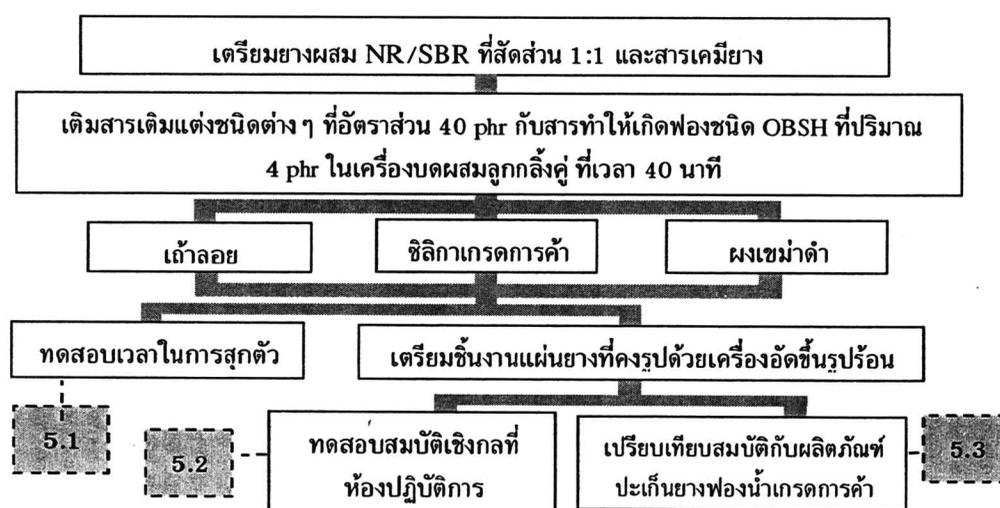


บทที่ 5 การนำผลการวิจัยทดลองผลิตในระดับโรงงานผลิตภัณฑ์ยาง

ผลการวิจัยยางฟองน้ำจากยางผสม NR/SBR ที่มีสารเติมแต่งผงถั่วลอซ ผงซิลิกาเกรดการค้ำ และผงเขม่าดำในห้องปฏิบัติการ การตรวจสอบลักษณะการเกิดฟองและสมบัติเชิงกลของยางผสม พบว่า ยางฟองน้ำที่เติมผงซิลิกาเกรดการค้ำ และผงเขม่าดำมีการเกิดเซลล์ฟองที่มากกว่ายางผสมที่เติมสารเติมแต่งถั่วลอซ และมีสมบัติความต้านแรงดึง ความต้านแรงฉีกขาดและความแข็งที่สูงกว่า ส่วนยางฟองน้ำที่เติมผงถั่วลอซ พบว่ายางฟองน้ำมีสมบัติการคืนตัวเมื่อได้รับแรงอัด และการกระดอนที่ต่ำกว่า เมื่อเทียบกับยางผสมที่เติมผงซิลิกาเกรดการค้ำและผงเขม่าดำ ดังนั้น ผู้วิจัยได้นำสูตรยางฟองน้ำจากยางผสม NR/SBR ทดลองผลิตชิ้นงานปะเก็นยางในระดับ โรงงาน และทดสอบเปรียบเทียบชิ้นงานปะเก็นเกรดการค้ำ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริง

5.1 การนำผลการวิจัยทดลองผลิตในระดับโรงงานยาง

นำสูตรยางฟองน้ำจากยางผสม NR/SBR ที่เติมสารเติมแต่งชนิดต่างๆ ไปทดลองผลิตในระดับ โรงงาน โดยได้รับความอนุเคราะห์เครื่องผสมลูกกลิ้งคู่ แม่พิมพ์ขึ้นรูปแผ่นชิ้นงาน และเครื่องอัดขึ้นรูป จากบริษัท ย่งไทยการยาง จำกัด ตั้งอยู่ที่ 7/29 หมู่ 1 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล กรุงเทพฯ โดยเลือกสูตรยางฟองน้ำจากยางผสม NR/SBR ที่สัดส่วน 1:1 ที่เติมสารเติมแต่งผงถั่วลอซ ซิลิกา และผงเขม่าดำ ที่ปริมาณสัดส่วน 40 phr สารทำให้เกิดฟองชนิด OBSH ที่ปริมาณ 4 phr แสดงขั้นตอนแผนการดำเนินงาน และสูตรยางที่ใช้ในการทดลองดังรูปที่ 5.1 และตารางที่ 5.1 ตามลำดับ ดังนี้



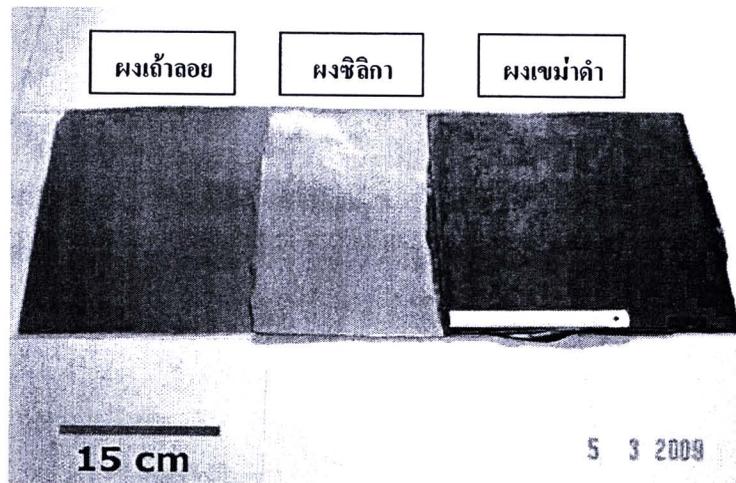
รูปที่ 5.1 แผนการดำเนินงานทดลองผลิตในโรงงานผลิตภัณฑ์ยาง

ตารางที่ 5.1 สูตรยางพองน้ำจากยางผสม NR/SBR ที่มีสารเติมแต่งผงเถ้าลอย ซิลิกาเกรดการค้า และผงเขม่าดำ ที่ทดลองใช้ผลิตใน โรงงานผลิตภัณฑ์ปะเก็นยาง

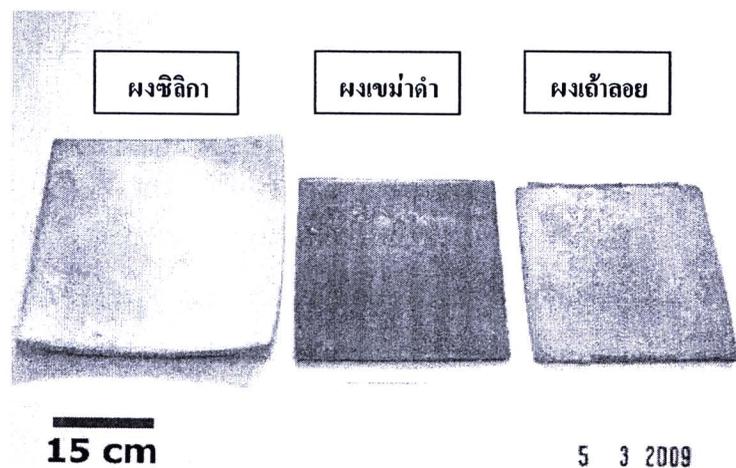
สารเคมี	ปริมาณ (phr)
1. ยางธรรมชาติ STR20 และยางเอสบีอาร์ SBR1712	100 ส่วน
2. ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide, ZnO)	5.0
3. กรดสเตียริก	3.0
4. บิวทิลเลทไฮดรอกซีโทลูอีน (Butylated hydroxy toluene, BHT)	1.0
5. สารเติมแต่ง - ผงเถ้าลอย* - ผงซิลิกาเกรดการค้า - ผงเขม่าดำ	40
6. พอลิเอทิลีนไกลคอล	5% น้ำหนักซิลิกาเกรดการค้า
7. เมอร์แคปโตเบนโซไทอาโซล (Mercaptobenzothiazole, MBT)	1.0
8. สารทำให้เกิดฟองชนิดออกซีบิสเบนซีนซัลโฟนิลไฮดราไซด์ [Oxybis(benzene sulfonyl hydrazide), OBSH]	4
9. กำมะถัน	1.5

* คัดจากปริมาณของซิลิกาที่มีอยู่ในเถ้าลอยที่ 40%

ขั้นตอนการดำเนินงาน มีดังนี้ นำสูตรยางในตารางที่ 5.1ทำการผสมด้วยเครื่องบดผสมลูกกลิ้งคู่ โดยใช้เวลาในการผสมเท่ากันทั้ง 3 สูตร (ผงเถ้าลอย ซิลิกาเกรดการค้า และผงเขม่าดำ) ที่ 40 นาที หลังจากนั้นนำยางคอมปาวด์ที่ได้ ทดสอบสมบัติการสุกตัวของยางตามงานหมายเลข 5.1 เวลาในการคงรูปยางที่ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เครื่อง Oscillating Disk Rheometer (ODR) ที่อุณหภูมิ 160°C ต่อจากนั้นทำการขึ้นรูปชิ้นงานปะเก็นพองน้ำยางแผ่นเรียบ / แผ่นยางกันกระแทก โดยใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นงานลักษณะแผ่นเรียบที่โรงงาน ความหนาแม่พิมพ์ 2 ขนาด คือ 310x310x2 mm และ310x310x10 mm ขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปร้อนระบบแรงดัน ที่อุณหภูมิขึ้นรูป 160°C แรงดันแม่พิมพ์ 100 kg/cm³ ดังแสดงในรูปที่ 5.2 และ5.3 ดังนี้



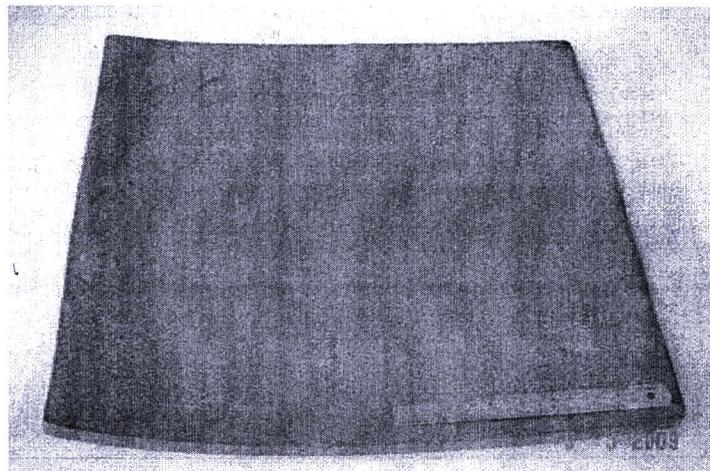
รูปที่ 5.2 แผ่นปะเก็นยางฟองน้ำยางผสม NR/SBR ที่มีผงถั่วลอ่ย ซิลิกา และผงเขม่าดำเป็นสารเติมแต่งที่ขึ้นรูปจากโรงงาน ที่ใช้แม่พิมพ์ขนาด 310x310x2 mm



รูปที่ 5.3 แผ่นปะเก็นยางฟองน้ำยางผสม NR/SBR ที่มีผงซิลิกา ผงเขม่าดำ และผงถั่วลอ่ย เป็นสารเติมแต่งที่ขึ้นรูปจากโรงงาน ที่ใช้แม่พิมพ์ขนาด 310x310x10 mm

รูปที่ 5.2 และ 5.3 แสดงชิ้นงานแผ่นปะเก็นยางฟองน้ำยางผสม NR/SBR ที่เติมผงถั่วลอ่ย ผงซิลิกา และผงเขม่าดำ ขึ้นรูปจากโรงงานที่ใช้แม่พิมพ์ขนาดความหนาต่างๆ พบว่า ชิ้นงานความหนา 2 mm ขนาดของชิ้นงานไม่แตกต่างกัน และผิวชิ้นงานมีความเรียบ แต่เมื่อขึ้นรูปที่ความหนาชิ้นงาน 10 mm พบว่า ยางฟองน้ำยางผสม NR/SBR ที่เติมผงถั่วลอ่ย ชิ้นงานมีสีน้ำตาลเข้ม ผิวชิ้นงานมีลักษณะหยาบ และมีรอยขีดข่วน ชิ้นงานมีการพองตัวขนาดเพิ่มขึ้นประมาณ 46% เมื่อเทียบกับขนาดของแม่พิมพ์ และการตรวจสอบชิ้นงานยางฟองน้ำจากยางผสม NR/SBR ที่เติมผงเขม่าดำ พบว่า ชิ้นงานมีสีดำ ผิว

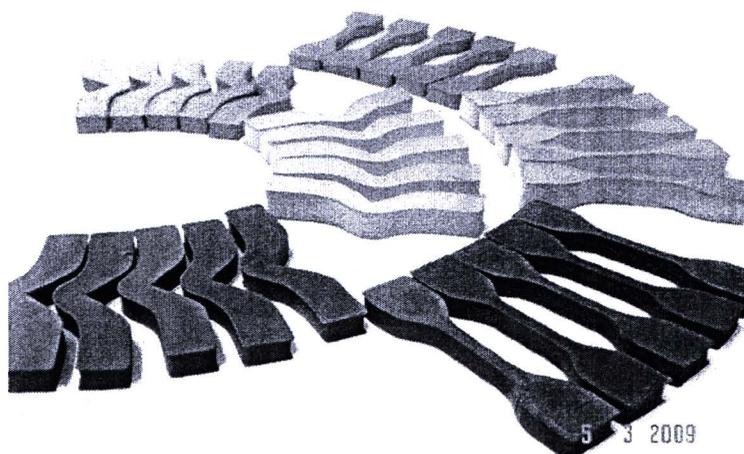
มันและมีความเรียบ ชิ้นงานมีการพองตัวขนาดเพิ่มขึ้นประมาณ 31% เมื่อเทียบกับขนาดของแม่พิมพ์ ส่วนการเติมผงซิลิกาเกรดการค้าในยางพองน้ำยางผสม พบว่า ชิ้นงานมีสีขาวขุ่น บริเวณผิวและขอบ ชิ้นงานมีความเรียบ แสดงในรูปที่ 5.4 ส่วนขนาดชิ้นงานยางพองน้ำของยางผสมที่เติมซิลิกามีการพองตัวมากกว่าการเติมผงถั่วลอถอยและผงเขม่าดำ ชิ้นงานมีขนาดเพิ่มขึ้นประมาณ 150% เมื่อเทียบกับขนาดของแม่พิมพ์



รูปที่ 5.4 ลักษณะชิ้นงานยางพองน้ำแผ่นเรียบจากยางผสม NR /SBR ที่เติมผงซิลิกาเกรดการค้า

5.2 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

นำชิ้นงานแผ่นปะเก็นยางพองน้ำแผ่นเรียบจากยางผสม NR/SBR ที่เติมผงถั่วลอถอย ผงซิลิกาเกรดการค้า และผงเขม่าดำ ที่ขึ้นรูปเป็นแผ่นปะเก็นยาง/แผ่นยางกันกระแทก จากโรงงาน ที่มีความหนาทั้งสองขนาด ทำการเตรียมขึ้นรูปชิ้นงานตามมาตรฐานทดสอบ ที่ใช้ในการทดสอบความต้านแรงดึง ความต้านแรงฉีกขาด การยึดตัวที่จุดขาด และความแข็ง ดังแสดงในรูปที่ 5.5 และเตรียมชิ้นงานทดสอบการยุบตัวเมื่อได้รับแรงอัดและสมบัติการกระดอนของยางพองน้ำ



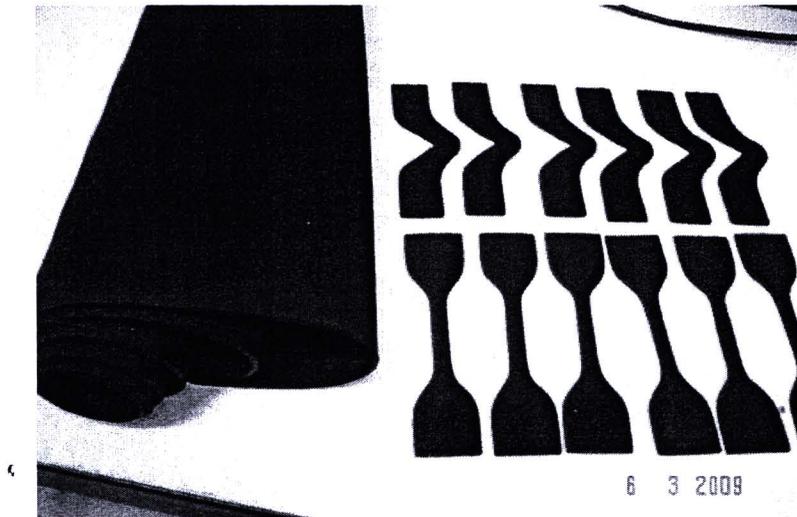
รูปที่ 5.5 ชิ้นงานยางฟองน้ำแผ่นเรียบจากยางผสม NR/SBR ที่เติมผงเถ้าลอย ซิลิกาเกรดการค้ำ และผงเขม่าดำที่เตรียมขึ้นรูป ที่ใช้ทดสอบความต้านแรงดึง และความต้านแรงฉีกขาด

5.3 การเปรียบเทียบสมบัติยางปะเก็นจากการวิจัยกับผลิตภัณฑ์ยางปะเก็นเกรดการค้ำ

ทำการเปรียบเทียบสมบัติผลิตภัณฑ์ยางปะเก็นฟองน้ำแผ่นเรียบ/แผ่นยางกันกระแทก ที่ได้จากการวิจัย กับผลิตภัณฑ์ยางปะเก็น/แผ่นยางกันกระแทกเกรดการค้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ยางปะเก็นฟองน้ำแผ่นเรียบ/แผ่นยางกันกระแทก จากวัสดุยางธรรมชาติ ความหนา 2 mm ชื่อการค้า Gomspor® เกรด N145 จากบริษัท Inoac Corporation Co., Ltd. Tokyo, Japan จัดจำหน่ายโดยบริษัท Techno Foam จำกัด จังหวัดกรุงเทพฯ การนำใช้งานของผลิตภัณฑ์ทางด้าน Shock absorbing, Seals lamp gaskets, Anti-vibration materials, Heat insulation seals ทำการเตรียมชิ้นงานทดสอบความต้านแรงดึง ความต้านแรงฉีกขาด การยึดตัว และความแข็ง ดังแสดงในรูปที่ 5.6
2. ยางปะเก็นฟองน้ำแผ่นเรียบ/แผ่นยางกันกระแทก จากวัสดุยางธรรมชาติ ความหนา 10 mm โดยเลือกเกรดที่ใช้งานทั่วไป สำหรับผลิตภัณฑ์ปะเก็นยาง/แผ่นยางกันกระแทก ผลิตจากบริษัท ศรีสุวรรณ คอนเวเยอร์เบลท์ แอนด์ รับเบอร์ จำกัด จังหวัดสมุทรปราการ จำหน่ายโดยร้านนันทพงศ์การยางและยูรีเทน เขตราชบุรีบูรณะ จังหวัดกรุงเทพฯ ทำการเตรียมชิ้นงานทดสอบความต้านแรงดึง ความต้านแรงฉีกขาด การยึดตัว และความแข็ง เช่นเดียวกับรูปที่ 5.6 และเตรียมชิ้นงาน

ทดสอบการยุบตัวเมื่อได้รับแรงอัดและสมบัติการกระดอนของยางฟองน้ำ ตามมาตรฐานทดสอบ



รูปที่ 5.6 ยางปะเก็น/แผ่นยางกันกระแทกเกรดการค้า วัสดุยางธรรมชาติ จากบริษัท Techno Foam จำกัด ที่เตรียมขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบความต้านแรงดึง และความต้านแรงฉีกขาด

ส่วนงานหมายเลข 5.2 และ 5.3 เป็นการตรวจสอบสมบัติของยางปะเก็นฟองน้ำ/แผ่นยางกันกระแทก จากยางผสม NR/SBR ที่ได้จากการวิจัย ที่ขึ้นรูปจาก โรงงานยาง ที่ความหนาชิ้นงานขนาด 2 mm และความหนา 10 mm เปรียบเทียบกับยางปะเก็นฟองน้ำ/แผ่นยางกันกระแทกเกรดการค้า ที่ความหนา ชิ้นงาน 2 ขนาดเช่นเดียวกัน และทำการศึกษาสมบัติด้านความต้านแรงดึง ความต้านแรงฉีกขาด การยืดตัวที่จุดขาด ความแข็ง การยุบตัวเมื่อได้รับแรงอัด และการกระดอน ตามมาตรฐานทดสอบ ผลการ ทดสอบสมบัติยางปะเก็นฟองน้ำ/ยางกันกระแทกเกรดการค้า แสดงในตารางที่ 5.2 ดังนี้



ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบสมบัติของยางปะเก็นฟองน้ำ/ยางกันกระแทก จากยางผสมระหว่าง NR/SBR ที่เติมเต็มด้วย ซิลิกาเกรดคาร์ค้ำ และผงเเมม่าค้ำ ที่ได้จากการวิจัยที่ขึ้นรูปที่โรงงานกับยางปะเก็นฟองน้ำ/ยางกันกระแทกเกรดคาร์ค้ำ

สมบัติ	ยางปะเก็นฟองน้ำ/ยางกันกระแทก จากยางผสม NR/SBR ขึ้นรูปที่โรงงานยาง (บริษัท ย่างไทย การยาง จำกัด) ^a									
	ความหนา 2 mm			ความหนา 10 mm			ยางปะเก็นฟองน้ำ/ยางกันกระแทก เกรดคาร์ค้ำ			
	เถ้าลอย	ซิลิกา	เเมม่าค้ำ	เถ้าลอย	ซิลิกา	เเมม่าค้ำ	ความหนา 2 mm ^(a)	ความหนา 10 mm ^(b)		
1. ความหนาแน่นสัมพัทธ์	1.25	1.03	1.03	1.00	0.40	0.93	0.22	0.42		
2. เวลาในการสุกตัว (min : sec)	8 : 31	4 : 17	4 : 03	8 : 31	4 : 17	4 : 03	N/A	N/A		
3. มอดุลิตี้ที่การยืดตัว 100% (MPa)	1.1 ± 1	1.2 ± 1	1.6 ± 1	0.7 ± 1	0.4 ± 0	1.5 ± 1	0.6 ± 1	1.7 ± 1		
4. ความต้านแรงดึง (MPa)	6 ± 0	14 ± 1	16 ± 1	2 ± 0	3 ± 0	8 ± 1	1 ± 0	2 ± 0		
5. การยืดตัวที่จุดขาด (%)	544 ± 20	725 ± 16	610 ± 13	279 ± 36	447 ± 18	456 ± 16	162 ± 7	152 ± 1		
6. ความต้านแรงตึงผิว (kN/m)	13 ± 1	27 ± 1	30 ± 1	12 ± 0	12 ± 1	27 ± 0	3 ± 0	10 ± 0		
7. ความแข็ง (Shore A)	42	47	50	36	30	48	20	38		
8. การยุบตัวเมื่อได้รับแรงอัด (%)	N/A	N/A	N/A	56	73	69	N/A	100		
9. การกระดอน (%)	N/A	N/A	N/A	72	66	70	N/A	41		

หมายเหตุ การทดสอบข้อ 1 และ 9 จากห้องปฏิบัติการทดสอบทางกายภาพ ส่วนอุตสาหกรรมยาง สถาบันวิจัยยาง

การทดสอบข้อ 2 – 8 จากห้องปฏิบัติการของคณะวิจัยฯ

^(a) ยางปะเก็น/แผ่นยางกันกระแทก จากวัสดุของธรรมชาติ ชื่อการค้า Gomspor[®] เกรด N145 จากบริษัท Inoac Corporation Co., Ltd., Japan

^(b) ยางปะเก็น/แผ่นยางกันกระแทก จากวัสดุของธรรมชาติ ผลิตจาก บริษัท ศรีสุพรรณ คอนเวเยอร์เบลท์ แอนด์ รีบเบลท์ จำกัด

N/A ไม่สามารถทดสอบได้/ขนาดชิ้นงานทดสอบไม่ได้มาตรฐาน



ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติของยางปะเก็นฟองน้ำ/ยางกันกระแทก จากยางผสมระหว่าง NR/SBR ที่เติมสารเติมแต่งถั่วลอย ซิลิกาเกรดการค้ำ และผงเขม่าดำ ที่ได้จากการวิจัยที่ขึ้นรูปจากโรงงานยาง กับยางปะเก็นฟองน้ำ/ยางกันกระแทกเกรดการค้ำ ที่ความหนาชิ้นงาน 2 mm และ 10 mm สามารถสรุป ได้ดังนี้

1. ชิ้นงานยางปะเก็นฟองน้ำที่ได้จากการวิจัย ที่ขึ้นรูปจากโรงงานยาง ขนาดความหนา 2 mm ลักษณะผิวเรียบและขนาดของชิ้นงานไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนชิ้นงานที่ขนาดความหนา 10 mm ที่เติมผงถั่วลอย พบว่า ชิ้นงานมีผิวหยาบและมีรอยขีดข่วน ส่วนการเติมผงซิลิกาและผงเขม่าดำ ทำให้ชิ้นงานมีผิวเรียบ
2. ยางปะเก็นฟองน้ำจากยางผสม NR/SBR ที่เติมสารเติมแต่งผงซิลิกาเกรดการค้ำ มีการพองตัวมากที่สุด รองลงมาเป็นยางปะเก็นฟองน้ำที่เติมผงถั่วลอย และผงเขม่าดำ ตามลำดับ
3. ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของยางปะเก็นฟองน้ำจากยางผสม NR/SBR ที่เติมผงซิลิกาเกรดการค้ำมีค่าน้อยสุด ส่วนยางฟองน้ำที่เติมผงเขม่าดำ ผงถั่วลอย มีความหนาแน่นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น ตามลำดับ
4. สมบัติเชิงกลของยางปะเก็นฟองน้ำจากยางผสม NR/SBR ที่เติมผงถั่วลอย ผงซิลิกาเกรดการค้ำ และผงเขม่าดำ ความหนา 2 mm ที่ได้จากการวิจัยที่ขึ้นรูปจากโรงงานยาง มีสมบัติเชิงกล ดังนี้ มอดูลัสที่การยืดตัว 100% ความต้านแรงดึง การยืดตัวที่จุดขาด ความต้านแรงฉีกขาด และความแข็ง สูงกว่ายางปะเก็นฟองน้ำ ที่ความหนา 10 mm
5. สมบัติเชิงกลของยางปะเก็นฟองน้ำจากยางผสม NR/SBR ที่เติมผงถั่วลอย ผงซิลิกาเกรดการค้ำ และผงเขม่าดำ ที่ได้จากการวิจัยขึ้นรูปจากโรงงานยาง พบว่า สมบัติเชิงกลโดยรวม สูงกว่าปะเก็นยางฟองน้ำ/ยางกันกระแทกเกรดการค้ำ ที่ความหนาชิ้นงานเท่ากัน
6. ยางปะเก็นฟองน้ำจากยางผสม NR/SBR ที่เติมผงถั่วลอย มีสมบัติการต้านต่อการขูดผิวเมื่อได้รับแรงอัด (การคืนกลับตัวที่ดี) และการกระดอนที่เพิ่มขึ้น