

การศึกษาคาร์บอนเฮลซันของถ่านหินและผลิตภัณฑ์



นาย ประโยชน์ ศรีสุภานันต์

ศูนย์วิทยพัธพยำกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศำสตร์มหาบัณเฑาะฏ

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณเฑาะฏวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

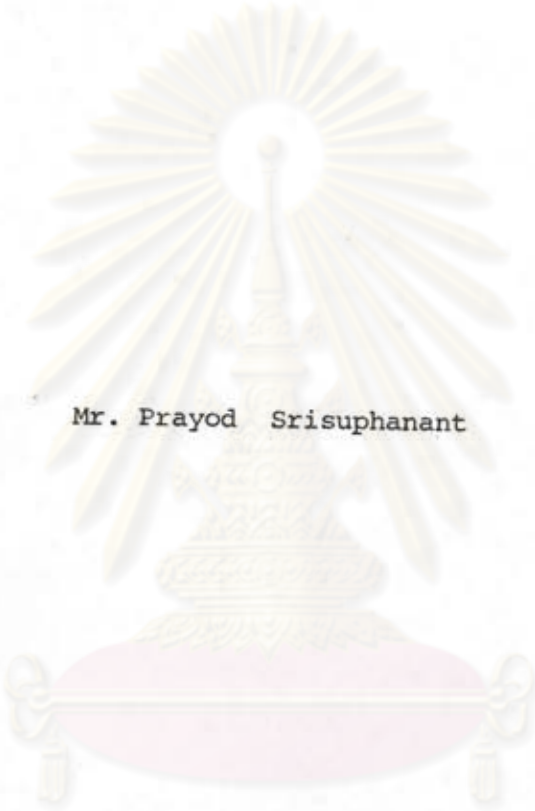
พ.ศ. 2528

ISBN 974-564-915-5

009177

116403563

STUDY OF COAL CARBONIZATION AND ITS PRODUCTS



Mr. Prayod Srisuphanant

ศูนย์วิทยทรัพยากร
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

1985

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาคาร์บอนไอโซตันของถ่านหินและผลิตภัณฑ์ที่ได้
โดย นาย ประโยชน์ ศิริสุภานันต์
ภาควิชา เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภัทรพรรณ ประคำลั่นสำกรกิจ



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สุพจน์ มุขมา
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ มุขมา)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

[Signature]
..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย โอสุวรรณ)

[Signature]
..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ กัญญา บุณยเกียรติ)

[Signature]
..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภัทรพรรณ ประคำลั่นสำกรกิจ)

[Signature]
..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. เทียรพรรณ ทิศกร)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาคาร์บอนไอเซชันของถ่านหินและผลิตภัณฑ์
ชื่อผู้ผลิต	นายประโยชน์ ศิริสุภนันต์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยค้ำสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประค้ำล้นล้ารภค
ภาควิชา	เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา	2528



บทคัดย่อ

การศึกษาคาร์บอนไอเซชันของถ่านหินลำดับต่ำ ความชื้นสูง และล้าระเหย ได้ล้จากแหล่งแม่เมาะ ลี และกระบี่ เป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิ 400 - 900 °ซ. ขนาดของอนุภาค 0.5 - 1 มม., 1 - 2 มม. และมากกว่า 2 มม. และแหล่งถ่านหิน ต่อปริมาณและล้สมบัติผลิตภัณฑ์ ถ่านคาร์บอนไอ น้้ำมันทาร์ และก๊าซ ผลงานวิจัยพบว่า ขนาดของถ่านหินไม่มีผลต่อปริมาณและล้สมบัติของผลิตภัณฑ์ ถ่านหินต่างแหล่งให้ผลิตภัณฑ์ ปริมาณต่างกัน คาร์บอนไอเซชันถ่านหินที่ 600 °ซ. และ 900 °ซ. ได้ผลิตภัณฑ์ถ่านคาร์บอนไอเซชันที่มีคาร์บอนคงตัว 49 - 67%, ค้ำล้าระเหยต่ำ 3 - 9% แต่เ้าล้สูง 21 - 44% และค้ำความร้อน 8,497 - 8,959 แคลอรีต่อกรัม ผลิตภัณฑ์ก๊าซประกอบด้วย มีเทน 10-20%, คาร์บอนมอนอกไซด์ 20 - 50% และคาร์บอนไดออกไซด์ 20 - 40% ค้ำความร้อน 221 - 424 ซีซีต่อ ลบ.ฟุต และผลิตภัณฑ์น้ำมันทาร์มีค้ำความร้อน 8,779 - 12,762 แคลอรีต่อกรัม ประกอบด้วยฟีนอล 23 - 29% น้้ำมัน Neutral 50 - 75% และต่าง 3 - 10%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title Study of Coal Carbonization and Its Products
Name Mr. Prayod Srisuphanant
Thesis Advisor Assistant Professor Pattarapan Prasassarakich, Ph.D.
Department Chemical Technology
Academic Year 1985



ABSTRACT

Coal carbonization studies on low rank, high moisture and high volatile matter from Mae Moh, Lih and Krabi are presented. This research is to study the effect of temperature (400-900 °C), coal particle size 0.5-1 mm, 1-2 mm. and 2 mm. and different sources on amount and properties of carbonized coal, tar and gases. As a result it was found that coal particle size had no effect on the amount and properties of products, different sources of coal gave different amount of product yields. Carbonization of coal at 600 °C and 900 °C gave carbonized coal with fix carbon 49-67%, low volatile matter 3-9%, high ash content 21-44% and calorific value of 8,162-8,819 cal/gm. Noncondensable gases composed of CH₄ 10-20%, CO 20-50%, and CO₂ 20-40% with calorific value of 221 — 424 Btu/ft.³ Coal tar had calorific volue of 8,779-12,762 cal/gm and consisted of phenol 23-28%, Neutral oil 50-57% and Bases 3-10%.



กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอแสดงความขอบคุณต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรณ ประคำสน์สารกิจ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ ความช่วยเหลือทางวิชาการเป็นอย่างดี รวมทั้งให้ความสะดวกในการใช้ เครื่องมือและสถานที่ทำงานของภาควิชา เคมีเทคนิค และต้องขอขอบคุณอย่าง เคารพทุกคนในภาควิชา เคมีเทคนิคที่ให้ความคิดเห็นทางด้านอุปกรณ์เครื่องมือ จนทำให้การศึกษาริย์สำเร็จลงด้วยดี

ผู้เขียนขอขอบคุณท่านอาจารย์ทุกท่าน เจ้าหน้าที่ ที่ได้ช่วยเหลืองานบางอย่าง เป็น อย่างดีตลอดมา ทำให้งานดำเนินไปอย่างมีอุปสรรคไม่มากนัก และสำเร็จลุล่วง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
รายการตารางประกอบ	ญ
รายการรูปประกอบ	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. ทฤษฎีและผลงานวิจัยในอดีต	3
2.1 ถ่านหิน (Coal)	3
2.1.1 การแบ่งแยกชนิดของถ่านหิน	3
2.1.2 การเปลี่ยนแปลงจากพืชกลายเป็นถ่านหิน	5
2.1.3 องค์ประกอบทางเคมีที่พบในถ่านหิน	6
2.2 คาร์บอนไอเซชัน (Carbonization or Pyrolysis).	12
2.2.1 กลไกการแตกสลายโดยใช้ความร้อน (Mechanism of Pyrolysis)	12
2.3 อิทธิพลต่อการกลั่นสลายของถ่านหิน (Factors of Pyrolysis)	21
2.3.1 อิทธิพลของอัตราการให้ความร้อน	21
2.3.2 อิทธิพลของขนาดอนุภาค	22
2.3.3 อิทธิพลของความดัน	22
2.3.4 อิทธิพลของปฏิกิริยาไฮโดรโฟรเรซิส	25
2.3.5 อิทธิพลของปฏิกิริยาออกซิเดชัน	26
2.3.6 อิทธิพลของอุณหภูมิ	28
2.3.7 อิทธิพลของ Catalyst หรือ Additives.	34

2.4	ผลงานทดลองและงานวิจัยต่าง ๆ ในต่างประเทศ	38
2.4.1	กระบวนการ Toscoal	40
2.4.2	กระบวนการไฮโดรคาร์บอนเชชัน Oak Ridge	40
2.4.3	กระบวนการไฮโดรไพโรไลซิสด้วยความรวดเร็ว (Flash Hydrolysis)	42
2.4.4	กระบวนการ Coalcon Hydrocarbonization	44
2.4.5	กระบวนการ Occidental Flash Pyrolysis	45
2.4.6	กระบวนการ Lurgi Ruhrgas Flash Carboniza- tion	46
2.5	งานวิจัยในประเทศไทย	47
3.	เครื่องมือและการทดลอง	49
3.1	เครื่องมือที่ใช้ในการกลั่นละลาย	49
3.2	ตัวอย่างถ่านหิน	49
3.3	การดำเนินการวิจัย	49
3.4	ขั้นตอนการทดลอง	52
3.5	การวิเคราะห์ถ่านหินและผลิตภัณฑ์ที่ได้	53
3.5.1	การวิเคราะห์ของแข็ง	53
3.5.2	การวิเคราะห์ของเหลว	53
3.5.3	การวิเคราะห์ก๊าซ	54
4.	ผลการทดลองและวิจารณ์	56
4.1	ผลของอุณหภูมิและแหล่งถ่านหินต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นละลาย	56
4.2	ผลของอุณหภูมิต่อสมบัติของถ่านคาร์บอนเชชัน	58
4.3	อิทธิพลของอุณหภูมิต่อองค์ประกอบของก๊าซถ่าน	60
4.4	การเปลี่ยนแปลงก๊าซและองค์ประกอบก๊าซกับเวลาของคาร์บอนเชชัน	63
4.5	องค์ประกอบและสมบัติน้ำหนักสาร	66

4.5.1 การวิเคราะห์น้ำมันทาร์โดยใช้วิธีล้ารทำละลาย	66
4.5.2 การวิเคราะห์น้ำมันทาร์โดยวิธีกลั่น	67
4.6 ผลงานผลิตภัณฑ์ด้านคาร์บอนซ์ น้ำมันทาร์ และก๊าซ	67
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	110
เอกสารอ้างอิง	112
ภาคผนวก ก.	115
ภาคผนวก ข.	133
ภาคผนวก ค.	138
ประวัติ	140



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
2.1	การแบ่งชนิดถ่านหินระบบ Thiessen และระบบ Stopes-Heerten . . . 4
2.2	องค์ประกอบทางเคมีของ C, H, O, N, S ที่พบในถ่าน 10
2.3	สารประกอบพวกอินทรีย์ที่พบในถ่านหิน 11
2.4	อิทธิพลของความดันต่อองค์ประกอบของก๊าซที่ได้จากคาร์บอนเฮกซ์ของถ่านหิน. 24
2.5	อิทธิพลของปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ที่ได้จากคาร์บอนเฮกซ์ 26
2.6	อิทธิพลของออกซิเจนที่มีต่อผลิตภัณฑ์ของคาร์บอนเฮกซ์ 27
2.7	เปรียบเทียบองค์ประกอบของก๊าซที่ได้จากถ่านหินแหล่งต่าง ๆ กัน 33
2.8	อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลวและก๊าซ 36
2.9	อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยา (Fe_2O_3 , Fe_3O_4) ที่มีต่อองค์ประกอบของก๊าซ . 37
2.10	ตุลมวลและพลังงานของกระบวนการ Flash hydrolysis ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์ ก๊าซ น้ำมัน และผลิตภัณฑ์เคมีต่าง ๆ 43
3.1	การแยกน้ำมันทาร์ 55
4.1	สมบัติของถ่านหินแหล่งแม่เมาะ, กระบี่และลี้ 71
4.2-4.6	ผลิตภัณฑ์จากคาร์บอนเฮกซ์ของถ่านหินแม่เมาะ, กระบี่และลี้ 72
4.7	ผลิตภัณฑ์จากคาร์บอนเฮกซ์ถ่านหินลี้ แม่เมาะและกระบี่ สำหรับอุณหภูมิสุดท้าย คาร์บอนเฮกซ์ $600^{\circ}C$ 74
4.8-4.12	สมบัติของถ่านคาร์บอนซี ของแม่เมาะ, กระบี่และลี้ 75
4.13	เปรียบเทียบสมบัติของถ่านคาร์บอนซีลี้ แม่เมาะ กระบี่ขนาด 0.5-1 มม. . 80
4.14-4.18	องค์ประกอบของก๊าซรวมทั้งหมดของคาร์บอนเฮกซ์ถ่านหิน แม่เมาะ กระบี่ และลี้ 81
4.19	เปรียบเทียบองค์ประกอบก๊าซรวมทั้งหมดของคาร์บอนเฮกซ์ ถ่านหินลี้ แม่เมาะ กระบี่ขนาด 0.5 - 1 มม. ที่อุณหภูมิสุดท้ายคาร์บอนเฮกซ์ $600^{\circ}C$. . . 86

ตารางที่	หน้า
4.20 ก-ข. การเปลี่ยนจุดหลอมและปริมาณก๊าซกับ เวลาของคาร์บอนเฮกซันถ่านหิน แม่เมาะ ขนาด 0.5 - 1 มม. โดยจุดหลอมสุดท้ายคาร์บอนเฮกซัน 600 ^o ซ	87
4.21 ก-ข. การเปลี่ยนจุดหลอมและปริมาณก๊าซกับ เวลาของคาร์บอนเฮกซันถ่านหิน กระป๋องขนาด 0.5 - 1 มม. โดยจุดหลอมสุดท้ายคาร์บอนเฮกซัน 600 ^o ซ .	88
4.22 ก-ข. การเปลี่ยนจุดหลอมและปริมาณก๊าซกับ เวลาของคาร์บอนเฮกซันถ่านหินสี ขนาด 0.5 - 1 มม. โดยจุดหลอมสุดท้ายคาร์บอนเฮกซัน 600 ^o ซ . .	89
4.23-4.24 การวิเคราะห์น้ำมันทาร์ โดยใช้วิธีตัวทำละลาย (Solvent method) .	90
4.25 สัมปัติน้ำมันทาร์โดยใช้วิธีการกลั่น (Distillation method) . . .	92
4.26 ความร้อนของน้ำมันทาร์ที่กลั่นได้แต่ละช่วงของจุดหลอมน้ำมันทาร์จากแหล่งสี	93


 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1	ลักษณะโครงสร้าง 3 มิติของถ่านหินชนิดบิทูมินัล 16
2.2	ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของถ่านหินชนิดต่าง ๆ 17
2.3	ปฏิกิริยาการแตกสลายของอีเทนแล้วให้ผลิตภัณฑ์ของเหลวต่าง ๆ 18
2.4	ตัวอย่างการแตกสลายของถ่านหิน 19
2.5	ลักษณะโครงสร้างเคมีของโมเลกุลถ่านหิน และการแตกสลายของโมเลกุลถ่านหิน ด้วยความร้อน 20
2.6	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์, เวลา, อุณหภูมิของคาร์บอนในเข็ช่น . . 23
2.7	ความสัมพันธ์อัตราการเพิ่มความร้อน กับ อัตราการแตกสลายของถ่านหินจาก Victoria Tunnel Seam 23
2.8	อิทธิพลของความดันต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากคาร์บอนในเข็ช่นของ Ruhr Gasflamkhele 24
2.9	อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และก๊าซของถ่านหิน . . 30
2.10	องค์ประกอบของก๊าซที่ได้จากคาร์บอนในเข็ช่นถ่านหินชนิด Vitrinite . . . 31
2.11	องค์ประกอบของก๊าซที่ได้จากคาร์บอนในเข็ช่นถ่านหินชนิด Exinite 31
2.12	องค์ประกอบเคมีต่าง ๆ ของก๊าซที่ได้จากคาร์บอนในเข็ช่นถ่านหินชนิด Subbituminous จากแหล่ง Wyoming 32
2.13	กระบวนการแปรรูปถ่านหินแบบต่าง ๆ 39
2.14	กระบวนการ Toscoal 41
2.15	กระบวนการ Hydrocarbonization 41
2.16	กระบวนการ Coalcon Hydrocarbonization 44
2.17	กระบวนการ Occidental Flash Pyrolysis 45
2.18	กระบวนการ Lurgi-Ruhrgas Flash Carbonization 46
3.1	เครื่องมือการกลั่นสลายถ่านหิน 50
3.2	ลักษณะรีทอร์ทแบบของ Fischer 51

รูปที่	หน้า
4.1 - 4.3 ผลของจุดหมึกคาร์บอนไอโซซีนต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากถ่านหินแม่เมาะ กระบี่และลี้	94
4.4 - 4.6 ผลของจุดหมึกคาร์บอนไอโซซีนต่อสมบัติถ่านคาร์บอนแม่เมาะ, กระบี่และลี้	97
4.7 - 4.9 ผลของจุดหมึกคาร์บอนไอโซซีนต่อองค์ประกอบก๊าซรวมของถ่านหินแม่เมาะ กระบี่และลี้	100
4.10-4.13 ความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซ, องค์ประกอบก๊าซ, จุดหมึกและเวลาของ คาร์บอนไอโซซีน ถ่านหินขนาด 0.5 - 1 มม. แม่เมาะ, กระบี่และลี้ . .	103
4.14-4.16 ผลของจุดหมึกต่อพลังงานที่ได้จากผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และก๊าซของ คาร์บอนไอโซซีนถ่านหินขนาด 0.5 - 1 มม. แม่เมาะ, กระบี่และลี้ . .	107



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย