

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 วัสดุ

- (1) ยางแท่ง STR 5L เป็นยางแท่งที่ผลิตจากน้ำยางสด ทำหน้าที่เป็นสารตัวหลัก ดังภาพที่ 3.1
- (2) เส้นใยคอปมะพร้าว มีลักษณะเฉพาะทางธรรมชาติ เป็นเส้นใยที่หยาบเหนียว แข็งแรงทนทาน มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ดังภาพที่ 3.2
- (3) เส้นใยปาล์ม ลักษณะเป็นเส้นใยที่เหนียว ทน อากาศสามารถไหลเวียนผ่านได้ดี ดังภาพที่ 3.3
- (4) เส้นใยหมาก ลักษณะกลมหรือกลมรี เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 – 2.5 โดยเฉลี่ย เส้นใยที่ได้จะได้จากส่วนเปลือกเยื่อบางๆ เนื้อเปลือกมีเส้นใยละเอียด เหนียว ดังภาพที่ 3.4
- (5) เส้นใยแก้ว ชนิด E glass (Electrical) ใช้สำหรับงานที่ต้องการรับแรงและเป็นฉนวนป้องกันไฟฟ้าได้ดี ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.1 ยางแท่ง STR 5L



ภาพที่ 3.2 เส้นใยจากมะพร้าว



ภาพที่ 3.3 เส้นใยปาล์ม



ภาพที่ 3.4 เส้นใยหมาก



ภาพที่ 3.5 เส้นใยแก้ว ชนิด E glass

3.1.2 สารเคมี

สารเคมีในการวิจัยแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงสารเคมีในการวิจัย

ชื่อสารเคมี	ตัวย่อ	ลักษณะ	ทำหน้าที่
Sodium hydroxide	NaOH	เป็นของแข็งสีขาว	เป็นสารกระตุ้นหรือสารตัวเร่ง สำหรับสารตัวเร่งในยาง
Stearic acid		เป็นเกร็ดสีขาวอมเหลือง	เป็นสารกระตุ้น (activator) สำหรับสารตัวเร่งในยาง
zinc oxide	ZnO	เป็นผงสีขาวละเอียด	เป็นสารกระตุ้น(activator)
Sulfur	S ₈	เป็นผงสีเหลือง	เป็นสารวัลคาไนซ์ (vulcanizing agent)
Tetramethylthiuramdisulphide	TMTD	สีขาวหรือผงสีเทาอ่อน (เม็ด)	เป็นสารเร่งที่มีปฏิกิริยาเร็ว และเป็นสารเร่งที่ไม่มีรส ไม่มีกลิ่น
2,2' dibenzthiazyl disulphide	MBTS	สีเหลืองอ่อนหรือผงสีขาว	เป็นสารเร่งที่มีปฏิกิริยาเร็ว ปานกลาง ให้ผลิตภัณฑ์ยางที่มีสมบัติหลังจากการ ageing

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

- (1) เครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง (Two roll mill) Lab Tech รุ่น LRM-S-110/3E ภาพที่ 3.6 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ความยาว 12 นิ้ว จำนวน 2 ลูกกลิ้งหมุนด้วยกันด้วยอัตราเร็วลูกกลิ้งข้างหน้าต่อลูกกลิ้งข้างหลัง 1: 1.38 เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการผสมยางคอมพาวด์
- (2) เครื่องทดสอบหาเวลาการวัลคาไนซ์ของยาง Moving Die Rheometer (MDR) ตามมาตรฐาน ASTM D1646-94 ภาพที่ 3.7 ใช้หาเวลาการวัลคาไนซ์ (Cure time) ของยางคอมพาวด์
- (3) เครื่องขึ้นรูปแบบกดอัด (Compression mold) Lab Tech รุ่น FOR LP-5-50 ภาพที่ 3.8 เครื่องกดอัดแบบร้อน เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับกดอัดชิ้นงานโดยแรงกดอัดไม่เกิน 50 ตัน
- (4) เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing Machine) ตามมาตรฐาน ASTM D412 ดังภาพที่ 3.9
- (5) เครื่องมือทดสอบสมบัติความแข็ง (Hardness tester) ตามมาตรฐาน ASTM D2240 ยี่ห้อ DESIK GROUP รุ่น HT-5610A ดังภาพที่ 3.10
- (6) ตู้อบ (OVEN) รุ่น ED/FD ดังภาพที่ 3.11
- (7) เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 3 ตำแหน่ง ดังภาพที่ 3.12
- (8) เครื่องตัดขึ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ ตามมาตรฐาน ASTM D412 ดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.6 เครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง (Two roll mill)



ภาพที่ 3.7 เครื่องทดสอบหาเวลาการวัลคาไนซ์ของยาง Moving Die Rheometer (MDR)



ภาพที่ 3.8 เครื่องอัดแม่พิมพ์ยางไฮดรอลิก (Compression molding)



ภาพที่ 3.9 เครื่องทดสอบแรงดึง
(Universal Testing Machine)



ภาพที่ 3.10 เครื่องมือทดสอบสมบัติความแข็ง
(Hardness tester)



ภาพที่ 3.11 ตู้อบ (OVEN) รุ่น ED/FD



ภาพที่ 3.12 เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 3 ตำแหน่ง



ภาพที่ 3.13 แสดงตัวอย่าง dies ที่ใช้ตัดชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การปรับปรุงผิวเส้นใยปาล์มน้ำมัน เส้นใยหมาก และเส้นใยกาบมะพร้าวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

- เตรียมสารละลายโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 24 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร โดยมีความเข้มข้น 3 wt%



ภาพที่ 3.14 แสดงการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

- นำเส้นใยปาล์มน้ำมัน, เส้นใยหมากและเส้นใยกาบมะพร้าว แฉด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 3 wt% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (หมายเหตุ wt% = น้ำหนักโดยมวล)



ภาพที่ 3.15 แสดงการนำเส้นใยปาล์มน้ำมัน, เส้นใยหมาก และเส้นใยกาบมะพร้าว แฉด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

- นำเส้นใยที่ผ่านการแฉด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ล้างด้วยน้ำกลั่นประมาณ 3-4 ครั้ง
- ทำการอบเส้นใยในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง



ภาพที่ 3.16 แสดงการอบเส้นใย

- นำเส้นใยที่ทำการอบแล้วตัดที่ขนาดความยาว 5 และ 10 มิลลิเมตรเพื่อเตรียม TPNR ชนิดยางวัลคาไนซ์ต่อไป

3.3.2 สารเคมี ที่ใช้ในการทดลอง

- Zinc, Stearic acid, Sulphur, MBTS และ TMTD นำมาชั่งน้ำหนัก ตามสูตรที่ได้ ออกแบบไว้แล้ว เก็บเอาไว้ใน Desiccators ป้องกัน ความชื้น ซึ่งส่วนผสมทั้งหมด คิดตามน้ำหนักเทียบเป็น phr (parts per hundred rubber) ซึ่งเมื่อเทียบกับยางธรรมชาติที่ใช้ 100 กรัม ตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สูตรผสมของยางในการทดสอบ

ส่วนประกอบ	phr
STR 5L	100
Stearic acid	1
Zinc Oxide	5
MBTS	0.5
TMTD	1.5
Sulphur	5
Fiber 4 ชนิด (มะพร้าว, ปาล์ม, หมาก)+ใยแก้ว E Glass	5,10

หมายเหตุ phr= part per hundred rubber

3.3.3 การผสมยางกับสารเคมีด้วยเครื่องบดสองลูกกลิ้ง

- นำยาง STR 5L มาทำบดย่อย (Mastication) ที่อุณหภูมิห้องโดยใช้เครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) จนกระทั่งยางพ่นบนลูกกลิ้งทำการกรีดพับยางจนยางนิ่มใช้เวลา 5 นาที
- จากนั้นค่อยๆ เติม Steric acid และ Zinc oxide ลงไประหว่างลูกกลิ้งแล้วทำการบดโดยการกรีดและพับยาง (Cut-and-fold) เพื่อให้เกิดการผสมที่มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในยาง ใช้เวลาประมาณ 3 นาที
- เติมเส้นใยแต่ละชนิดลงไประหว่างลูกกลิ้งแล้วทำการบดผสมโดยการกรีดและพับยาง (Cut-and-fold) เพื่อให้เกิดการผสมที่มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในยาง ใช้เวลาประมาณ 4 นาที
- หลังจากนั้น เติม MBTS และ TMTD ลงไประหว่างลูกกลิ้งแล้วทำการบด โดยการกรีดและพับยาง (Cut-and-fold) เพื่อให้เกิดการผสมที่มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในยาง ใช้เวลาประมาณ 5 นาที
- ขั้นตอนสุดท้าย เติม Sulfur ลงไประหว่างลูกกลิ้งแล้วทำการบด โดยการกรีดและพับยาง (Cut-and-fold) เพื่อให้เกิดการผสมที่มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในยาง ใช้เวลาประมาณ 3 นาที
- พักยางคอมพาวด์ไว้ 1 คืน ก่อนนำไปทดสอบหาเวลาสุกของยางด้วยเครื่อง Moving Die Rheometer (MDR) และขึ้นรูปการอัดต่อไป

3.3.4 วิธีการขึ้นรูปยางด้วยเครื่องอัด

- อุณหภูมิ เครื่อง Moving Die Rheometer ที่อุณหภูมิ 150 °C รอจนกว่าอุณหภูมิคงที่ หลังจากนั้นแบ่งยางคอมพาวด์ที่เตรียมไว้ โดยใช้ยางคอมพาวด์มีน้ำหนักประมาณ 4-5 กรัม นำยางคอมพาวด์มาบรรจุในแผ่นฟิล์มพอลิเอสเตอร์ก่อนนำเข้าเครื่องทดสอบ ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทดสอบการวัลคาไนซ์ของยางคอมพาวด์ 15 นาที ดังภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 ชิ้นงานที่ทำการหาเวลาคงรูปยาง

- นำยางคอมพาวด์ที่เตรียมได้จากข้อที่ 3.3.3 ที่พักไว้ 1 คืบ วางในเบ้าพิมพ์ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมหนา 2 mm ดังภาพที่ 3.18



(ก)

(ข)



(ค)

ภาพที่ 3.18 แม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปยาง (ก) และ (ข) ชิ้นงาน (ค)

- ใส่เบ้าพิมพ์ในเครื่องอัด ใช้ความดัน 1,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้เวลาในการอัดตามเวลาที่ได้จากการทดสอบจากเครื่อง MDR
- เมื่อครบเวลาตามที่กำหนด นำแผ่นยางที่ได้ออกมาผึ่งตั้งทิ้งไว้ 1 คืบ แล้วตัดเป็นชิ้นงานมีรูปร่างตามมาตรฐานการทดสอบและทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป

3.3.5 การทดสอบสมบัติความแข็งของยางคงรูป

- นำชิ้นงานทดสอบที่มีความหนาทำการทดสอบด้วยเครื่องวัดความแข็งแบบ Shore A ตามมาตรฐาน ASTM D2240 โดยเตรียมชิ้นทดสอบให้มีความหนาน้อยกว่า 6 มิลลิเมตร

- กดเป็นเวลา 5 วินาที ที่ตำแหน่งต่างกัน 20 ตำแหน่ง อ่านค่าความแข็งจากเครื่องทดสอบชิ้นงานจำนวน 5 ตัวอย่าง

3.3.6 การทดสอบต่อสมบัติการทนต่อแรงดึง

- นำชิ้นงานที่ขึ้นรูปแล้วตัดเป็นชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์มาตรฐาน ASTM D412 เพื่อทดสอบต่อแรงดึง ซึ่งใช้เครื่องตัดชิ้นทดสอบแบบ Die C ดังภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.19 ชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ (Die C) สำหรับการทดสอบความทนต่อแรงดึง

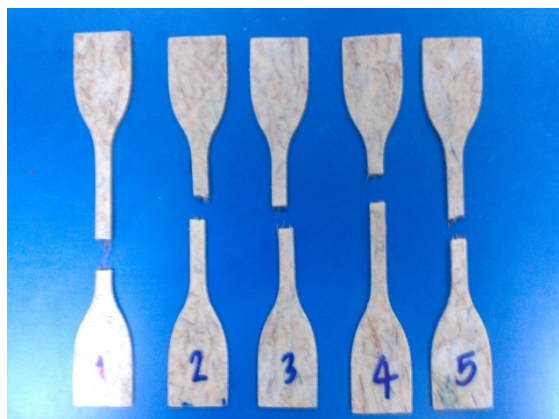
- วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 3 ตำแหน่ง ในช่วง gauge length และคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความหนาที่ได้
- นำชิ้นทดสอบไปทดสอบความทนต่อแรงดึง โดยใช้ความเร็วในการทดสอบ 500 mm/min ดังภาพที่ 3.20 ตัวอย่างหนึ่งสูตรจะใช้ชิ้นทดสอบ 5 ชิ้นทำการเก็บค่าการทนทานต่อแรงดึงการยืดตัว ณ จุดขาด



ภาพที่ 3.20 แสดงการทดสอบ Tensile Strength (ASTM D412)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3.21 แสดงลักษณะชิ้นงาน สำหรับการทดสอบแรงดึง Tensile Strength (ASTM D412)
(ก) ก่อนการดึง (ข) หลังการดึง