



บทที่ 3 วัตถุดิบและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 ยางธรรมชาติเกรด STR20

ยางธรรมชาติเกรด STR20 (Standard Thai Rubber 20) ที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากมีการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย หาซื้อได้ง่าย ราคาค่อนข้างต่ำกว่าเกรดอื่นๆ มีค่า Mooney viscosity [ML (1+4)100°C] เท่ากับ 72 จากบริษัท ช่วยชวน จำกัด

3.1.2 ยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ เกรด SBR1712

ยางเอสบีอาร์ เกรด SBR1712 (Styrene Butadiene Rubber, SBR) เป็นยางสังเคราะห์ที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมยางอย่างแพร่หลาย มีส่วนประกอบของ สไตรีน 24.5% น้ำมัน 28.8% และกรดอินทรีย์ 5.7% มีค่า Mooney viscosity [ML (1+4)100°C] เท่ากับ 46 ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากบริษัท บีเอสที อีลาส โดเมอร์ส จำกัด

3.1.3 ซิงค์ออกไซด์ (ZnO)

ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide, ZnO) เป็นสารทำหน้าที่กระตุ้นปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ในกระบวนการผลิตยาง จากบริษัท ซีออน เคมีคัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

3.1.4 กรดสเตียริก (Stearic acid)

กรดสเตียริก (Stearic acid) เป็นสารทำหน้าที่กระตุ้นปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ในกระบวนการผลิตยาง จากบริษัท อิมพีเรียล อินดัสเทรียล จำกัด

3.1.5 พอลิเอทิลีนไกลคอล (Polyethylene glycol, PEG)

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เกรด PEG # 4000 จากบริษัท นิกส์เคม จำกัด



3.1.6 เมอร์แคปโทเบนโซไทอาโซล (Mercaptobenzthiazol, MBT)

เมอร์แคปโทเบนโซไทอาโซล เป็นสารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซันในระบบการผลิตยาง โดยที่ใช้ในงานวิจัยเป็นเกรด ZAP ACCEL M-R จากบริษัท Zeon Advanced Polymix จำกัด

3.1.7 บิวทิลเลทไฮดรอกซีโทลูอีน (Butylated hydroxy toluene ,BHT)

สารป้องกันการเสื่อมสภาพของยางจากออกซิเจนและสภาวะแวดล้อม ในงานวิจัยเลือกใช้ชนิด BHT (Butylated hydroxytoluene) ที่สามารถใช้ได้กับยางและพลาสติกได้ จากบริษัท Behn Meyer จำกัด

3.1.8 กำมะถัน (Sulfur)

กำมะถัน (Sulfur) เป็นสารช่วยในการคงรูปร่างในระบบการผลิตยาง ในงานวิจัยนี้ใช้การคงรูปร่างระบบ CV (Conventional Vulcanization system) กำมะถันที่ใช้มีขนาด 325 mesh จากบริษัท สยามเคมี จำกัด (มหาชน)

3.1.9 เถ้าลอย (Fly ash)

เถ้าลอย (Fly Ash) เป็นวัสดุที่เป็นผลพลอยได้ (By product) จากการเผาถ่านหินในโรงงานผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่น่าสนใจ คือ มีซิลิกาประมาณ 40% และยังมีโลหะออกไซด์ประมาณ 60% ซึ่งน่าจะเป็นสารประกอบที่ทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้นปฏิกิริยาได้อีกทางหนึ่ง และสามารถใช้ทดแทนสารตัวเติมในผลิตภัณฑ์ยาง เพื่อให้ต้นทุนการผลิตลดลง ในงานวิจัยนี้เลือกเถ้าลอยจากถ่านหินลิกไนต์ (แม่เมาะ) จังหวัดลำปาง ทำการคัดขนาดอนุภาคไม่เกิน 125 ไมครอน เถ้าลอยมีความหนาแน่น 2.65 กรัม/ลบ.ซม. จากบริษัท K.N.R. Group จำกัด

3.1.10 ซิลิกาเกรดการค้า (Commercial silica)

ซิลิกาเกรดการค้าเป็นสารประเภทสารเสริมแรง ที่ใช้โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมผลิตยาง จึงนำมาใช้เปรียบเทียบกับสมบัติของซิลิกาที่ได้จากเถ้าลอย ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ซิลิกาแบบตกผลึก



(Precipitated) เกรด TOKUSIL 233 มีขนาดอนุภาคไม่เกิน 125 ไมครอน ค่า pH 6.8 และมีค่า Bulk density 0.232 g/cm³ จากบริษัท Tokuyama Siam Silica จำกัด

3.1.11 ผงเขม่าดำ (Carbon black)

ผงเขม่าดำเป็นสารเติมแต่งประเภทสารเสริมแรงที่ใช้มากทางการค้าเช่นเดียวกับซิลิกา แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีดำ จึงนำมาใช้เปรียบเทียบกับสมบัติของเส้นลวดซึ่งทำหน้าที่เป็นสารเติมแต่งในยางผสมยางธรรมชาติกับยางเอสบีอาร์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ผงเขม่าดำเกรด HAF N330 มีขนาดอนุภาค 26-30 nm จากบริษัท ไทย คาร์บอนแบล็ค จำกัด (มหาชน)

3.1.12 สารคู่ควบไซเลน Couplink 89C

สารคู่ควบ (Coupling agents) ประเภทไซเลน (Bis-[3-(triethoxysilyl)-propyl]-tetrasulfide), [(C₂H₅O)₃-Si-(CH₂)₃-S₄-(CH₂)₃-Si-(C₂H₅O)₃] ซึ่งเป็นประเภทสารคู่ควบไซเลน ที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ในงานวิจัยนี้ใช้เป็นสารที่ใช้ในการปรับปรุงผิวเส้นลวด และซิลิกาเกรดการค้า เพื่อช่วยการยึดเกาะระหว่างเฟสของยางกับสารเติมแต่ง ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท Behn Meyer จำกัด ชื่อทางการค้า คือ Couplink 89C

3.1.13 สารทำให้เกิดฟองชนิด Oxybis(benzenesulfonylhydrazide), OBSH

มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว อุณหภูมิการสลายตัว 160–170°C ปริมาตรฟองก๊าซ 122-136 ml/g จากบริษัท เอ เอฟ คูคิริช เคมีคัลส์ จำกัด

3.1.14 สารทำให้เกิดฟองชนิด Azodicarbonamide (ADC)

มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีเหลือง เกรด Supercell-522 อุณหภูมิการสลายตัว 150-160°C ปริมาตรฟองก๊าซ 188-192 ml/g จากบริษัท เอ เอฟ ซูเปอร์เซลล์ จำกัด



3.2 สูตรยางที่ใช้ในงานวิจัย

สูตรยางที่ใช้ในงานวิจัย มีส่วนประกอบอย่างคั่งแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของยางที่ใช้ในงานวิจัย

สารเคมี	หน้าที่	ปริมาณ (phr)*
1. ยางธรรมชาติ STR20 และ ยางเอสบีอาร์ SBR1712	เมทริกซ์	100
2. ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide, ZnO)	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	5.0
3. กรดสเตียริก ¹	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	3.0
4. บิวทิลเลทไฮดรอกซีโทลูอีน (Butylated hydroxytoluene, BHT)	สารป้องกันการเกิด ออกซิเดชัน	1.0
5. สารเติมแต่ง - ผงถั่วลอย - ผงซิลิกาเกรดการค้ำ - ผงเขม่าดำ	สารเสริมแรง	0, 10, 20, 30, 40 0, 10, 20, 30, 40 0, 20, 40, 60, 80, 100
6. พอลิเอทิลีน ไกลคอล	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	5% ของน้ำหนักซิลิกา เกรดการค้ำ
7. เมอร์แคปโตเบนโซไทอาโซล (Mercaptobenzothiazole, MBT)	สารเร่งการกระตุ้น ปฏิกิริยา	1.0
8. สารทำให้เกิดฟอง - ออกซีบิสเบนซีนซัลโฟนิลไฮดราไซด์ [Oxybis(benzene sulfonyl hydrazide), OBSH] - เอโซไดคาร์บอนาไมด์ (Azo dicarbonamide, ADC)	สารทำให้เกิดฟอง	0, 2, 4, 6, 8, 10 0, 2, 4, 6, 8, 10
9. กำมะถัน	สารคงรูปยาง	1.5

* phr: parts per hundred of rubber by weight



งานวิจัยนี้เตรียมสัดส่วนผสมของถั่วลยเพื่อใช้เป็นสารเติมแต่งในวัสดุผสมยาง NR/SBR เชิงปริมาณสารตัวเติมและเชิงปริมาณซิลิกาที่มีในถั่วลย การเติมถั่วลยลงในวัสดุผสมยางธรรมชาติกับยางเอสบีอาร์เชิงปริมาณสารตัวเติมใช้อัตราส่วน 25, 50, 75 และ 100 phr ส่วนการเติมถั่วลยลงในวัสดุผสมยางธรรมชาติกับยางเอสบีอาร์เชิงปริมาณซิลิกาที่มีในถั่วลยนั้นโดยคำนวณปริมาณซิลิกาที่มีในถั่วลยคิดเป็นร้อยละ 40 ซึ่งปริมาณซิลิกาจากถั่วลยเพิ่มขึ้นในสัดส่วนเท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การเปรียบเทียบปริมาณของซิลิกาเกรดการค้ากับซิลิกาจากถั่วลย

ปริมาณซิลิกาเกรดการค้า ที่ใช้ในงานวิจัย (phr)	ปริมาณผงถั่วลยที่ใช้ในงานวิจัย (phr)	
	ซิลิกาจากถั่วลย	ถั่วลยที่ใช้จริง
10	10	25
20	20	50
30	30	75
40	40	100

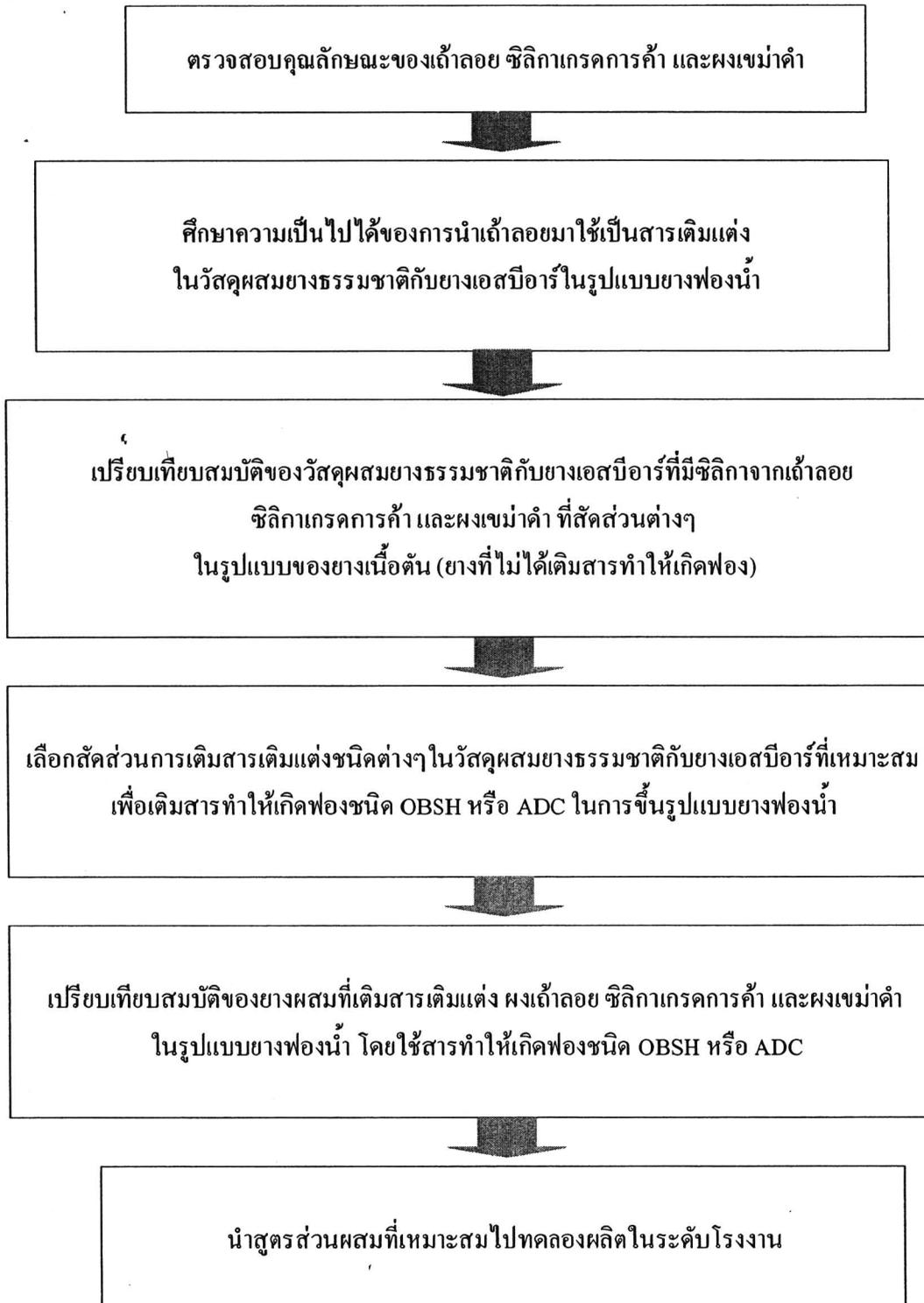
3.3 แผนการดำเนินงานวิจัย

แผนงานในการดำเนินการวิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่สำคัญ คือ

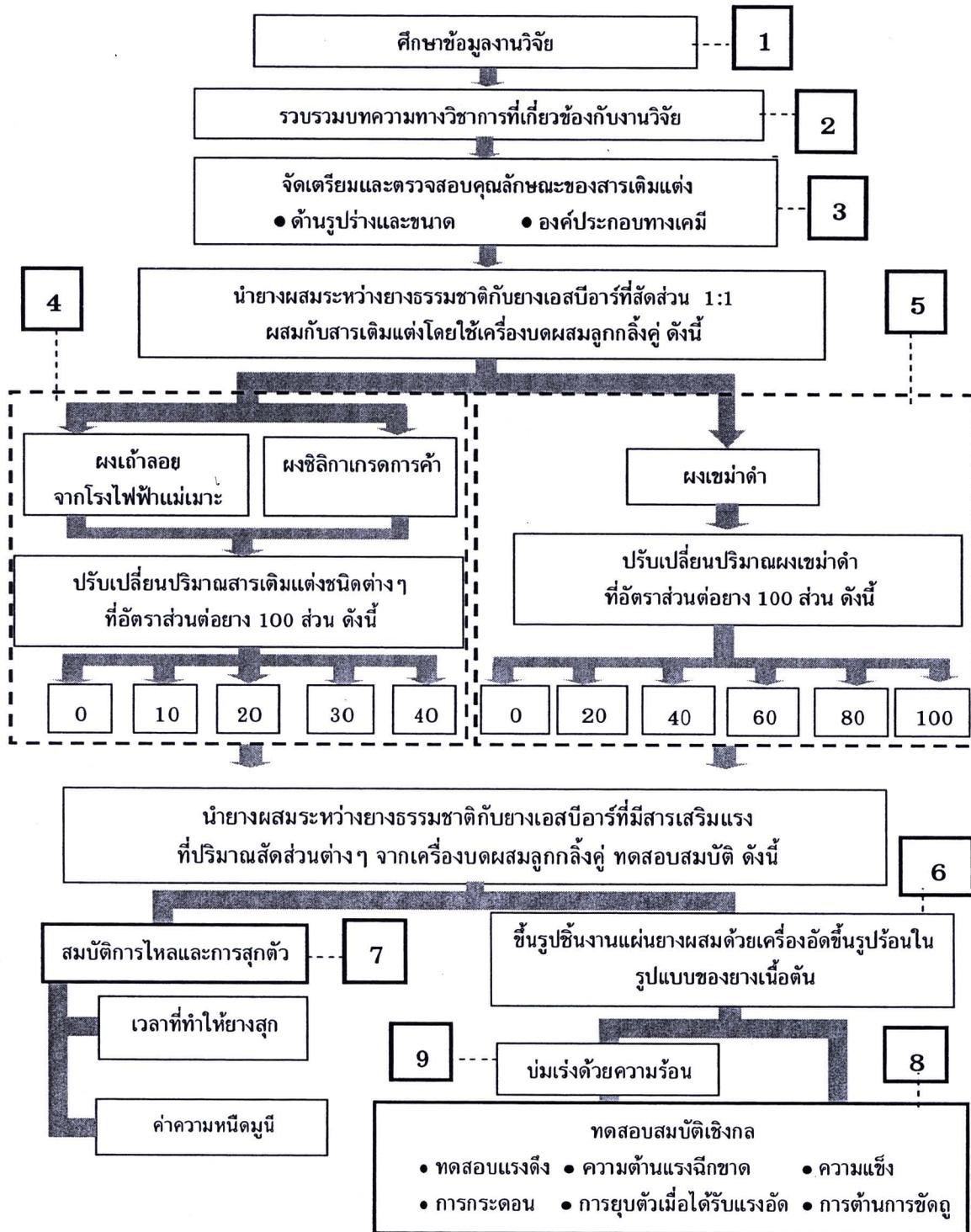
1. ศึกษาผลของปริมาณสารเติมแต่งชนิดต่างๆ ที่เติมลงในยางผสม NR/SBR
2. หาสัดส่วนของสารทำให้เกิดฟองที่เหมาะสมในยางผสม NR/SBR
3. ศึกษาเปรียบเทียบชนิดของสารทำให้เกิดฟองในยางผสม NR/SBR

ในส่วนแรกของงานวิจัยได้ศึกษาปริมาณของสารเติมแต่ง ได้แก่ ซิลิกาจากถั่วลย เทียบกับสารเติมแต่งซิลิกาเกรดการค้า และผงเขม่าดำ จากนั้นนำสัดส่วนของการเติมสารเติมแต่งในวัสดุผสมยางธรรมชาติกับยางเอสบีอาร์ที่สนใจหรือที่มีความเป็นไปได้ที่น่าไปพัฒนาสมบัติเป็นยางฟองน้ำต่อไป ทำการเติมสารทำให้เกิดฟองชนิด [Oxy bis(benzene sulfonyl hydrazide)], OBSH และชนิด Azodicarbonamide (ADC) และทำการเปรียบเทียบกัน ทดสอบสมบัติสมบัติการไหล การสุกตัว

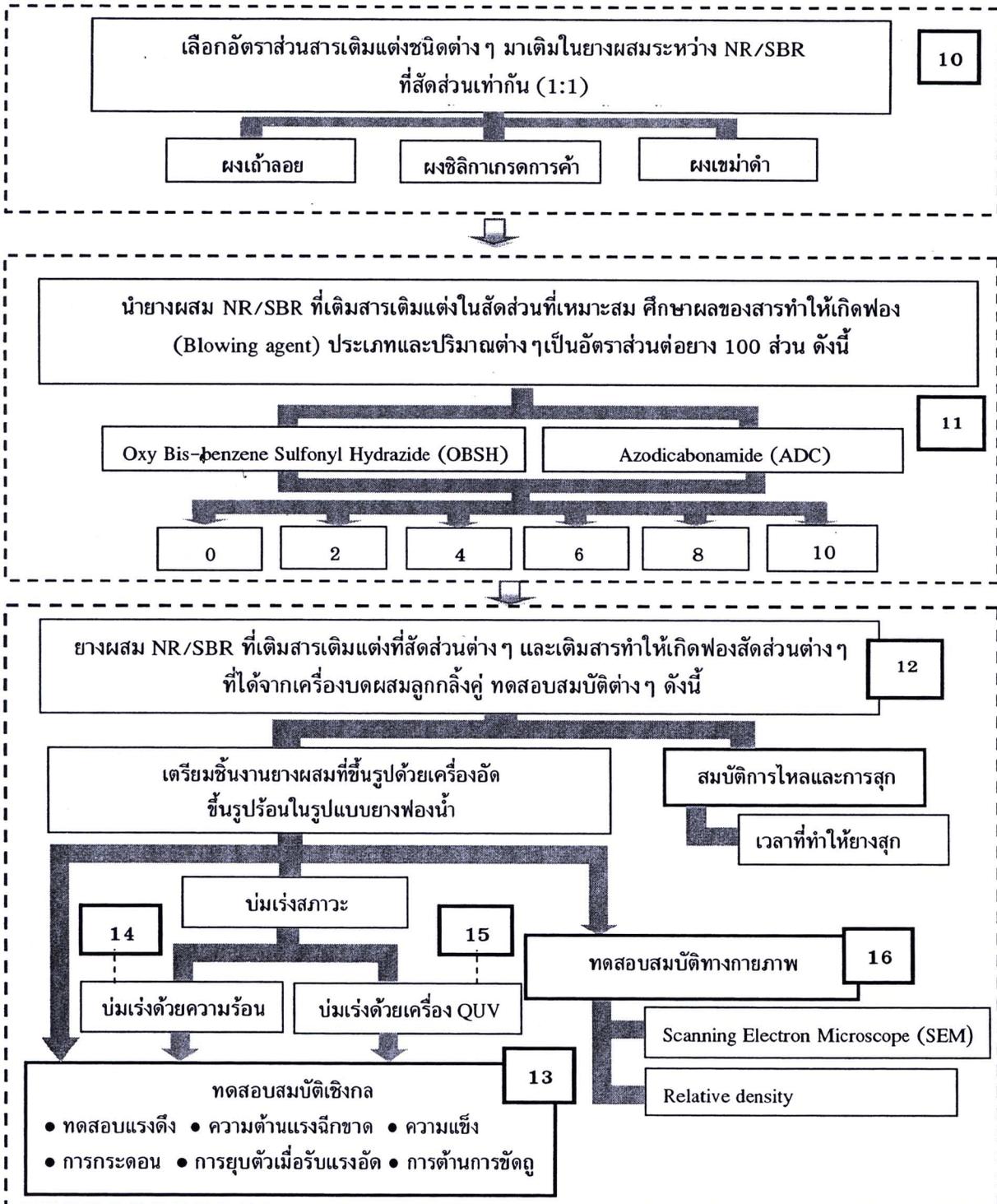
สมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ การบ่มเร่งสภาวะ ลำดับการดำเนินงานวิจัยโดยรวม ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงานวิจัยโดยรวม



รูปที่ 3.2 แผนผังการดำเนินงานวิจัยโดยรวมในส่วนของยางเนื้อตัน



รูปที่ 3.3 แผนผังการดำเนินงานวิจัยโดยรวมในส่วนของยางฟองน้ำ



รายละเอียดของแผนงาน

งานหมายเลข 1 และ 2 ศึกษาข้อมูลงานวิจัยและรวบรวมบทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาต่อยอดจากโครงการวิจัย “การพัฒนาวัสดุผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางเอสปีอาร์ที่มีถั่วลอยเป็นสารเติมแต่ง” [3] เป็นการศึกษาอย่างผสมในรูปแบบของฟองน้ำ การดำเนินงานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับทฤษฎีการเกิดโฟม สารทำให้เกิดฟอง และสมบัติของยางฟองน้ำ และรวบรวมบทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

งานหมายเลข 3 ตรวจสอบคุณลักษณะของถั่วลอยและซิลิกาเกรดการค้า

ผงถั่วลอยที่ใช้ในงานวิจัย ใช้จาก อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยตรวจสอบคุณลักษณะของถั่วลอยเปรียบเทียบกับซิลิกาเกรดการค้า โดยต้องการนำถั่วลอยที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลักทดแทนซิลิกาเกรดการค้า ทำการเก็บตัวอย่างถั่วลอยถ่านหินลิกไนต์ (แม่เมาะ) และซิลิกาเกรดการค้า จากนั้นนำตัวอย่างไปตรวจสอบคุณลักษณะด้านรูปร่างและขนาดของอนุภาคด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) จากบริษัท JEOL รุ่น JSM-5800 จากนั้นตรวจสอบส่วนประกอบทางเคมีโดยใช้เทคนิค X-Ray Fluorescence Spectrometer รุ่น MESA-500W และตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันทางเคมีด้วยเครื่อง FTIR จากบริษัท Nicolet รุ่น Nexus 470, USA

งานหมายเลข 4 การเติมผงถั่วลอย หรือ ซิลิกาเกรดการค้า ในยางผสม NR/SBR

ถั่วลอย: ทำการปรับปรุงผิวของถั่วลอยโดยใช้สารคู่ควบไซเลน Couplink 89C, bis-(3-triethoxysilylpropyl) tetrasulphide (Couplink 89C), $[(C_2H_5O)_3-Si-(CH_2)_3-S_4-(CH_2)_3-Si-(C_2H_5O)_3]$ มีขั้นตอน ดังนี้

1. เตรียมสารคู่ควบไซเลน Couplink 89C ที่ปริมาณ 2% ของน้ำหนักถั่วลอย และเตรียมเอทานอลในอัตราส่วน 100 มิลลิลิตรต่อถั่วลอย 100 กรัม
2. เติมสารคู่ควบไซเลน Couplink 89C ลงในเอทานอลและกวนสารละลายด้วยแท่งกวนแม่เหล็ก เป็นเวลา 30 นาที



3. นำถ้ำลอยเทลงในสารละลายระหว่างสารคู่ควบไซเลนกับเอทานอล ใช้แท่งแก้วกวนให้ของผสมเข้ากัน เป็นเวลา 15 นาที
4. ทำการอบถ้ำลอยที่ปรับปรุงผิวด้วยสารคู่ควบไซเลนแล้ว ที่อุณหภูมิ 100-110 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

ดังนั้น ถ้าใช้ Couplink 89C ปริมาณ 2% โดยน้ำหนัก นั้นหมายความว่า ใช้ Couplink 89C ปริมาณ 2 กรัม ต่อถ้ำลอย 100 กรัม และเอทานอล 100 มิลลิลิตร

ซิลิกาเกรดการค้า: ทำการปรับปรุงผิวของซิลิกาเกรดการค้าโดยใช้สารคู่ควบไซเลน Couplink 89C มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เตรียมสารคู่ควบไซเลน Couplink 89C ที่ปริมาณ 2% ของน้ำหนักซิลิกา และเตรียมเอทานอลในอัตราส่วน 100 มิลลิลิตรต่อซิลิกา 100 กรัม
2. เติมสารคู่ควบไซเลน Couplink 89C ลงในเอทานอลและกวนสารละลายด้วยแท่งกวนแม่เหล็ก เป็นเวลา 30 นาที
3. นำซิลิกาเกรดการค้าและสารละลายระหว่างสารคู่ควบไซเลนกับเอทานอลเทลงในเครื่องปั่นผสมความเร็วสูง (High Speed Mixer) จากนั้นจึงทำการผสมให้เข้ากัน เป็นเวลา 5 นาที
4. ทำการอบซิลิกาเกรดการค้าที่ปรับปรุงผิวด้วยสารคู่ควบไซเลนแล้ว ที่อุณหภูมิ 100-110 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

เตรียมยางผสม NR/SBR ที่สัดส่วน 1:1 มาผสมกับสารเติมแต่งผงถ้ำลอย (คิดที่ปริมาณซิลิกาที่มีในถ้ำลอย 40%) และผงซิลิกาเกรดการค้า ตั้งแต่ 0 10 20 30 และ 40 phr จากนั้นนำยางผสม NR/SBR บดด้วยเครื่องบดผสมลูกกลิ้งคู่เป็นเวลา 8 นาที แล้วจึงผสมสารเคมีและสารเติมแต่งต่างๆ ลงไป ซึ่งใช้เวลาทั้งหมด 40 นาที โดยมีขั้นตอนการผสมดังแสดงในตารางที่ 3.3

งานหมายเลข 5 การเติมผงเขม่าดำในยางผสม NR/SBR

นำผงเขม่าดำ (ไม่ปรับปรุงผิว) ผสมใน NR/SBR ที่สัดส่วน 1:1 ซึ่งมีขั้นตอนการผสมเช่นเดียวกันกับงานหมายเลข 4 ทำการปรับเปลี่ยนปริมาณ ตั้งแต่ 0 20 40 60 80 และ 100 phr



ตารางที่ 3.3 ลำดับการผสมสารเคมีและเวลาในการเติมสารเคมีในยางผสมรูปแบบยางเนื้อตัน

ลำดับการผสมสารเคมี	หน้าที่	เวลาการเติมสาร ขณะบดผสมยาง (นาที)
1. ยางธรรมชาติ STR 20 และ ยางเอสปีอาร์ SBR 1712	เมทริกซ์	8 (ผสมยางทั้งสองชนิด)
2. Zinc Oxide (ZnO) and Stearic acid	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	2
3. Butylated hydroxytoluene (BHT)	สารป้องกันการเกิด ออกซิเดชัน	2
4. สารเติมแต่ง - ผงถั่วลอ่ย หรือ - ผงเขม่าดำ หรือ - ผงซิลิกาเกรดการค้า /PEG	สารเติมแต่ง สารเติมแต่ง สารเติมแต่ง/สารกระตุ้น ปฏิกิริยา	20
5. Mercaptobenzothiazole (MBT)	สารเร่งการกระตุ้นปฏิกิริยา	3
6. กำมะถัน	สารคงรูปร่าง	5

งานหมายเลข 6 การเตรียมชิ้นงานแผ่นยางที่คงรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปร้อน

นำวัสดุซึ่งประกอบยางผสม NR/SBR กับสารเติมแต่งชนิดต่างๆ ไปทดสอบเวลาที่ใช้ในการสุกตัว ยางตามค่า t_{90} ของแต่ละสูตรยางจากเครื่อง ODR ไปเตรียมขึ้นรูปแผ่นยางทดสอบที่คงรูปด้วย เครื่องอัดขึ้นรูปร้อน (Hot press) โดยใช้เครื่องอัดขึ้นรูปร้อนจาก บริษัท เล็ปเทค จำกัด อุณหภูมิการ ขึ้นรูปที่ 160°C ใช้แรงดันแม่พิมพ์ที่ 170 kg/cm^2 และเตรียมขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบความต้านแรงดึง เป็นรูปดัมเบลล์ ชนิด Die C

งานหมายเลข 7 การทดสอบสมบัติการไหลและการสุกตัว

1. การตรวจสอบสมบัติการไหล โดยวิธีหาค่าความหนืดมูนิของยางผสมที่มีผงถั่วลอ่ย และซิลิกาเกรดการค้า และผงเขม่าดำ ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่อง Mooney viscometer ยี่ห้อ Gibitre รุ่น Mooney Check ใช้ในการทดสอบหาค่าความหนืดของยาง โดยใช้สภาวะ



การทดสอบที่ความเร็วรอบการหมุน 2 ± 0.02 รอบต่อนาที และใช้อุณหภูมิทดสอบที่ 100°C ในการทดสอบยางจะได้รับความร้อน 1 นาที ก่อนเริ่มหมุนจนโลหะ และทำการอ่านค่ามุมนี้ เมื่องาน โลหะหมุนไป 4 นาที ตามมาตรฐาน ASTM D1646-00

2. การทดสอบสมบัติการสึกตัว โดยนำวัสดุเชิงประกอบยางผสม NR/SBR กับสารเติมแต่งชนิดต่างๆ ที่ได้จากเครื่องบดผสมลูกกลิ้งคู่ไปทดสอบหาเวลาในการสึกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ (tc90) และค่าแรงบิดของสารประกอบยาง ด้วยเครื่อง Oscillating Disk Rheometer (ODR) จาก บริษัท โกเท็ค เทคคิง แมชชีน อินดัสเตรียล รุ่น GT 70-70-S2 จากประเทศไต้หวัน ตามมาตรฐาน ASTM D2084-01 ที่อุณหภูมิ 160°C

งานหมายเลข 8 การทดสอบสมบัติเชิงกล

นำวัสดุเชิงประกอบยางผสม NR/SBR กับสารเติมแต่งชนิดต่างๆ ไปทดสอบสมบัติเชิงกล ตามรายละเอียดดังนี้

1. ทดสอบความต้านแรงดึงของวัสดุเชิงประกอบยางผสม ด้วยเครื่อง Universal Testing Machines จากบริษัท ซิมาสู รุ่น Autograph AG-I, Japan ตามมาตรฐานทดสอบ ASTM D412-03 ใช้ความเร็วในการดึงที่ 500 มิลลิเมตรต่อนาที ทดสอบหามอดูลัสที่การยืดตัว 200 เปอร์เซ็นต์ ความต้านแรงดึง และการยืดตัวที่จุดขาด ตามมาตรฐาน ASTM D412-03
2. ทดสอบความแข็งที่ผิวของแผ่นยางคงรูป ด้วยเครื่องทดสอบความแข็ง จากบริษัท เทค สโอด จำกัด ตามมาตรฐาน ASTM D2240-03 Shore A
3. ทดสอบการต้านแรงฉีกขาดของวัสดุยางผสม ตามมาตรฐาน ASTM D624-00
4. ทดสอบความต้านต่อการขูดของวัสดุยางผสม ตามมาตรฐาน DIN 53516
5. ทดสอบเปอร์เซ็นต์การยุบตัวถาวรเมื่อได้รับแรงอัด (Compression set) ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน ASTM D395-01
6. ทดสอบการกระดอน (Resilience resistance) ของวัสดุเชิงประกอบยางผสมด้วยเครื่องทดสอบ Dunlop Tripsometer

งานหมายเลข 9 การทดสอบบ่มเร่งสภาวะขึ้นงานด้วยความร้อน (Thermal Ageing)

นำวัสดุเชิงประกอบยางผสม NR/SBR กับสารเติมแต่งชนิดต่างๆ ไปบ่มเร่งสภาวะด้วยความร้อน เพื่อทดสอบความต้านทานต่อความร้อน (Thermal aging resistance) ของยางคงรูป ตามมาตรฐาน



ASTM D573-04 โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 96 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำชิ้นงานออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมง แล้วจึงนำชิ้นงานไปทดสอบสมบัติเชิงกลต่อไป

งานหมายเลข 10 เลือกสัดส่วนปริมาณสารเติมแต่งที่เติมในยางผสม NR/SBR ที่เหมาะสมนำมาศึกษาในรูปแบบของยางฟองน้ำ

เลือกสูตรยางผสม NR/SBR ที่มีสารเติมแต่งผงถั่วลยผงซิลิกาเกรดการค้า และผงเขม่าดำที่ปริมาณที่มีสมบัติเหมาะสมเมื่อเทียบปริมาณการเติมต่างๆกัน ไปศึกษาชนิดและปริมาณการเติมสารทำให้เกิดฟองในลักษณะของยางฟองน้ำต่อไป

ในการพัฒนายางผสม NR/SBR ที่มีสารเติมแต่งชนิดต่างๆ ผลิตในรูปแบบผลิตภัณฑ์ยางฟองน้ำเพื่อนำไปใช้งานผลิตภัณฑ์ยางปะเก็น/ยางรองกันกระแทก ผู้วิจัยฯ จึงกำหนดสมบัติการพัฒนาผลิตภัณฑ์ยางปะเก็นตามมาตรฐานสากล ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สมบัติของผลิตภัณฑ์ยางปะเก็นตามมาตรฐาน ASTM C864-05*

สมบัติ	ผลิตภัณฑ์ยางปะเก็น	มาตรฐานทดสอบ
ความต้านแรงดึง (MPa)	10.3-12.4	ASTM D412
การยืดตัวที่จุดขาด (%)	200-300	ASTM D412
ความต้านแรงฉีกขาด (kN/m)	17.5-26.3	ASTM D624
ความแข็ง (Shore A)	50-70	ASTM D2240
การยุบตัวเมื่อได้รับแรงอัดสูงสุด (%)	30	ASTM D395
สมบัติที่เปลี่ยนไปหลังการบ่มแรงด้วยความร้อน (70 h, 100°C)		ASTM D573
ความแข็ง (Shore A)	±10	
ความต้านแรงดึง(MPa)	±15	
การยืดตัวที่จุดขาด (%)	±40	

* อ้างอิงข้อมูลจาก ASTM C 864-05, Standard Specification for Dense Elastomeric Compression Seal Gaskets, Setting Blocks, and Spacers



งานหมายเลข 11 การเติมสารทำให้เกิดฟอง

นำสูตรยางผสม NR/SBR ที่เติมผงถั่วลอซ ผงซิลิกาเกรดการค้ำ และผงเขม่าดำ ที่ได้เลือกตามความเหมาะสม มาเติมสารทำให้เกิดฟอง (Blowing agent) ชนิด OBSH และ ADC ที่สัดส่วนตั้งแต่ 0 2 4 6 8 และ 10 phr โดยใช้เครื่องบดผสมลูกกลิ้งคู่ (Two roll mill) ตามส่วนประกอบของสารประกอบยาง ดังแสดงในตารางที่ 3.5 โดยใช้เวลาในการผสมเท่ากันที่ 40 นาที

งานหมายเลข 12 การขึ้นรูปยางผสมในรูปแบบยางฟองน้ำ

นำยางผสมยางคอมปาวด์ที่ได้ไปทดสอบสมบัติด้านต่างๆ การหาเวลาในการสุกยางโดยใช้เครื่อง ODR เช่นเดียวกับงานหมายเลข 7 และนำเวลาในการคงรูปยางที่ได้จากการทดสอบ ไปใช้ในการขึ้นรูปแผ่นยางทดสอบในแต่ละสูตรด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปรีอระบบแรงดันเป็นยางฟองน้ำโดยใช้สภาวะเดียวกันกับงานหมายเลข 6 เพื่อนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป

ตารางที่ 3.5 ลำดับการผสมสารเคมีและเวลาในการเติมสารเคมีในยางผสมรูปแบบยางฟองน้ำ

ลำดับการผสมสารเคมี	หน้าที่	เวลาการเติมสาร ขณะบดผสมยาง (นาที)
1. ยางธรรมชาติ STR 20 และ ยางเอสปีอาร์ SBR 1712	เมทริกซ์	8 (ผสมยางทั้งสองชนิด)
2. Zinc Oxide and Stearic acid	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	2
3. Butylated hydroxytoluene (BHT)	สารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน	2
4. สารเติมแต่ง ผงถั่วลอซ หรือ ผง เขม่าดำ หรือ PEG / ซิลิกาเกรด การค้ำ	สารเติมแต่ง	15
5. สารทำให้เกิดฟอง OBSH หรือ - ADC	สารทำให้เกิดฟอง	5
6. Mercaptobenzothiazole (MBT)	สารเร่งการกระตุ้นปฏิกิริยา	3
7. กำมะถัน	สารคงรูปยาง	5



งานหมายเลข 13 การศึกษาสมบัติเชิงกลของยางพองน้ำ NR/SBR ที่เติมสารเติมแต่งชนิดต่างๆ

ทำการศึกษาสมบัติเชิงกลของยางพองน้ำ NR/SBR ที่เติมสารเติมแต่งชนิดต่างๆ โดยทดสอบ เช่นเดียวกับงานหมายเลข 8

งานหมายเลข 14 การทดสอบบ่มเร่งสภาวะขึ้นงานด้วยความร้อน ของยางผสมที่ขึ้นรูปเป็นยางพองน้ำ

ทำการทดสอบบ่มเร่งสภาวะขึ้นงานด้วยความร้อนของยางพองน้ำ ในสภาวะเช่นเดียวกับงานหมายเลข 9

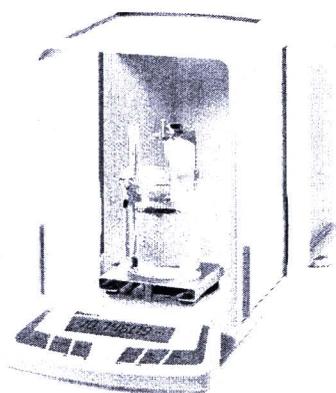
งานหมายเลข 15 การทดสอบบ่มเร่งสภาวะขึ้นงานด้วยเครื่องเร่งสภาวะ QUV ของยางผสมที่ขึ้นรูปเป็นยางพองน้ำ

ทำการบ่มเร่งสภาวะด้วยเครื่อง Accelerated Weathering Tester: QUV ยางผสมเป็นเวลา 96 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน ASTM G154-06 Cycle 3 โดยฉายรังสี UVB ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 8 ชั่วโมงสลับกับการควบแน่นไอน้ำที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เป็นเวลา 96 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นงานออกไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมง แล้วจึงนำชิ้นงานไปทดสอบสมบัติเชิงกลต่อไป

งานหมายเลข 16 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของยางพองน้ำ NR/SBR ที่เติมสารเติมแต่งชนิดต่างๆ

1. ตรวจสอบพื้นผิวหน้าตัด (Razor cut surface) [39] ของยางผสมโดยส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope – SEM) รุ่น JEOL JSM-5800LV ที่ 15 kV accelerating voltage โดยเลือกชิ้นงานตรวจสอบ โครงสร้างจุลภาค ขนาดและการกระจายตัวของสารเติมแต่ง
2. การตรวจสอบความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density) ของยางพองน้ำ NR/SBR ตามมาตรฐาน ASTM D792-08 Standard Test Method for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement โดยมีชุดอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.4





รูปที่ 3.4 ชุดอุปกรณ์ในการทดสอบหาความหนาแน่นสัมพัทธ์

โดยมีรายละเอียดดังนี้

ความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Specific gravity or Relative density, sp gr 23/23°C) คืออัตราส่วนระหว่างมวลของสารที่ปริมาตรหนึ่งที่อุณหภูมิ 23°C ต่อมวลของน้ำที่ปริมาตรเดียวกันที่อุณหภูมิเท่ากันความหนาแน่นสัมพัทธ์เป็นปริมาณที่ไม่มีหน่วย

ความหนาแน่น (Density, D^{23C}) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมวลต่อปริมาตรที่อุณหภูมิ 23°C มีหน่วยเป็น kg/m^3 และการแปลงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์เป็นค่าความหนาแน่นสามารถทำได้โดยใช้สมการที่ 3.1

$$D^{23C} = \text{sp gr } 23/23^{\circ}\text{C} \times 997.5 \quad (3.1)$$

โดยตัวแปรต่างๆของสมการ 3.1 เป็นดังนี้

D^{23C} คือ ความหนาแน่น มีหน่วยเป็น kg/m^3 ที่อุณหภูมิ 23°C

sp gr 23/23°C คือ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 23°C

ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ได้แก่ เครื่องชั่งความละเอียดทศนิยมหนึ่งตำแหน่งเป็นอย่างต่ำ โดยที่เครื่องชั่งจะติดตั้งไว้กับอ่างน้ำเหนือเครื่องชั่ง พร้อมทั้งติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิ ส่วน Sinker เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับกดชิ้นตัวอย่างที่มี



ความหนาแน่นน้อยกว่า 1.00 (ลอยเหนือน้ำ) ให้อยู่ได้น้ำ อุปกรณ์นี้ต้องมีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์มากกว่า 7 และมีน้ำหนักที่มากพอที่จะกดชิ้นงานตัวอย่างให้จมได้ หากชิ้นงานจมน้ำไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์นี้

วิธีการทดสอบคือ เตรียมชิ้นงานที่มีปริมาตรมากกว่า 1 cm³ และมีความหนาแน่นมากกว่า 1 mm และน้ำหนักไม่เกิน 5g จากนั้นทำการวัดอุณหภูมิของน้ำ ทำการชั่งน้ำหนักของชิ้นงานตัวอย่างในอากาศ บันทึกค่าน้ำหนัก จากนั้นนำตัวอย่างจุ่มลงในอ่างน้ำที่วางบนเครื่องชั่งแล้วบันทึกค่าน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักของ Sinker และ Sample holder ที่อยู่ในน้ำและอากาศ (ในกรณีที่ใช้) การคำนวณหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.2

$$\text{sp gr } 23/23^{\circ}\text{C} = a / (a + w - b) \quad (3.2)$$

โดยตัวแปรต่างๆ ของสมการ 3.2 เป็นดังนี้

- a คือ น้ำหนักของชิ้นงานตัวอย่างที่อยู่ในอากาศที่ไม่รวมน้ำหนักของ Sample holder หรือ Sinker
- b คือ น้ำหนักของชิ้นงาน และ Sample holder หรือ Sinker (ในกรณีที่มีการใช้) ที่อยู่ใต้น้ำที่วางบนเครื่องชั่ง
- w คือ น้ำหนักของ Sample holder หรือ Sinker (ในกรณีที่มีการใช้)