ จำกัด ที่เอื้อเฟื้อตัวอย่างถ่านหิน และกองเชื้อเพลิงธรรมชาติ กรมทรัพยากรธรณี ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลผลวิเคราะห์ถ่านหิน

ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ในภาควิชาเคมีเทคนิค ที่ให้ความร่วมมือช่วยเหลือ ในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมาจน สำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

๗

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
2 วารสารปริทัศน์	4
2.1 ถ่านหินและกำเนิดของถ่านหิน	4
2.2 ชนิดและคุณสมบัติของถ่านหิน	4
2.2.1 ถ่านหินจำแนกตามลักษณะการสะสมตัว	4
2.2.2 การจัดแบ่งถ่านหินโดยคำนึงถึงคุณภาพในการให้พลังงาน	4
2.3 โครงสร้างและองค์ประกอบของถ่านหิน	7
2.3.1 โครงสร้างอินทรีย์	8
2.3.2 สารประกอบแร่ธาตุ	10
2.4 ถ้ามะถันในถ่านหิน	12
2.5 วิธีวิเคราะห์ถ่านหิน	12
2.6 การวิเคราะห์การถดถอย	14
2.6.1 สัมประสิทธิ์การตัดลิ่มใจ	14
2.6.2 สัมประสิทธิ์การตัดลิ่มใจเชิงซ้อน	15
2.6.3 การถดถอยที่เป็นเส้นตรงเชิงซ้อน	15
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
3 เครื่องมือและวิธีการทดลอง	19
3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	19
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	20
3.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย	20
3.3.1 การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของถ่านหิน	20
3.3.2 การแบ่งข้อมูลผลวิเคราะห์ตามคักดี (rank)	21
3.3.3 การจัดการข้อมูลผลวิเคราะห์	21

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.3.4 การหารูปแบบความสัมพันธ์ที่เหมาะสมในการนำไปใช้งาน	21
3.3.5 การรวบรวมข้อมูลผลวิเคราะห์ที่ได้จากหน่วยงานภายนอก	21
3.3.6 การทดสอบความสัมพันธ์	22
3.3.7 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	22
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	24
4.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างถ่านหิน	24
4.2 ผลการจัดการข้อมูลผลวิเคราะห์จากการทดลอง	24
4.3 ผลการหารูปแบบความสัมพันธ์และการทดสอบความสัมพันธ์	27
4.4 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ที่ได้กับข้อมูลผลวิเคราะห์จากหน่วยงานภายนอก .	41
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	44
เอกสารอ้างอิง	46
ภาคผนวก	49
ประวัติผู้เขียน	92



 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงอัตราการผลิตถ่านหินในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ.2529 - 2538	2
2.1	การแบ่งถ่านหินตามคักดิ์ โดยวิธีมาตรฐาน ASTM D 388	6
2.2	อัตราส่วนโดยน้ำหนักอะตอมของธาตุในถ่านหินคักดิ์ต่าง ๆ	9
2.3	สารประกอบแร่ธาตุที่พบในถ่านหิน	11
2.4	คักดิ์ของถ่านหิน	14
4.1	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของตัวอย่างถ่านหิน	25
4.2	แสดงค่าความคลาดเคลื่อน และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของข้อมูลผลวิเคราะห์จากการทดลอง โดยสมการ (4.2)	31
4.3	แสดงค่าความคลาดเคลื่อน และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของข้อมูลผลวิเคราะห์จากการทดลอง โดยสมการ (4.4)	34
4.4	แสดงค่าความคลาดเคลื่อน และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของข้อมูลผลวิเคราะห์จากการทดลอง โดยสมการ (4.6)	38
4.5	แสดงการเปรียบเทียบรูปแบบ, ค่า R^2 และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของสมการ (4.2), (4.4) และ (4.6)	40
4.6	แสดงการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของสมการ (4.6) กับงานวิจัยของต่างประเทศ	42

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โมเลกุลสมมติของถ่านหิน	8
2.2	การรวมตัวของวงแหวนอะโรมาติกเมื่อตัดที่ของถ่านหินเพิ่มขึ้น	10
4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับร้อยละความชื้น (สภาวะที่ทิ้งตัวอย่างไว้ ไว้ในอากาศเป็นเวลานานจนความชื้นสมดุล)	27
4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับร้อยละเถ้า (สภาวะที่ทิ้งตัวอย่างไว้ ในอากาศเป็นเวลานาน)	28
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับร้อยละสารระเหยได้ (สภาวะที่ทิ้ง ตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลานานจนความชื้นสมดุล)	28
4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับร้อยละคาร์บอนคงตัว (สภาวะที่ทิ้ง ตัวอย่างไว้ในอากาศเป็นเวลานานจนความชื้นสมดุล)	29
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับผลรวมของร้อยละความชื้นและเถ้า ..	33
4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับร้อยละสารระเหยได้ (สภาวะไม่รวม ความชื้น)	37
4.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับร้อยละคาร์บอนคงตัว (สภาวะไม่รวม ความชื้น)	37

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย