

การแปรรูปยางธรรมชาติผสมลิกไนต์ให้เป็นของเหลวในคาร์บอนไดออกไซด์  
ภาวะเหนือวิกฤต

นางสาว วรรณนิภา อมาตยกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-1221-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIQUEFACTION OF NATURAL RUBBER / LIGNITE MIXTURE IN SUPERCRITICAL CO<sub>2</sub>

Miss Wannipha Amatyakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Chemical Technology

Department of Chemical Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-1221-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การแปรรูปยางธรรมชาติผสมลิกไนต์ให้เป็นของเหลวใน  
คาร์บอนไดออกไซด์ภาวะเหนือวิกฤต

โดย

นางสาว วรรณนิภา อมาตยกุล

สาขาวิชา

เคมีเทคนิค

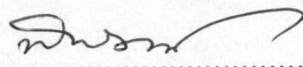
อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทศคร

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

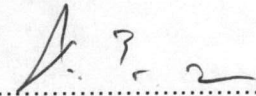
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

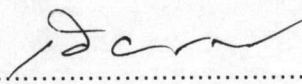
  
..... รองคณบดีฝ่ายบริหาร

(รองศาสตราจารย์ ดร. พัทธมน์ การเที่ยง) รักษาราชการแทนคณบดีคณะวิทยาศาสตร์

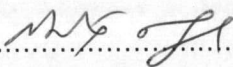
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธราพงษ์ วิทิตตานต์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา

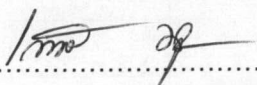
(อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทศคร)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์)

  
..... กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

  
..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เก็จวลี พฤกษาทร)

วรรณนิภา อมาตยกุล : การแปรรูปยางธรรมชาติผสมลิกไนต์ให้เป็นของเหลวในคาร์บอนไดออกไซด์ภาวะเหนือวิกฤต. (LIQUEFACTION OF NATURAL RUBBER / LIGNITE MIXTURE IN SUPERCRITICAL CO<sub>2</sub>) อ. ที่ปรึกษา : อ. ดร. เพ็ญพรอคัทศกร, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. ดร. สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์, 64 หน้า. ISBN 974-03-1221-7.

การแปรรูปยางธรรมชาติผสมลิกไนต์ให้เป็นของเหลวในคาร์บอนไดออกไซด์ภาวะเหนือวิกฤตที่อุณหภูมิ 300-375 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 30 นาที ปริมาณถ่านหินในวัตถุดิบร้อยละ 0-75 และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นเหล็กออกไซด์และซิงค์คลอไรด์ โดยใช้ถังกวนขนาด 4 ลิตร ทำงานแบบกะ ผลการทดลองแสดงว่าเพดานอุณหภูมิ 340-375 องศาเซลเซียส ให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวในปริมาณที่สูง และความหนืดวัดที่ 40 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำสุด ปริมาณถ่านหินในวัตถุดิบร้อยละ 25 ให้ของเหลวในผลิตภัณฑ์ได้สูงสุดถึงร้อยละ 56 การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยลดความหนืดของผลิตภัณฑ์ได้

ภาควิชา ...เคมีเทคนิค.....	ลายมือชื่อนิสิต .....	วรรณนิภา อมาตยกุล
สาขาวิชา ...เคมีเทคนิค.....	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....	Dr. P.
ปีการศึกษา ...2544.....	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....	Dr. S.

# # 4172430223 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD: LIQUEFACTION / NATURAL RUBBER / COAL / LIGNITE / SUPERCRITICAL CO<sub>2</sub>

WANNIPHA AMATYAKUL : LIQUEFACTION OF NATURAL RUBBER / LIGNITE MIXTURE IN SUPERCRITICAL CO<sub>2</sub>. THESIS ADVISOR : PIENPAK TASAKORN, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR : ASSIST. PROF. SOMKIAT NGAMPRASERTSITH, Dr. de l' INPT, 64 pp. ISBN 974-03-1221-7.

Liquefaction of natural rubber / lignite mixture in supercritical CO<sub>2</sub> at the temperature of 300-375°C, reaction time of 30 minutes, quantity of coal in raw material of 0-75%, and using Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and ZnCl<sub>2</sub> as catalysts was conducted in a 4 liter batch stirred tank reactor. The result showed that the ceiling temperature of 340-375°C yielded high liquid product and gave the lowest product's viscosity measured at 40°C. The quantity of coal in raw material of 25% yielded the highest liquid quantity of the product of 56%.

Department/Program...Chemical Technology...	Student's signature..... <i>W. Amatyakul</i>
Field of study...Chemical Technology.....	Advisor's signature..... <i>P. Tasakorn</i>
Academic year...2001.....	Co-advisor's signature..... <i>S. Ngampasertsith</i>



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ ดร. เพ็ญพรอค ทศคร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ งามประเสริฐสุสัทธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิจัย ด้วยดีมาตลอด รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเคมีเทคนิคที่ได้ให้คำแนะนำ

ขอขอบพระคุณบริษัทบ้านปู มหาชน จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อถ่านหินลิกไนต์ในการวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาเคมีที่กรุณาเอื้อเฟื้อเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของถ่านหินและยาง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่หน่วยซ่อมบำรุง คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการซ่อมเครื่องปฏิกรณ์ ขอขอบคุณบุคลากรในภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่านที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย และทุนอุดหนุนและส่งเสริมวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท-เอก ในสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ ทบวงมหาวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย และทบวงมหาวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย และขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำงาน

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ฅ
สารบัญภาพ .....	ญ
บทที่	
1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
1.4 ขอบเขตและวิธีดำเนินการวิจัย .....	2
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	3
2.1 แนวคิดและทฤษฎี .....	3
2.1.1 ยางธรรมชาติ .....	3
2.1.2 ถ่านหิน .....	9
2.1.3 การแปรรูปถ่านหินให้เป็นของเหลว .....	22
2.1.4 ของไหลภาวะเหนือวิกฤต .....	29
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	33
2.3 สมมติฐาน .....	36
3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	39
3.1 เครื่องมือในการทดลอง .....	39
3.2 ตัวอย่างและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง .....	40
3.3 การดำเนินงานวิจัย .....	41
3.4 ขั้นตอนการวิจัย .....	41
4 ผลการทดลองและอภิปรายผล .....	44
4.1 ผลของอุณหภูมิ .....	44
4.2 ผลของความดัน .....	48

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.3 ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยา .....	50
4.4 ผลของอัตราส่วนระหว่างถ่านหินกับยาง .....	51
4.5 ผลของตัวเร่งปฏิกิริยา .....	54
4.6 การอภิปรายสมมติฐาน .....	55
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ .....	57
5.1 สรุปผลการทดลอง .....	57
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	57
รายการอ้างอิง .....	58
ภาคผนวก .....	60
ภาคผนวก ก .....	61
ภาคผนวก ข .....	62
ภาคผนวก ค .....	63
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	64



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงการนิยามน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย .....	8
2.2	สมบัติทั่วไปของมาเซอร์ลบริสุทธิ .....	11
2.3	การจัดอันดับถ่านหินของพาร์ .....	12
2.4	การจัดอันดับถ่านหินแบบเอเอสทีเอ็ม .....	14
2.5	สภาพนำความร้อนของถ่านหิน .....	18
2.6	ค่าความร้อนจำเพาะของถ่านหิน .....	19
2.7	สมบัติวิกฤตสำหรับของไหลภาวะเหนือวิกฤตโดยทั่วไป .....	32
2.8	การเปรียบเทียบสมบัติของแก๊ส ของไหลภาวะเหนือวิกฤต และของเหลว .....	32
4.1	การเปรียบเทียบผลการทดลองของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เคยทำมาแล้ว .....	56
ก1	ผลการวิเคราะห์ถ่านหินแบบประมาณ .....	61
ก2	ผลการวิเคราะห์ถ่านหินและยางธรรมชาติโดยละเอียด .....	61
ก3	ค่าความร้อนของถ่านหินและยางธรรมชาติ .....	61
ค1	ข้อมูลการทดลอง .....	63

## สารบัญญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	อนุภาคในน้ำยาง .....	5
2.2	แบบจำลองอนุภาคของยางธรรมชาติ .....	6
2.3	โครงสร้างสมมติของคลัสเตอร์ .....	16
2.4	โครงสร้างสมมติของโมเลกุลถ่านหินที่ควบแน่น .....	16
2.5	แผนภาพความดัน-อุณหภูมิสำหรับสารบริสุทธิ์ชนิดหนึ่งแสดงบริเวณของของไหล ภาวะเหนือวิกฤต .....	31
3.1	เครื่องปฏิกรณ์ .....	39
3.2	เครื่องรีดยาง .....	40
4.1	ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว .....	45
4.2	ผลของอุณหภูมิที่มีต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส .....	45
4.3	ผลของอุณหภูมิที่มีต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว และแก๊ส .....	47
4.4	ผลของความดันที่มีต่อค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว .....	48
4.5	ผลของความดันที่มีต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ .....	49
4.6	ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาที่มีต่อค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว จากการทดลองโดยใช้ยางธรรมชาติอย่างเดียว .....	50
4.7	ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาที่มีต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ยางธรรมชาติอย่างเดียว .....	51
4.8	ผลของอัตราส่วนระหว่างถ่านหินกับยางที่มีต่อค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่เป็น ของเหลว .....	52
4.9	ผลของอัตราส่วนระหว่างถ่านหินกับยางที่มีต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ .....	53
4.10	ผลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว .....	54
4.11	ผลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ .....	55