บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้มีการนำเอาวัสดุ สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ มาใช้ในการเตรียมตัวอย่าง รวมถึงรายละเอียดวิธีการทดสอบ ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง และกาทดสอบสมบัติการดูดซับเสียง ทดสอบการทนต่อการดึง ทดสอบสมบัติเชิงกลแบบพลวัตของการบิด หาค่าความหนาแน่น และศึกษาโครงสร้างภายในและการเป็นรูพรุนของวัสดุคอมโพสิตซึ่งสามารถศึกษารายละเอียดต่างๆดังนี้

3.1 วัสดุและสารเคมี

3.1.1 ยางแท่ง (NR (STR 5L))

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide, ZnO) ชนิด White seal

3.1.2.2 กรดสเตียริก (Stearic acid)

3.1.2.3 N-cyclohexyl-2-benzothiazyl Sulphenamide (CBS)

3.1.2.4 N-phenyl-N-1, 3-dimethylbutyl-p-phenylenediamine (6PPD)

3.1.2.5 กำมะถัน (Sulphur)

3.1.3 สารตัวเติม

3.1.3.1 เส้นใยจากต้นหมาก

3.1.3.2 เส้นใยลูกตาล

A B

ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างชนิดของเส้นใย A เส้นใยจากต้นหมาก และ B เส้นใยลูกตาล

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 กล้องจุลทรรศน์ Olympus รุ่น Motic Live Imaging Moduld

กล้องจุลทรรศน์ Olympus รุ่น Motic Live Imaging Moduld กำลังขยายสูงสุด 1,500 เท่า ผลิตโดย Shodensha Co., Ltd. ประเทศญี่ปุ่น

3.2.2 เครื่องชั่งไฟฟ้า (Electronic balance)

เครื่องชั่งละเอียดแบบอิเล็กทรอนิกส์ ชั่งได้ละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่งน้ำหนักสูงสุดชั่งได้ 2,000 g ผลิตโดย A&D Company Co., Ltd. ประเทศญี่ปุ่น

3.2.3 ตู้อบแห้ง (Hot Air Oven)

ตู้อบแห้ง เป็นตู้อบที่ทำหน้าที่อบแห้งไล่ความชื้นออกจากตัวอย่าง เป็นการแทนที่จากการตากแดด ที่สามารถควบคุมความสะอาดและสภาพแวดล้อมได้ โดยอุณหภูมิจะอยู่ที่ประมาณ 60 ถึง 80 $^{\circ}$C

3.2.4 เครื่องบดตัวอย่าง (Sample Grinder)

เครื่องบดตัวอย่าง เป็นเครื่องบดตัวอย่างพืช ทำการบดแล้วร่อนด้วยตะแกรงให้ได้ขนาดเฉลี่ยประมาณ 0.25 mm สำหรับชนิดละเอียดและให้ได้ขนาดเฉลี่ยประมาณ 2 mm สำหรับชนิดหยาบ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาพที่ 3.2 เครื่องบดตัวอย่าง

3.2.5 เครื่องผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง (two-roll Mill)

เครื่องผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง เป็นเครื่องบดยางที่ประกอบด้วยลูกกลิ้งสองลูกกลิ้งถูกบีบอัดและบดยางให้โมเลกุลของยางเกิดการขาด ทำให้ขนาดของโมเลกุลของยางที่ใหญ่และยาวลดลงทำให้ยางนิ่มลง และสามารถแปรรูปยางได้และยังสามารถนำสารเคมีผสมเข้าไปในยางเพื่อให้ได้

สมบัติตามที่ต้องการได้ อัตราส่วนความเร็วผิวระหว่างลูกกลิ้งหน้ากับลูกกลิ้งหลังเรียกว่า (Friction Ratio) จะอยู่ในช่วง 1 : 1 ถึง 4 : 1 จะขึ้นกับชนิดของยางที่ใช้บด

ภาพที่ 3.3 เครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง (two roll mill)

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.2.6 เครื่องรีโอมิเตอร์แบบหมุน (Oscillating Disc Rheometer, ODR)

เครื่องรีโอมิเตอร์แบบหมุน รุ่น ODR ผลิตโดยบริษัท Monsanto .Co., Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นเครื่องมือที่ใช้หาเวลาการสุกของยาง ประกอบด้วยโรเตอร์ (Rotor) แบบ Biconical Disk ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.3996 นิ้ว หมุนในยางที่ต้องการหาเวลาการวัลคาไนซ์โดยการแกว่งไปมาทำมุม 1 องศามีความถี่ในการแกว่ง 100 รอบ/นาที โดยเครื่องมือมีลักษณะตามภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.4 เครื่องรีโอมิเตอร์แบบหมุน

3.2.7 เครื่องขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบอัด (Compression Moulding)

การอัดยางเข้าเบ้าพิมพ์เป็นกระบวนการแปรรูปยางชนิดหนึ่ง เพื่อผลิตยางให้มีรูปร่างตามแบบพิมพ์ที่ต้องการ ซึ่งในการอัดยางแบบ compression moulding นั้น จะใส่ยางลงในช่องว่างของแบบพิมพ์และปิดแบบพิมพ์ อัดยางให้ไหลเต็มช่องว่างนั้น โดยการอัด จะใช้ระบบไฮโดรลิคเป็นหลักกระบวนการการทำผลิตภัณฑ์ยางโดยใช้วิธี Compression Moulding มีดังต่อไปนี้ (บุญธรรม และปรีชา, 2534)

3.2.7.1 การเตรียม Rubber Compound (ยางที่ทำการผสมสารเคมีแล้ว)

นำยางที่ผสมสารเคมีแล้ว มาทำการตัดให้ได้ขนาด รูปร่าง และน้ำหนักตามต้องการโดยทั่วไปมักจะให้ยาง Blank นี้มีปริมาตรมากกว่าปริมาตรของแบบพิมพ์อยู่ประมาณ 5 – 15%

3.2.7.2 การเตรียมแบบพิมพ์เพื่ออัดยาง

แบบพิมพ์ที่ใช้ในการอัดยางมักจะทำด้วยเหล็กหรืออลูมิเนียม แบบพิมพ์จะมีช่องที่จะให้ยางไหลเข้าไปอยู่รอบ ๆ ของแบบพิมพ์และจะมีช่องให้ยางที่ใส่เกินปริมาตรไหลล้นออกมานอกจากนี้ก่อนที่จะนำยางใส่ลงไปในแบบพิมพ์จะต้องอุ่นแบบพิมพ์ให้ร้อนเท่ากับอุณหภูมิที่จะอัดยางเสียก่อน

3.2.7.3 การอัดยาง

นำยางคอมปาวน์ใส่เข้าไปในแบบพิมพ์ที่ให้ความร้อนแล้วปิดฝา นำเข้าไปอัดในเครื่องอัดไฮโดรลิคแล้วทำการอัดยางโดยเร็ว จนกระทั่งฝาบนของแบบพิมพ์ใกล้จะสัมผัสกับแผ่นอัดบนจากนั้นลดความเร็วในการอัดลงเพื่อให้ยางไหลเข้าไปแบบพิมพ์ยังสม่ำเสมอและไล่อากาศออกไปเพราะในบางครั้งการอัดครั้งเดียวไม่อาจที่จะไล่อากาศที่ขังในเนื้อยางและแบบพิมพ์ได้ จะต้องมีการไล่อากาศโดยการอัดแล้วคลายการอัดออกเล็กน้อยแล้วอัดใหม่ อาจจะทำ 1-2 ครั้งหรือมากกว่า

3.2.7.4 การกำหนดอุณหภูมิและเวลาในการอัดยาง

เวลาและอุณหภูมิของการอัดเป็นสิ่งที่สำคัญที่ต้องกำหนดในการอัดทุกครั้ง เวลาและอุณหภูมิมีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่ง โดยทั่วไปถ้าเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอีก 10 ^{0}C เวลาในการอัดจะลดลงได้ประมาณครึ่งหนึ่ง แต่ระยะเวลาที่ใช้จริงนั้นขึ้นอยู่กับสูตรของยางและความหนาของยาง

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาพที่ 3.5 เครื่องขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบอัด (Compression Moulding)

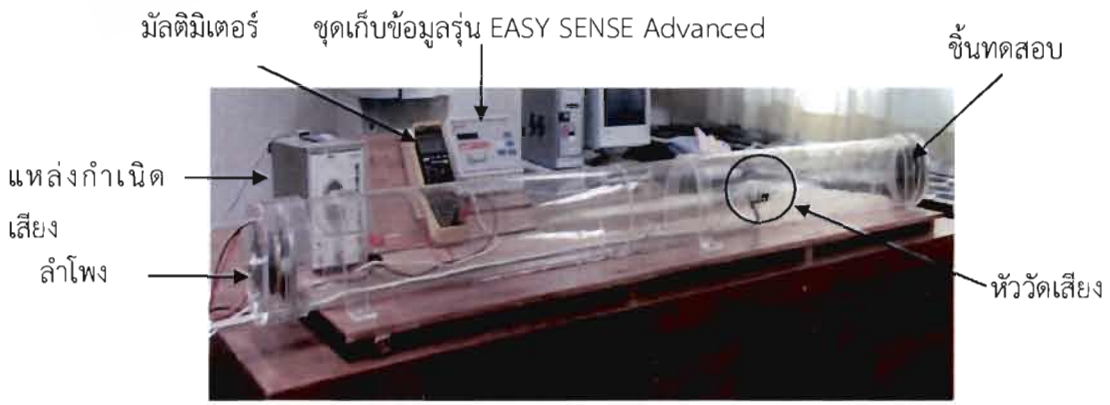
3.2.8 ชุดทดสอบสมบัติการดูดซับเสียงแบบคลื่นนิ่ง

ชุดทดสอบการดูดซับเสียงแบบคลื่นนิ่ง เป็นเครื่องมือสำหรับวัดค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดเสียงรุ่น LAG-120B AUDIO GENERATOR มีความถี่ 0 - 5,000 Hz ผลิตโดย LEADER ELECTRONICS CORP Japan ลำโพง หัววัด และชุดเก็บข้อมูล (Data logger) รุ่น EASY SENSE Advance ผลิตโดยบริษัท DATA HARVEST นำมาประกอบและสร้างชุดทดสอบการดูดซับเสียงแบบคลื่นนิ่ง ดังภาพที่ 3.6

3.2.8.1 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างโดยการนำแผ่นยางที่ขึ้นรูปแล้วตัดเป็นรูปวงกลมขนาดพอดีกับฝาครอบปลายท่อด้านขวาของชุดทดสอบ ทำการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพที่ 3.6 ชุดทดสอบสมบัติการดูดซับเสียงที่สร้างขึ้น โดยใช้เครื่องกำเนิดเสียง รุ่น LAG-120B AUDIO GENERATOR.Japan

3.2.9 ชุดทดสอบสมบัติเชิงพลวัตของการบิด

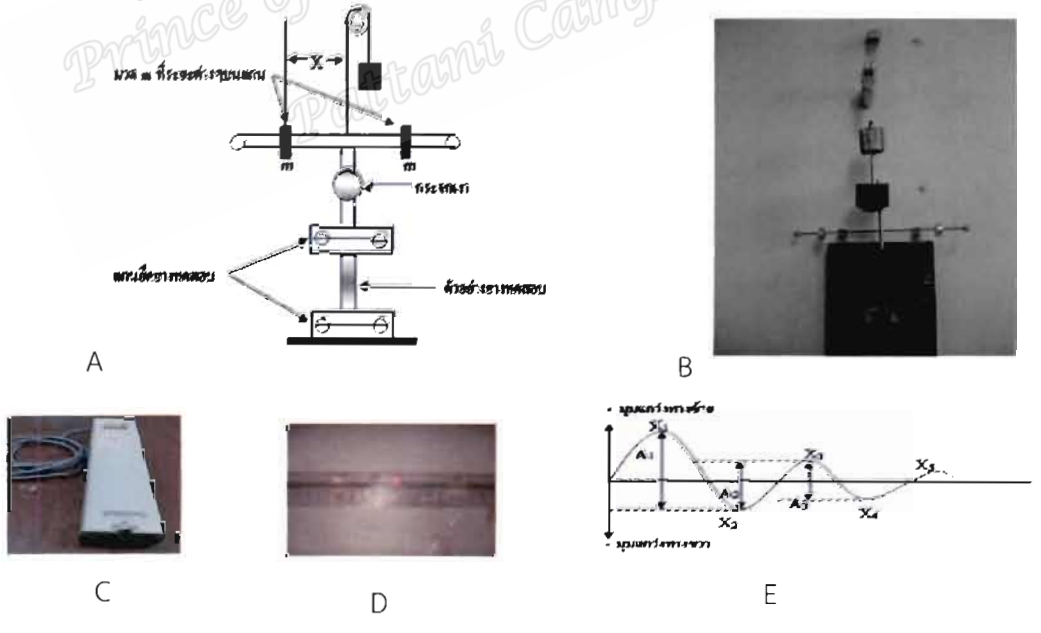
ชุดทดสอบสมบัติเชิงพลวัตของการบิด เป็นชุดทดสอบเพื่อวัดค่าแฟกเตอร์ของการสูญเสีย ($\tan\delta$) จากการบิดของยาง ประกอบด้วยที่ยึดแถบยางทดสอบให้อยู่ในแนวดิ่งสามารถบิดไปมาอย่างอิสระได้ดังภาพที่ 3.7 มีแกนโลหะติดกระจกเงา และแกนโลหะตั้งฉากที่มีมวล m สองอันวางอยู่ห่างแกนกลางระยะ X สามารถปรับค่าความเฉื่อยของระบบได้จากค่า $2mX^2$ การหาค่าแฟกเตอร์ของการสูญเสีย ($\tan\delta$) จากการบิดของยาง หมายถึงสัดส่วนของพลังงานที่สูญเสียภายในโครงสร้างของวัสดุต่อพลังงานที่ใช้ในการบิดแต่ละรอบของการบิดโดยจัดชุดทดลอง ดังภาพที่ 3.7

3.2.9.1 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างโดยการนำยางที่ขึ้นรูปแล้วมาตัดเป็นชิ้นทดสอบขนาด 3 x 10 x 1 mm ติดตั้งเข้ากับชุดทดสอบสมบัติเชิงพลวัตของการบิด

3.2.9.2 การทดสอบ

ในการทดสอบนำยางที่ขึ้นรูปแล้วมาตัดเป็นชิ้นทดสอบขนาด 6 x 10 x 3 mm ติดตั้งเข้ากับชุดทดสอบสมบัติเชิงพลวัตของการบิด แกว่งมวล m ในระนาบการบิดแนวนอนด้วยมุมน้อย ๆ ทำให้แถบยางบิดไปมาเช่นกัน จากชุดเลเซอร์ที่เล็งไปสะท้อนที่กระจกแล้วมาตกบนฉากที่มีเสกล จากนั้นวัดคาบของการบิดและแอมพลิจูดจากจุดสูงสุดถึงจุดต่ำสุดของการแกว่ง เพื่อหาค่าแฟกเตอร์ของการสูญเสีย (tan δ) จากการบิดของยาง



ภาพที่ 3.7 ชุดทดสอบสมบัติเชิงพลวัตของการบิด A ภาพวาด B ภาพถ่าย C แหล่งกำเนิดเลเซอร์ D เลเซอร์ที่ตกกระทบกระจกเงาแล้วสะท้อนกลับมายังฉากรับที่มีสเกลสำหรับการวัดแอมพลิจูดของการแกว่ง E ภาพวาดแอมพลิจูดที่ลดลงต่อเนื่องของแต่ละรอบการบิด

3.2.10 เครื่องทดสอบสมบัติการดึง (Tensile Meter) รุ่น H10KS

การทดสอบด้วยการดึงเป็นการทดสอบเพื่อหาสมบัติของวัสดุด้านความยืดหยุ่นหรือจุดที่วัสดุกับแรงได้สูงสุดโดยการไม่เสียรูป การทดสอบโดยการดึงจะเป็นการให้แรงในแนวแกนเดียว แรงจะทำการกระจายไปทั่วพื้นผิวอย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ หากนำแรงดังกล่าวมาหารด้วยพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบจะได้ค่าความเค้น (Stress, σ) ของชิ้นทดสอบ มีหน่วยเป็น N/m2 หรือ Pa ในขณะที่ให้แรงแก่วัสดุทดสอบจะเกิดระยะยืดขึ้น หาความยาวเริ่มต้นและความยาวที่ถูกยืดไปในเวลา t จากนั้นคำนวณหาความเครียด (Stain, ε) จากค่าความเครียดนำไปหาค่ามอดูลัสของยัง (Young's Modulus, E) ของชิ้นทดสอบ ($E = \sigma / \varepsilon$)

3.2.10.1 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างโดยการนำยางไปอัดเบ้าเป็นแผ่นยาง แล้วไปตัดเป็นรูปดัมเบล ขนาด 6.63 x 1 x 3 mm ทดสอบตามมาตรฐาน (ASTM D638, JIS 2000 ISO, DIN) เพื่อให้ง่ายต่อการยึดกับเครื่องในขณะที่ทำการทดสอบ

3.2.10.2 การทดสอบ

การทดสอบนั้นทำได้โดยการเปิดโปรแกรมที่ใช้ในการดึง ทำการป้อนข้อมูลต่าง ๆ เช่น ความยาว อัตราเร็วที่ใช้ เป็นต้น โดยการทดสอบนี้คือ 10, 50, 100 และ 200 mm/min ทำการทดสอบจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่ามอดูลัสต่อไป

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาพที่ 3.8 เครื่องทดสอบสมบัติการดึง (Tensile tester)

3.2.11 เครื่องวัดความหนาแน่น Electric Densimeter รุ่น MD-300S และ Minimum density resolution: 0.001

การทดสอบหาค่าความหนาแน่นโดยใช้หลักการแทนที่น้ำ เมื่อนำชิ้นทดสอบไปหาน้ำหนักโดยการชั่งในอากาศและในน้ำจะสามารถนำค่าที่ได้ไปหาค่าความหนาแน่นของวัสดุได้จากสูตร

$$\rho = \frac{m}{v} \tag{3.1}$$

โดยที่

ρ คือ ความหนาแน่น มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3)

m คือ มวลของชิ้นตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

v คือ ปริมาตรของชิ้นตัวอย่าง มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร (m^3)

ภาพที่ 3.9 เครื่องวัดความหนาแน่น

3.2.12 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope, SEM) รุ่น Quanta 400 โดยมีกำลังขยายสูงสุดถึง 300,000 เท่า

การทดสอบสมบัติทางกายภาพของชิ้นทดสอบเพื่อต้องการดูสัณฐานวิทยาของตัวอย่างทดสอบได้โดยใช้เครื่อง SEM การสร้างภาพทำได้โดยการตรวจวัดอิเล็กตรอนที่สะท้อนจากพื้นผิวของชิ้นทดสอบ ภาพที่ได้เครื่อง SEM นี้ลักษณะเป็นสามมิติ ดังนั้นเครื่อง SEM จึงถูกนำมาใช้ในการศึกษาสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของตัวอย่าง เช่น พื้นที่หน้าตัดของวัสดุลักษณะพื้นผิวด้านนอกและด้านในของวัสดุ

Prince of Songkla University Pattani Campus

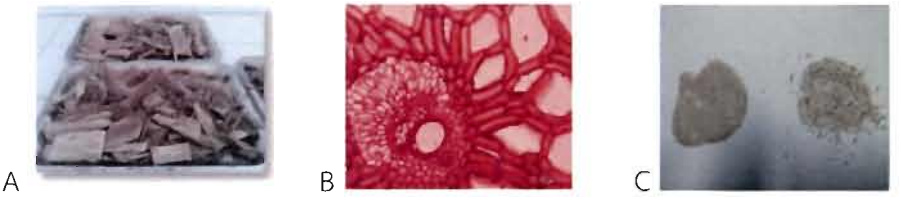
ภาพที่ 3.10 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope, SEM) รุ่น Quanta 400

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 การเตรียมสารตัวเติม

3.3.1.1 เส้นใยจากลำต้นหมาก

เส้นใยจากต้นหมากที่อบแห้ง โดยใช้เส้นใยภายในต้นหมากที่แก่ตากแดด 7 วัน นำมาอบที่อุณหภูมิ 70 ^{0}C ในเวลา 48 hr นำไปบดแล้วร่อนด้วยตะแกรงให้ได้ขนาดเฉลี่ยประมาณ 0.25 mm สำหรับชนิดละเอียดและให้ได้ขนาดเฉลี่ยประมาณ 2 mm สำหรับชนิดหยาบดังภาพที่ 3.11 นำเส้นใยภายในต้นหมากไปย้อมสีดูโครงสร้างภายในด้วยกล้องจุลทรรศน์ Olympus รุ่น Motic Live Imaging Module กำลังขยาย 400 เท่า

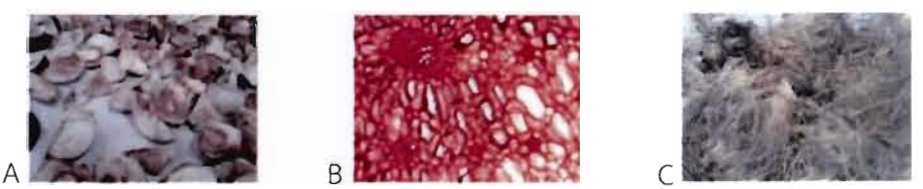


ภาพที่ 3.11 A เส้นใยจากต้นหมากที่อบแห้งก่อนการบด B ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์เส้นใยจากต้นหมาก C หลังการบดชนิดละเอียด (0.25 mm) และชนิดหยาบ (2 mm)

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.3.1.2 เส้นใยจากลูกตาลโตนดที่สุก

การเตรียมเส้นใยลูกตาลโตนดที่สุก โดยนำเปลือกลูกตาลสุกแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 hr หลังจากแช่น้ำทำความสะอาดแล้วนำไปตากแดด 7 วัน จากนั้นนำไปทุบให้เปลือกสีดำหลุดออกไป เหลือเฉพาะเส้นใยเปล่าๆ จึงนำเส้นใยที่ได้ไปอบด้วยตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 70 ^{0}C เป็นเวลา 48 hr และทำการบดให้ได้เส้นใยดังภาพที่ 3.12 นำเส้นใยจากลูกตาลโตนดที่สุกไปย้อมสีดูโครงสร้างภายในด้วยกล้องจุลทรรศน์ Olympus รุ่น Motic Live Imaging Module กำลังขยาย 400 เท่า



ภาพที่ 3.12 A เส้นใยจากลูกตาลโตนดสุกที่อบแห้งก่อนการบด B ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์เส้นใยจากลูกตาลโตนดที่สุก C เส้นใยจากลูกตาลโตนดสุกที่อบแห้งแล้ว

3.3.2 ออกแบบสูตรยาง

ออกแบบสูตรยางดัง ตาราง 3.1 แล้วคำนวณสัดส่วนใช้จริงตามขนาดกำหนดของเครื่องผสม ชั่งยาง และสารเคมีต่าง ๆ ด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าที่วัดละเอียด

ตาราง 3.1 สูตรยางผสมและสารเคมีต่างๆ

สารเคมี	ปริมาณ (phr)		
	S1	S2	S3
NR (STR 5L)	100	100	100
ZnO	4	4	4
Stearic Acid	2	2	2
CBS	1	1	1
6PPD	1	1	1
Sugar palm	0	10	20
Betel palm	0, 3, 6, 9, 12	0, 3, 6, 9, 12	0, 3, 6, 9, 12
Sulphur	2.5	2.5	2.5

3.3.3 การผสมยาง

นำยางธรรมชาติมาบดให้โซ่ยางสั้นลงแล้วผสมกับสารเคมีต่อไปนี้ตามลำดับซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO) เป็นสารเคมีที่ใช้ในการเริ่มต้นปฏิกิริยาใช้ร่วมกับสารกระตุ้นคือ กรดสเตียริก (Stearic acid) สารเร่งปฏิกิริยา คือ N-cyclohexy-2-benzothiazyl Sulphenamide (CBS) ส่วนสารแอนตีออกซิแดนส์ คือ N-phenyl-N-1, 3-dimethylbutyl-phenylenediamine (6PPD) เส้นใยภายในต้นหมากและเส้นใยลูกตาลเป็นสารตัวเติมและสารชนิดสุดท้ายที่ทำให้เกิดพันธะโควาเลนต์ระหว่างโซ่ยางโดยโมเลกุลกำมะถัน (Sulphur) บดด้วยเครื่องบดและผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง (Two Roll Mill) พักไว้ 24 hr

3.3.4 การหาเวลาสุกของยาง

ตัดชิ้นยางผสมสารเคมี (Rubber Compound) ที่ได้ไปหาเวลาสุกของยางด้วยเครื่อง Oscillating Disc Rheometer (ODR)

3.3.5 การอัดเบ้า

นำยางผสมสารเคมีไปอัดขึ้นรูป ด้วยเครื่องขึ้นรูปแม่พิมพ์แบบอัด (Compression Moulding) ที่อุณหภูมิและใช้เวลาตามที่ได้จากเครื่อง ODR ได้แผ่นยางผสมขึ้นรูปแล้วมีรูปร่างจัตุรัส 16x16 cm^2 ที่ความหนา 1 mm และ 3 mm

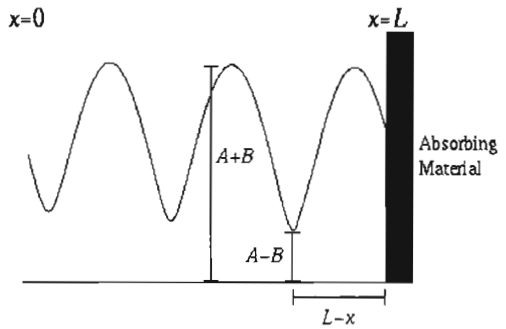
3.3.6 การทดสอบสมบัติการดูดซับเสียงของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล

สมบัติดูดซับเสียงของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาลทดสอบโดยนำแผ่นยางที่ได้ไปหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

3.3.6.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α)

ในการทดสอบนั้น ทำได้โดยการนำชิ้นทดสอบติดตั้งที่ฝาครอบปลายท่อด้านขวา ดังแสดงในภาพที่ 3.6 โดยให้ชิ้นทดสอบตั้งฉากกับความยาวท่อ แล้วเปิดเครื่องกำเนิดความถี่เสียง ตั้งค่าความถี่เสียงที่ 125 Hz วัดค่าระดับความดันเสียงต่ำสุดและสูงสุดค่าแรกหลังจากสะท้อนแผ่นยางดังรูปที่ 3.14 ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง นำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย จากนั้นทำการทดลองที่ความถี่ 250, 500, 1,000, 1500, 2,000, 3,000 และ 4,000 Hz จากข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ตามสมการที่ (2.9) (2.10) และ (2.11)

Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพที่ 3.14 แสดงลักษณะความดันสูงสุดและความดันต่ำสุด

3.3.7 การทดสอบความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ

การหาค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ โดยการนำแผ่นยางชิ้นทดสอบมาตัดเป็นสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 4 x 4 cm^2 นำไปหาความหนาแน่นโดยใช้เครื่องวัดความหนาแน่น Electronic Densimeter รุ่น MD - 300 S แสดงในรูปที่ 3.10 ผลิตโดยบริษัท Alfa Mirage ใช้หลักการอาร์คีมิดีสในการคำนวณหาความหนาแน่น ชั่งมวลในอากาศ ชั่งมวลในน้ำ หาปริมาตรโดยการแทนที่น้ำ เครื่องทำงานโดยระบบอิเลคโทรนิคและวัดละเอียดได้ 0.001 g/cm^3 โดยทุกการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

3.3.8 การทดสอบสมบัติเชิงพลวัตของการบิด

นำยางที่ขึ้นรูปแล้วมาตัดเป็นชิ้นทดสอบขนาด 6 x 10 x 3 mm ติดตั้งเข้ากับชุดทดสอบสมบัติเชิงพลวัตของการบิด ทำการแกว่งมวล m ในระนาบการบิดแนวนอนด้วยมุมน้อย ๆ ทำให้แถบยางบิดไปมาเช่นกัน จากชุดเลเซอร์ที่เล็งไปสะท้อนที่กระจกแล้วมาตกบนฉากที่มีเสกล จากนั้นวัดคาบของการบิดและแอมพลิจูดจากจุดสูงสุดถึงจุดต่ำสุดของการแกว่ง การวิเคราะห์ข้อมูลจะเริ่มจากการหาความเฉื่อยของระบบที่แกว่งอย่างอิสระ (I_0) โดยหาจากข้อมูลเชิงการทดลองการเขียนความสัมพันธ์ระหว่าง T^2 และ $2mx^2$ จะได้กราฟเส้นตรง แล้วหาค่าความชันและค่าจุดตัดของกราฟแล้วนำไปสู่การหาค่า $I_0 = 9.85x10^{-5} kg - m^2$ ของระบบ สำหรับยางที่มีอิลาสติกสูงทำให้การบิดไปมาเกิดขึ้นเร็ว การวัดค่าต่าง ๆ ทำได้ลำบาก จึงต้องเพิ่มความเฉื่อยแก่ระบบโดยวางมวล m ที่แกนตั้งฉากทั้งสองข้างที่ระยะ x (ภาพที่ 3.7) ความเฉื่อยลัพธ์ คือ

$$I = I_0 + 2mx^2 \qquad (3.2)$$

Prince of Songkla University Pattani Campus

หาค่า Logarithmic decrement (Δ) จาก

$$\Delta = \ln\left(\frac{A_1}{A_2}\right) \tag{3.3}$$

เมื่อ A_1, A_2 คือ แอมปลิจูดที่ลดลงต่อเนื่องพลังงานที่สูญเสียภายในโครงสร้างของวัสดุ ค่ามอดูลัสการบิดเชิงซ้อน คือ $G* = G' + i.G''$ โดยพลังงานสะสมในแต่ละรอบการบิดคือเทอมจำนวนจริงหรือมอดูลัสอิลาสติก

$$G' = \frac{I}{KT^2}\left(4\pi^2 - \Delta^2\right) \tag{3.4}$$

และเทอมจำนวนจินตภาพคือมอดูลัสสูญเสีย (loss modulus) จะสัมพันธ์กับพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในเนื้อยางที่สัมพันธ์กับโครงสร้างภายในของวัสดุ คือ

$$G'' = \frac{4\pi I\Delta}{KT^2} \tag{3.5}$$

เมื่อ K คือ Shape factor สำหรับวัตถุสี่เหลี่ยมหาได้โดย

$$K = \frac{CD^3}{16\ell}\mu \tag{3.6}$$

และ $\mu = 5.33\left(1 - 0.63\frac{D}{C}\right)$ (3.7)

เมื่อ C คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ

D คือ ความหนาของชิ้นทดสอบ

ℓ คือ ระยะระหว่างการยึดของชิ้นทดสอบ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ดังนั้นสมบัติสมบัติเชิงฟิสิกส์ที่ไม่ขึ้นกับรูปร่างของชิ้นทดสอบ คือสัดส่วนของพลังงานสูญเสียต่อพลังงานสะสมของแต่ละรอบการบิด คือ

$$\frac{G''}{G'} = \frac{4\pi\Delta}{4\pi^2 - \Delta^2} = \tan\delta \qquad (3.8)$$

ซึ่งจะแสดงสมบัติเฉพาะ(Characteristics properties) ของวัสดุนั้นเชื่อมโยงโครงสร้างภายในซึ่งแสดงสัดส่วนการเกิดปริมาณความร้อนหรือการสูญเสียพลังงานที่เกิดขึ้นขณะแกว่งแต่ละรอบ เมื่อ Δ มีค่าน้อย นั่นคือ $\Delta^2 = 0$ แล้วจะได้ว่า $\Delta = \pi \tan\delta$ หรือ $\frac{\Delta}{\pi} = \tan\delta$

3.3.9 การทดสอบสมบัติการดึง

3.3.9.1 เตรียมชิ้นตัวอย่างโดยนำแผ่นยางที่ได้จากการผสมยางธรรมชาติ สารเคมีและสารตัวเติมต่าง ๆ นำไปอัดเบ้าเพื่อให้ยางคงรูปแล้วนำไปตัดให้เป็นรูปดัมเบลความยาวคือ 40 cm

3.3.9.2 วัดค่า A_0 และ l_0 ของชิ้นตัวอย่าง แล้วนำไปทดสอบสมบัติการดึงโดยเครื่อง Tensile Meter ยึดตัวอย่างกับเครื่องทดสอบให้แน่น แผ่นตัวอย่างที่ยึดนั้นจะต้องไม่เอนไปข้างใดข้างหนึ่งและดึงตัวอย่างไม่ให้หย่อนเพื่อความแม่นยำในการทดสอบ ทำการป้อนข้อมูลลงในโปรแกรมพร้อมทั้งกำหนดความเร็วในการดึงตัวอย่าง ความเร็วที่ใช้ในการดึงคือ 10, 50, 100 และ 200 mm/min ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

3.3.9.3 นำข้อมูลที่ได้ไปหาค่า $\varepsilon, \sigma_n, \sigma_t(t), \lambda$ และค่า E(t) โดยใช้สมการดังนี้

สำหรับการเปลี่ยนรูปตามยาวโดยการดึงแล้ว normal stress σ_n นิยามได้ว่า

$$\sigma_n = \frac{F}{A_0} \qquad (3.9)$$

เมื่อ F คือ แรงดึง

A_0 คือ พื้นที่หน้าตัดก่อนการดึง

และ norminal strain ε นิยามได้

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} - 1 \qquad (3.10)$$

เมื่อ Δl คือ ความยาวที่เปลี่ยนไป

l_0 คือ ความยาวก่อนการดึง

หรือนิยามสัดส่วนการดึง

$$\lambda(t) = \frac{l_t}{l_o} = 1 + \varepsilon(t) \tag{3.11}$$

การดึงเมื่อการเปลี่ยนรูปมีค่ามาก เป็น None linear deformation จึงใช้ Cauchy strain $(\lambda^2 - \lambda^{-1})$

ถ้าปริมาตรของ polymer คงที่ ที่เวลาใดๆ แล้ว

$$A(t).l(t) = A_0 l_0 \tag{3.12}$$

และ $\sigma_t(t) = \frac{F(t)}{A(t)}$ (ความเค้นที่เวลาใดๆ)

มอดูลัสของการกด คือ

$$E(t) = \frac{\sigma_t(t)}{\lambda^2 - \lambda^{-1}} \tag{3.13}$$

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.3.10 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของโครงสร้างภายในและการเป็นรูพรุนของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและส้นใยลูกตาล

3.3.10.1 เตรียมตัวอย่างจะใช้วิธีการหักระหว่างถูกแช่ในไนโตรเจนเหลว หรือเรียกว่า Cryogenic cracking เพราะอุณหภูมิที่เย็นจัด จะทำให้ยางแข็งและเปราะ ทำให้หักง่ายและเกิดรอยแตกตามโครงสร้าง จากนั้นรอให้ตัวอย่างหายเย็น แล้วติด stub ด้วยยาทาเล็บทาด้านข้างตัวอย่างด้วย carbon paste เป็นตัวช่วยยึดตัวอย่างให้ติดกับ stub แล้วยังเป็นตัวเชื่อมการนำไฟฟ้าของตัวอย่างกับ stub อีกด้วย แล้วนำไปฉาบผิว

3.3.10.2 ก่อนนำเข้าเครื่อง SEM ควรอบไล่ความชื้นจากตัวอย่างเสียก่อนเพราะภายในเครื่อง SEM เป็นสูญญากาศ ถ้าตัวอย่างมีความชื้นสูงอาจทำให้ระบบสูญญากาศไม่สามารถลดความดันจนเหมาะสมสะหรับการทำงานของเครื่อง SEM ได้

3.3.10.3 นำชิ้นตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้วไปทดสอบสมบัติทางกายภาพโดยใช้เครื่อง SEM โดยเลือกกำลังขยาย 50 เท่า 100 เท่า และ 500 เท่า