

สมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติผสมยางพอลิวิทาไดอินเดมิซิลิกา

นางสาวทิวาวรรณ วิทยา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-333-478-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

25 8.8. 2546

I 19163365

MECHANICAL PROPERTIES OF SILICA-FILLED NATURAL RUBBER/
POLYBUTADIENE RUBBER BLEND

MISS TIVAWAN VIYA

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 1999


ISBN 974-333-478-5

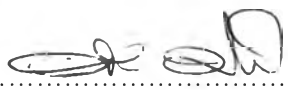
หัวข้อวิทยานิพนธ์	สมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติผสมยางพอลิบิวทาไดอีนเติมซิลิกา
โดย	นางสาวทิวาวรรณ วิทยา
ภาควิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นางวราภรณ์ ขจรไชยกูล

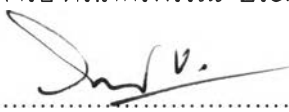
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

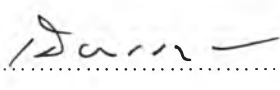

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)

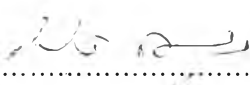
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ บารมี)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(นางวราภรณ์ ขจรไชยกูล)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เพียรพรค ทศคร)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์)

ทิวาวรรณ วิทยา: สมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติผสมยางพอลิบิวทาไดอินเติมซิลิกา.
(MECHANICAL PROPERTIES OF SILICA-FILLED NATURAL RUBBER/
POLYBUTADIENE RUBBER BLEND) อ. ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ
ประศาสน์สารกิจ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : นางวราภรณ์ ขจรไชยกูล, 113 หน้า. ISBN 974-
333-478-5.

ยางผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางพอลิบิวทาไดอินในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน (100 : 0, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40, 0 : 100) ซึ่งเตรียมได้จากวิธีการบดผสม งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของซิลิกาซึ่งเป็นสารเสริมแรงต่อสมบัติยางผสม ศึกษาลักษณะการคงรูปของยางผสมเสริมแรงด้วยซิลิกาปริมาณต่าง ๆ (30, 40, 50 phr) จากกราฟ พบว่าซิลิกามีผลต่อสมบัติทางกายภาพของยางผสมทั้งสมบัติของยางก่อนการคงรูปและสมบัติของยางหลังการคงรูป เมื่อเติมซิลิกาในยางผสมมีผลทำให้ ความหนืดเพิ่มขึ้น อัตราเริ่มการคงรูปเร็วขึ้น เวลาที่ยางเริ่มคงรูปและเวลาที่ใช้ในการคงรูปสั้นลง การเติมซิลิกาเป็นผลดีต่อกระบวนการขึ้นรูปเพราะประหยัดเวลาและพลังงานในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ส่วนสมบัติเชิงกลของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางพอลิบิวทาไดอินที่เติมซิลิกาจากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนของยางและปริมาณซิลิกามีผลต่อสมบัติเชิงกล ดังนี้ ความต้านทานแรงดึง ความยืดเมื่อขาด โมดูลัส ความต้านทานต่อการฉีกขาด ความแข็ง ทั้งก่อนอบและหลังอบ มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณซิลิกาเพิ่มขึ้น แต่สมบัติความต้านทานต่อการหักงอ การยุบตัว การกระดอนมีค่าลดลง เมื่อปริมาณซิลิกาเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมซิลิกามีผลให้ความต้านทานต่อการสึกหรอดีขึ้นมาก การศึกษาสมบัติไดนามิกส์และความร้อนของยางผสม พบว่า ปริมาณซิลิกามีผลทำให้ค่าสตอเรจโมดูลัส ค่าโมดูลัสสูญเสีย ค่าTan δ ลดลง เมื่อปริมาณซิลิกาเพิ่มขึ้น ยางผสมที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางพอลิบิวทาไดอิน (NR : BR) เป็น 70 : 30 ปริมาณซิลิกา 40-50 phr ให้สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลที่ดี

ภาควิชา เคมีเทคนิค
สาขาวิชา เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา 2542

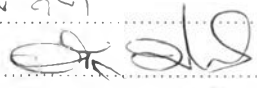

ลายมือชื่อนิสิต ทิวาวรรณ วิทยา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4172300323 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD : NATURAL RUBBER / POLYBUTADIENE / SILICA / RUBBER BLEND
 TIVAWAN VIYA : THESIS TITLE. MECHANICAL PROPERTIES OF SILICA-FILLED
 NATURAL RUBBER/POLYBUTADIENE RUBBER BLEND. THESIS ADVISOR :
 PROF. PATTARAPAN PRASASSARAKICH Ph.D., THESIS COADVISOR : MS
 VARAPORN KAJORNCHAIYAKUL, 113 pp. ISBN 974-333-478-5.

Rubber blends with different natural rubber and polybutadiene ratio (100:0, 80:20, 70:30, 60:40 and 0:100) was prepared by melt-mixing process. The effect of silica as reinforcement on the blend properties was investigated. The mixing characteristics of the rubber reinforced with silica content (30, 40 and 50 phr) were analyzed from the rheographs. Silica affected to the physical properties of both unvulcanized and vulcanized compounds, Mooney viscosity and Mooney scorch increased, rate of cure and time of cure 90 % decreased. Addition of silica is advantage to the vulcanizing process (compression moulding), since it causes the reduction of time and energy. Mechanical properties of silica-filled natural rubber/polybutadiene rubber blend were investigated. The effects of blend ratio and silica content on the mechanical properties were studied. Tensile strength, % elongation at break, modulus, tear strength of unageing and ageing rubber compound show considerable improvement by the addition of the silica. Flex cracking resistance, compression set and resilience decreased with increasing silica content. It is found that the rubber blends with silica have superior mechanical properties with good abrasion resistance. Dynamic mechanical thermal properties of rubber blend was studied, storage modulus, loss modulus and Tan delta decreased with increasing silica content. The blend of natural rubber and polybutadiene at ratio of (NR : BR) 70 : 30 with silica filled at 40-50 phr exhibits the good physical and mechanical properties.

ภาควิชา เคมีเทคนิค
 สาขาวิชา เคมีเทคนิค
 ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต วิทยาพร วิษา
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม 

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำ คำสั่งสอน และความช่วยเหลือทุกอย่างเพื่อให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์วราภรณ์ ขจรไชยกูล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ที่
ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือแนะนำ แนวทางในการวิจัย และให้ข้อมูลในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้
สถานที่ เครื่องมือ เครื่องทดสอบ วัสดุดิบและสารเคมีต่าง ๆ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของ
สถาบันที่ได้ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ผู้ที่ให้กำเนิด เลี้ยงดูนิสิตด้วยความรักความ
เข้าใจตลอดมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 วัตถุประสงค์.....	1
1.2 ขอบเขตการดำเนินงานวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....	3
2 ทฤษฎีและวารสารปริทรรศน์.....	4
2.1 ยางธรรมชาติ	4
2.2 ยางพอลิบิวทาไดอิน	9
2.3 สารเติมแต่งสำหรับยาง.....	12
2.4 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง.....	27
2.5 การทดสอบการแปรรูปและการคงรูป	30
2.6 งานวิจัยในอดีต.....	35
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	38
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	38
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	39
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ.....	40
3.4 สูตรยางผสมที่ใช้ในงานวิจัย.....	40
3.5 ขั้นตอนการบดผสมยาง	42
3.6 การทดสอบการแปรรูปและการคงรูป.....	45
3.7 การทดสอบสมบัติยางผสมที่ผ่านการคงรูป.....	46

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล.....	49
4.1 ความหนืดของยางผสม.....	58
4.2 อัตราเริ่มการคงรูปของยางผสม.....	60
4.3 เวลาที่ยางเริ่มคงรูปและเวลาที่ใช้ในการคงรูป	62
4.4 ความต้านทานแรงดึง.....	64
4.5 ความต้านทานต่อการฉีกขาด.....	71
4.6 ความต้านทานต่อการสึกหรอ.....	73
4.7 ความต้านทานต่อการหักงอ.....	74
4.8 การยุบตัวและการกระดอน.....	75
4.9 ความแข็ง.....	77
4.10 ผลของปริมาณซิลิกาในยางผสมต่อค่า สดอเรชโมดูลัส โมดูลัสสูญเสีย และอุณหภูมิกลาสทรานซิชันของยางผสมเติมซิลิกา.....	79
4.11 สันฐานวิทยาของยางผสมเติมซิลิกา.....	84
4.12 เปรียบเทียบสมบัติของยางผสม.....	85
5. สรุปผลการทดลอง.....	88
ข้อเสนอแนะ	90
รายการอ้างอิง.....	91
ภาคผนวก.....	94
ภาคผนวก ก การคำนวณปริมาณของยางผสมสารเคมี.....	95
ภาคผนวก ข การทดสอบสมบัติทางกายภาพของยางคงรูป.....	100
ภาคผนวก ค กราฟการคงรูปของยางผสม.....	108
ประวัติผู้เขียน.....	113

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1	แสดงคุณภาพของยางแท่ง เอส ที อาร์ ชนิดต่าง ๆ.....8
2.2	สมบัติทางกายภาพของยางเมื่อปริมาณการเชื่อมโยงโมเลกุลเพิ่มขึ้น.....16
3.1	สมบัติของยางธรรมชาติ.....38
3.2	สมบัติยางพอลิเบิวทาไดอิน.....38
3.3	สมบัติของซิลิกา ชนิด Hi-sil 255.....39
3.4	สูตรยาง (pure gum) ที่ใช้ในการวิจัยส่วนที่ 140
3.5	สูตรยางผสมเติมซิลิกา (Silica-filled compound) สำหรับส่วนที่ 241
3.6	การทดสอบความต้านทานต่อการสึกหรอโดยเครื่อง Arkon.....46
4.1	ข้อมูลการทดลองสมบัติทางกายภาพของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติ กับยางพอลิเบิวทาไดอิน50
4.2	ข้อมูลการทดลองสมบัติทางกายภาพของยางผสมระหว่าง ยางธรรมชาติกับยางพอลิเบิวทาไดอินเติมซิลิกา.....52
4.3	แสดงค่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชันและ ค่า Tan δ ของยางธรรมชาติ ยางพอลิเบิวทาไดอิน และยางผสมเติมซิลิกา.....80
4.4	เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของยางธรรมชาติ ยางพอลิเบิวทาไดอิน และยางผสม.....85
4.5	เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของยางผสมเติมซิลิกา.....86
4.6	เปรียบเทียบสมบัติของยางผสมที่เติมซิลิกากับมาตรฐานผลิตภัณฑ์พื้นรองเท้า.....87
5.1	สรุปสมบัติของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางพอลิเบิวทาไดอินเติมซิลิกา.....89

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
2.1	ลักษณะของ cis – configuration ของยางธรรมชาติ5
2.2	ลักษณะโครงสร้างแบบต่อตรงของยางพอลิวิทาไดอิน9
2.3	โครงสร้างของยางพอลิวิทาไดอินแบบต่าง ๆ11
2.4	การเชื่อมโยงโมเลกุลของยางด้วยกำมะถัน14
2.5	อิทธิพลของปริมาณกำมะถันต่อความต้านทานแรงดึงและการยืดออกจนขาด15
2.6	สมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อปริมาณของการเชื่อมโยงโมเลกุลเพิ่มขึ้น15
2.7	โครงสร้างของกำมะถัน rhombic16
2.8	ส่วนประกอบภายในของเครื่อง Banbury mixer27
2.9	เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง29
2.10	ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอัดไฮโดรลิก30
2.11	โรเตอร์และช่องใส่ยางของเครื่อง Mooney viscosity31
2.12	กราฟอัตราเริ่มการคงรูปจากเครื่อง Mooney Viscometer32
2.13	Oscillating disk rheometer33
2.14	ลักษณะกราฟที่ได้จากเครื่อง ODR33
2.15	ลักษณะของกราฟการคงรูปแบบต่าง ๆ34
3.1	ขั้นตอนการทดลองสำหรับสูตรที่ 1 – 743
3.2	ขั้นตอนการทดลองสำหรับสูตรที่ 3 – 2744
4.1	ความหนืดของยางผสม59
4.2	ความหนืดของยางผสมเติมซิลิกา59
4.3	อัตราเริ่มการคงรูปของยางผสม61
4.4	อัตราเริ่มการคงรูปของยางผสมเติมซิลิกา61
4.5	เวลาที่ยางเริ่มเกิดการคงรูป (t_{s2}) และเวลาในการคงรูป (t_{c90}) ของยางผสม62
4.6	เวลาที่ยางเริ่มเกิดการคงรูป (t_{s2}) ของยางผสมเติมซิลิกา.....63
4.7	เวลาที่ใช้ในการคงรูป(t_{c90})ของยางผสมเติมซิลิกา.....63
4.8	ความต้านทานแรงดึงของยางผสม65
4.9	ความยืดเมื่อขาดของยางผสม65
4.10	ความต้านทานแรงดึงของยางผสมเติมซิลิกาก่อนอบ66
4.11	ความต้านทานแรงดึงของยางผสมเติมซิลิกาล้างอบ.....66

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
ข.5 ลักษณะเครื่องมือทดสอบแบบ De mattia	104
ข.6 เครื่องทดสอบการยุบตัวโดย method B	104
ข.7 ภาพการทดสอบด้วยเครื่อง DMA รูปแบบต่าง ๆ	106
ข.8 ภาพแสดงภาคตัดขวางของเครื่อง DMA 7	106
ข.9 กราฟแสดงเฟสที่ต่างกันระหว่างความเค้นต่อความเครียดของ viscoelastic material	107
ค.1 กราฟการคงรูปยางธรรมชาติเต็มซิลิกา.....	108
ค.2 กราฟการคงรูปยางผสมระหว่างยางธรรมชาติผสมยางพอลิวิทาไดอิน (NR:BR) 80 : 20 เต็มซิลิกา	109
ค.3 กราฟการคงรูปยางผสมระหว่างยางธรรมชาติผสมยางพอลิวิทาไดอิน (NR:BR) 70 : 30 เต็มซิลิกา	110
ค.4 กราฟการคงรูปยางผสมระหว่างยางธรรมชาติผสมยางพอลิวิทาไดอิน (NR:BR) 60 : 40 เต็มซิลิกา	111
ค.5 กราฟการคงรูปยางพอลิวิทาไดอินเต็มซิลิกา.....	112