

# สารบัญ

	หน้า
สารบัญ.....	(5)
รายการตาราง.....	(7)
รายการภาพประกอบ.....	(8)
<b>บทที่</b>	
<b>1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 บทนำค้นเรื่อง.....	1
1.2 การตรวจเอกสาร.....	2
1.3 วัตถุประสงค์.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	5
<b>2 ทฤษฎี.....</b>	<b>7</b>
2.1 ส่วนประกอบของขอมปายคอมพิวเตอร์.....	8
2.2 ลักษณะการวัดคาไนซ์.....	16
2.3 สมบัติเชิงกล.....	17
2.4 สมบัติเชิงพลวัต.....	23
<b>3 วัสดุ เครื่องมือ และวิธีการวิจัย.....</b>	<b>27</b>
3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย.....	27
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	29
3.3 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย.....	30
3.4 การเตรียมขอมโพสิต.....	30
3.5 การทดสอบลักษณะการวัดคาไนซ์ สมบัติเชิงกล และเชิงพลวัต.....	34
3.6 การเปรียบเทียบสมบัติกับขอมที่เดิมด้วยขอมดำ.....	42
<b>4 ผลการทดลอง.....</b>	<b>43</b>
4.1 การเตรียมถ้ำลอลยลิกไนต์.....	43
4.2 การทดสอบลักษณะการวัดคาไนซ์.....	44
4.3 การทดสอบสมบัติเชิงกล.....	46
4.4 การทดสอบสมบัติเชิงพลวัต.....	67

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5 การศึกษาการกระจายตัวของอนุภาคแก้วลอยลิกไนต์ในเนื้อยาง.....	73
4.6 การเปรียบเทียบสมบัติกับยางที่เติมด้วยเขม่าดำ.....	77
5 สรุปผล.....	80
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	80
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	82
บรรณานุกรม.....	83

—

## รายการตาราง

ตาราง		หน้า
3.1	การทดสอบสมบัติของยางแท่งที่ใช้ในงานวิจัย.....	27
3.2	การทดสอบสมบัติของน้ำยางชั้น 60% ชนิดแอมโมเนียสูงที่ใช้ในงานวิจัย.....	27
3.3	สูตรผสมของยางคอมพอสิตที่ใช้ในงานวิจัย.....	28
3.4	ระยะ “Running-in” และระยะเดินที่ต้องทดสอบจริงในการทดสอบความต้านทานต่อการสึกหรอ.....	40
4.1	องค์ประกอบของเถ้าลอยลิกไนต์.....	43
4.2	ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของเถ้าลอยลิกไนต์ทั้ง 4 ขนาด.....	44
4.3	การเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลระหว่างยางคอมพอสิตที่ไม่มีสารตัวเติม เติมด้วยเถ้าลอยลิกไนต์ละเอียดมาก และเติมด้วยเขม่าดำ.....	77
4.4	เปรียบเทียบสมบัติเชิงกลระหว่างยางคอมพอสิตที่เติมด้วยเถ้าลอยลิกไนต์ละเอียดมาก เขม่าดำ CaCO <sub>3</sub> Kaolin และ แป้ง Talc.....	78
5.1	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติใกล้เคียงกับยางคอมพอสิตที่เติมเถ้าลอยลิกไนต์.....	82

## รายการภาพประกอบ

ภาพ	หน้า
2.1 ปริมาณพันธะเชื่อม โยงกับเวลาของระบบวัลคาไนซ์ด้วยกำมะถัน.....	9
2.2 การเกิดการเชื่อม โยง โมเลกุลของยาง.....	9
2.3 การเกิดการเชื่อมขวาง โมเลกุลของยางทั้ง 3 แบบ.....	9
2.4 การเปลี่ยนแปลงสมบัติของยางคอมปาวด์ เมื่อให้ความร้อนแก่ยาง.....	17
2.5 ขั้นตอนทดสอบสำหรับทดสอบแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM D 412.....	19
2.6 ขั้นตอนทดสอบสำหรับทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาดแบบพิมพ์ C พิมพ์ B และแบบขากางเกง.....	21
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของยางกับระดับการเชื่อมขวาง.....	22
2.8 ตัวอย่างผลการทดสอบผลของอุณหภูมิต่อสมบัติเชิงพลวัตของยางคอม โพลีดี.....	26
3.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	31
3.2 เครื่องบดสารเคมี (planetary ball mill).....	32
3.3 เครื่องวัดขนาดอนุภาค.....	32
3.4 เครื่องผสมยางสองลูกกลิ้ง.....	33
3.5 เครื่องอัดขึ้นรูปรีออน.....	33
3.6 เครื่อง Moving Disc Rheometer (MDR).....	34
3.7 ขั้นตอนทดสอบแบบคัมเบล ASTM D412 (Die C).....	35
3.8 เครื่องตัดขั้นตอนทดสอบสำหรับทดสอบแรงดึง.....	35
3.9 เครื่องวัดความหนา.....	36
3.10 เครื่องทดสอบแรงดึง.....	36
3.11 ขั้นตอนทดสอบแบบมูม ASTM D 624 (Die C).....	38
3.12 เครื่องตัดขั้นตอนทดสอบสำหรับทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาด.....	38
3.13 เครื่อง Durometer (Shore A).....	39
3.14 ขั้นตอนทดสอบความต้านทานต่อการสึกหรอ.....	39
3.15 เครื่อง Akron abrader.....	40
4.1 เถ้าลอยติกไนต์.....	44
4.2 ผลการทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ของยาง.....	45
4.3 ผลของขนาดและปริมาณเถ้าลอยติกไนต์ต่อความแข็งแรงดึง.....	46

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
4.4	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อความแข็งแรงดึง (กรณีของเส้นลอยลิกไนต์ที่รับมา).....	48
4.5	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อความแข็งแรงดึง (กรณีของเส้นลอยลิกไนต์ละเอียดปานกลาง).....	48
4.6	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อความแข็งแรงดึง (กรณีของเส้นลอยลิกไนต์ละเอียดมาก)	49
4.7	ผลของขนาดและปริมาณเส้นลอยลิกไนต์ต่อระยะยัดเมื่อขาด.....	50
4.8	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อระยะยัดเมื่อขาด (กรณีของเส้นลอยลิกไนต์ที่รับมา).....	51
4.9	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อระยะยัดเมื่อขาด (กรณีของเส้นลอยลิกไนต์ละเอียดปานกลาง).....	51
4.10	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อระยะยัดเมื่อขาด (กรณีของเส้นลอยลิกไนต์ละเอียดมาก)	52
4.11	ผลของขนาดและปริมาณเส้นลอยลิกไนต์ต่อมอดูลัสยืดหยุ่นที่ระยะยัด 300%.....	53
4.12	ผลของขนาดและปริมาณเส้นลอยลิกไนต์ต่อมอดูลัสยืดหยุ่นที่ระยะยัด 500%.....	53
4.13	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อมอดูลัสยืดหยุ่นที่ระยะยัด 300% (กรณีของเส้นลอยลิกไนต์ที่รับมา).....	55
4.14	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อมอดูลัสยืดหยุ่นที่ระยะยัด 500% (กรณีของเส้นลอยลิกไนต์ที่รับมา).....	55
4.15	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อมอดูลัสยืดหยุ่นที่ระยะยัด 300% (กรณีของเส้นลอยลิกไนต์ละเอียดปานกลาง).....	56
4.16	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อมอดูลัสยืดหยุ่นที่ระยะยัด 500% (กรณีของเส้นลอยลิกไนต์ละเอียดปานกลาง).....	56
4.17	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อมอดูลัสยืดหยุ่นที่ระยะยัด 300% (กรณีของเส้นลอยลิกไนต์ละเอียดมาก).....	57
4.18	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อมอดูลัสยืดหยุ่นที่ระยะยัด 500% (กรณีของเส้นลอยลิกไนต์ละเอียดมาก).....	57
4.19	ปฏิกริยาระหว่างสารคู่ควบไซเลนและเส้นลอยลิกไนต์ (บริเวณพื้นผิว).....	58
4.20	ปฏิกริยาระหว่างพื้นผิวที่ปรับปรุงแล้วของเส้นลอยลิกไนต์และยางธรรมชาติ.....	58
4.21	ผลของขนาดและปริมาณเส้นลอยลิกไนต์ต่อความต้านทานต่อการฉีกขาด.....	59

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
4.22	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อความต้านทานต่อการฉีกขาด (กรณีของถั่วลยถิกไนต์ที่รับมา).....	60
4.23	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อความต้านทานต่อการฉีกขาด (กรณีของถั่วลยถิกไนต์ละเอียดปานกลาง).....	61
4.24	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อความต้านทานต่อการฉีกขาด (กรณีของถั่วลยถิกไนต์ละเอียดมาก).....	61
4.25	ผลของขนาดและปริมาณถั่วลยถิกไนต์ต่อความแข็ง.....	62
4.26	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อความแข็ง (กรณีของถั่วลยถิกไนต์ที่รับมา).....	63
4.27	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อความแข็ง (กรณีของถั่วลยถิกไนต์ละเอียดปานกลาง)	63
4.28	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อความแข็ง (กรณีของถั่วลยถิกไนต์ละเอียดมาก).....	64
4.29	ผลของขนาดและปริมาณถั่วลยถิกไนต์ต่อค่าดัชนีการสึกหรอ.....	65
4.30	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อค่าดัชนีการสึกหรอ (กรณีของถั่วลยถิกไนต์ที่รับมา)	66
4.31	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อค่าดัชนีการสึกหรอ (กรณีของถั่วลยถิกไนต์ละเอียดปานกลาง).....	66
4.32	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อค่าดัชนีการสึกหรอ (กรณีของถั่วลยถิกไนต์ละเอียดมาก).....	67
4.33	ผลของปริมาณถั่วลยถิกไนต์ต่อค่ามอดุลัสสะสม.....	68
4.34	ผลของขนาดอนุภาคถั่วลยถิกไนต์ต่อค่ามอดุลัสสะสม.....	68
4.35	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อค่ามอดุลัสสะสม (กรณีของถั่วลยถิกไนต์ที่รับมา)....	69
4.36	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อค่ามอดุลัสสะสม (กรณีของถั่วลยถิกไนต์ละเอียดปานกลาง).....	70
4.37	ผลของปริมาณถั่วลยถิกไนต์ต่อค่าตัวประกอบของการสูญเสีย.....	71
4.38	ผลของขนาดอนุภาคถั่วลยถิกไนต์ต่อค่าตัวประกอบของการสูญเสีย (เมื่อเติมถั่วลยถิกไนต์ 10 phr).....	71
4.39	ผลของสารคู่ควบไซเลนต่อค่าตัวประกอบของการสูญเสีย (กรณีของถั่วลยถิกไนต์ที่รับมา).....	72

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
4.40	ผลของสารคู่ควบ ไซเลนต่อค่าค่าตัวประกอบของการสูญเสีย (กรณีของถ้ำลอย ลิกไนต์ละเอียดยานกลาง).....	73
4.41	ภาพถ่ายด้วยกล้อง SEM ของยางคอมพอสิตที่ไม่มีสารตัวเติม.....	74
4.42	ภาพถ่ายด้วยกล้อง SEM ของยางคอมพอสิตที่เติมถ้ำลอยลิกไนต์ที่รับมา 10 phr...	74
4.43	ภาพถ่ายด้วยกล้อง SEM ของยางคอมพอสิตที่เติมถ้ำลอยลิกไนต์ที่รับมา 50 phr...	75
4.44	ภาพถ่ายด้วยกล้อง SEM ของยางคอมพอสิตที่เติมถ้ำลอยลิกไนต์ละเอียดยานมาก 50 phr.....	75
4.45	ภาพถ่ายด้วยกล้อง SEM ของยางคอมพอสิตที่เติมถ้ำลอยลิกไนต์ละเอียดยานมาก 50 phr และเติมสารคู่ควบ ไซเลนด้วย.....	76
4.46	ภาพถ่ายด้วยกล้อง SEM ของยางคอมพอสิตที่เติมถ้ำลอยลิกไนต์ที่รับมา 30 phr โดยใช้น้ำยางชั้นในการเตรียมยางคอมพอสิต.....	76
4.47	การเปรียบเทียบค่ามอดูลัสระหว่างยางคอมพอสิตที่เติมเขม่าดำและเติม ถ้ำลอยลิกไนต์ละเอียดยานมาก.....	79
4.48	การเปรียบเทียบค่าตัวประกอบของการสูญเสียระหว่างยางคอมพอสิตที่เติมเขม่าดำ และเติมถ้ำลอยลิกไนต์ละเอียดยานมาก.....	79