สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(11)
รายการภาพประกอบ	(14)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(19)
บทที่	
1.บทนำ	
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กาว	
2.1.1 ศัพท์เทคนิคด้านกาว	4
2.1.2 ประเภทของกาว	5
2.1.3 ส่วนประกอบของกาว	7
2.1.4 รูปแบบของการติดประสาน	11
2.1.5 การทดสอบความแข็งแรงในการยึดติด	13
2.1.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการยึดติดระหว่างกาวกับวัสดุ	15
2.1.7 การเตรียมพื้นผิววัสดุและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมผิวหน้ายาง	
2.1.7.1 การเตรียมพื้นผิววัสดุ	17
2.1.7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมผิวหน้ายาง	23
2.1.8 ทฤษฎีการยึดติดของกาว	29
2.1.9 กาวพอลิยูรีเทน	32
2.1.10 กาวน้ำยางธรรมชาติ	35
2.1.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกาว	36

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
2.2	ยางธรรมชาติ	
	2.2.1 เศรษฐกิจและการตลาดยางของไทย	40
	2.2.2 ส่วนประกอบของน้ำยาง	41
	2.2.3 การปรับปรุงทางเคมีของยางธรรมชาติ	45
	2.2.4 ความว่องไวทางเคมีทั่วไป	45
	2.2.5 การพอลิเมอไรเซชันแบบอนุมูลเสรี	47
	2.2.6 การเตรียมการกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ กับเมทิลเมทาคริเลท	
	2.2.6.1 พอลิเมทิลเมทาคริเลท	51
	2.2.6.2 การเตรียมการกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ กับเมทิลเมทาคริเลท	51
	2.2.6.3 คุณสมบัติและการใช้งานของยางธรรมชาติกราฟต์ ด้วยเมทิลเมทาคริเลท	54
	2.2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกราฟต์ยางธรรมชาติ	55
3. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย		
3.1	วัสดุ	64
3.2	อุปกรณ์	68
3.3	วิธีการทดลอง	
	3.3.1 การศึกษาการยึดติดระหว่างยางกับหนังสังเคราะห์ ด้วยกาวทางการค้า	76
	3.3.2 การศึกษาสมบัติของยางสำหรับใช้ทดสอบการยึดติด	79
	3.3.3 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของการยึดติด	
	3.3.3.1 ศึกษาผลของความดันและชนิดของกาว	84
	3.3.3.2 ศึกษาผลของการเตรียมผิวหน้ายาง	85
	3.3.4 การเตรียมน้ำยางกราฟต์เมทิลเมทาคริเลทลงบนน้ำยางธรรมชาติ	
	3.3.4.1 การเตรียมเมทิลเมทาคริเลทมอนอเมอร์	86

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.4.2 การกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชัน	87
3.3.4.3 การหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์ (% conversion)	89
3.3.4.4 การหาเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการกราฟต์โคพอลิเมอไรซ์ (%grafting efficiency)	89
3.3.5 การเตรียมกาว	
3.3.5.1 การเตรียมกาวน้ำพอลิยูรีเทน	90
3.3.5.2 การเตรียมกาวน้ำยางธรรมชาติ	90
3.3.5.2.1 การเตรียมแทคคิไฟเออร์ในรูปอิมัลชัน	91
3.3.5.2.2 การเตรียมสารเคมีสำหรับใช้เตรียมกาว	92
3.3.5.2.3 สูตรกาวน้ำยางธรรมชาติ	93
3.3.5.3 การเตรียมกาวน้ำยางผสม	95
3.3.6 การวิเคราะห์สเปคตรัมด้วยวิธีทางสเปคโตรสโคปี	
3.3.6.1 กาวน้ำพอลิยูรีเทน	96
3.3.6.2 Backing หนังสังเคราะห์	97
3.3.6.3 สารเคมีสำหรับเตรียมผิวหน้ายาง	97
3.3.6.4 ผิวหน้ายาง	98
3.3.6.5 การกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชัน	98
3.3.7 การวิเคราะห์ผิวหน้ายางด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	98
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	
4.1 การยึดติดระหว่างยางกับหนังสังเคราะห์ด้วยกาวทางการค้า	100
4.2 สมบัติของยางสำหรับใช้ทดสอบการยึดติด	102
4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของการยึดติด	
4.3.1 ผลของความดันและชนิดกาว	107

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.2 ผลของการเตรียมผิวหน้ายาง	112
4.4 น้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชัน	
4.4.1 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์ (%conversion) กับเวลาในการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชัน ที่อัตราส่วนโมลของ NR/MMA เท่ากับ 95/5 และ 90/10	118
4.4.2 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์ (%conversion) ที่อัตราส่วนโมลของ NR/MMA เท่ากับ95/5, 90/10, 80/20, 70/30 และ 60/40 โดยใช้เวลาสังเคราะห์ 120 นาที	120
4.4.3 เปอร์เซนต์ประสิทธิภาพการกราฟต์โคพอลิเมอไรซ์ (%grafting efficiency) กับเวลาในการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชัน ที่อัตราส่วนโมลของ NR/MMA เท่ากับ 95/5 และ 90/10	122
4.4.4 Graft Properties ที่อัตราส่วนโมลของ NR/MMA เท่ากับ 95/5, 90/10, 80/20, 70/30 และ 60/40 ใช้เวลาสังเคราะห์ 120 นาที	124
4.5 ผลวิเคราะห์สเปคตรัมด้วยวิธีทางสเปคโตรสโคปี	
4.5.1 กาวน้ำพอลิยูรีเทน	126
4.5.2 Backing หนังสังเคราะห์	127
4.5.3 สารเคมีสำหรับเตรียมผิวหน้ายาง	128
4.5.4 ผิวหน้ายาง	130
4.5.5 การกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชัน	132
4.6 ผลวิเคราะห์ผิวหน้ายางด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	135
4.7 ค่าความแข็งแรงของการยึดติดของกาวน้ำยางธรรมชาติ	137
4.8 ค่าความแข็งแรงของการยึดติดของกาวน้ำยางผสม	141
5. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	150
5.2 ข้อเสนอแนะ	152
บรรณานุกรม	153

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ก. วิธีการคำนวน

ก.1 การหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์ (%conversion) 160

ก.2 การหาเปอร์เซนต์ประสิทธิภาพการกราฟต์โคพอลิเมอไรซ์ (% grafting efficiency) 161

ก.3 การเปลี่ยนหน่วย N/in ไปเป็น lbl/in 161

ก.4 การคำนวณ NR/MMA 162

ก.5 ราคากาวน้ำยางผสม 163

ข. ผลการวิเคราะห์ผิวหน้ายางยึดติดด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด 164

ค. สมบัติของกาว 172

ประวัติผู้เขียน 174

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	พลังงานพันธะของพันธะเคมีชนิดต่างๆ	31
2.2	การผลิต การส่งออก การใช้ยางธรรมชาติของประเทศไทย ปี 2542-2546	40
2.3	ตลาดส่งออกยางที่สำคัญของไทย	41
2.4	ส่วนประกอบของน้ำยางสด	42
3.1	ชนิดหนังสังเคราะห์ที่ใช้ทดสอบการยึดติด	78
3.2	ชนิดกาวที่ใช้ทดสอบการยึดติด	79
3.3	สูตรการเตรียมยางวัลคาไนซ์ (phr)	80
3.4	สูตรการเตรียมยางมาสเตอร์แบทช์ของเขม่าดำในยางธรรมชาติและยาง SBR	81
3.5	ส่วนประกอบของสารละลายมอนอเมอร์ (ส่วน Feeding)	87
3.6	ส่วนประกอบของสารเคมีในถังปฏิกรณ์หลัก (ส่วน Main reactor)	88
3.7	สูตรกาวน้ำยางธรรมชาติ (ส่วนโดยน้ำหนัก)	94
3.8	สูตรกาวน้ำยางธรรมชาติสำหรับใช้เตรียมกาวน้ำยางผสม (ส่วนโดยน้ำหนัก)	95
3.9	อัตราส่วนของกาวน้ำยางผสมระหว่างกาวน้ำพอลิยูรีเทนและกาวน้ำยางธรรมชาติ	96
4.1	ความแข็งแรงของการยึดติดของกาวทางการค้าด้วยการยึดติดระหว่างยางกับหนังชนิด A-E	101
4.2	สมบัติทางกายภาพของยางวัลคาไนซ์	103
4.3	ลักษณะการล้มเหลวของการยึดติด	106
4.4	ความแข็งแรงของการยึดติดก่อนและหลังการบ่มเร่งของน้ำยางธรรมชาติ (น้ำยางข้น 60 %DRC) ระหว่างยางกับหนัง PVC ชนิด E ที่ความดัน 2.5, 5, 10 และ 20 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร	108
4.5	ความแข็งแรงของการยึดติด ก่อนและหลังการบ่มเร่งของน้ำยางธรรมชาติ (น้ำยางข้น 60 %DRC) ระหว่างยางกับหนัง PU ชนิด B ที่ความดัน 2.5,5,10 และ 20 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร	109
4.6	ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวคลอโรพรีน ประเภท solvent based ระหว่างยางกับหนัง PVC ชนิด E	110

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.7 ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวคลอโรพรีน ประเภท Solvent base ระหว่างยางกับหนัง PU ชนิด B	111
4.8 ความแข็งแรงของการยึดติด ระหว่างยางและ หนัง PVC ชนิด E ด้วยกาวน้ำพอลิยูรีเทนโดยใช้ dongsung primer และ TCI/EA เป็นตัวทำละลายสำหรับเตรียมพื้นผิวหน้ายาง	113
4.9 ความแข็งแรงของการยึดติด ระหว่างยางและหนัง PU ชนิด B ของกาวน้ำพอลิยูรีเทน โดยใช้ dongsung primer และ TCI/EA เป็นตัวทำละลายสำหรับเตรียมพื้นผิวหน้ายาง	115
4.10 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์กับเวลาในการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชันของอัตราส่วนโมล NR/MMA เท่ากับ 95/5	119
4.11 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์กับเวลาในการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชันของอัตราส่วนโมล NR/MMA เท่ากับ 90/10	119
4.12 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์ ของอัตราส่วนโมล NR/MMA เท่ากับ 95/5, 90/10, 80/20, 70/30, และ 60/40 ที่เวลาสังเคราะห์ 120 นาที	121
4.13 เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการกราฟต์โคพอลิเมอไรซ์ กับเวลาในการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชันที่อัตราส่วนโมลของ NR/MMA เท่ากับ 95/5	122
4.14 เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการกราฟต์โคพอลิเมอไรซ์ กับเวลาในการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชันที่อัตราส่วนโมลของ NR/MMA เท่ากับ 90/10	122
4.15 Graft Properties ของอัตราส่วนโมล NR/MMA เท่ากับ 95/5, 90/10, 80/20, 70/30 และ 60/40 ซึ่งใช้เวลาสังเคราะห์ 120 นาที	124
4.16 ความแข็งแรงของการยึดติดของกาวน้ำยางธรรมชาติ สูตร 8	138
4.17 ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางธรรมชาติ สูตร 9	138
4.18 ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางธรรมชาติ สูตร 10	139
4.19 ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางธรรมชาติ สูตร 11 โดยการใช้น้ำยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลทที่อัตราส่วนโมล NR/MMA เท่ากับ 95/5, 90/10, 80/20, 70/30 และ 60/40	140

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

4.20 ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางธรรมชาติ สูตร 12 โดยการใช้ NR-g-MMA ที่อัตราส่วนโมล NR/MMA เท่ากับ 95/5, 90/10, 80/20, 70/30 และ 60/40 140
4.21 ความแข็งแรงของการยึดติดของกาวน้ำยางผสม สูตร 13 142
4.22 ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางผสมสูตร 14 143
4.23 ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางผสมสูตร 15 144
4.24 ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางผสมสูตร 16 145
4.25 ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางผสมสูตร 17 146
4.26 ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางผสมสูตร 18 147
4.27 ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางผสมสูตร 19 148

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
2.1	การยึดติดของกาว	4
2.2	กาวที่ใช้แทคคิไฟเออร์และการนำไปใช้งาน	9
2.3	โครงสร้างทางเคมีของ Rosin	10
2.4	กระบวนการเตรียม hydrogenated rosin ester	10
2.5	แหล่งกำเนิดของ C5&C9 resin oils	11
2.6	Lab/Overlap Joint	11
2.7	Joggle Lab Joint	12
2.8	Butt Joint	12
2.9	Scarf Joint	12
2.10	Strap Joint	13
2.11	Cylindrical Joint	13
2.12	การดึงในแนวตั้งฉากกับการติดยึด	13
2.13	การดึงในแนวระนาบที่ขนานกับการยึดติด	14
2.14	แรงแยก	14
2.15	การดึงลอก	14
2.16	มุมสัมผัสระหว่างกาวและพื้นผิววัสดุ	15
2.17	มุมสัมผัสระหว่างหยดของเหลวบนพื้นผิววัสดุที่เป็นของแข็ง	16
2.18	การเปียกผิววัสดุ	17
2.19	ปฏิกิริยาคลอริเนชั่น	18
2.20	ปฏิกิริยาคลอริเนชั่นบนผิวหน้ายางที่มีพันธะคู่ด้วย TCICA	19
2.21	พลังงานพื้นผิวบนผิวหน้ายางวัลคาไนซ์ SBR ที่เตรียมผิวหน้าด้วย TCICA/EA ที่ความเข้มข้น 3 % น้ำหนัก/ปริมาตร	19

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
2.22	มุมสัมผัสบนผิวหน้ายางที่เตรียมผิวหน้าด้วย TCI/MEK 0.5 %โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 25 ^{o}C เวลา 15 นาที	20
2.23	วิธีการเตรียมผิวหน้าวัสดุด้วย Corona Discharge Treatment	22
2.24	วิธีการเตรียมผิวหน้าวัสดุด้วย Flame Treatment	22
2.25	วิธีการเตรียมผิวหน้าวัสดุด้วย Plasma Treatment	23
2.26	แรงยึดติดทางกล	29
2.27	แรงยึดติดด้วยแรงทางไฟฟ้า	30
2.28	การยึดติดด้วยแรงกระทำระหว่างโมเลกุลของกาวและวัสดุ	30
2.29	การยึดติดที่เกิดจากพันธะเคมี	31
2.30	การยึดติดที่เกิดจากการแทรกผ่านรวมเข้ากันของโมเลกุล	32
2.31	ปฏิกิริยาการสังเคราะห์พอลิยูรีเทน	33
2.32	ลักษณะอนุภาคยางธรรมชาติ	42
2.33	คาร์บอนอะตอมในสายโซ่ยางธรรมชาติ	45
2.34	อะตอมไฮโดรเจนที่ว่องไวบนยางธรรมชาติ	46
2.35	เรโซแนนซ์ ไฮบริดของยางธรรมชาติ	46
3.1	เครื่องทดสอบความทนต่อแรงดึง	68
3.2	เครื่องผสมยางสองลูกกลิ้ง	68
3.3	เครื่องอัดเบ้า	69
3.4	เครื่องอัดเบ้า รุ่น LCC 140	69
3.5	เครื่องทดสอบเวลาการวัลคาไนซ์ของยาง	70
3.6	เครื่องวัดความแข็ง	70
3.7	เครื่องขัดกระดาษทราย	71
3.8	ชุดอุปกรณ์สำหรับกระบวนการสังเคราะห์น้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์	72
3.9	ชุดสกัด soxhlet	72
3.10	ตู้อบสุญญากาศ	71

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
3.11	ตู้อบ	73
3.12	เครื่องบดสารเคมี	74
3.13	เครื่อง fourier transform infrared spectrometer	74
3.14	เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	75
3.15	ตู้อบบ่มเร่งชนิด gear aging	75
3.16	เครื่องวัดความหนืดยางเป็นแบบ brookfield viscometer	76
3.17	ชิ้นทดสอบความแข็งแรงติดของกาวด้วยวิธีการดึงลอก	77
3.18	ลักษณะตัวอย่างชิ้นทดสอบรูป Dumbbell	82
3.19	ลักษณะตัวอย่างชิ้นทดสอบแบบมุม	81
4.1	ความแข็งแรงของการยึดติดของกาวทางการค้า ด้วยการยึดติดระหว่างยาง กับหนังชนิด A-E	100
4.2	ความทนต่อแรงดึงของยางวัลคาไนซ์	103
4.3	ระยะยืด ณ จุดขาดของยางวัลคาไนซ์	104
4.4	ความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางวัลคาไนซ์	105
4.5	ความแข็งของยางวัลคาไนซ์	105
4.6	ลักษณะการล้มเหลวของการยึดติดโดยยางขาดก่อนการดึงลอก	107
4.7	ความแข็งแรงของการยึดติด ก่อนและหลังการบ่มเร่ง ของน้ำยางธรรมชาติ (น้ำยางข้น 60%DRC) ระหว่างยางวัลคาไนซ์กับหนัง PVC ที่ความดัน 2.5, 5, 10 และ 20 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร	108
4.8	ความแข็งแรงของการยึดติด ก่อนและหลังการบ่มเร่งของน้ำยางธรรมชาติ (น้ำยางข้น 60 %DRC) ระหว่างยาง กับหนัง PU ชนิด B ที่ความดัน 2.5, 5, 10 และ 20 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร	109
4.9	ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวคลอโรพรีน ประเภท Solvent based ระหว่างยางกับหนัง PVC ชนิด E	111
4.10	ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวคลอโรพรีน ประเภท Solvent based ระหว่างยางกับหนัง PU ชนิด B	112

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
4.11	ความแข็งแรงของการยึดติด ระหว่างยางและ หนัง PVC ชนิด E ด้วยกาวน้ำพอลิยูรีเทนโดยใช้ dongsung primer และ TCI/EA เป็นตัวทำละลายสำหรับเตรียมพื้นผิวหน้ายาง	113
4.12	ความแข็งแรงของการยึดติด ระหว่างยางและหนัง PU ชนิด B ของกาวน้ำพอลิยูรีเทน โดยใช้ dongsung primer และ TCI/EA เป็นตัวทำละลายสำหรับเตรียมพื้นผิวหน้ายาง	115
4.13	ความแข็งแรงของการยึดติด ระหว่างยางและ หนัง PVC ชนิด E และหนัง PU ชนิด B ของกาวน้ำพอลิยูรีเทนโดยใช้ TCI/EA เป็นตัวทำละลายสำหรับเตรียมพื้นผิวหน้ายาง	116
4.14	ความแข็งแรงของการยึดติด ระหว่างยางและ หนัง PVC ชนิด E และหนัง PU ชนิด B ของกาวน้ำพอลิยูรีเทนโดยใช้ dongsung primer เป็นตัวทำละลายสำหรับเตรียมพื้นผิวหน้ายาง	117
4.15	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์ กับเวลาในการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชัน ของอัตราส่วนโมล NR/MMA เท่ากับ 95/5 และ 90/10	119
4.16	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์ ของอัตราส่วนโมล NR/MMA เท่ากับ 95/5, 90/10, 80/20, 70/30 และ 60/40 ใช้เวลาสังเคราะห์ 120 นาที	121
4.17	เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการกราฟต์โคพอลิเมอไรซ์ กับเวลาในการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชันที่อัตราส่วนโมลของ NR/MMA เท่ากับ 95/5 และ 90/10	123
4.18	เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการกราฟต์โคพอลิเมอไรซ์ อัตราส่วนโมลของ NR/MMA เท่ากับ 95/5, 90/10, 80/20, 70/30 และ 60/40 ใช้ เวลาสังเคราะห์ 120 นาที	124
4.19	%PMMA และ NR ที่ไม่กราฟต์ ของอัตราส่วนโมล NR/MMA เท่ากับ 95/5, 90/10, 80/20, 70/30 และ 60/40 ใช้เวลาสังเคราะห์ 120 นาที	125
4.20	สเปคตรัมของกาวน้ำพอลิยูรีเทน	126
4.21	สเปคตรัมของ (ก) Backing หนัง PVC ชนิด E (ข) Backing หนัง PU ชนิด B	127
4.22	สเปคตรัมของ (ก) trichloro isocyanuric acid (TCI) (ข) DS-BOND & Powerful	128

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
4.23	สเปคตรัมของ (ก) trichloroisocyanuric acid (TCI) / ethyl acethate (EA) (ข) dongsung primer	129
4.24	สเปคตรัมของพื้นผิวยางที่เตรียมผิวหน้ายางโดยใช้ TCI/EA และ dongsung primer (ก) ยังไม่ได้ทา primer (R0) (ข) R0- 1 wt% primer (ค) R0- 2 wt% primer (ง) R0- 3 wt% primer	131
4.25	สเปคตรัมของ (ก) ยางธรรมชาติ (ข) กราฟต์โคพอลิเมอร์อัตราส่วนโมล NR/MMA เท่ากับ 95/5 (ค) กราฟต์โคพอลิเมอร์อัตราส่วนโมล NR/MMA เท่ากับ 90/10 (ง) กราฟต์โคพอลิเมอร์อัตราส่วนโมล NR/MMA เท่ากับ 80/20 (จ) กราฟต์โคพอลิเมอร์อัตราส่วนโมล NR/MMA เท่ากับ 70/30 (ฉ) กราฟต์โคพอลิเมอร์อัตราส่วนโมล NR/MMA เท่ากับ 60/40	134
4.26	ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพบนผิวหน้ายางวัลคาไนซ์ที่ผ่านขัดผิวหน้าให้ขรุขระที่ทาด้วย 1, 2, 3 wt% TCI/EA และ 1, 2, 3 wt% dongsung primer ที่กำลังขยาย 5000 เท่า	136
4.27	ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางผสม สูตร 13	142
4.28	ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางผสมสูตร 14	143
4.29	ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางผสมสูตร 15	144
4.30	ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางผสมสูตร 16	145
4.31	ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางผสมสูตร 17	146
4.32	ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางผสมสูตร 18	147
4.33	ความแข็งแรงของการยึดติด ของกาวน้ำยางผสมสูตร 19	148

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

ตัวย่อ

ตัวย่อ	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย
Ibl/in	pound/inch	ปอนด์/นิ้ว
EA	ethyl acethate	เอททิลอะซีเตท
$_{ip}$	in plane	แนวระนาบ
k_d	dissociation contant	ค่าคงที่เฉพาะของการแตกตัว
k_i	initiator contant	ค่าคงที่เฉพาะของการเริ่มต้น
k_p	propagation contant	ค่าคงที่เฉพาะของการขยายตัว
k_{tc}	combination termination contant	ค่าคงที่เทอร์มิเนชั่นแบบรวมตัว
k_{td}	dissociation termination contant	ค่าคงที่เทอร์มิเนชั่นแบบแตกตัว
Kg/cm^2	kilogram/squarecentimeter	กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร
MDR	moving die rheometer	เครื่องทดสอบหาเวลาการวัลคาไนซ์ของยาง
MEK	methyl ethyl ketone	เมทิลเอทิลคีโตน
mm	milimeter	มิลลิเมตร
mm^2	square milimeter	ตารางมิลลิเมตร
M	monomer	มอนอเมอร์
N	newton	นิวตัน
NR	natural rubber	ยางธรรมชาติ
$_{oop}$	out of plane	นอกระนาบ
PMMA	polymethylmethacrylate	พอลิเมทิลเมทาคริเลท
phr	part per hundred rubber	ส่วนต่อยางร้อยส่วน
PU	polyurethane	พอลิยูรีเทน
PVC	polyvinylchloride	พอลิไวนิลคลอไรด์
R^*	free radical	อนุมูลเสรี
Ro	vulcanize rubber	ยางวัลคาไนซ์
SBR	styrene butadiene rubber	ยางเอสบีอาร์

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ (ต่อ)

ตัวย่อ	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย
SEM	scaning electron microscopy	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
St	stretching	การยืด
TCI	trichloroisocyanuric acid	ไตรคลอโรไอโซไซยานูริค แอซิด
wt%	%by weight	% โดยน้ำหนัก