

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(12)
รายการภาพประกอบ	(13)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัจจุบัน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตและวิธีการดำเนินการวิจัย.....	2
2. ทดลอง	3
2.1 บทนำ	3
2.2 ยางธรรมชาติ	4
2.2.1 โครงสร้างทางเคมีและสมบัติ	4
2.2.2 โครงสร้างหลักที่มีผลกระทบต่อสมบัติของยาง	5
2.2.3 การบดและการผสมสารเคมี	6
2.2.4 การวัดค่าไนซ์	7
2.2.5 สมบัติของยางวัดค่าไนซ์	7
2.2.5.1 ความแข็ง	7
2.2.5.2 ความศ้านทานต่อการดึง	7

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.5.3 ความสามารถในการยึด	7
2.2.5.4 ความด้านท่านต่อการนีกขาด	8
2.2.5.5 ความทนทานต่อการเสื่อมสภาพ	8
2.2.6 ระบบการวัดค่าในช่องยางธรรมชาติ	8
2.3 สารตัวเเต้ม	9
2.3.1 ซิลิกา (Silica)	9
2.3.2 แกลบข้าว	10
3. วิธีการดำเนินการวิจัย	12
3.1 วัสดุ	12
3.1.1 ยางพั่ง STR 5L	12
3.1.2 กรดสเตียริก	12
3.1.3 ชิงค์ออกไซด์	12
3.1.4 2-เมอร์แคบโคลเบนโซไซอัซิด	12
3.1.5 ไดอยทีดีนไอกลคอล	12
3.1.6 กำมะถัน	12
3.1.7 ซิลิกา	13
3.1.8 แกลบข้าว	13
3.2 อุปกรณ์	13
3.2.1 เครื่องบดผสมยางแบบปิด	13
3.2.2 เครื่องผสมยางสองสูตรกลึง	13
3.2.3 เครื่องทดสอบลักษณะการวัดค่าในช่องยาง	14
3.2.4 เครื่องอัดเป้ายาง	14
3.2.5 เครื่องทดสอบสมบัติค้านการดึง	15
3.2.6 เคาน้ำ	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.7 เครื่องชั่งไฟฟ้าท肯ยม 2 ตัวແນ່ງ	16
3.2.8 เครื่องชั่งไฟฟ้าท肯ยม 4 ตัวແນ່ງ	16
3.2.9 เตาอบบ่มเร่ง	16
3.2.10 เครื่องวัดความหนา	17
3.2.11 เครื่องวัดความแข็ง	17
3.2.12 เครื่องตัดชิ้นทดสอบ	18
3.2.13 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องการดู	18
3.2.14 เครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟร์คโടมิเตอร์	19
3.2.15 เครื่องເລເຊອຣີພາຣີຕິເຄີດໄຊສ້ອນາເລເຊອຣີ	19
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย	20
3.3.1 การเตรียมถ้าแกลบ	20
3.3.2 ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใช้ถ้าแกลบกับชิลิกา เป็นสารตัวเดินในยางธรรมชาติ	20
3.3.3 การทดสอบลักษณะการวัดค่าในช่องยางคอมเพ่นด์	22
3.3.4 การทดสอบสมบัติของยางวัสดุค่าในช่อง	22
3.3.4.1 การทดสอบความหนาแน่นของยาง	22
3.3.4.2 การทดสอบสมบัติค้านการดึง	23
3.3.4.3 การทดสอบความด้านทานต่อการฉีกขาด	24
3.3.4.4 การทดสอบความแข็ง	24
3.3.4.5 การทดสอบคุณสมบัติหลังการบ่มเร่ง	24
3.3.5 การทดสอบสมบัติทางสัณฐานวิทยา	24
3.3.6 ศึกษาอิทธิพลของปริมาณถ้าแกลบต่อสมบัติของ ยางธรรมชาติ	25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.7 สื่อฯ อิทธิพลของปริมาณการใช้ไกด์ลีน ประกอบร่วมกับ เด็กเลนต่อสมบัติของยานธรรมชาติ	25
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	27
4.1 ผลการทดสอบสมบัติของชิลิกาและเด็กเลน	27
4.2 ผลการเปรียบเทียบสมบัติของยานธรรมชาติที่ใช้เด็กเลนและชิลิกา เป็นสารตัวเติม	30
4.2.1 ลักษณะการวัดค่าในชีวิต	31
4.2.1.1 ค่าแรงบิดค่าสูด ค่าแรงบิดสูงสุด และผลต่างระหว่างค่า แรงบิดสูงสุดกับค่าแรงบิดค่าสูด	31
4.2.1.2 ระยะเวลาที่ยังสามารถแปรรูปได้และระยะเวลาในการ วัดค่าในชีวิต	32
4.2.1.3 ดัชนีความเร็วในการวัดค่าในชีวิต	33
4.2.2 สมบัติทางสัมฐานวิทยา	34
4.2.3 สมบัติของยานวัดค่าในชีวิต	36
4.2.3.1 ความหนาแน่นของยาน	36
4.2.3.2 ค่ามอคูลัสที่ระยะยีด 300 เมอร์เซนต์	37
4.2.3.3 ความด้านทานต่อแรงดึง	38
4.2.3.4 ความสามารถในการยืด	39
4.2.3.5 ความด้านทานต่อการฉีกขาด	41
4.2.3.6 ความแข็ง	42
4.3 ผลการศึกษาอิทธิพลของปริมาณเด็กเลนเป็นสารตัวเติมต่อสมบัติ ของยานธรรมชาติ	43
4.3.1 ลักษณะการวัดค่าในชีวิต	44
4.3.1.1 ค่าแรงบิดค่าสูด ค่าแรงบิดสูงสุด และผลต่างระหว่างค่า แรงบิดสูงสุดกับค่าแรงบิดค่าสูด	44

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.1.2 ระยะเวลาที่ยังสามารถปรับรูปได้และระยะเวลาในการวัดค่าในชีวิต 45
4.3.1.3 ค่านิความเร็วในการวัดค่าในชีวิต 46
4.3.2 สมบัติของยางวัดค่าในชีวิต 47
4.3.2.1 ความหนาแน่นของยาง 47
4.3.2.2 ค่ามอคูลัสที่ระยะยีด 300 เมอร์เซ็นต์ 48
4.3.2.3 ความต้านทานต่อแรงดึง 49
4.3.2.4 ความสามารถในการยืด 50
4.3.2.5 ความต้านทานต่อการฉีกขาด 51
4.3.2.6 ความแข็ง 52
4.4 ผลการศึกษาอิทธิพลของปริมาณการใช้ไครเออธิลีน ไกลคอลร่วมกับเก้าแก่นบต์สมบัติของยางธรรมชาติ 53
4.4.1 ลักษณะการวัดค่าในชีวิต 54
4.4.1.1 ค่าแรงบิดค่าสูด ค่าแรงบิดสูงสุด และผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดกับค่าแรงบิดค่าสูด 54
4.4.1.2 ระยะเวลาที่ยังสามารถปรับรูปได้และระยะเวลาในการวัดค่าในชีวิต 55
4.4.1.3 ค่านิความเร็วในการวัดค่าในชีวิต 56
4.4.2 สมบัติของยางวัดค่าในชีวิต 57
4.4.2.1 ความหนาแน่นของยาง 57
4.4.2.2 ค่ามอคูลัสที่ระยะยีด 300 เมอร์เซ็นต์ 58
4.4.2.3 ความต้านทานต่อแรงดึง 59
4.4.2.4 ความสามารถในการยืด 61
4.4.2.5 ความต้านทานต่อการฉีกขาด 62
4.4.2.6 ความแข็ง 63

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	64
5.1 สรุปผลการทดลอง	64
5.2 ข้อเสนอแนะ	64
บรรณานุกรม	65
ภาคผนวก	67
ก. ผลการทดสอบลักษณะการวัดค่าไนซ์	68
ก. ผลการทดสอบความหนาแน่นของยางวัสดุค่าไนซ์	70
ก. ผลการทดสอบความด้านทานต่อการดึง	73
ก. ผลการทดสอบค่ามอคูลัสที่ระยะยืด 300 เปอร์เซ็นต์	77
ก. ผลการทดสอบความสามารถในการยึด	81
ก. ผลการทดสอบความด้านทานต่อการฉีกขาด	85

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ปริมาณสารเคมีชนิดค่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเพ่นด์	21
3.2 ลำดับขั้นตอนการผสมสารเคมี	21
3.3 ปริมาณสารเคมีชนิดค่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเพ่นด์	25
3.4 ปริมาณสารเคมีชนิดค่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเพ่นด์	26
4.1 สมบัติของชิลิกันและถ้าแกลบ	27
4.2 สมบัติของยางธรรมชาติที่ใช้ถ้าแกลบและชิลิกาเป็นสารตัวเติม	30
4.3 สมบัติของยางธรรมชาติที่ใช้ถ้าแกลบเป็นสารตัวเติมในปริมาณค่างๆ	43
4.4 สมบัติของยางธรรมชาติที่ใช้ถ้าแกลบเป็นสารตัวเติมร่วมกับ ไคลอฟอร์สีน ไกลคอล ในปริมาณค่างๆ	53

รายการภาพประกอบ

รูปที่

หน้า

2.1 สูตรโครงสร้างของยางธรรมชาติ	4
2.2 การกระจายตัวของน้ำหนักโนเกลูลของยางธรรมชาติ	5
2.3 ประสิทธิภาพในการดูดยางธรรมชาติในอาคารที่อุณหภูมิต่างๆ	6
2.4 ลักษณะแกลบข้าวสค	11
2.5 เปรียบเทียบลักษณะชิลิกากับเด้าแกลบที่ได้จากการเผาแกลบข้าวที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง	11
3.1 เครื่องทดสอบลักษณะการวัลภาไนซ์ของยาง	14
3.2 เครื่องอัดเนื้อยาง รุ่น GT-7014-A10C	15
3.3 เครื่องทดสอบสมบัติด้านการดึง	16
3.4 เตาอบบ่มเร่ง	17
3.5 เครื่องวัดความแข็ง	17
3.6 เครื่องตัดชิ้นทดสอบ GOTECH รุ่น GT-7016	18
3.7 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กทรอนแบบส่องกราด	18
3.8 เครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟเฟรนซ์คอมพิวเตอร์	19
4.1 การกระจายตัวของนาคอนุภาคของเด้าแกลบและชิลิกา	28
4.2 การวิเคราะห์ความเป็นผลึกของเด้าแกลบ โดยเครื่องมือเอ็กซ์เรย์ดิฟเฟรนซ์คอมพิวเตอร์	29
4.3 การวิเคราะห์ความเป็นผลึกของชิลิกา โดยเครื่องมือเอ็กซ์เรย์ดิฟเฟรนซ์คอมพิวเตอร์.....	29
4.4 ค่าแรงบิดค่าสูด ค่าแรงบิดสูงสุด และผลค่าร่วงระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดกับค่าแรงบิดค่าสูดของยางธรรมชาติที่ใช้เด้าแกลบและชิลิกาเป็นสารตัวเตินในปริมาณ 0, 25, 50 และ 75 phr ที่อุณหภูมิทดสอบ 150 องศาเซลเซียส	31

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 ระยะเวลาที่ยังสามารถแปรรูปได้และระยะเวลาในการวัดค่าในช่องยางธรรมชาติที่ใช้ถ้าแกลบและซิลิกาเป็นสารตัวเตินในปริมาณ 0, 25, 50 และ 75 phr ที่อุณหภูมิทดสอบ 150 องศาเซลเซียส	32
4.6 ดัชนีความเร็วในการวัดค่าในช่องยางธรรมชาติที่ใช้ถ้าแกลบและซิลิกาเป็นสารตัวเตินในปริมาณ 0, 25, 50 และ 75 phr ที่อุณหภูมิทดสอบ 150 องศาเซลเซียส	33
4.7 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องการดูของยางที่ไม่มีสารตัวเติน กำลังขยาย 500, 1000 และ 3000 เท่า	34
4.8 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องการดูของยางผสมถ้าแกลบและซิลิกาในปริมาณ 25, 50 และ 75 phr	35
4.9 ความหนาแน่นของยางธรรมชาติที่ใช้ถ้าแกลบและซิลิกาเป็นสารตัวเตินในปริมาณ 0, 25, 50 และ 75 phr	36
4.10 ค่ามอคูลัสที่ระยะยืด 300 เปอร์เซ็นต์ของยางธรรมชาติที่ใช้ถ้าแกลบและซิลิกาเป็นสารตัวเตินในปริมาณ 0, 25, 50 และ 75 phr	37
4.11 ความต้านทานต่อแรงดึงก่อนและหลังบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 72 ชั่วโมงของยางธรรมชาติที่ใช้ถ้าแกลบและซิลิกาเป็นสารตัวเตินในปริมาณ 0, 25, 50 และ 75 phr	38
4.12 การเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานต่อแรงดึงก่อนและหลังบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 72 ชั่วโมงของยางธรรมชาติที่ใช้ถ้าแกลบและซิลิกาเป็นสารตัวเตินในปริมาณ 0, 25, 50 และ 75 phr	38
4.13 ความสามารถในการยึดชนิดก่อนและหลังบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 72 ชั่วโมงของยางธรรมชาติที่ใช้ถ้าแกลบ และซิลิกาเป็นสารตัวเตินในปริมาณ 0, 25, 50 และ 75 phr	39

รายการภาพประกอบ(ค่อ)

รูปที่	หน้า
4.14 การเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการยึดจันขาดก่อนและหลังบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 72 ชั่วโมงของยางธรรมชาติที่ใช้ถ่านแกลบและซิลิกาเป็นสารตัวเติมในปริมาณ 0, 25, 50 และ 75 phr	40
4.15 ความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางธรรมชาติ ที่ใช้ถ่านแกลบและซิลิกาเป็นสารตัวเติมในปริมาณ 0, 25 , 50 และ 75 phr	41
4.16 ความแข็งก่อนและหลังบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 72 ชั่วโมงของยางธรรมชาติ ที่ใช้ถ่านแกลบและซิลิกาเป็นสารตัวเติมในปริมาณ 0, 25, 50 และ 75 phr	42
4.17 ค่าแรงบิดต่ำสุด ค่าแรงบิดสูงสุด และผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดกับค่าแรงบิดต่ำสุดของยางธรรมชาติ ที่ใช้ถ่านแกลบเป็นสารตัวเติมในปริมาณ 0, 10, 25, 40, 50, 60 และ 75 phr ที่อุณหภูมิทดสอบ 150 องศาเซลเซียส	44
4.18 ระยะเวลาที่ยังสามารถแปรรูปได้และระยะเวลาในการวัดค่าในช่องยางธรรมชาติ ที่ใช้ถ่านแกลบเป็นสารตัวเติมในปริมาณ 0, 10, 25, 40, 50, 60 และ 75 phr ที่ อุณหภูมิทดสอบ 150 องศาเซลเซียส	45
4.19 ค่านิความเร็วในการวัดค่าในช่องยางธรรมชาติที่ใช้ถ่านแกลบเป็นสารตัวเติมในปริมาณ 0, 10, 25, 40, 50, 60 และ 75 phr ที่อุณหภูมิทดสอบ 150 องศาเซลเซียส	46
4.20 ความหนาแน่นของยางธรรมชาติที่ใช้ถ่านแกลบเป็นสารตัวเติมในปริมาณ 0,10, 25, 40, 50, 60 และ 75 phr	47
4.21 ค่ามอคูลัสที่ระยะยึด 300 เปอร์เซ็นต์ของยางชาติธรรมชาติที่ใช้ถ่านแกลบเป็นสารตัวเติมในปริมาณ 0, 10, 25, 40, 50, 60 และ 75 phr	48
4.22 ความต้านทานต่อแรงดึงก่อนและหลังบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 72 ชั่วโมงของยางธรรมชาติที่ใช้ถ่านแกลบเป็นสารตัวเติมในปริมาณ 0, 10, 25, 40, 50, 60 และ 75 phr	49

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.23 การเปลี่ยนแปลงของความด้านทานต่อแรงดึงก่อนและหลังบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 72 ชั่วโมงของยางธรรมชาติที่ใช้ถ่านแกลบเป็นสารตัวเติม ในปริมาณ 0, 10, 25, 40, 50, 60 และ 75 phr	50
4.24 ความสามารถในการยึดคงขาดก่อนและหลังบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 72 ชั่วโมงของยางธรรมชาติที่ใช้ถ่านแกลบเป็นสารตัวเติมในปริมาณ 0, 10, 25, 40, 50, 60 และ 75 phr	50
4.25 ความด้านทานต่อการฉีกขาดของยางชาติธรรมชาติ ที่ใช้ถ่านแกลบเป็นสารตัวเติม ในปริมาณ 0, 10, 25, 40, 50, 60 และ 75 phr	51
4.26 ความแข็งก่อนและหลังบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสระยะเวลา 72 ชั่วโมง ของยางธรรมชาติที่ใช้ถ่านแกลบเป็นสารตัวเติมในปริมาณ 0, 10, 25, 40, 50, 60 และ 75 phr	52
4.27 ค่าแรงบิดค่าต้านทานค่าแรงบิดสูงสุด และผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดกับค่าแรงบิด ค่าต้านทานของยางธรรมชาติที่ใช้ถ่านแกลบ 50 phr เป็นสารตัวเติม โดยแบ่งปริมาณ ไดเอทธิลีนไกลคอล เท่ากับ 0, 1.0, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0 และ 5.0 phr ที่อุณหภูมิ ทดสอบ 150 องศาเซลเซียส	54
4.28 ระยะเวลาที่ยังสามารถแปรรูปได้และระยะเวลาในการวัดค่าใบซ์ ของยางธรรมชาติ ที่ใช้ถ่านแกลบ 50 phr ร่วมกับไดเอทธิลีนไกลคอล ในปริมาณ 0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 phr ที่อุณหภูมิทดสอบ 150 องศาเซลเซียส	55
4.29 ค่านีความเร็วในการวัดค่าใบซ์ของยางธรรมชาติที่ใช้ถ่านแกลบ 50 phr ร่วมกับ ไดเอทธิลีนไกลคอล ในปริมาณ 0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 phr ที่อุณหภูมิ ทดสอบ 150 องศาเซลเซียส	56
4.30 ความหนาแน่นของยางธรรมชาติที่ใช้ถ่านแกลบ 50 phr ร่วมกับไดเอทธิลีนไกล คอล ในปริมาณ 0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 phr	57
4.31 ค่ามอคูลัสที่ระยะยึด 300 เปอร์เซ็นต์ก่อนและหลังบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสระยะเวลา 72 ชั่วโมงของยางธรรมชาติที่ใช้ถ่านแกลบ 50 phr ร่วมกับ ไดเอทธิลีนไกลคอลในปริมาณ 0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 phr	58

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.32 ความด้านทานต่อแรงดึงก่อนและหลังบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 72 ชั่วโมงของยางธรรมชาติที่ใช้ถ่านแกลน 50 phr ร่วมกับไคลอฟิลิน ไกลคอล ในปริมาณ 0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 phr	59
4.33 การเปลี่ยนแปลงของความด้านทานต่อแรงดึงก่อนและหลังบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 72 ชั่วโมงของยางธรรมชาติที่ใช้ถ่านแกลน 50 phr ร่วมกับไคลอฟิลิน ไกลคอลในปริมาณ 0, 1.0, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0 และ 5.0 phr	60
4.34 ความสามารถในการยึดจันขาดก่อนและหลังบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 72 ชั่วโมงของยางธรรมชาติที่ใช้ถ่านแกลน 50 phr ร่วมกับไคลอฟิลิน ไกลคอล ในปริมาณ 0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 phr	61
4.35 ความด้านทานต่อการฉีกขาดของยางธรรมชาติที่ใช้ที่ถ่านแกลน 50 phr ร่วมกับ ไคลอฟิลิน ไกลคอล ในปริมาณ 0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 phr	62
4.36 ความแข็งก่อนและหลังบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสระยะเวลา 72 ชั่วโมง ของยางธรรมชาติที่ใช้ถ่านแกลน 50 phr ร่วมกับไคลอฟิลิน ไกลคอลในปริมาณ 0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 phr	63