

การปรับปรุงพอลิเมอร์คอมพอสิตจากเส้นใยมะพร้าว
โดยวิธีการต่อกิ่งแบบรีดออกซ์



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

๑

๑ ๒๖ ๖

x

เลขหม.....

เลขทะเบียน.....**33504**

วัน, เดือน, ปี.....**13 ส.ค. 2542**

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏและขอสงวนสิทธิ์ในการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of Polymer Composite from coir fibers by
Redox Grafting Technique



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

การปรับปรุงพอลิเมอร์คอมพอสิตจากเส้นใยมะพร้าวโดย
วิธีการต่อกิ่งแบบบริดจิ้ง

นักศึกษา

นางสาวกมลทิพย์ มุมิ รหัส 38054201

นางสาวรัชনীกุล บุญหนูกลับ รหัส 38054243

ภาควิชา

เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.อิทธิพล แจ่มจัด

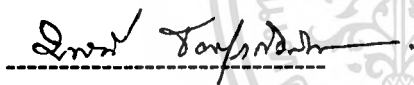
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต



(ผศ.นนุช เกตรานูวัฒน์)

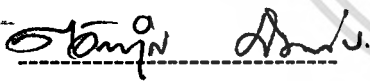
หัวหน้าภาควิชาเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษ



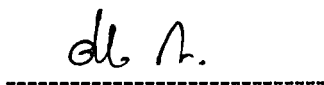
(ผศ.ดร.มาลินี ชัยสุภกิจสินธุ์)

ประธานกรรมการ



(ดร.ต้องจิตต์ คิคชอบ)

กรรมการ



(ดร.อิทธิพล แจ่มจัด)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การปรับปรุงพอลิเมอร์คอมพอสิตจากเส้นใยมะพร้าวโดยวิธีการต่อกิ่งแบบรีดออกซ์	
นักศึกษา	นางสาวกมลทิพย์	มูมิ
	นางสาวรัชณีกุล	บุญหนูกลับ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.อิทธิพล	แจ้งชัด
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม	
ภาควิชา	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์	
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาคุณภาพของพอลิเมอร์คอมพอสิตจากเส้นใยมะพร้าว กับ อะคริไลโนไครล์-บิวทาไดอิน-สไตรีน (ABS) โดยการปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยมะพร้าวด้วยการต่อกิ่งพอลิอะคริลาไมด์ โดยใช้วิธีการริเริ่มปฏิกิริยารีดออกซ์ (Redox Initiation) เพื่อเพิ่มสมบัติการยึดติดระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์โดยทำการศึกษาในแนวเปรียบเทียบระหว่างคอมพอสิตของเส้นใยมะพร้าวที่ไม่มีการปรับปรุง เส้นใยมะพร้าวที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเส้นใยมะพร้าวที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วต่อกิ่งด้วยอะคริลาไมด์ ทั้งนี้ได้ทำการศึกษาสถานะในขั้นการต่อกิ่งโดยใช้ความเข้มข้นมอนอเมอร์ 0.5 , 0.75 และ 1 โมลาร์ ใช้เวลาในการต่อกิ่ง 1 , 3 และ 5 ชั่วโมง รวมทั้งศึกษาผลของพอลิอะคริลาไมด์ ที่ติดอยู่บนเส้นใยที่มีต่อสมบัติเชิงกลของคอมพอสิต สรุปผลได้ดังนี้ เส้นใยมะพร้าวที่ทำการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะทำให้คอมพอสิตมีสมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนดีกว่าเส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้การยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับเมทริกซ์ดีขึ้น และสำหรับคอมพอสิตของเส้นใยมะพร้าวที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วต่อกิ่งด้วยอะคริลาไมด์ ที่ทำการล้างด้วยน้ำกลั่นอุณหภูมิห้องจะมีสมบัติเชิงกลดีกว่าของเส้นใยมะพร้าวที่ล้างด้วยน้ำกลั่นอุณหภูมิสูง 55 °C

จากการทดลองพบว่าสถานะของการต่อกิ่งที่ทำให้คอมพอสิตมีสมบัติเชิงกลดีที่สุด คือใช้ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ 1 โมลาร์ และเวลาที่ใช้ในการต่อกิ่ง 3 ชั่วโมงแล้วล้างเส้นใยด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง จากหลักฐานวิทยาพบว่าคอมพอสิตของเส้นใยที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะเห็นช่องว่างระหว่างเส้นใยกับเมทริกซ์ในขณะที่คอมพอสิตของเส้นใยที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วต่อกิ่งด้วยอะคริลาไมด์ จะเห็นการยึดติดที่ดีกว่า

Special Project Title	Development of Polymer Composites from coir fibers by Redox Grafting Technique	
Name	Miss Kamoltip	Mumi
	Miss Ratchanekun	Bunhnooklap
Special Project Advisors	Dr. Ittipol	Jangchud
Department	Chemistry	
Academic Year	1998	

Abstract

This research work involved the study of polymer composites from coir fibers and ABS. In order to improve the interfacial bonding between the fibers and the polymer matrix, surfaces of the coir fibers were grafted by polyacrylamide using redox initiation. Comparative study of the composites from untreated coir fibers, extracted fibers by NaOH, and extracted & grafted fibers were carried out. Monomer concentrations of 0.5, 0.75, and 1 Molar were studied for the optimum grafting condition together with the grafting times 1, 3, and 5 hours. The effect of homopolymer on the fibers was also investigated by extracting the fibers with water at different temperatures. It was found that the composites of the NaOH-extracted fibers had better physical and thermal properties than those of the untreated fibers resulting from the better interfacial adhesion between the fibers and the matrix. The extracted & grafted fibers composites treated with room-temperature water had better mechanical properties than those of composites treated with hot water.

It was revealed that the optimum conditions for grafting were monomer concentration of 1 Molar and the grafting time of 3 hours, followed by extracting the fibers with cold water. By using SEM, it was found that the composites of NaOH-extracted fibers revealed poor interfaces between the fibers and the matrix whereas the grafted composites had good interfacial adhesion.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการพิเศษนี้สำเร็จได้ เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือ ความร่วมมือตลอดจนคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์แก่ผู้จัดทำจากบุคคลและองค์กรต่างๆ

ขอขอบพระคุณ ดร.อิทธิพล แจ่มจัต ที่กรุณาให้คำปรึกษาให้ความช่วยเหลือในการดำเนินโครงการพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผศ. คร.มาลินี ชัยสุภกิจสินธุ์ และ ดร.ต้องจิตต์ ทิศชอบ อาจารย์คณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษที่ช่วยกรุณาตรวจทานและแก้ไขโครงการพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่อาคารปฏิบัติการเคมีอุตสาหกรรมที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินโครงการพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีทุกท่านที่คอยให้กำลังใจและช่วยเหลือมาโดยตลอด

นอกจากนี้ยังมีบุคคลท่านอื่นๆ ที่มีส่วนช่วยเหลือ ซึ่งผู้ทำมิได้กล่าวถึง ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

กมลทิพย์

มูมิ

รัชณีกุล

บุญหนูกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ

บทที่ 1 บทนำ

- 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ 1
- 1.2 ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2
- 1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ 6
- 1.4 ขอบเขตของโครงการพิเศษ 7
- 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการพิเศษ 7

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

- 2.1 เส้นใยธรรมชาติ 8
 - 2.1.1 เซลลูโลส 8
 - 2.1.2 เฮมิเซลลูโลส 10
 - 2.1.3 ลิกนิน 11
- 2.2 โคลพอลิเมอร์ของอะครีโลไนไตรล์-บิวทาไดอีน-สไตรีน 14
 - 2.2.1 การเตรียม ABS 14
 - 2.2.2 สมบัติของ ABS 15
 - 2.2.3 การใช้ประโยชน์ 16
- 2.3 การต่อกิ่งโดยวิธี Redox Initiation 17
 - 2.3.1 ชนิดของ Redox Initiation 17
 - 2.3.2 การต่อกิ่งเซลลูโลสโดยใช้ Cerium(IV) ไซออนเป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา 17
- 2.4 คอมพอสิต 18

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

- 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 21

- 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

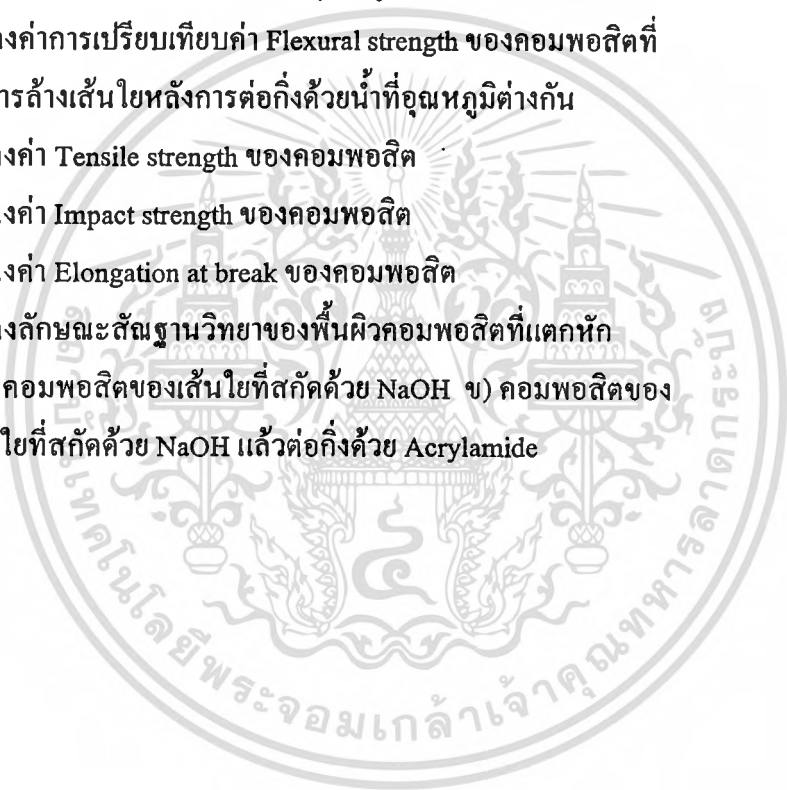
3.3	ขั้นตอนการวิจัย	22
3.4	ทดสอบสมบัติ	23
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์		24
4.1	การศึกษาผลของการสกัดเส้นใยมะพร้าวด้วยสารละลาย NaOH	24
4.2	การศึกษาผลของสภาวะของการตอ่กึ่งที่มีต่อสมบัติเชิงกลของคอมพอสิต	29
4.3	การศึกษาสมบัติทางความร้อนและการดูดซ้บน้ำของเส้นใยที่สกัดด้วยสารละลาย NaOH แล้วตอ่กึ่งด้วย Acrylamide	31
4.4	การศึกษาผลของ Polyacrylamide ที่ติดอยู่บนเส้นใยที่มีต่อสมบัติเชิงกลของคอมพอสิต	33
4.5	การศึกษาสมบัติเชิงกลของ ABS เปรียบเทียบกับคอมพอสิตชนิดต่าง ๆ	35
4.6	การศึกษาสัณฐานวิทยาในเชิงเปรียบเทียบระหว่างคอมพอสิตของเส้นใยที่สกัดด้วยสารละลาย NaOH กับเส้นใยที่สกัดด้วยสารละลาย NaOH แล้วตอ่กึ่งด้วย Acrylamide	39
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ		40
5.1	สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	40
5.2	ข้อเสนอแนะ	40
บรรณานุกรม		41
ภาคผนวก		43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1 ก) ภาพ SEM พื้นผิวที่แตกหักของตัวอย่าง B ข) ภาพ SEM พื้นผิวที่แตกหักของตัวอย่าง G	6
รูปที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส	8
รูปที่ 2.2 ลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยเซลลูโลส	9
รูปที่ 2.3 โครงสร้างของเฮมิเซลลูโลส	10
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างโครงสร้างทางเคมีของลิกนิน	11
รูปที่ 2.5 ลักษณะพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยมะพร้าว	12
รูปที่ 2.6 สมบัติเชิงกลส่วนต่างๆ ของเส้นใยมะพร้าว	12
รูปที่ 2.7 โครงสร้างของคอมอนอเมอร์ และ ABS	14
รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์ตกแต่งภายในรถยนต์ที่ผลิตจาก ABS	16
รูปที่ 2.9 แสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างซีริก ไอออนกับเซลลูโลส	18
รูปที่ 2.10 ประเภทของวัสดุคอมพอสิต	19
รูปที่ 2.11 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของคอมพอสิต	20
รูปที่ 4.1 แสดงค่า Tensile strength ของคอมพอสิต เมื่อมีการเติมเส้นใยในปริมาณต่าง ๆ	24
รูปที่ 4.2 แสดงค่า Impact strength ของคอมพอสิตเมื่อมีการเติมเส้นใยในปริมาณต่าง ๆ	25
รูปที่ 4.3 แสดงค่า Elongation at break ของคอมพอสิตเมื่อมีการเติมเส้นใยในปริมาณต่าง ๆ	26
รูปที่ 4.4 แสดงค่า Modulus ของคอมพอสิตเมื่อมีการเติมเส้นใยในปริมาณต่าง ๆ	27
รูปที่ 4.5 แสดงค่า HDT ของคอมพอสิตเมื่อมีการเติมเส้นใยในปริมาณต่าง ๆ	27
รูปที่ 4.6 แสดงค่า Hardness ของคอมพอสิตเมื่อปริมาณเส้นใยเปลี่ยนแปลง	28
รูปที่ 4.7 แสดงผลของเวลาในการตอกิ่งที่มีต่อค่า Tensile strength ของคอมพอสิต เมื่อความเข้มข้นของมอนอเมอร์เปลี่ยนแปลง	29
รูปที่ 4.8 แสดงผลของเวลาในการตอกิ่งที่มีต่อค่า Impact strength ของคอมพอสิต เมื่อความเข้มข้นของมอนอเมอร์เปลี่ยนแปลง	30

รูปที่ 4.9 แสดงผลของเวลาในการต่อกึ่งที่มีต่อค่า Flexural strength ของคอมพอสิต เมื่อความเข้มข้นของมอนอเมอร์เปลี่ยนแปลง	30
รูปที่ 4.10 แสดงค่า HDT ($^{\circ}\text{C}$) ของคอมพอสิตชนิดต่าง ๆ	32
รูปที่ 4.11 แสดงค่า % การดูดซับน้ำของคอมพอสิตชนิดต่าง ๆ	33
รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่า Tensile strength ของคอมพอสิตที่ทำการ ล้างเส้นใยหลังต่อกึ่งด้วยน้ำที่อุณหภูมิต่างกัน	34
รูปที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่า Impact strength ของคอมพอสิตที่ทำการ ล้างเส้นใยหลังการต่อกึ่งด้วยน้ำอุณหภูมิต่างกัน	34
รูปที่ 4.14 แสดงค่าการเปรียบเทียบค่า Flexural strength ของคอมพอสิตที่ ทำการล้างเส้นใยหลังการต่อกึ่งด้วยน้ำที่อุณหภูมิต่างกัน	35
รูปที่ 4.15 แสดงค่า Tensile strength ของคอมพอสิต	36
รูปที่ 4.16 แสดงค่า Impact strength ของคอมพอสิต	37
รูปที่ 4.17 แสดงค่า Elongation at break ของคอมพอสิต	38
รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะสัณฐานวิทยาของพื้นผิวคอมพอสิตที่แตกหัก ก) คอมพอสิตของเส้นใยที่สกัดด้วย NaOH ข) คอมพอสิตของ เส้นใยที่สกัดด้วย NaOH แล้วต่อกึ่งด้วย Acrylamide	39



สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 ส่วนผสมสูตรต่าง ๆ	5
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบสมบัติและราคาของเส้นใยมะพร้าวกับเส้นใยธรรมชาติอื่น ๆ	13
ตารางที่ 2.2 สมบัติเชิงกลของเส้นใยธรรมชาติ	13
ตารางที่ 2.3 สมบัติของ ABS	15
ตารางที่ 4.1 แสดงสมบัติทางความร้อน และการดูดซึมน้ำของคอมพอสิต	32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของโครงการพิเศษ

ปัจจุบันพลาสติกจัดเป็นวัสดุที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากได้มีการพัฒนาปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน แนวทางหนึ่งในการปรับปรุงสมบัติของพลาสติกคือการทำพลาสติกเสริมแรง (Reinforcing plastics) หรือ พอลิเมอร์คอมพอสิต (Polymer composites) เนื่องจากมีน้ำหนักเบา ความหนาแน่นต่ำ ความแข็งแรง ค่ามอดูลัสสูง และขึ้นรูปง่ายสามารถใช้แทนโลหะได้ในหลายการใช้งาน พอลิเมอร์คอมพอสิต ประกอบด้วยพอลิเมอร์หลัก (Polymer matrices) กับวัสดุเสริมแรง พอลิเมอร์หลักสามารถใช้ได้ทั้งเทอร์โมพลาสติก และเทอร์โมเซท วัสดุเสริมแรงที่นิยมใช้คือเส้นใย เช่น เส้นใยแอสเบสตอส (Asbestos) เส้นใยคาร์บอน (Carbon fibers) เส้นใยแก้ว (Glass fibers) ฯลฯ เนื่องจากมีน้ำหนักเบาและให้ความแข็งแรงสูงแต่มีข้อเสียคือเส้นใยสังเคราะห์มีราคาแพง ต้องใช้พลังงานในการผลิตสูงทำให้พอลิเมอร์คอมพอสิตมีต้นทุนการผลิตสูงจึงมีผู้พยายามหาวัสดุจากธรรมชาติจำพวกเส้นใยมาใช้ทดแทน จากการศึกษาพบว่าเส้นใยธรรมชาติ ให้สมบัติต่าง ๆ เทียบเท่า หรือดีกว่าคอมพอสิตจากเส้นใยสังเคราะห์และมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่า

ในปัจจุบันได้มีความสนใจที่จะประยุกต์นำเส้นใยธรรมชาติ โดยเฉพาะเส้นใยเซลลูโลส (Cellulose fibers) มาใช้แทนเส้นใยสังเคราะห์ ข้อดีของเส้นใยธรรมชาติ คือ ราคาถูก หาง่าย มีมากในธรรมชาติ ความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา แข็งแรง ปรับปรุงสมบัติทางเคมีได้ ใช้พลังงานในการผลิตต่ำ เส้นใยเหนียวไม่ขาดระหว่างการผสม ลดกากของเสียจากเกษตรกรรม และ ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติแต่มีข้อจำกัดคือ มีสมบัติดูดซับน้ำ และมีการยึดติดกับพอลิเมอร์ต่ำ

เส้นใยธรรมชาติที่มีการศึกษาได้แก่ เส้นใยมะพร้าว (Coir) ปอกระเจา (Jute) ป่านศรนารายณ์ (Sisal) ป่านลินิน (Flax) ป่านรามี่ (Ramie) ปอแอบบากา (Abaca) ฯลฯ เส้นใยเหล่านี้มีมากในบริเวณเส้นศูนย์สูตร หรือเขตร้อนชื้น ซึ่งมีมากในประเทศไทยและประเทศอาเซียนอื่น ๆ เส้นใยบางชนิดถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอเช่น เครื่องนุ่งห่ม กระสอบ เชือก ฯลฯ เส้นใยบางชนิดได้ จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยเว็บไซต์งานวิชาการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กากที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมกระดาษ ซึ่งเหลือทิ้งไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ และเป็นภาระในการกำจัด หากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ก็จะเป็นผลดีอย่างมาก

เส้นใยมะพร้าวเป็นเส้นใยประเภทลิกโนเซลลูโลสติก (Ligno-cellulosic fibers) คือ สารที่ประกอบด้วยลิกนินและเซลลูโลส มีมากในประเทศแถบเส้นศูนย์สูตร เช่น ประเทศไทย อินเดีย และศรีลังกา เส้นใยมะพร้าวมีข้อดีคือ มีความแข็งแรง ทนทาน และต้านทานการย่อยสลายจากแบคทีเรีย เนื่องจากมีลิกนิน (Lignin) สูงมากเมื่อเทียบกับเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่น ๆ คือมีประมาณ 41-45% ส่วนหนึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ ถ้าเป็นเชือก เสื่อ และที่นอน นอกจากนี้มีผู้นำเส้นใยมะพร้าวมาเสริมแรงในดินเหนียว (Clay) ซีเมนต์ (Cement) และ พอลิเมอร์ (Polymer)¹

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากเส้นใยธรรมชาติ โดยการนำเส้นใยมะพร้าวมาใช้เป็นสารเสริมแรงในพอลิอะคริโลไนไตรล์ - บิวทาไดอีน - สไตรีน (Acrylonitrile-butadiene-styrene, ABS) โดยทำการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยมะพร้าวด้วยการต่อกิ่ง (Grafting) พอลิอะคริลาไมด์ (Polyacrylamide) ลงบนพื้นผิวของเส้นใยมะพร้าวด้วยวิธีรีดอกซ์ (Redox initiation) มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการปรับสภาพผิวของเส้นใยมะพร้าวโดยแช่ลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 %
2. ทำการต่อกิ่งมอนอเมอร์อะคริลาไมด์ (Acrylamide monomer) โดยใช้ปฏิกิริยารีดอกซ์ผ่านไอออนซีริก (Ceric ion)
3. นำเส้นใยมะพร้าวมาทำเป็นพอลิเมอร์คอมพอสิตกับ ABS

จากนั้นนำพอลิเมอร์คอมพอสิตมาทดสอบสมบัติต่าง ๆ เช่น สมบัติเชิงกล (Mechanical properties) และลักษณะวิทยา (Morphology) เป็นต้น

1.2 ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในช่วงเวลาที่ผ่านมามีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านให้ความสนใจในการศึกษาค้นคว้าการนำเส้นใยธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ร่วมกับพลาสติก รวมทั้งทำการปรับปรุงพื้นผิวโดยใช้ซีริกไอออน

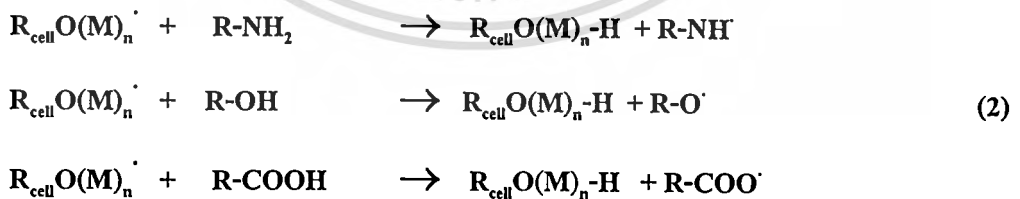
Nayak , N. C., *et. al.*² ทำการศึกษาอิทธิพลของไกลซีน (Glycine) ที่มีต่อปฏิกิริยาการต่อกิ่งสายโซ่อะคริโลไนไตรล์ (Acrylonitrile : AN) บนเส้นใยปอกระเจา (Jute fibers) โดยใช้ซีริกไอออน (Ceric ion) โดยศึกษาผลของความเข้มข้นมอนอเมอร์ Ce(IV) และไกลซีน ต่อเปอร์เซ็นต์การต่อกิ่ง รวมถึงผลของเวลา อุณหภูมิ กรด และปริมาณเส้นใย ได้สภาวะที่เหมาะสม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการต่อกิ่ง คือ $[Ce^{4+}] = 0.035$ โมลาร์ ; $[AN] = 0.759$ โมลาร์ ; $[Glycine] = 0.2$ โมลาร์ ; $H_2SO_4 = 0.5$ โมลาร์ ; ปอกระเจา = 0.05 กรัม

Misra, B. N., *et. al.*³ ได้ทำการศึกษาผลของ L(-)Threonine , 5-Hydroxytryptophane และ 5-Hydroxytryptamine ซึ่งเป็นสารประเภท Radio protecting agents ในปฏิกิริยาการต่อกิ่ง เมททิลอะคริเลท (Methyl acrylate) บนเซลล์ลูโลส โดยใช้ซีริกไอออน (Ceric ion) เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา เมื่อยังไม่ได้ใช้สารประเภท Radio protecting agent เปอร์เซ็นต์การต่อกิ่งจะสูงสุดเมื่อใช้ความเข้มข้นซีริกแอมโมเนียมซัลเฟต (Ceric ammonium sulfate) 26.28×10^{-3} โมลาร์ การริเริ่มปฏิกิริยาการต่อกิ่งเซลล์ลูโลสโดยใช้ซีริกไอออนแสดงดังสมการ (1) โดยที่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือซีริก (Ceric salt) ทำให้เปอร์เซ็นต์การต่อกิ่งเพิ่มขึ้นแต่เมื่อเพิ่มขึ้นมาก ๆ ทำให้เปอร์เซ็นต์การต่อกิ่งลดลงเนื่องจากเมื่อมีซีริกไอออนมากเกินไปจะทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์เกิดเป็นไฮโปลิเมอร์ และยังเป็นตัวสนับสนุนให้เกิดขั้นสิ้นสุดปฏิกิริยา (Termination) ของสายโซ่ที่ต่อกิ่งด้วย



เมื่อใส่ L-threonine ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซี (-OH) เอมีน (-NH₂) คาร์บอกซิลิก (-COOH) ซึ่งสามารถเกิดสารเชิงซ้อนกับซีริกไอออนได้ พบว่า เปอร์เซ็นต์การต่อกิ่งสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสาร Radio protective เพิ่มขึ้น แต่ ถ้าสูงมากเกินไปเปอร์เซ็นต์การต่อกิ่งจะลดลงเนื่องจาก ทำให้เกิดขั้นสิ้นสุดเร็วขึ้น ดังสมการ (2)



แต่เมื่อใส่ 5- Hydroxytryptophane และ 5-Hydroxytryptamine ทำให้หยุดปฏิกิริยาการต่อกิ่ง ซึ่งอธิบายได้ว่าเกิดจากหมู่ไฮดรอกซีฟีนอลิก จะเป็นตัวยับยั้งปฏิกิริยาการต่อกิ่ง และปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วย จึงสามารถสรุปได้ว่าสาร Radio protecting agent จะมีผลต่อกลไกของอนุมูลอิสระในสารแต่ละตัวเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Geethamma, V. G., *et. al.*⁴ ได้นำเส้นใยมะพร้าวมาเสริมแรงในยางธรรมชาติ โดยศึกษาสมบัติของพอลิเมอร์คอมพอสิตในเรื่องความยาวของเส้นใย การปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลาย NaOH 5 % ใช้ Resorcinol-hexamethylene tetramine เป็น Bonding agent และทิศทางการเรียงตัวของเส้นใย พบว่าเส้นใยมะพร้าวที่มีความยาว 10 mm ทำการปรับปรุงพื้นผิวเป็นเวลา 48 ชั่วโมงและมีการจัดเรียงตัวของเส้นใย ตามแนวยาว จะทำให้ได้สมบัติของ พอลิเมอร์คอมพอสิต ที่ดีที่สุด

Jain, S., *et. al.*⁵ ได้ทำการศึกษา Epoxy composites จากไผ่เส้น (Bamboo fibers) และไผ่ทอ (Bamboo mats) พบว่าไผ่มีสมบัติทางกายภาพดี สามารถใช้ร่วมกับพอลิเมอร์ได้ถึง 65 % (Fibers volume fraction) และมีความแข็งแรงสูงมากตามแนวเส้นใย จากการศึกษาด้วย SEM พบว่าไผ่มีการยึดติดที่ดีกับ Epoxy ได้พอลิเมอร์คอมพอสิตที่มีความแข็งแรง ราคาถูก ความหนาแน่นต่ำและง่ายในการผลิต มีความเป็นไปได้สูงในการผลิตเชิงการค้า

Kuruvilla, *et. al.*⁶ ทำการศึกษาป่านศรนารายณ์ (Sisal fiber) ที่ใช้เสริมแรงใน LDPE เกี่ยวกับอิทธิพลของกระบวนการผลิตและผลเนื่องจากสมบัติของเส้นใย เช่น ความยาว การจัดเรียงตัว ค่า Tensile ของคอมพอสิตจะเปลี่ยนแปลงตามการเพิ่มปริมาณเส้นใย และจะเพิ่มตามความยาวของเส้นใย ซึ่งความยาวที่มากที่สุดประมาณ 6 mm การจัดเรียงตัวของเส้นใยเป็นเส้นตรงเนื่องจากเครื่อง Extruder จะทำให้ค่า Tensile strength และ Modulus จะมีค่าเป็น 2 เท่าเมื่อเทียบกับเส้นใยที่มีการจัดเรียงตัวแบบกระจาย (Random)

Geethamma, V. G., *et. al.*⁷ ได้ทำเส้นใยมะพร้าวต้นเสริมแรงยางธรรมชาติโดยศึกษาผลของความยาวของเส้นใย การจัดเรียงตัวและการปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายเบส เส้นใยที่ใช้ ประกอบด้วยเส้นใยมะพร้าวยาว 6, 10, 14 mm นำเส้นใยที่ยาว 10 mm ไปแช่ด้วยสารละลาย 5% NaOH เวลา 4, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เตรียมให้เป็นคอมพอสิตโดยใช้ส่วนผสมในตารางที่ 1.1 ใช้ Resorcinol และ Hexamethylenetetramine เป็น Bonding agent พบว่าการขึ้นรูปและสมบัติเชิงกลของยางคอมพอสิตเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวขึ้นอยู่กับความยาว การจัดเรียงตัวและการทรีทเมนต์พื้นผิวเส้นใยสมบัติเชิงกลของคอมพอสิตที่เส้นใยจัดเรียงตามยาวดีกว่าตามขวาง ความยาวเส้นใยที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้เสริมแรงในยางธรรมชาติคือ 10 mm คอมพอสิตจะมีคุณสมบัติเชิงกลดีที่สุดเมื่อใช้เส้นใยที่ทำการปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 5% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง การจัดเรียงตัวของเส้นใย สูงสุดและ Green strength สูงสุด

จาก SEM เปรียบเทียบตัวอย่าง B และ G คือคอมพอสิตที่ใช้ เส้นใยที่ไม่ปรับปรุงพื้นผิวด้วย NaOH และที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วย NaOH 5% นาน 48 ชั่วโมง รูปที่ 1.1 ก) จะเห็นรูที่เกิดจากการหลุดของเส้นใยซึ่งเกิดเนื่องจากคอมพอสิตมีการยึดติดระหว่างเส้นใยและพอลิเมอร์หลักการใช้ไม่ดี รูปที่ 1.1 ข) คือคอมพอสิตที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลาย NaOH จะเกิดการหักของ

เส้นใยแทนที่จะเกิดการหลุดเพราะมีการยึดติดระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์หลักที่ดีเนื่องจากสารละลาย NaOH ช่วยปรับปรุงการยึดติดระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์หลัก Resorcinol กับ Hexamethylene tetramine เป็นตัวช่วยให้เกิดพันธะ (Bonding agent)

ตารางที่ 1.1 ส่วนผสมสูตรต่าง ๆ

Ingredients	Gum	A	B	C	D	E	F	G	H
Natural rubber	100	100	100	100	100	100	100	100	100
stearic acid	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Zinc oxide	5	5	5	5	5	5	5	5	5
T.D.Q. ^a	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Resorcinol	-	-	-	-	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75
Hexa ^b	-	-	-	-	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
C.B.S. ^c	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Sulfur	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Coir fiber (untreated)	-	35 (6 mm) ^d	35 (10 mm) ^d	35 (14 mm) ^d	35 (10 mm) ^d	-	-	-	-
Coir fiber (5% NaOH treated)	-	-	-	-	-	35	35	35	35
10 mm long						4 h	24 h	48 h	72 h
							(treatment time)		

^a 2,2,4-Trimethyl-1,2-dihydroxy guinoline polymerized.

^b Hexamethylenetetramine.

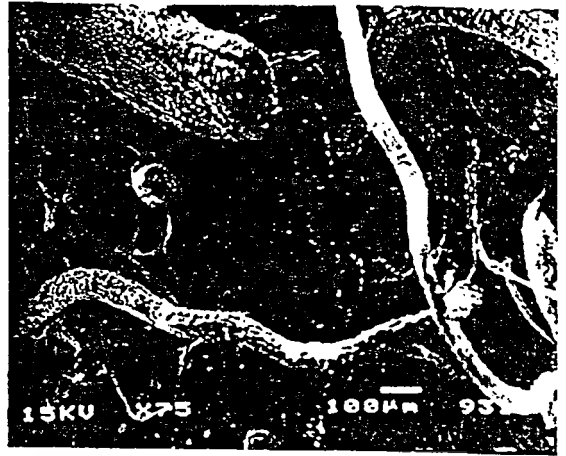
^c N-Cyclohexyl-2-benzothiazyl sulfenamide.

^d Values in parentheses show the fiber length.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก)



ข)

รูปที่ 1.1 ก) ภาพ SEM พื้นผิวที่แตกหักของตัวอย่าง B ข) ภาพ SEM พื้นผิวที่แตกหักของตัวอย่าง G

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการต่อกิ่งสายโซ่พอลิเมอร์ (Grafting) ปอกระเจาด้วย Acrylonitrile และ Methyl methacrylate โดยใช้ปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox)⁸ พบว่าเปอร์เซ็นต์การต่อกิ่งขึ้นกับระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาและสัดส่วนของมอนอเมอร์ต่อกิ่ง (Grafting monomers) จากการศึกษาสัณฐานวิทยา (Morphology) โดยใช้เทคนิค Optical และ Scanning Electron Microscopy (SEM) พบว่าการเพิ่มเปอร์เซ็นต์การต่อกิ่งจะทำให้มีพอลิเมอร์ปกคลุมพื้นผิวเส้นใย และทำให้เกิดรอยแยก (Crack) ตามแนวเส้นใยเมื่อมีการต่อกิ่งมากเกินไป

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

1. ศึกษาการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีอยู่ในธรรมชาติ คือเส้นใยมะพร้าว เป็นวัสดุเสริมแรงในการผลิตพอลิเมอร์คอมพอสิต
2. ปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยด้วยการต่อกิ่งพอลิอะคริลาไมด์ โดยปฏิกิริยารีดอกซ์ เพื่อเพิ่มการยึดติดระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์หลักคือ ABS
3. ศึกษาผลของปริมาณเส้นใยที่มีต่อสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมพอสิต
4. ปรับปรุงสมบัติของ ABS ให้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

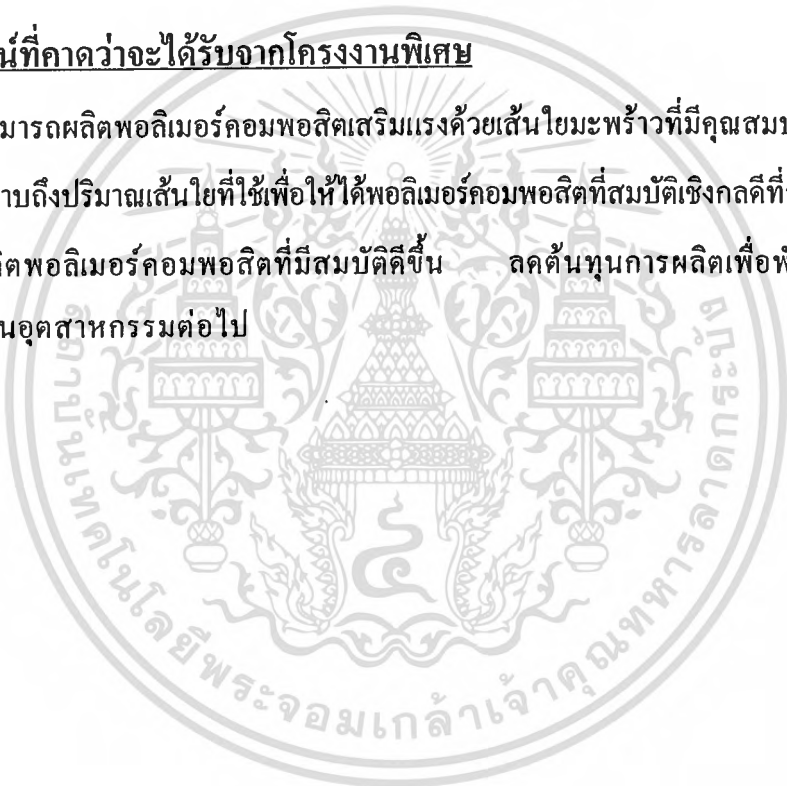
1.4 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในแนวเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยที่ปรับปรุงพื้นผิวและที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิวโดยทำการศึกษาปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ศึกษาผลของปริมาณเส้นใยที่มีต่อสมบัติของพอลิเมอร์คอมพอสิต
2. ศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมพอสิต
3. ศึกษาสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์คอมพอสิต

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการพิเศษ

1. สามารถผลิตพอลิเมอร์คอมพอสิตเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวที่มีคุณสมบัติดีขึ้นได้
2. ทราบถึงปริมาณเส้นใยที่ใช้เพื่อให้ได้พอลิเมอร์คอมพอสิตที่สมบัติเชิงกลดีที่สุด
3. ผลิตพอลิเมอร์คอมพอสิตที่มีสมบัติดีขึ้น ลดต้นทุนการผลิตเพื่อพัฒนาการผลิตเป็นอุตสาหกรรมต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 เส้นใยธรรมชาติ (Natural fiber)

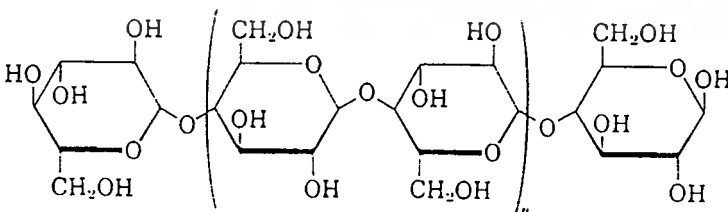
เส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุอินทรีย์ที่สำคัญ หาได้ง่ายจากธรรมชาติและ มีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ ด้วยเหตุนี้เส้นใยธรรมชาติจึงใช้เป็นสารเติมแต่งประเภทสารตัวเติมและสารเสริมแรงในพอลิเมอร์ เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เพิ่มปริมาณและลดต้นทุนการผลิต

โครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติประกอบด้วยเซลลูโลส (Cellulose) เป็นส่วนใหญ่ เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) และสารประกอบอื่น ๆ

2.1.1 เซลลูโลส (Cellulose)

เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีมากที่สุดและพบโดยทั่วไปในธรรมชาติ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ของพืชทุกชนิด ปริมาณของเซลลูโลสในพืชต่างชนิดกัน จะมีปริมาณไม่เท่ากัน นอกนั้นเป็นลิกนิน (Lignin) และสารประกอบอื่น ๆ

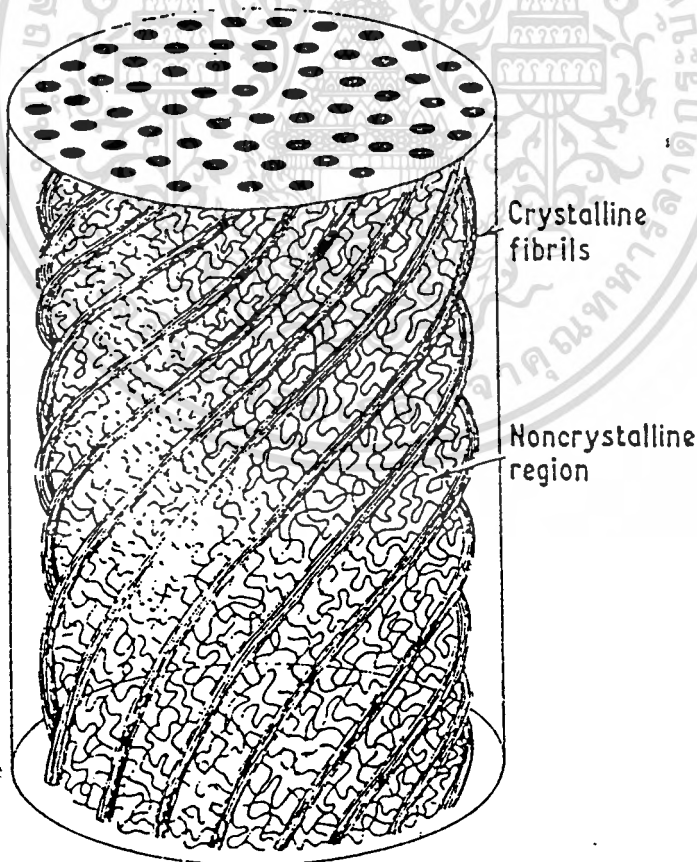
เซลลูโลสเป็นสารประกอบประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharides) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างประกอบด้วยกลูโคส (Glucose) ประมาณ 10,000 หน่วยต่อกันเป็น โมเลกุลพอลิเมอร์ดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส⁹

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส คือ poly(β -1 \rightarrow 4-D-anhydroglucopyranose) แต่ละหน่วยของเซลลูโลสเรียกว่า แอนไฮโดรกลูโคส (Anhydroglucose , $C_6H_{10}O_5$) เพราะเกิดการขจัดน้ำออกจากกลูโคส เซลลูโลสธรรมชาติมีน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยแตกต่างกัน เนื่องจากเซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิล(-OH) ถึง 3 หมู่ จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสจึงมาก ประกอบกับการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบของหน่วยที่ซ้ำ ๆ กันในโมเลกุล เซลลูโลสจึงมีองศาความเป็นผลึกสูง (Degree of crystallinity) คือมีค่าประมาณร้อยละ 60 - 80 ทำให้อุณหภูมิหลอมตัวสูงมาก จะเกิดการสลายตัวก่อนถึงอุณหภูมิหลอมตัว และมีความสามารถในการละลายต่ำ ทนทานต่อตัวทำละลายและสารเคมี โดยมีสารเคมีที่มีความสามารถละลายเซลลูโลสได้ไม่กี่ชนิด เช่น กรดกำมะถัน (> 68 %) กรดเกลือ (> 41 %) สังกะสีคลอไรด์ สารประกอบแอมโมเนียมจตุรภูมิ (Quaternary ammonium compound) สารประกอบเชิงซ้อนบางชนิด ถ้าเซลลูโลสอยู่ในตัวทำละลายที่มีขั้วสูง รวมทั้งน้ำ จะบวม (Swell) เล็กน้อยเท่านั้นในแหล่งของโมเลกุลที่เป็นอสัณฐาน (Amorphous regions)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.2 ลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยเซลลูโลส¹⁰อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

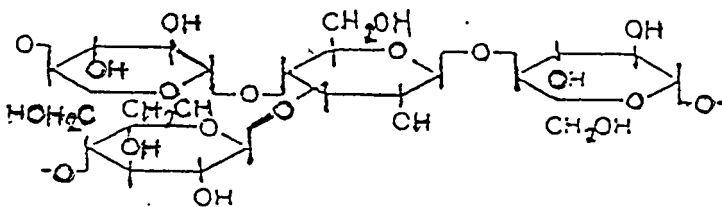
สมบัติทางกายภาพของเซลลูโลส

1. ความหนาแน่นของเซลลูโลสประมาณ 1.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความหนาแน่นของเส้นใยเดี่ยวมีค่าไม่แน่นอน ซึ่งแปรตามแหล่งที่มาและการปรับปรุงทางเคมี
2. การดูดซับความชื้น เซลลูโลสเป็นของแข็งไม่มีสี มีการดูดและคายไอน้ำและของเหลวอื่น ๆ ที่อยู่ในบรรยากาศรอบ ๆ จนกระทั่งถึงสมดุล ปริมาณความชื้นของเซลลูโลสมีผลต่อสมบัติบางอย่างเช่น Tensile strength
3. การละลาย เซลลูโลสไม่ละลายในน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ แต่จะละลายในกรดแร่เข้มข้น เช่น 72%กรดซัลฟิวริก 40%กรดไฮโดรคลอริก และ 78%กรดฟอสฟอริก เซลลูโลสจะเกิดไฮโครไลซิสอย่างรวดเร็วในสารละลายกรดแร่ที่อุณหภูมิห้องและปฏิกิริยาจะหยุดที่อุณหภูมิต่ำ ๆ

สารละลายเกลือบางชนิดที่เข้มข้น เช่น 72%ซิงค์คลอไรด์ และสารละลายอัลคาไลด์ไฮดรอกไซด์ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ จะทำให้เซลลูโลสบวมและเซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ๆ ละลายได้

2.1.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose)

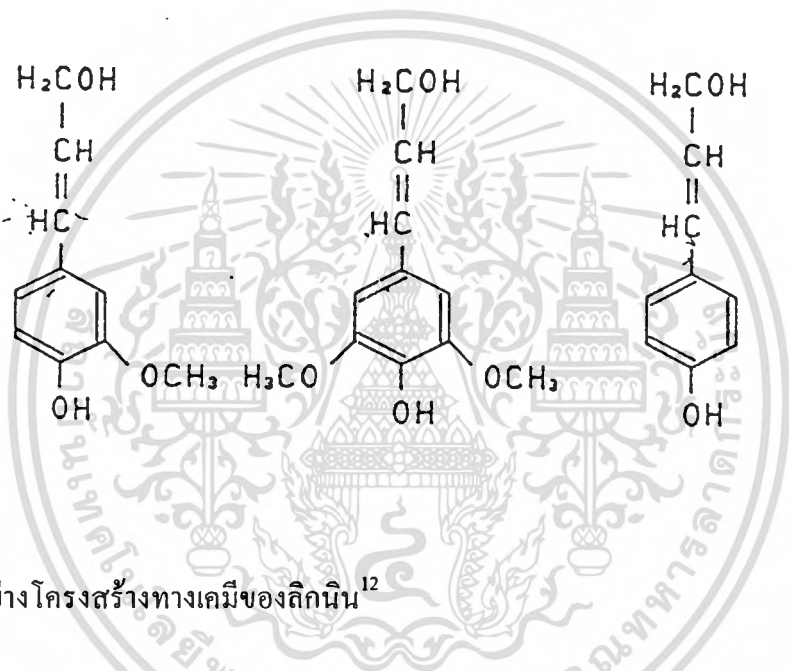
เฮมิเซลลูโลสเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดหนึ่ง ซึ่งคล้ายเซลลูโลสแต่ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหลายชนิดเช่น กลูโคส กาแลกโตส แมนโนส (Mannose) ไซโลส (Xylose) อะราบินอส (Arabinose) รวมทั้งกรดกลูคูโรนิก (Glucuronic acid) และกาแลกทูโรนิก (Galacturonic acid) เฮมิเซลลูโลสพบในเนื้อเยื่อของพืชโดยรวมอยู่กับสารอื่น เช่น ลิกนิน เซลลูโลส เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ พบมากใน แกลบ ช้างข้าวโพด เฮกโซแซน (Hexosan) สูตรเคมี คือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ โครงสร้างทางเคมีแสดงดังรูปที่ 2.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.3 โครงสร้างของเฮมิเซลลูโลส" ปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ลิกนิน (lignin)

ลิกนินเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (สารที่ประกอบด้วยธาตุ C, H และ O รวมกันเป็นหน่วยย่อยหลายชนิดซึ่งเป็นสารประกอบอะโรมาติก) ที่รวมกับเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสที่ผนังเซลล์ ผนังของสเกลอแรงคิม่าไซเลม เวสเซลและเทรคีด ลิกนินไม่ละลายน้ำ ไม่มีสมบัติทางการยืดหยุ่น จึงทำให้ต้นไม้หรือพืชที่มีลิกนินมากมีความแข็งแรงคงทน เมื่อพืชตาย ลิกนินจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ลิกเนส (Lignase) หรือ ลิกนินเนส (Ligninase) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สำคัญในรา ตัวอย่างโครงสร้างทางเคมีของลิกนิน แสดงดังรูปที่ 2.4 ^{12,13}

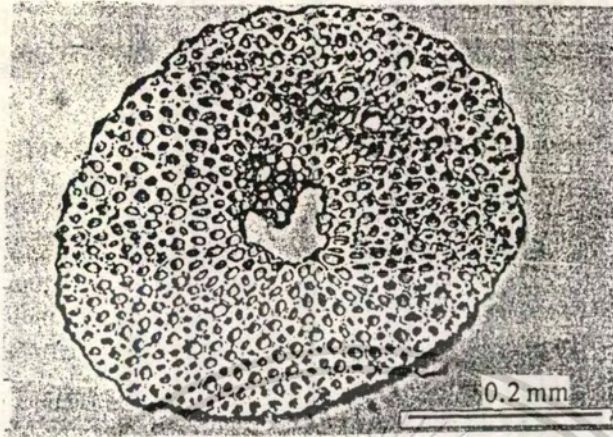


รูปที่ 2.4 ตัวอย่างโครงสร้างทางเคมีของลิกนิน ¹²

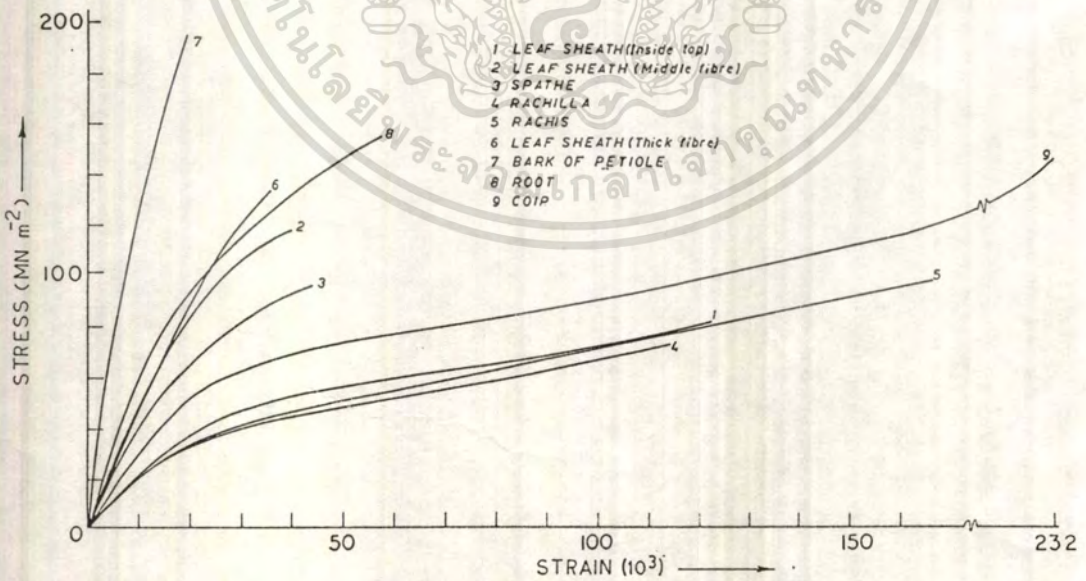
ปัจจุบันเส้นใยธรรมชาติได้รับความสนใจในการนำมาทำวัสดุเสริมแรง โดยเฉพาะในคอมพอสิต ตัวอย่างเช่น ป่านศรนารายณ์ (Sisal) ปอกระเจา (Jute) ใบสับปะรด (Pineapple leaf) ไม้ (Bamboo) และอื่น ๆ เส้นใยที่ได้รับความสนใจทำการศึกษาอีกชนิดหนึ่งคือ เส้นใยมะพร้าว (Coir fibers) ซึ่งเส้นใยมะพร้าวนี้ ทำจากกาบมะพร้าว โดยทำการลอกเปลือกชั้นนอกออก โดยเฉลิยแล้ว มะพร้าวประมาณ 18 ลูก สามารถผลิตเส้นใยมะพร้าวแห้งได้ประมาณ 1 กิโลกรัม เส้นใยมะพร้าวที่ได้จากกาบมะพร้าวจะผ่านเครื่องตี แยกฟอง หรือขุยมะพร้าวออกแล้วตากแห้ง ¹⁴

เส้นใยมะพร้าวสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรม ผลิตที่นอน เบาะรถยนต์ และ เบาะนั่ง โซฟา พรหมเช็ดเท้า แพลงแผ่นฉนวนป้องกันเสียงและความร้อน เชือก ของใช้เบ็ดเตล็ดและเครื่องตกแต่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ลักษณะพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยมะพร้าว¹⁵



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.6 สมบัติเชิงกลส่วนต่าง ๆ ของเส้นใยมะพร้าว¹⁵
ไม่มีการเผยแพร่ทางอื่น ยกเว้นที่พิมพ์เห็นแก่ดีแบบสงวนเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบสมบัติและราคาของเส้นใยมะพร้าวกับเส้นใยธรรมชาติอื่น ๆ⁴

	Coir	Banana	Sisal	Pineapple	Jute
Diameter (μm)	100-460	80-250	50-200	20-80	—
Density (g cm^{-3})	1.15	1.35	1.45	1.44	1.45
Microfibrillar angle ($^{\circ}$)	30-49	11	10-22	14-18	8.1
Cellulose/lignin content (%)	43/45	65/5	67/12	81/12	63/12
Elastic modulus (GPa)	4-6	8-20	9-12	43-81	20-22
Tenacity (MPa)	131-175	529-759	568-640	413-1627	533
Elongation (%)	15-40	1.0-3.5	3-7	0.8-1.6	1-1.2
Cost (relative to coir)	1	3	1.5	1.5	2

ตารางที่ 2.2 สมบัติเชิงกลของเส้นใยธรรมชาติ¹⁶

Fiber	Fineness, km/kg	Tensile strength ^b , km	Elongation, %	Modulus of elasticity ^c , N/tex ^d	Modulus of rupture, mN/tex ^d
<i>Bast (soft) fibers</i>					
flax		24-70	2-3	18-20	8-9
hemp	139	38-62	1-6	18-22	6-9
jute	489	25-53	1.5	17-18	2.7-3
kenaf	180	24	2.7		
ramie		32-67	4.0	14-16	11
urena	342	16	1.9		
<i>Leaf (hard) fibers</i>					
abaca	32	32-69	2-4.5		6
cantala	58	30			
henequen	32	20-42	3.5-5		
istle	34	22-27	4.8		
phormium	38	26			
sansevieria	118	43	4.0		
sisal	40	36-45	2-3	25-26	7-8
<i>Seed hair</i>					
kapok		16-30	1.2	13	10
<i>Others</i>					
coir		18	16	4.3	16

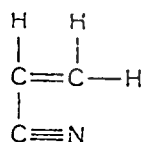
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โคพอลิเมอร์ของอะคริโลไนไตรล์-บิวทาไดอีน-สไตรีน (Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer:ABS)

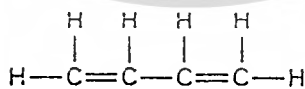
ABS เป็นพอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมพลาสติกที่สำคัญตัวหนึ่ง สามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลที่ดีเลิศ นำกลับมาใช้ใหม่ได้ และ ราคาไม่แพง ส่วนใหญ่นำไปทำส่วนประกอบภายในรถยนต์ ของเล่น อุปกรณ์กีฬา คอมพิวเตอร์ เครื่องมือทางการแพทย์ อุปกรณ์การสื่อสาร และ อุปกรณ์การก่อสร้าง

2.2.1 การเตรียม ABS

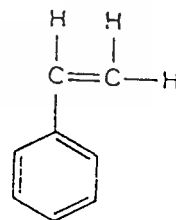
การเตรียม ABS ที่ใช้ทางอุตสาหกรรมมี 2 วิธี คือ แบบ ผสม (Blending) เตรียมโดยนำสไตรีน-อะคริโลไนไตรล์โคพอลิเมอร์ กับยางอะคริโลไนไตรล์-บิวทาไดอีน มาตีผสมเข้าด้วยกันแบบเชิงกลซึ่งทำได้ 2 วิธี วิธีแรกคือการนำโคพอลิเมอร์ของทั้ง 2 ชนิดในรูปของลาเทกซ์มาตีผสมเข้าด้วยกัน แล้วทำให้ของผสมที่ได้รวมตัวเป็นก้อนใหญ่ วิธีที่สองคือการนำโคพอลิเมอร์ในรูปของแข็งมาบดด้วยเครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง (Two roll mill) การเตรียม ABS อีกวิธี คือ แบบต่อกิ่ง (Grafting) ซึ่งดีกว่า วิธีแรกและนิยมใช้มาก เตรียมโดยเอาอะคริโลไนไตรล์และสไตรีนมาโคพอลิเมไรซ์ ในพอลิบิวทาไดอีนลาเทกซ์ ส่วนประกอบที่ใช้โดยทั่วไป คือ พอลิบิวทาไดอีนลาเทกซ์ 34 ส่วน อะคริโลไนไตรล์ 24 ส่วน สไตรีน 42 ส่วน น้ำ 200 ส่วน สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) 2 ส่วน สารช่วยถ่ายโอนสายโซ่ (Chain transfer agent) 1 ส่วน ตัวริเริ่มปฏิกิริยา ($K_2S_2O_8$) 0.2 ส่วน ใช้อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส จะได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งเม็ดเล็กๆ แยกออกจากลาเทกซ์ได้ง่าย ABS ที่ได้เป็นของผสมของ พอลิบิวทาไดอีน พอลิบิวทาไดอีนที่มีสไตรีนและอะคริโลไนไตรล์ต่อกิ่งอยู่และโคพอลิเมอร์ของ สไตรีน - บิวทาไดอีน



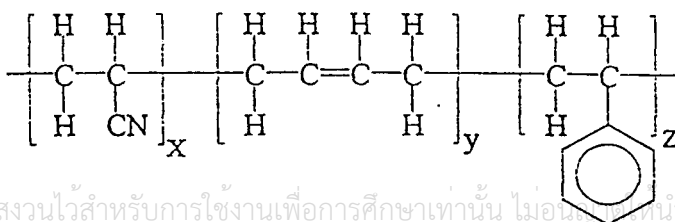
Acrylonitrile



Butadiene



Styrene



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่รูปที่ 2.7 โครงสร้างของ โคมอนอเมอร์ และ ABS¹⁷ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 สมบัติของ ABS

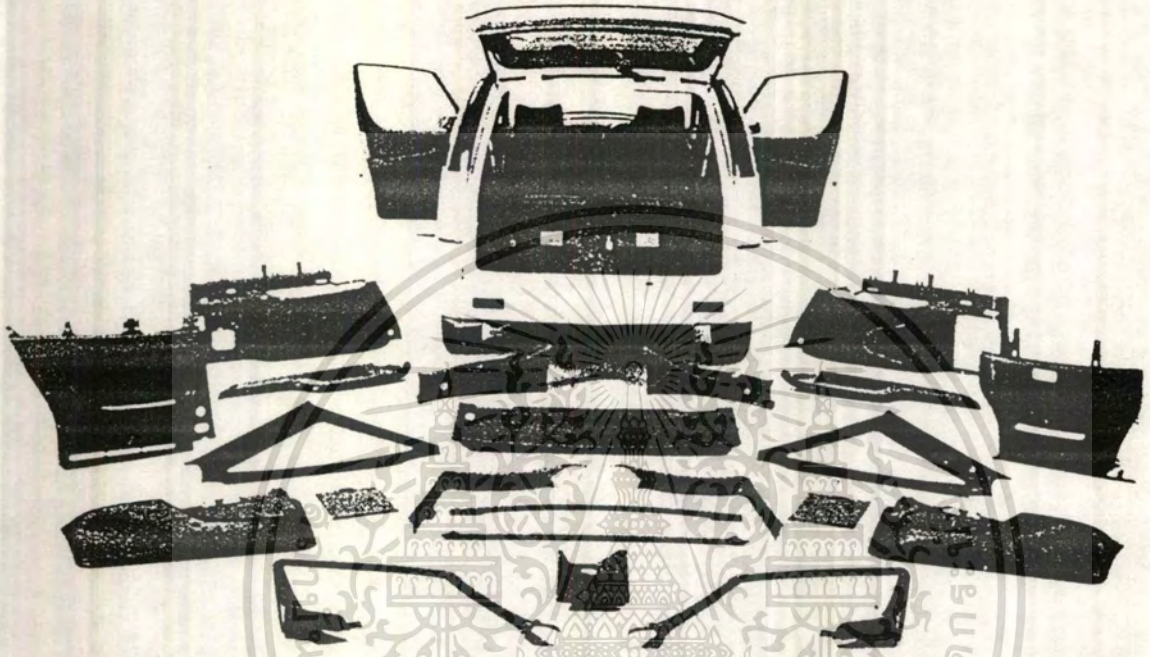
สมบัติของ ABS ขึ้นอยู่กับปริมาณนอเมอร์ โดยทั่วไปมีความทนต่อสารเคมี ความร้อน และแรงกระแทกมีจุดอ่อนตัวสูงกว่าสไตรีนที่เป็นโฮโมพอลิเมอร์ และมีความสามารถในการทนต่อแรงกระแทกได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทาไดอีน จะเพิ่มค่าความแข็งแรงกระแทก (Impact strength) และ Chemical stress cracking แต่จะลดค่ามอดูลัส Yield strength และความแข็ง (Hardness) ส่วนของอะคริโลไนไตรล์ ทำให้ ABS ทนต่อสารละลายที่หลากหลาย เมื่อเพิ่มปริมาณอะคริโลไนไตรล์ จะทำให้ ABS เพิ่มความทนต่อสารเคมี เพิ่มความเหนียว (Toughness) ทนต่อแรงดึงมากขึ้น ทนต่อกรดอ่อนและทนต่อด่างได้ดี ABS มีสมบัติทนต่อแรงกระแทกได้ดี จุดอ่อนตัวสูงกว่า สไตรีน (โฮโมพอลิเมอร์) ทนต่อน้ำมัน มีความแข็งแรง เหนียว ดูดซึมน้ำต่ำ ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ละลายได้ในสารพวกคีโตน เอสเทอร์ และอัลคิลไฮด์ ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ ตัวอย่างสมบัติของ ABS แสดงได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.3 สมบัติของ ABS¹⁷

Properties	Units	Injection-molding grades		Extrusion grades
		High impact	Medium impact	
Izod (hammer) impact (3.2-mm-thick specimen)	J/m	320-500	160-320	80-640
Hardness	R	85-106	102-115	75-115
Tensile yield strength	MPa	18-41	35-50	30-44
Elongation at break	%	5-75	5-60	20-100
Tensile modulus	GPa	1-2.4	2.1-2.8	0.9-2.9
Coefficient of thermal expansion	$\times 10^{-6}$ cm/ cm/ $^{\circ}$ C	95-100	80-100	60-130
Deflection temperature under load	$^{\circ}$ C			
at 1.820 MPa		96-120 (annealed)	93-104 (annealed)	77-104
at 0.455 MPa		99-107 (annealed)	102-107 (annealed)	77-112
Specific gravity		1.01-1.05	1.03-1.06	1.02-1.08

Source: Modern Plastics Encyclopedia, McGraw-Hill, New York, NY, 1995.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์ตกแต่งภายในรถยนต์ที่ผลิตจาก ABS¹⁸

2.2.3 การใช้ประโยชน์

เนื่องจาก ABS มีสมบัติเชิงกลที่ดี มีการไหลและลักษณะพื้นผิวที่เหมาะสม จึงมีการนำ ABS ไปใช้ประโยชน์มากมาย ในกรณีที่ต้องการชิ้นงานที่ เหนียว แข็งและสวยงาม ที่สำคัญ มีดังนี้

-อุปกรณ์ยานยนต์ : อุปกรณ์ตกแต่งภายในรถยนต์ ที่หุ้มล้อรถ ที่วางแขนของเบาะที่นั่งรถยนต์ หน้าภายในรถยนต์ (Panel) คอนโซลรถยนต์ ปุ่มต่าง ๆ ร่องสำหรับยึดกระจก และ โครงกระจกเป็นต้น

-อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ : ตู้โทรทัศน์ ส่วนประกอบหน้าจอ (Monitors) แป้นพิมพ์ (Keyboards) ตู้ลำโพง (Speaker housings) ส่วนประกอบคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์

-อุปกรณ์ก่อสร้าง : ท่อ และข้อต่อต่างๆ ก๊อก (Faucets) กรอบประตู หน้าต่าง ฝักบัว เครื่อง

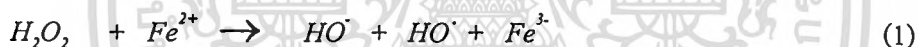
เอกสารที่เล่มบนหลังคา ฝากระดานเป็นต้น งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การต่อกิ่งโดยวิธี Redox Initiation

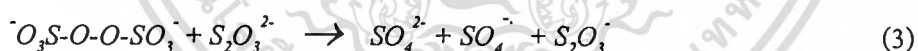
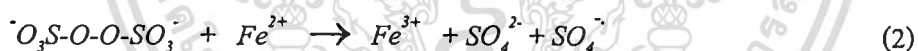
วิธีการต่อกิ่งโดยวิธี Redox initiation เป็นวิธีการต่อกิ่งบนพื้นผิวที่ง่ายและประหยัด เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ไม่ยุ่งยาก ปฏิกิริยา Oxidation - Reduction ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (Free radicals) ซึ่งเป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน การริเริ่มแบบนี้เรียกว่า Redox initiation, Redox catalysis หรือ Redox activation ข้อดีของวิธีนี้ คือ สามารถเกิดอนุมูลอิสระได้ที่ช่วงอุณหภูมิกว้าง สามารถริเริ่มให้เกิดปฏิกิริยาได้ที่อุณหภูมิ 0 ถึง 50 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า โดยวิธีนี้สามารถเลือกอนุมูลพอลิเมอร์ไรเซชันได้อย่างอิสระกว่าวิธีริเริ่มด้วยความร้อน ใช้ได้ทั้งสารอินทรีย์และ อนินทรีย์ ระบบ Redox บางระบบจะเกิดการโยกย้ายอิเล็กตรอนโดยตรงระหว่าง Reductant และ Oxidant ในขณะที่บางระบบจะเกิดการสร้างสารมัธยันต์ (Intermediate) ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง Reductant -Oxidant และในบางกรณี เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่แลกเปลี่ยนประจุ (Charge-transfer complex)

2.3.1 ชนิดของ Redox Initiations

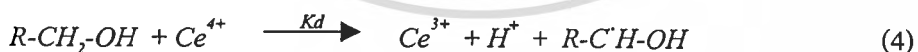
1. Peroxide เป็นตัว Reducing agent เป็นแหล่งของอนุมูลอิสระ ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยาของ Hydrogenperoxide กับ Ferrous ion



2. การรวมของ Inorganic reductant และ Inorganic oxidants ดังตัวอย่าง



3. Organic-Inorganic redox pairs ตัวอย่างเช่นการทำ Oxidation ของแอลกอฮอล์ โดย Ce^{4+}

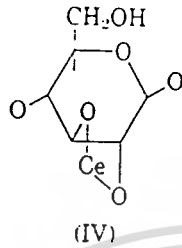


4. ระบบที่เกิดการริเริ่มโดยตัวมอนอเมอร์เอง

2.3.2 การต่อกิ่งเซลลูโลสโดยใช้ Cerium (IV) ไอออนเป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา

Cerium (IV) ไอออนในสารละลายกรดสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl groups) ที่คาร์บอนตำแหน่ง 2 และ 3 (C-2 และ C-3) ของหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส (Anhydroglucose) ของเซลลูโลส ดังรูปที่ 2.9 และเกิดการส่งผ่านอิเล็กตรอนจากเซลลูโลสให้ Ce^{4+} เป็น Ce^{3+} วงแอนไฮโดรกลูโคสจะแตกพันธะ (Scission) ระหว่างคาร์บอนที่ 2 และ 3 ทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้น แล้วเกิดการต่อกิ่งต่อไปเมื่อมีมอนอเมอร์

Cerium (IV) เป็นตัวริเริ่มที่มีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากอนุมูลอิสระเกิดบน โมเลกุลของ เซลลูโลสโดยตรง



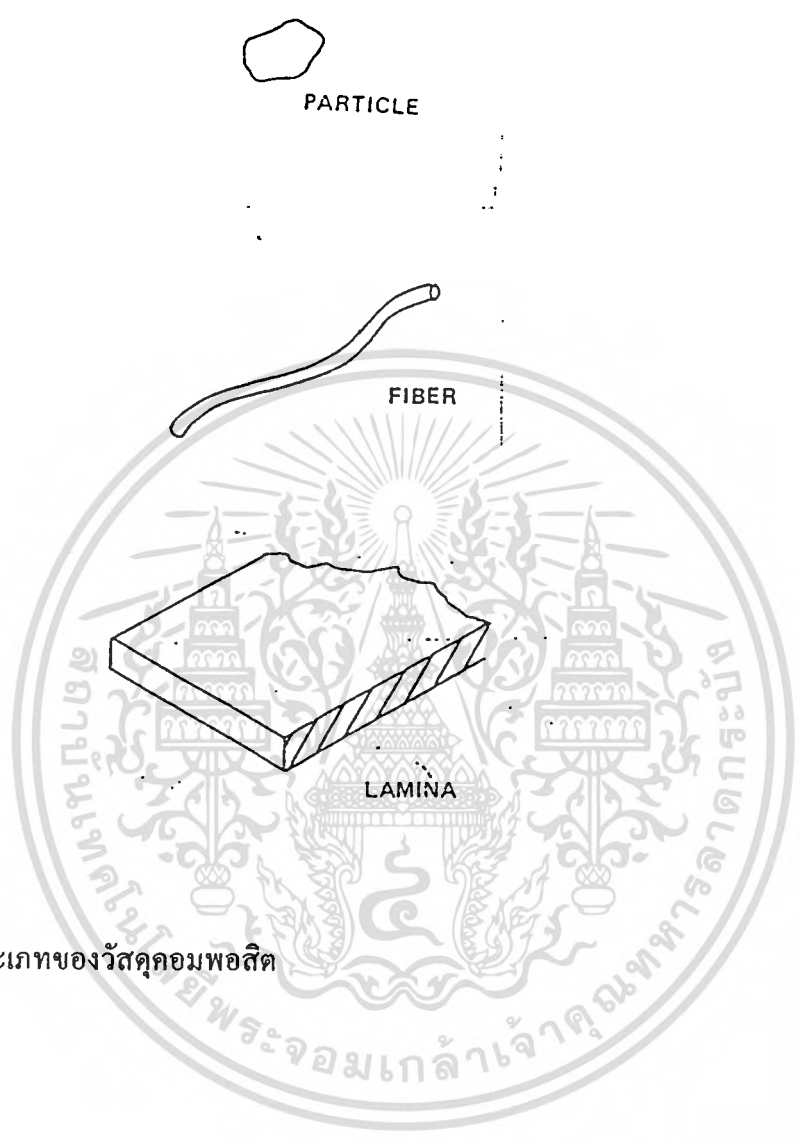
รูปที่ 2.9 แสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างซีริกไอออนกับเซลลูโลส¹⁹

2.4 คอมพอสิต (Composites)

คอมพอสิต คือ ของผสมระหว่างวัสดุ 2 ชนิด หรือมากกว่าเข้าด้วยกัน ตัวอย่างคอมพอสิต ในธรรมชาติ ได้แก่ ไม้ประกอบด้วยเส้นใยเซลลูโลสยึดติดกับลิกนินซึ่งเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ คอมพอสิตสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

1. Particulate composite : เป็นคอมพอสิตที่เกิดจากการกระจายอนุภาคในเมตริกซ์ ซึ่งอนุภาคจะมีรูปร่างการจัดเรียงตัวและขนาดต่าง ๆ กัน อาจเป็นผง เม็ด หรือ ผลึก
2. Laminar composite : เป็นคอมพอสิตที่เกิดจากการยึดติดระหว่างแผ่นวัสดุกับเมตริกซ์ในลักษณะคล้ายแซนวิชด้วยความดันสูงซึ่งจะได้เป็นชั้น ๆ
3. Fibrous composite : เกิดจากเส้นใยเสริมแรงในเมตริกซ์ ซึ่งอาจเป็นเส้นใยคาร์บอน (Carbon fibers) เส้นใยอินทรีย์ (Organic fibers) เส้นใยอารามิด (Aramid fibers) เส้นใยแก้ว (Glass fibers) หรือเส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers)

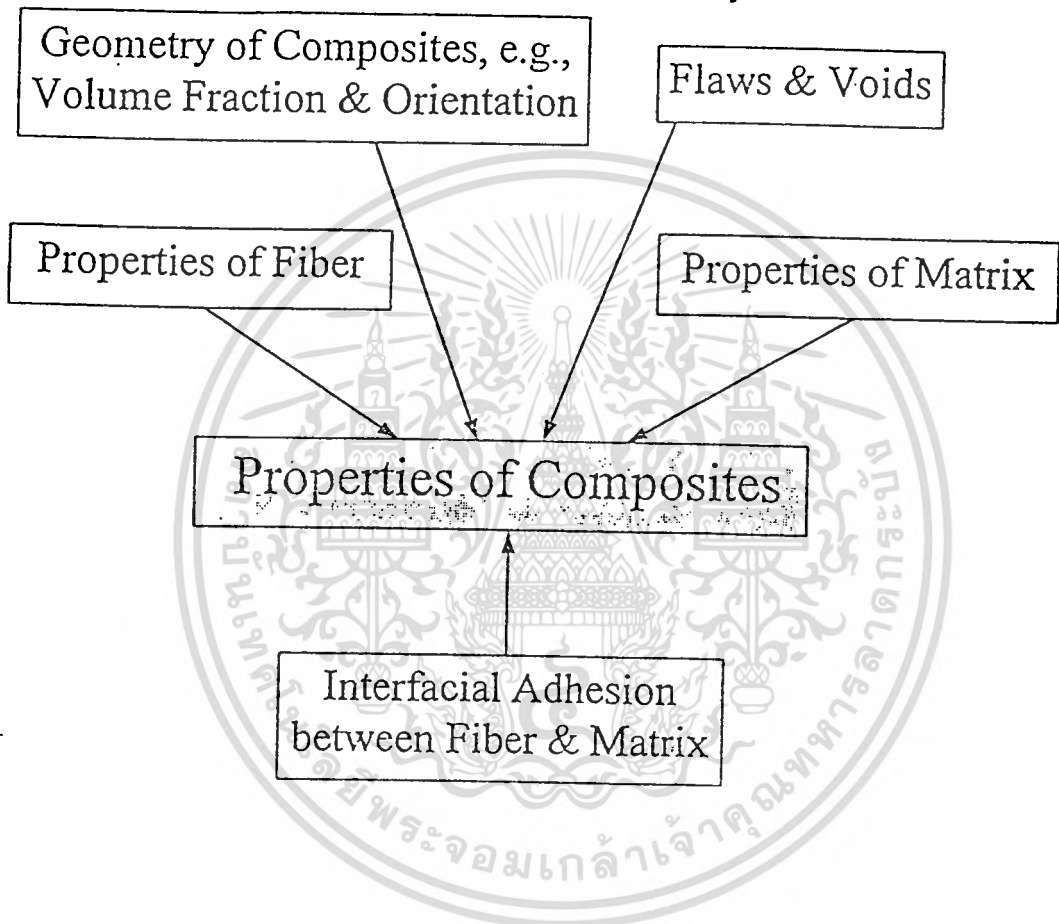
ตัวอย่างวัสดุที่ใช้ประกอบในคอมพอสิตแสดงได้ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ประเภทของวัสดุคอมพอสิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของคอมพอสิตแสดงดังรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของคอมพอสิต²¹

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. ABS เกรด Injection molding , MFI = 18 at 220 °C : บริษัท TPI จำกัด
2. เส้นใยมะพร้าว : บริษัทอุตสาหกรรมใยมะพร้าว จำกัด
3. Acrylamide : BDH Laboratory Supplies
4. Ceric ammonium nitrate : CARLO ERBA
5. 70 % Nitric acid : UNIVAR
6. NaOH : Merck Co.,Ltd
7. ก๊าซไนโตรเจน

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ถังปฏิกริยา (Reactor)
2. เครื่องทำความร้อน (Heater)
3. เครื่องอบ (Oven)
4. เครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติก (Injection molding machine , Cosmo TTI-220/80 HITECH)
5. เครื่องบดผสม 2 ลูกกลิ้ง (Two-rolls mill)
6. เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile testing machine : 30kN ; LLOYD)
7. เครื่องทดสอบความทนต่อแรงกระแทก (Izod impact resistance : YASUDA)
8. เครื่องชั่งละเอียด
9. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบกวาด (Scanning electron microscope , Hitachi S2500)
10. เคชเคเตอร์
11. เครื่อง โม่ตัดพลาสติก (Granulator : Bosco)
12. เครื่องตัดชิ้นงานด้วยลม (Ceast)
13. ไมโครมิเตอร์
14. เวอร์เนีย

3.3 ขั้นตอนการวิจัย

3.3.1 การเตรียมเส้นใยมะพร้าว

1. นำเส้นใยยาวประมาณ 1 cm ล้างทำความสะอาด จากนั้น ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 12 ชั่วโมง
2. แช่เส้นใยด้วย NaOH 5 % นาน 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาล้างน้ำจนเป็นกลาง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง
3. นำเส้นใยที่ แช่และไม่แช่ NaOH มาเตรียมเป็นพอลิเมอร์คอมพอสิต

3.3.2 การศึกษาผลของปริมาณเส้นใยที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมพอสิต

1. นำเส้นใยที่เตรียมได้ทำการผสมกับเม็ดพลาสติกเอบีเอส (ABS) ในอัตราส่วนเส้นใย 1,3,5,7 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
2. ผสมในเครื่องบดผสมแบบ 2 ลูกกลิ้ง (Two-rolls mill) ที่อุณหภูมิ 200 °C นำไปบดด้วยเครื่องบดพลาสติก
3. ขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องฉีดพลาสติก (Injection molding machine) ที่อุณหภูมิ 200 °C

3.3.3 การเตรียมสารละลาย Ceric ammonium nitrate เข้มข้น 0.035 โมลาร์

1. นำ Nitric acid เข้มข้น 0.4 N ปริมาณ 10 ml มาละลาย Ceric ammonium nitrate 1.645 g เติลงในขวดวัดปริมาตร 100 ml
2. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.3.4 การต่อกิ่ง

1. เติมสารละลาย Ceric ammonium nitrate เข้มข้น 0.35 โมลาร์ เติมลงในเส้นใย ในอัตราส่วนเส้นใย 1g/สารละลาย 25 ml แช่ไว้ 15 นาที ในที่มืดหรือเย็น เพื่อป้องกันการแตกตัว และพ่นก๊าซไนโตรเจนตลอดเวลา
2. เติมสารละลาย Ceric ammonium nitrate ออก เติมสารละลาย Acrylamide เข้มข้น 0.50 , 0.75, 1 โมลาร์ ในอัตราส่วนเส้นใย 1g/สารละลาย 70 ml
3. พ่นก๊าซไนโตรเจน 15 นาที แล้วรีบปิดฝา
4. นำไปแช่ในอ่างน้ำอุณหภูมิ 55 °C นาน 1,3,5 ชั่วโมง
5. นำเส้นใยที่ทำการต่อกิ่งแล้วมาล้าง ด้วยน้ำกลั่น
6. นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 6 ชั่วโมง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การศึกษาผลของ Polyacrylamide ที่ติดอยู่บนเส้นใยที่มีต่อสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมพอลิต

1. นำเส้นใยที่ทำการตอกลงในสภาวะเวลาการตอกลง 3 ชั่วโมงมาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน
2. ส่วนแรกนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นอุณหภูมิ 55 °C อีกส่วนหนึ่งล้างด้วยน้ำกลั่นอุณหภูมิห้อง
3. อบเส้นใยที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 6 ชั่วโมง
4. นำไปเตรียมเป็นพอลิเมอร์คอมพอลิต

3.3.6 การศึกษาผลของการตอกลงที่มีต่อสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมพอลิต

1. นำเส้นใยที่ทำการตอกลงในสภาวะต่าง ๆ มาผสมกับเม็ดพลาสติกเอบีเอส (ABS) ในอัตราส่วนเส้นใยใน 3 % โดยน้ำหนัก
2. ผสมในเครื่องบดผสมแบบ 2 ลูกกลิ้ง (Two-roll mill) ที่อุณหภูมิ 195 °C แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดพลาสติก
3. ขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องฉีดพลาสติก (Injection molding machine) ที่อุณหภูมิ 195 °C

3.4 ทดสอบสมบัติดังนี้

1. สัณฐานวิทยาโดยใช้ SEM
2. การหาเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ (% Water absorption)
 - 1) นำชิ้นงานตัวอย่างอบที่อุณหภูมิตู้อบอุณหภูมิ 60 °C นาน 24 hr
 - 2) ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์แล้วชั่ง น้ำหนัก ทำการทดลองซ้ำจนได้ น้ำหนักคงที่
 - 3) นำชิ้นงานตัวอย่างแช่น้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 23 °C นาน 1 สัปดาห์
 - 4) เมื่อครบกำหนดให้เช็ดให้แห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก หาผลต่างแล้วคำนวณเป็น % การดูดซึมน้ำ ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D570-81
3. การศึกษาสมบัติเชิงกล (Mechanical properties) ของชิ้นงาน

นำชิ้นงานที่ได้มาทดสอบสมบัติเชิงกลด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงดึง (Tensile testing machine) ที่ความเร็ว 5 cm/min เครื่องวัดความเร็วแรงกระแทก (Impact tester) ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง (25 °C) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D638-87b และ D638M-87b ตามลำดับ
4. การศึกษาสมบัติทางความร้อน

นำคอมพอลิตที่เตรียมไว้ ทำการทดสอบด้วย Heat distortion tester เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่ทำให้ชิ้นงานบิดเบี้ยวเนื่องจากความร้อน ไม่อนุญาตให้เข้าไปใช้ประโยชน์จากการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASTM D648

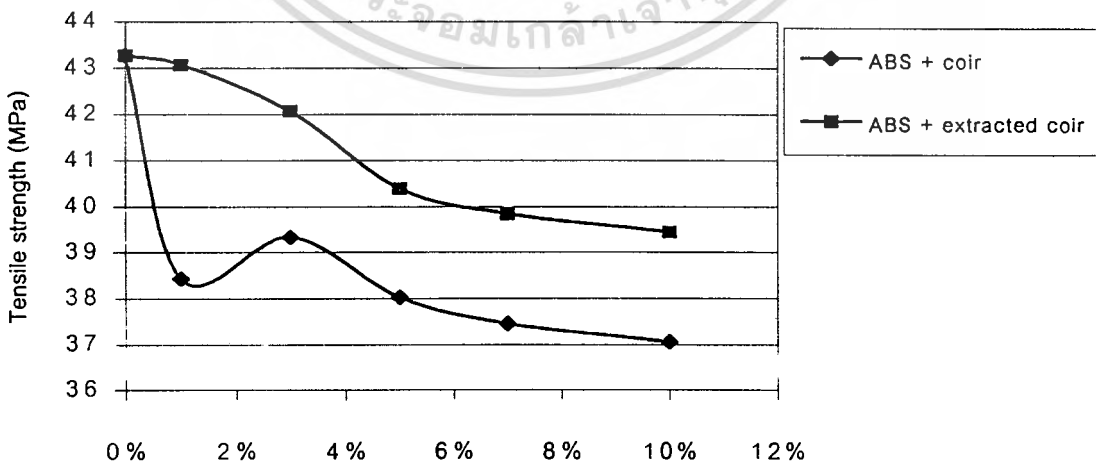
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาการปรับปรุงพอลิเมอร์คอมพอสิต โดยการศึกษาสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน และสัณฐานวิทยา ในเชิงเปรียบเทียบ ระหว่างคอมพอสิตของเส้นใยมะพร้าว เส้นใยมะพร้าวที่สกัดด้วยสารละลาย NaOH และเส้นใยมะพร้าวที่สกัดด้วยสารละลาย NaOH แล้วต่อกิ่งด้วย Acrylamide โดยได้ทำการศึกษาสภาวะในขั้นการต่อกิ่ง โดยใช้ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ 0.5 , 0.75 และ 1 Molar และเวลาที่ใช้ในการต่อกิ่ง 1 , 3 และ 5 ชั่วโมง แสดงผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

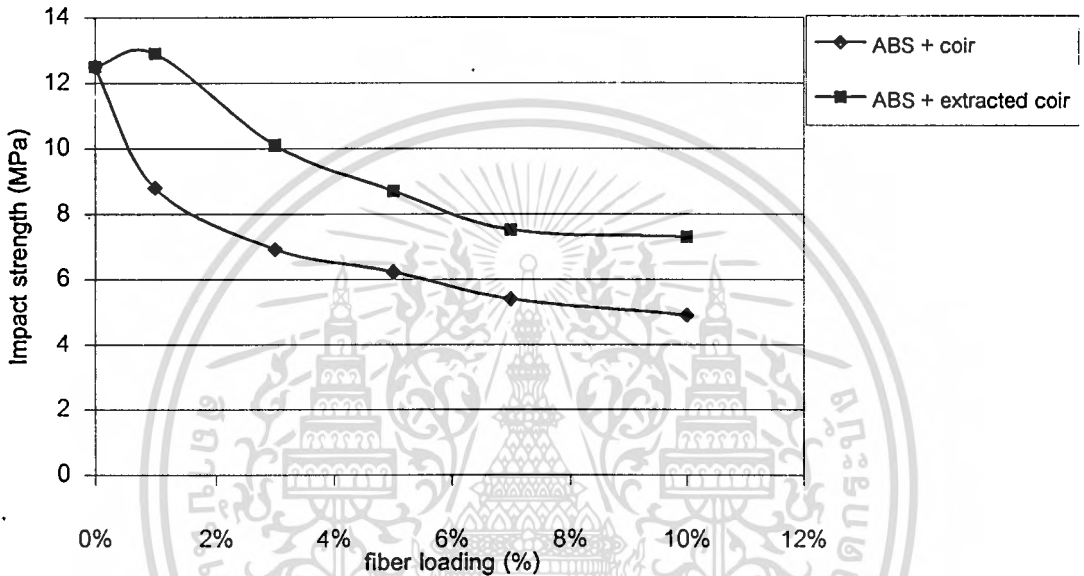
4.1 การศึกษาผลของการสกัดเส้นใยมะพร้าวด้วยสารละลาย NaOH

เปรียบเทียบสมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนระหว่างคอมพอสิตของเส้นใยมะพร้าว และเส้นใยมะพร้าวที่สกัดด้วยสารละลาย NaOH ที่ปริมาณเส้นใยต่างๆกัน ผลการทดลองแสดงไว้ ดังรูปที่ 4.1-4.6



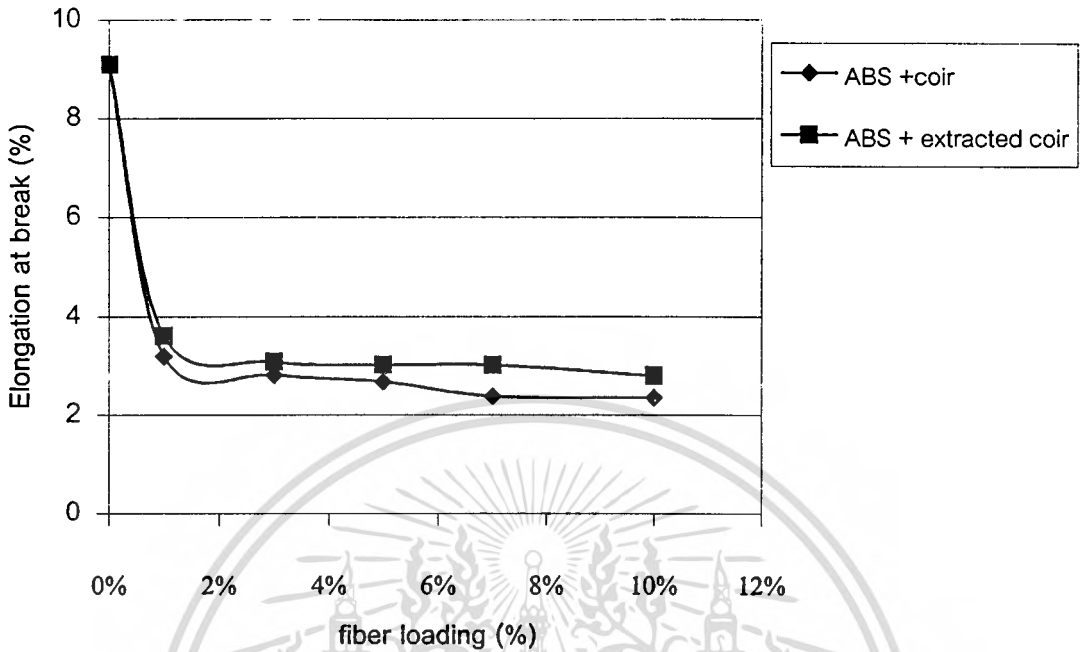
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ 4.1 แสดงค่า Tensile strength ของคอมพอสิต เมื่อมีการเติมเส้นใยในปริมาณต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าเมื่อผสมเส้นใยกับเมตริกซ์จะให้ค่า Tensile strength ต่ำกว่า ABS อาจกล่าวได้ว่าเส้นใยที่ใช้ในการผสมมีการยึดเกาะกับเมตริกซ์ไม่ดีและเมื่อปริมาณเส้นใยมากขึ้นทำให้การผสมและการกระจายตัวไม่ดีทำให้ความแข็งแรงของคอมพอสิตลดลง



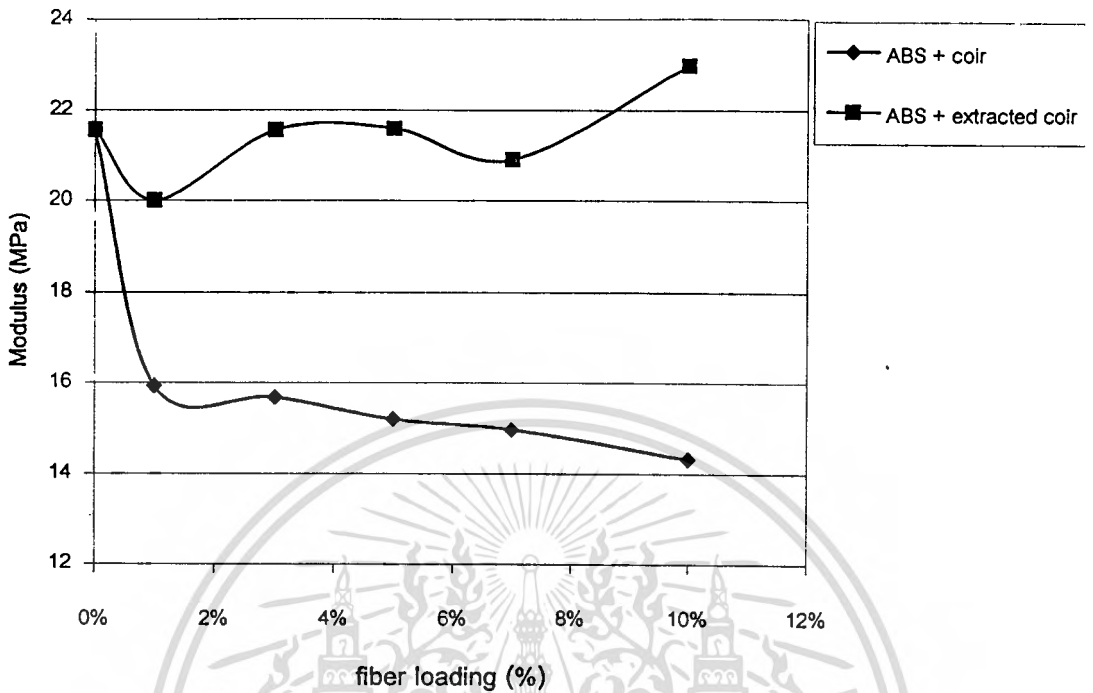
รูปที่ 4.2 แสดงค่า Impact strength ของคอมพอสิตเมื่อมีการเติมเส้นใยในปริมาณต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าค่า Impact strength ของคอมพอสิตน้อยกว่าของ ABS อธิบายได้ว่าเมื่อผสมเส้นใยกับเมตริกซ์จะเกิดรอยต่อระหว่างวัสดุทำให้คอมพอสิตมีลักษณะเปราะ และเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยที่ไม่ได้ทำการต่อกิ่งอาจเนื่องมาจากการผสมเข้ากันไม่ดีทำให้เกิดช่องว่าง (Void) มากขึ้นทำให้ชิ้นงานเปราะและหักง่าย ความทนทานต่อแรงกระแทกจึงลดลง

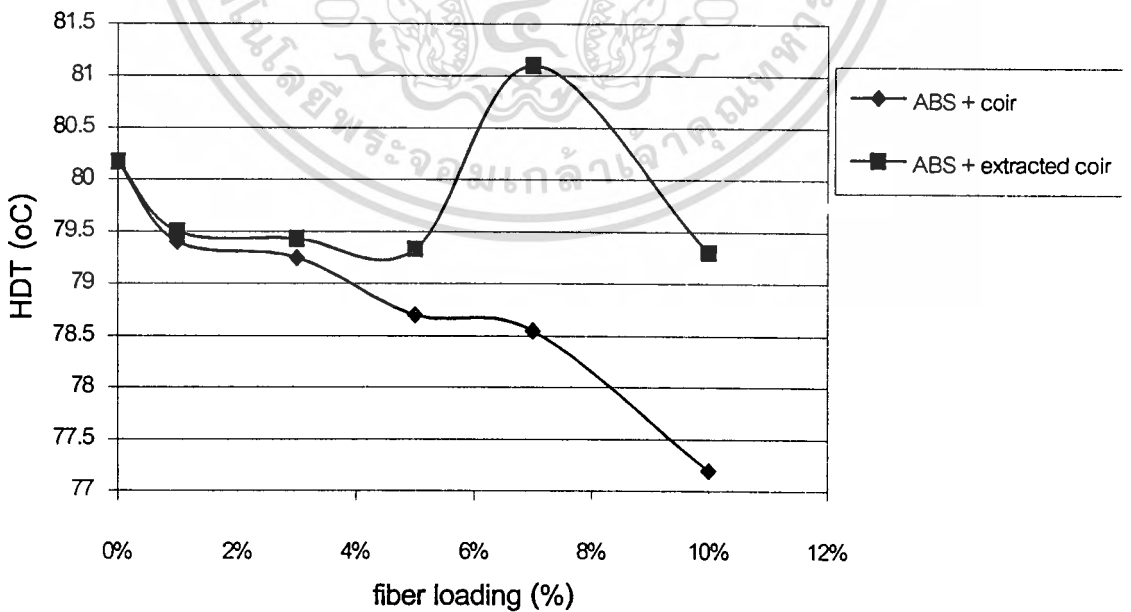


รูปที่ 4.3 แสดงค่า Elongation at break ของคอมพอสิตเมื่อปริมาณเส้นใยเปลี่ยนแปลง

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าค่า Elongation at break จะน้อยกว่าของ ABS อธิบายได้ว่าเส้นใยไม่ช่วยให้การยึดของคอมพอสิตดีขึ้นและยังด้วยลงอีกด้วย เนื่องมาจากการผสมเข้ากันและการยึดเกาะที่ไม่ดีทำให้เส้นใยกับเมทริกซ์แยกเป็นสองภูมิภาคและมีช่องว่างทำให้ไม่สามารถถ่ายเทแรงได้ ทำให้คอมพอสิตมีระยะยึดน้อยลง แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยมากขึ้นก็ไม่มีผลต่อค่า Elongation at break มากนัก

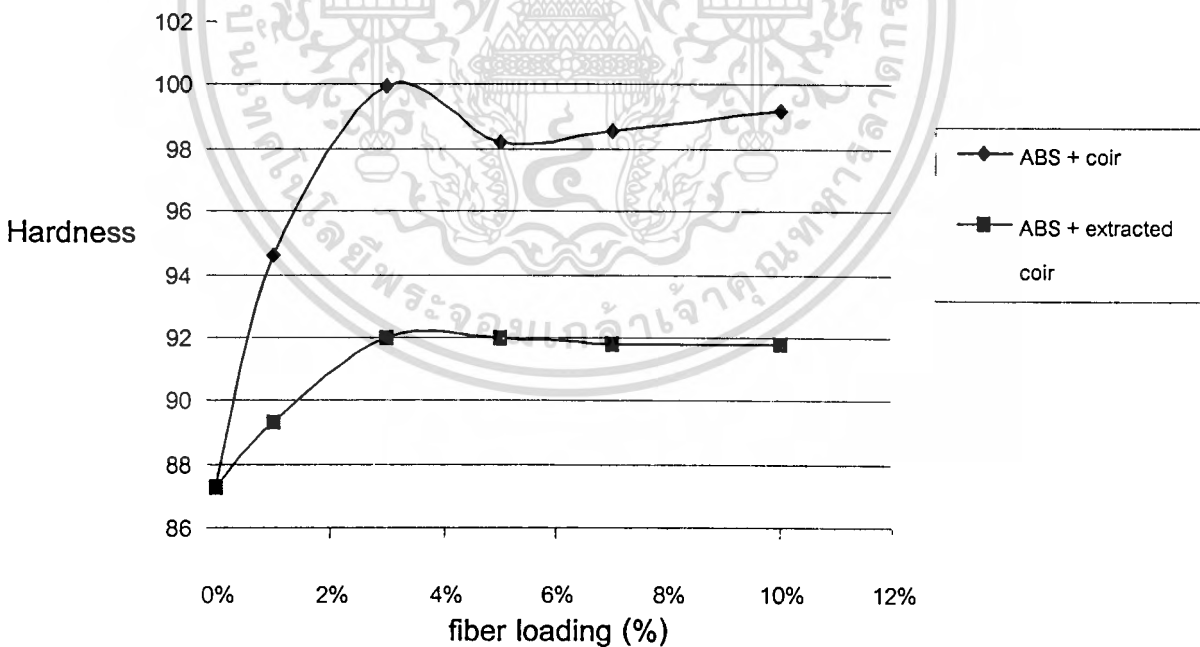


รูปที่ 4.4 แสดงค่า Modulus ของคอมพอลิติกเมื่อปริมาณเส้นใยเปลี่ยนแปลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีรูปที่ 4.5 แสดงค่า HDT ของคอมพอลิติกเมื่อปริมาณเส้นใยเปลี่ยนแปลง ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 – 4.5 เมื่อทำการแช่เส้นใยมะพร้าวด้วย สารละลาย NaOH เข้มข้น 5% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จะทำให้สมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์คอมพอสิตมีแนวโน้มสูงกว่าคอมพอสิตของเส้นใยที่ไม่ผ่านการสกัดด้วยสารละลาย NaOH อธิบายได้ว่า สารละลาย NaOH ช่วยในการละลายและชะล้างสารที่ถูกสกัดออกได้ (Extractives) ให้หลุดออกจากเส้นใย ได้แก่ สิ่งสกปรก, Wax, สารน้ำหนัก โมเลกุลต่ำ และ ลิกนินบางส่วนที่ติดอยู่บนเส้นใยมะพร้าว พื้นผิวเส้นใยมะพร้าวจึงมีความสะอาดมากขึ้น ทำให้การยึดเกาะระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับเมทริกซ์ดีกว่าเส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ทำการสกัดด้วยสารละลาย NaOH สมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์คอมพอสิตจึงดีขึ้น และการสกัดด้วยสารละลาย NaOH ยังช่วยให้เกิดปฏิกิริยาการต่อกิ่งดีขึ้นเนื่องจากการสกัดเส้นใยด้วยสารละลาย NaOH ทำให้เส้นใยเกิดการบวมตัวทำให้สารละลายมอนอเมอร์สามารถแทรกตัวเข้าไปทำปฏิกิริยากับ โครงสร้างเซลลูโลสของเส้นใยได้ดีขึ้น เนื่องจากงานวิจัยนี้ทำการต่อกิ่งด้วยวิธี Redox initiation และลิกนินเป็นสาร Antioxidant ดังนั้นเมื่อสกัดด้วย NaOH ทำให้ปริมาณลิกนินน้อยลงจึงช่วยให้เกิดปฏิกิริยาการต่อกิ่งดีขึ้น



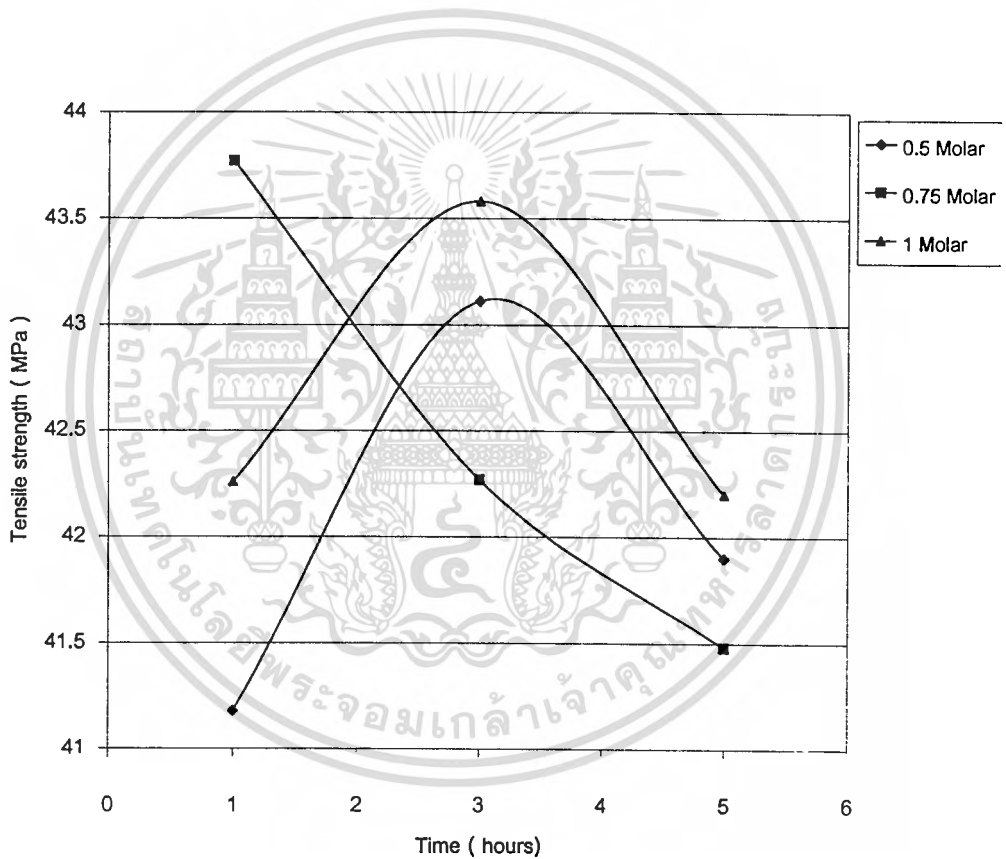
รูปที่ 4.6 แสดงค่า Hardness ของคอมพอสิตเมื่อปริมาณเส้นใยเปลี่ยนแปลง

จากรูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่า Hardness ระหว่าง คอมพอสิตของเส้นใยมะพร้าว กับ เส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลาย NaOH พบว่า ค่า Hardness ของคอมพอสิตที่สกัดด้วย NaOH สูงกว่าคอมพอสิตที่ไม่ได้สกัดด้วย NaOH

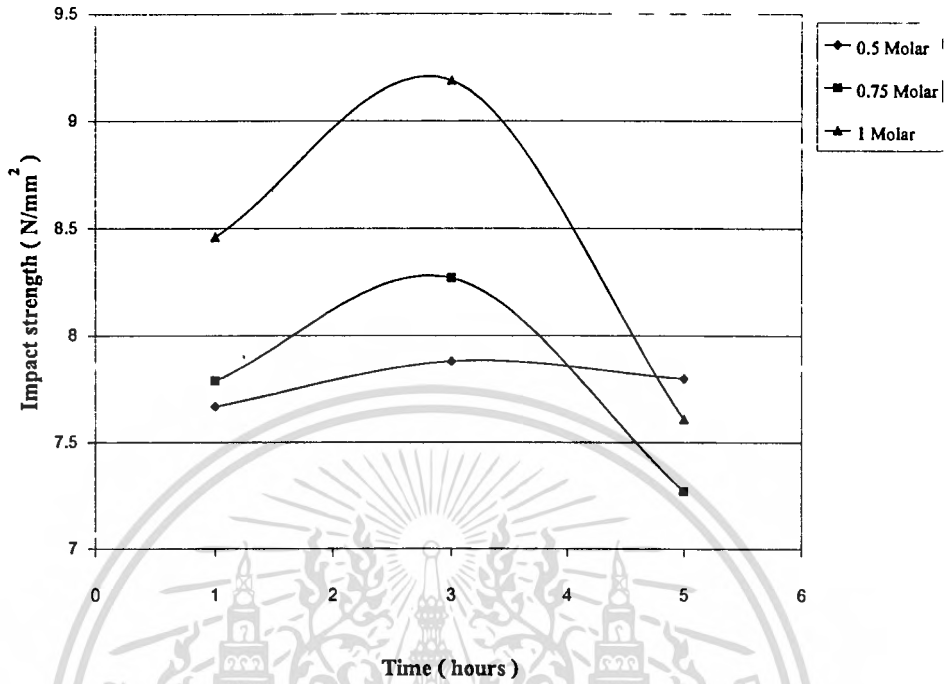
พอลิเมอร์ที่เส้นใยผ่านการสกัดด้วยสารละลาย NaOH มีค่าต่ำกว่าคอมพอลิเมอร์ที่เส้นใยไม่ผ่านการสกัด อธิบายได้ว่า เส้นใยที่ไม่ผ่านการสกัด จะมีความแข็งแรงมากกว่าเส้นใยที่ผ่านการสกัดเนื่องจากเส้นใยนั้นไม่ผ่านสภาวะที่รุนแรงของเบสในการชะล้างสาร Extractives ต่าง ๆ โดยเฉพาะลิกนินซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เส้นใยมีความแข็งแรง จึงทำให้คอมพอลิเมอร์มีค่า Hardness สูง

4.2 การศึกษาผลของสภาวะของการตอ่กึ่งที่มีต่อสมบัติเชิงกลของคอมพอลิเมอร์

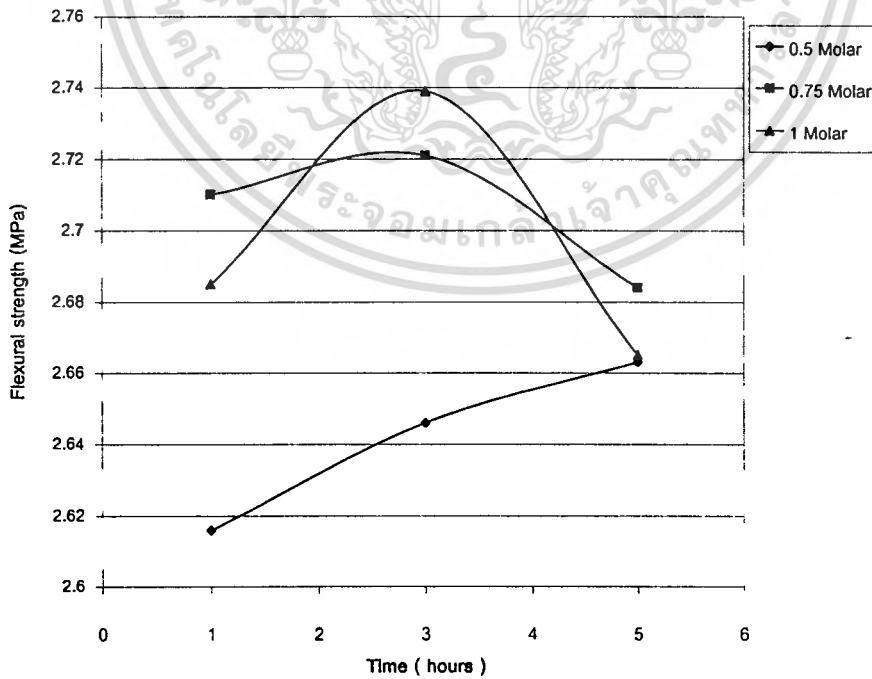
ผลของสภาวะของการตอ่กึ่งที่มีต่อสมบัติเชิงกลของคอมพอลิเมอร์แสดงได้ดังรูปที่ 4.7 – 4.9



รูปที่ 4.7 แสดงผลของเวลาในการตอ่กึ่งที่มีต่อค่า Tensile strength ของคอมพอลิเมอร์เมื่อความเข้มข้นของมอนอเมอร์เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 4.8 แสดงผลของเวลาในการตอกิ่งที่มีต่อค่า Impact strength ของคอมพอสิตเมื่อ ความเข้มข้นของมอนอเมอร์เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 4.9 แสดงผลของเวลาในการตอกิ่งที่มีต่อค่า Flexural strength ของคอมพอสิตเมื่อ ความเข้มข้นของมอนอเมอร์เปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ซึ่งได้รับการคุ้มครองตามกฎหมายลิขสิทธิ์ การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารถือว่าผิดกฎหมาย

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า สถานะการต่อกิ่ง คือเวลาและความเข้มข้นที่ใช้ในการต่อกิ่งมีผลต่อสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมพอสิต โดยเมื่อเวลาที่ใช้ในการต่อกิ่งเพิ่มมากขึ้น สมบัติเชิงกลของคอมพอสิตมีแนวโน้มสูงขึ้น จนถึงเวลาที่ใช้ในการต่อกิ่ง 3 ชั่วโมง สมบัติเชิงกลเริ่มมีแนวโน้มลดลง อธิบายได้ว่า เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจะทำให้สายโซ่โมเลกุลของ Polyacrylamide ที่ต่อกิ่งบนโซ่หลักมีความยาวเพิ่มขึ้น จึงมีผลทำให้สมบัติเชิงกลของคอมพอสิตมีแนวโน้มสูงขึ้น จนถึงเวลาที่ใช้ในการต่อกิ่ง 3 ชั่วโมง สมบัติเชิงกลของคอมพอสิตมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่อใช้เวลานานในการต่อกิ่งมากเกินไปจะทำให้สายโซ่ที่ทำการต่อกิ่งเกิดการขาดของสายโซ่ ทำให้สายโซ่สั้นลง เกิดการยึดเกาะกับพอลิเมอร์เมทริกซ์ลดลง ทำให้สมบัติเชิงกลลดลง

สำหรับความเข้มข้นของมอนอเมอร์ที่ใช้ในการต่อกิ่ง เมื่อความเข้มข้นของมอนอเมอร์มากขึ้น สมบัติเชิงกลของคอมพอสิตสูงขึ้น อธิบายได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของมอนอเมอร์มากขึ้นทำให้เกิดการต่อกิ่งสูงขึ้น และเมื่อปริมาณของมอนอเมอร์มากขึ้น ทำให้เกิด Homopolymer มากขึ้นด้วยจึงทำให้สมบัติเชิงกลของคอมพอสิตดีขึ้นเนื่องจาก Polyacrylamide มีขั้วจึงช่วยทำให้เส้นใยที่ต่อกิ่งเกิดการยึดเกาะกับ ABS ได้ดี

4.3 การศึกษาสมบัติทางความร้อนและการดูดซับน้ำของเส้นใยที่สกัดด้วยสารละลาย

NaOH แล้วต่อกิ่งด้วย Acrylamide

ผลของการศึกษาสมบัติทางความร้อนและการดูดซับน้ำแสดงได้ดังตารางที่ 4.1 และ รูปที่ 4.10 – 4.11

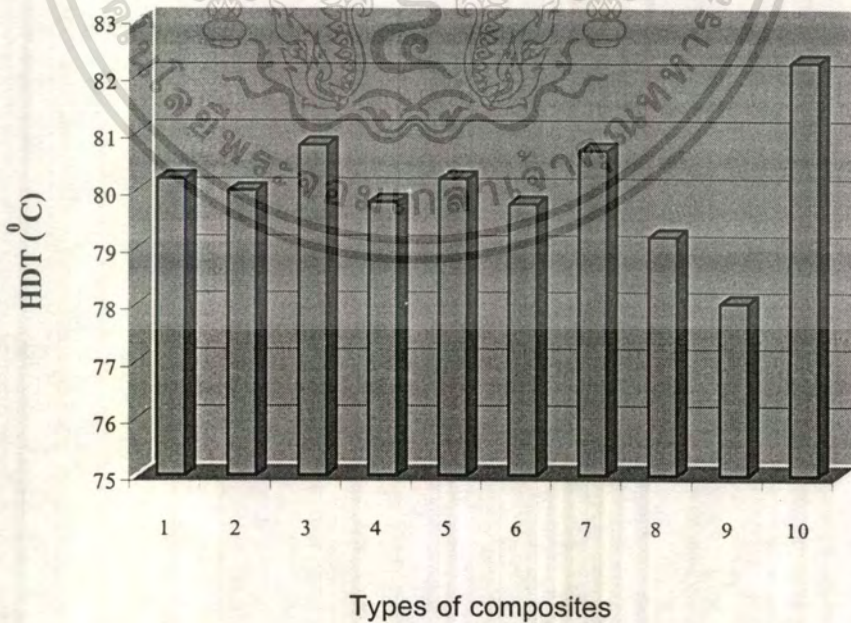
จาก รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่า HDT ระหว่าง ABS กับคอมพอสิตของเส้นใยที่ทำการต่อกิ่งในสถานะที่แตกต่างกันจะเห็นว่าค่า HDT ไม่แตกต่างกันมากนักแสดงให้เห็นว่าการเติมเส้นใยที่ทำการต่อกิ่งไม่มีผลต่อค่า HDT ของ ABS

จากรูปที่ 4.11 จะเห็นว่าค่า % การดูดซับน้ำของคอมพอสิตมีค่าน้อยกว่าของ ABS อธิบายได้ว่า เนื่องจาก ABS มีสมบัติเป็นพอลิเมอร์ที่ดูดซับน้ำดังนั้นเมื่อมีการเติมเส้นใยลงไปเส้นใยจึงไปแทนที่ ABS ทำให้คอมพอสิตมีค่า % การดูดซับน้ำน้อยลง แต่ที่สถานะการต่อกิ่ง 3 ชั่วโมง มีค่า % การดูดซับน้ำ สูงกว่าที่ทำการต่อกิ่ง 1 และ 5 ชั่วโมง อาจเป็นเพราะการต่อกิ่งที่ใช้เวลา 3 ชั่วโมง เป็นสถานะที่เกิดการต่อกิ่งสูงที่สุด และ Polyacrylamide เป็นพอลิเมอร์ที่ดูดน้ำส่งผลให้คอมพอสิตมีค่า % การดูดซับน้ำสูง

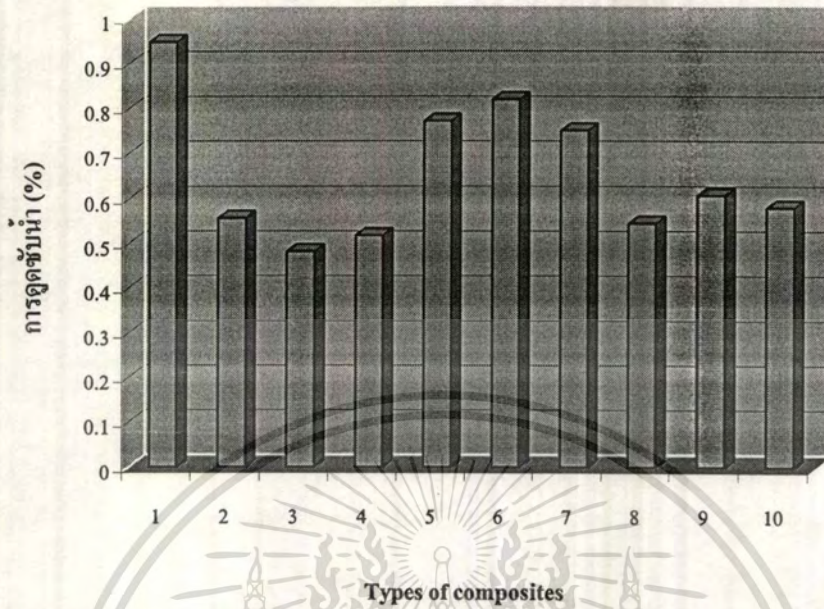
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงสมบัติทางความร้อนและการดูดซึมน้ำของคอมพอสิต

ชนิดของคอมพอสิต	สภาวะที่ใช้ในการตัก	HDT ($^{\circ}\text{C}$)	% การดูดซึมน้ำ
1	ABS	80.2	0.9472
2	0.5 Molar 1 hr	80	0.5572
3	0.75 Molar 1 hr	80.8	0.4826
4	1.0 Molar 1 hr	79.8	0.5182
5	0.5 Molar 3 hr	80.2	0.7721
6	0.75 Molar 3 hr	79.76	0.8206
7	1.0 Molar 3 hr	80.7	0.7511
8	0.5 Molar 5 hr	79.2	0.545
9	0.75 Molar 5 hr	78.03	0.6078
10	1.0 Molar 5 hr	82.25	0.5797



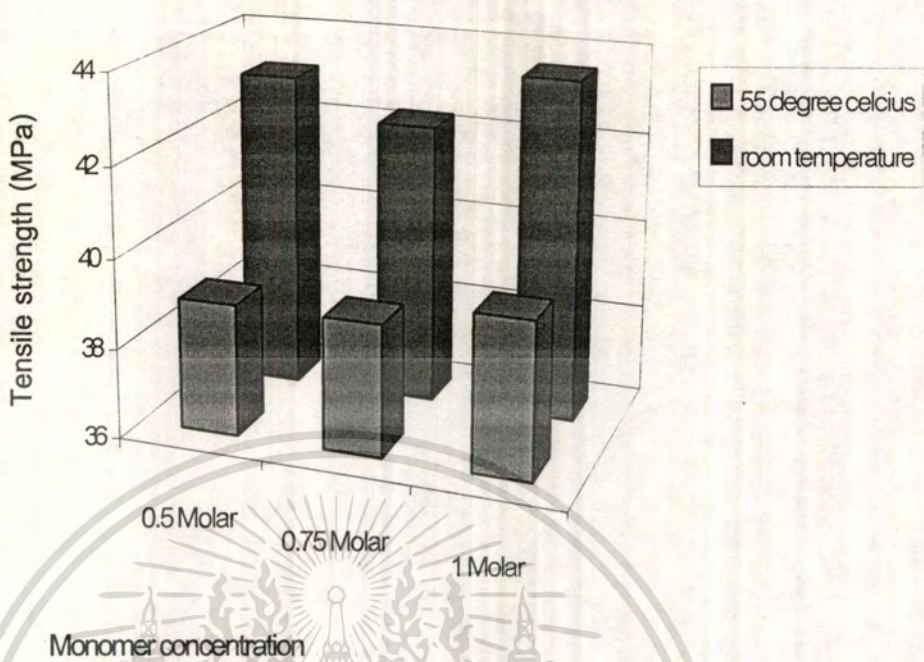
เอกสารนี้เป็นรูปที่ 4.10 แสดงค่า HDT ($^{\circ}\text{C}$) ของคอมพอสิตชนิดต่าง ๆ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



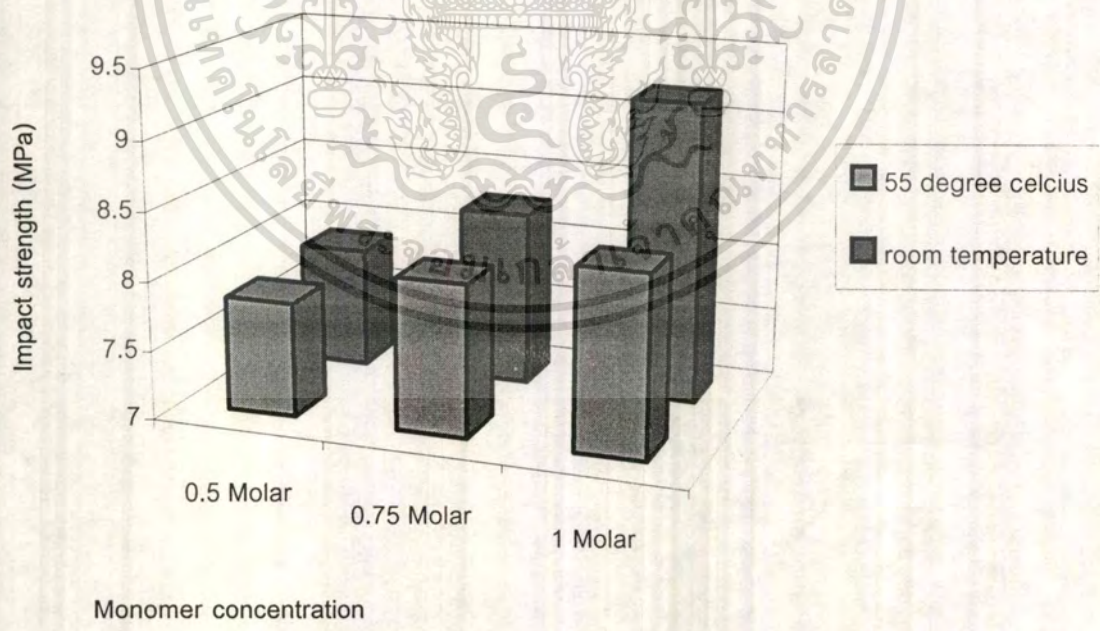
รูปที่ 4.11 แสดงค่า % การดูดซึมน้ำของคอมพอสิตชนิดต่างๆ

4.4 การศึกษาผลของ Polyacrylamide ที่ติดอยู่บนเส้นใยที่มีต่อสมบัติเชิงกลของคอมพอสิต

การศึกษาผลของ Polyacrylamide ที่ติดอยู่บนเส้นใยที่มีต่อสมบัติเชิงกลของคอมพอสิต ทำการทดลองโดยล้างเส้นใยที่ต่อกิ่งแล้วด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิต่างกัน โดยแสดงผลการทดลองดังรูปที่ 4.12 – 4.14

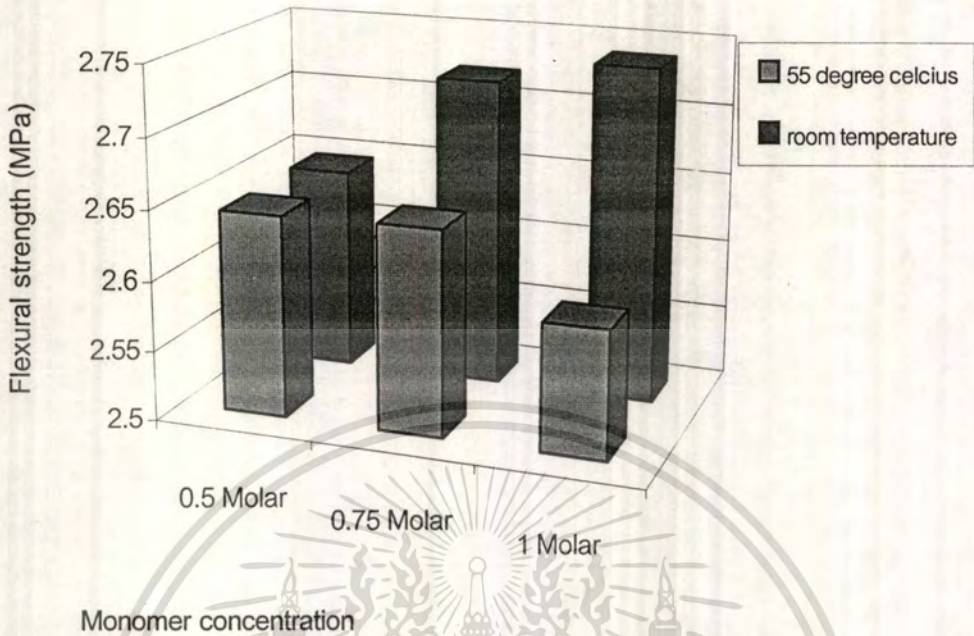


รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่า Tensile strength ของคอมพอลิเมอร์ที่ทำการล้างเส้นใย หลังดองกับน้ำที่อุณหภูมิต่างกัน



รูปที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่า Impact strength ของคอมพอลิเมอร์ที่ทำการล้างเส้นใย หลังการดองกับน้ำอุณหภูมิต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในมหาวิทยาลัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัย
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและเผยแพร่ข้อมูลอันถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



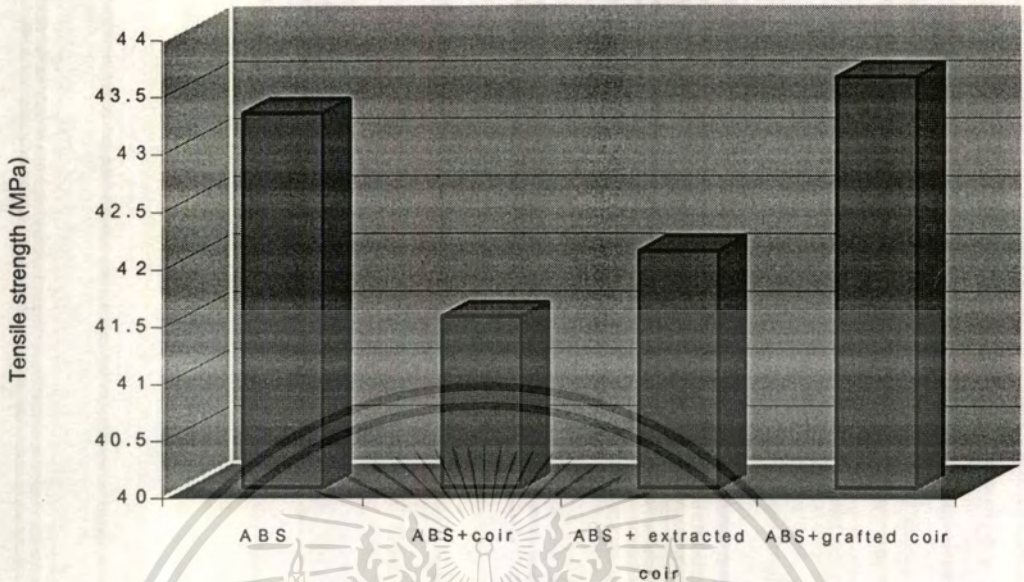
รูปที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่า Flexural strength ของคอมพอลิเมอร์ที่ทำกรด้างเส้นใย หลังต่อกึ่งด้วยน้ำที่อุณหภูมิต่างกัน

จากการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อทำกรด้างเส้นใยด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 55°C ทำให้สมบัติเชิงกลต่ำกว่าเมื่อล้างเส้นใยด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจาก Homopolymer มีส่วนช่วยให้คอมพอลิเมอร์แข็งแรงมากขึ้น เนื่องจาก Polyacrylamide มีความเป็นขั้วที่สามารถยึดเกาะกับเมตริกซ์ได้ดี และยังมีลักษณะเป็น glassy polymer ซึ่งมีสมบัติแข็งเปราะ ดังนั้น เมื่อใช้น้ำที่อุณหภูมิสูง ทำให้ปริมาณ Homopolymer ที่ติดอยู่น้อยลง เนื่องจาก Polyacrylamide ละลายน้ำ เมื่อใช้น้ำที่อุณหภูมิสูง Polyacrylamide จะมีความสามารถในการละลายมากขึ้นเป็นผลให้ ปริมาณ Homopolymer น้อยลง

4.5 การศึกษาสมบัติเชิงกลของ ABS เปรียบเทียบกับคอมพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ

การศึกษาสมบัติเชิงกลของ ABS เปรียบเทียบกับ คอมพอลิเมอร์ชนิดต่างคือ คอมพอลิเมอร์ของเส้นใยมะพร้าว เส้นใยมะพร้าวที่สกัดด้วย NaOH เส้นใยมะพร้าวที่สกัดด้วย NaOH ต่อกึ่งด้วย Acrylamide สภาวะที่ใช้คือ ความเข้มข้นมอนอเมอร์ 1 Molar เวลาในการต่อกึ่ง 3 ชั่วโมง ซึ่งเป็นสภาวะที่ทำให้คอมพอลิเมอร์มีสมบัติดีที่สุด แสดงผลการทดลองได้ รูปที่ 4.15 – 4.17

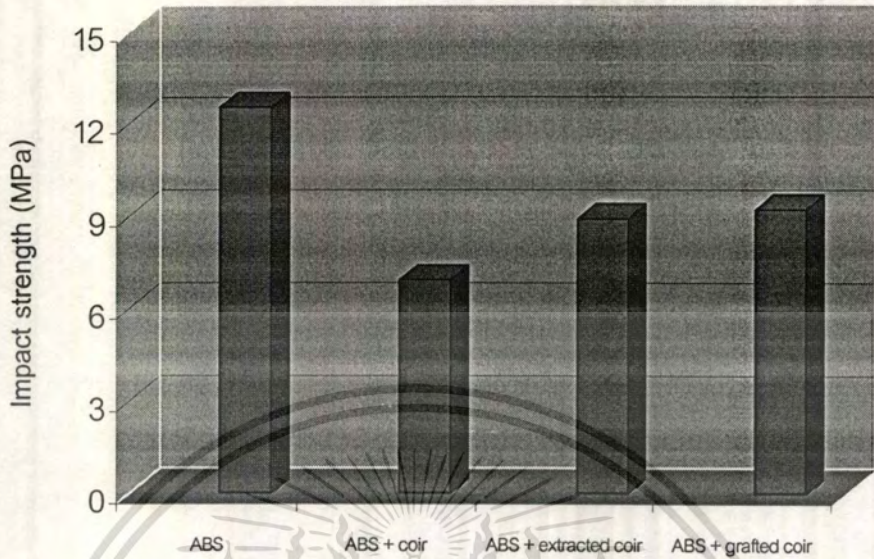
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงค่า Tensile strength ของคอมพอสิต

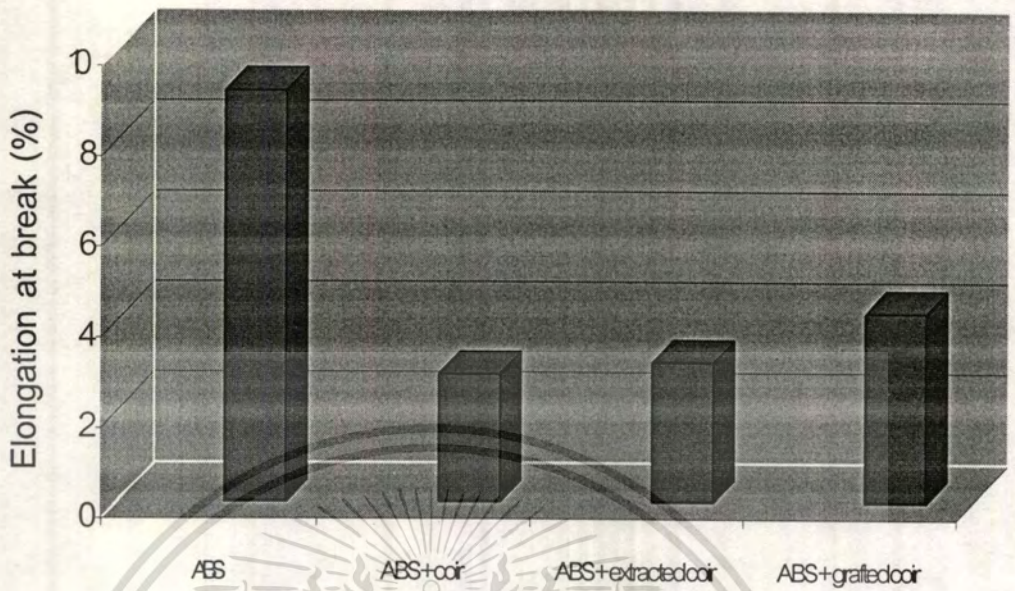
จากรูป 4.15 คอมพอสิตของเส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการดอ่กั้ง จะมืค่า Tensile strength สูงที่สุด เนื่องมาจากเส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการดอ่กั้งด้วย Acrylamide มีการยึดติดกับพอลิเมอร์เมตริกซ์ ได้ดีขึ้นเนื่องจาก Polyacrylamide มีขั้วสูง ทำให้เส้นใยที่ดอ่กั้งมีขั้วสูงขึ้น และ การขึ้นรูปของคอมพอสิตทำด้วยวิธี Injection molding เส้นใยจึงมีการจัดเรียงตัวแบบ Anisotropy คือมีการจัดเรียงตัวไปในทิศทางเดียวกัน จึงทำให้เกิดการเสริมแรงเมื่อดึงในทิศทางเดียวกันกับการจัดเรียงตัวของเส้นใย

ดังนั้นเส้นใยที่ทำการดอ่กั้งและจัดเรียงตัวไปในทิศทางเดียวกันจะทำให้คอมพอสิตแข็งแรงขึ้น



รูปที่ 4.16 แสดงค่า Impact strength ของคอมพอสิต

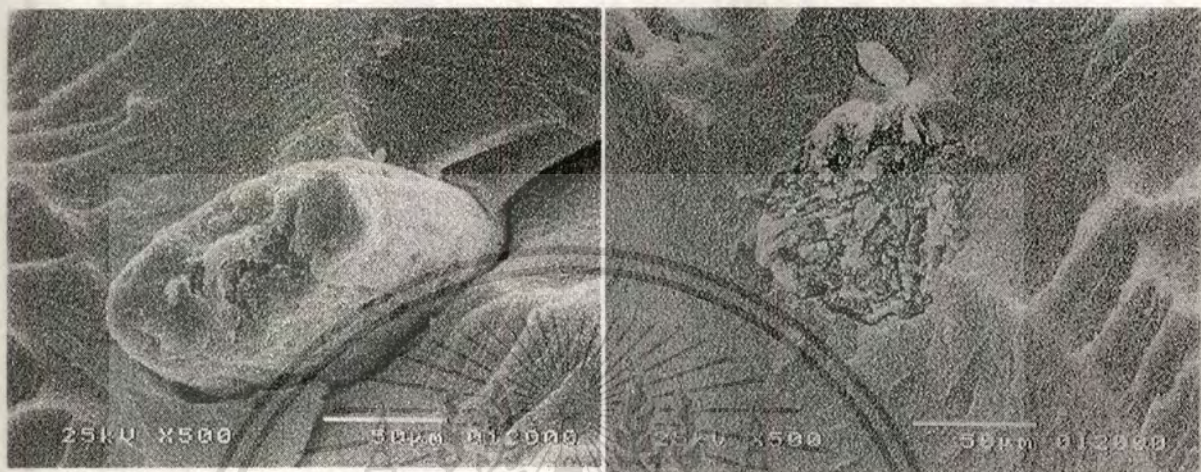
จากรูปที่ 4.16 ค่า Impact strength ของ ABS มีค่าสูงกว่าของคอมพอสิต เนื่องจากเมื่อผสมเส้นใยกับพอลิเมอร์เมตริกซ์ จะเกิดรอยต่อระหว่างวัสดุ ทำให้คอมพอสิตมีลักษณะเปราะ และคอมพอสิตของเส้นใยที่ทำการต่อกิ่งจะมีค่า Impact strength สูงที่สุดเมื่อเทียบกับคอมพอสิตตัวอื่น เนื่องจากเส้นใยที่ต่อกิ่งกับพอลิเมอร์เมตริกซ์มีแรงยึดติดระหว่างกันได้ดี เมื่อเกิดการกระแทกจึงสามารถส่งผ่านแรงไปยังพอลิเมอร์เมตริกซ์ได้ดี



รูปที่ 4.17 แสดงค่า Elongation at break ของคอมพอสิต

จากรูปที่ 4.17 จะเห็นว่าค่า Elongation at break ของคอมพอสิตมีค่าต่ำกว่า ของ ABS เนื่องจากเส้นใยมะพร้าวจะไปขัดขวางการยืดของสายโซ่พอลิเมอร์ และ คอมพอสิตของเส้นใยที่ทำการต่อกิ่งมีค่า Elongation at break สูงที่สุดเมื่อเทียบกับคอมพอสิตด้วยกันเนื่องจากการต่อกิ่งทำให้เส้นใยมีการยืดเกาะที่ดีจึงสามารถถ่ายเทแรงได้ดี มีช่องว่างระหว่างพอลิเมอร์เมตริกซ์กับเส้นใยน้อยจึงสามารถยืดได้มากกว่า

4.6 การศึกษาสัณฐานวิทยาในเชิงเปรียบเทียบระหว่างคอมพอสิตที่ประกอบด้วยเส้นใยที่สกัดด้วย NaOH กับเส้นใยที่สกัดด้วย NaOH แล้วต่อกิ่งด้วย Acrylamide



ก)

ข)

รูปที่ 4.18 แสดงลักษณะสัณฐานวิทยาของพื้นผิวคอมพอสิตที่แตกหัก ก) คอมพอสิตของเส้นใยที่สกัดด้วย NaOH ข) คอมพอสิตของเส้นใยที่สกัดด้วย NaOH แล้วต่อกิ่งด้วย Acrylamide

จากรูปที่ 4.18 ก) แสดงพื้นผิวแตกหักของคอมพอสิตที่ประกอบด้วยเส้นใยที่ไม่ได้ทำการต่อกิ่ง จะเห็นช่องว่างระหว่างเส้นใยและพอลิเมอร์เมตริกซ์ได้ชัดเจนซึ่งแสดงให้เห็นว่าเส้นใยได้หลุดออกมาจากเมตริกซ์เนื่องจากการยึดเกาะที่ไม่ดี

จากรูปที่ 4.18 ข) แสดงพื้นผิวแตกหักของคอมพอสิตที่ประกอบด้วยเส้นใยที่ทำการต่อกิ่ง เส้นใยจะยึดเกาะกับเมตริกซ์โดยไม่มีช่องว่าง และเมื่อทำการหักชิ้นงานเพื่อมาทดสอบ ไม่มีการหลุดของเส้นใยและเป็นการหักที่เกิดจากการแตกของพอลิเมอร์เมตริกซ์ แสดงให้เห็นว่ามีการยึดติดของเส้นใยกับเมตริกซ์ที่ดี ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก Polyacrylamide มีขั้วจึงเกิดแรงดึงดูดทางเคมีกับ ABS ทำให้สมบัติต่าง ๆ ของคอมพอสิตดีขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

1. คอมพอสิตของเส้นใยมะพร้าวที่ทำการสกัดด้วยสารละลาย NaOH จะมีสมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนดีกว่าคอมพอสิตของเส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้สกัดด้วยสารละลาย NaOH
2. ปริมาณของเส้นใยมะพร้าวที่ทำการสกัดด้วยสารละลาย NaOH และใช้ในการวิจัยการต่อกึ่งคือ ปริมาณ 3% โดยน้ำหนัก
3. สภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการต่อกึ่งคือ ใช้ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ 1 Molar และใช้เวลาในการต่อกึ่ง 3 ชั่วโมง
4. คอมพอสิตของเส้นใยมะพร้าวที่ทำการต่อกึ่งด้วย Acrylamide แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องจะให้สมบัติเชิงกลดีกว่าคอมพอสิตของเส้นใยที่ทำการต่อกึ่งแล้วล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 55 °C
5. คอมพอสิตของเส้นใยมะพร้าวที่ทำการต่อกึ่งด้วย Acrylamide จะให้สมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนดีกว่าของคอมพอสิตของเส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ทำการต่อกึ่ง
6. จากฐานานวิทยาพบว่าคอมพอสิตของเส้นใยมะพร้าวที่ทำการต่อกึ่งด้วย Acrylamide จะไม่มีช่องว่างระหว่างเส้นใยกับเมตริกซ์ ซึ่งแสดงถึงการยึดเกาะที่ดีระหว่างเส้นใยและเมตริกซ์
7. คอมพอสิตของเส้นใยมะพร้าวที่ทำการต่อกึ่งด้วย Acrylamide จะมีการดูดซึมน้ำน้อยกว่า ABS

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ทำการศึกษาผลของการต่อกึ่งที่มีต่อพอลิเมอร์เมตริกซ์ชนิดอื่น ๆ
2. ทำการศึกษาโดยนำเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่น ๆ มาทำการต่อกึ่งกับ Acrylamide

บรรณานุกรม

1. Satyanarayana K.G., Kulkarni A.G., and Rohatgi P.K., J. Scient. Ind. Res. 40 (1981) : 222-227.
2. Nayak N.C., Das H.K., and Singh B.C., J. Appl. Polym. Sci. 49 (1991) : 2391-2396.
3. Misra B.N. and Mehta I.K., J. Appl. Polym. Sci. 49 (1993) : 1979-1984.
4. Geethamma V.G., Thomas Mathew K., Lakshminarayanan K., and Thomas S. Polymer 39 (1998) : 1483-1491.
5. Jain S., Kumar K., and Jindal U.C., J. Mater. Sci. 27 (1992) : 4598-4604.
6. Kuruvilla K., Thomas S., Pavithran C., and Brahmakumar M., J. Appl. Polym. Sci. 47 (1993) : 1731-1793.
7. Geethamma V.G., Joseph R., and Thomas S., J. Appl. Polym. Sci. 55 (1995) : 583-594.
8. Kundu S.K., Ray P.K., Sen S.K., and Bhaduri S.K., J. Appl. Polym. Sci. 49 (1993) : 25
9. Ludwig R. Encyclopedia of Polymer Science and Engineering. 2nd Vol. 6 pp. 665, John Wiley and Sons, New York, 1985
10. Kulkarni A.K., Satyanarayana K.G., Sukumaran K., and Rohatgi P.K., " Mechanical Behaviour of Coir fiber under Tensile-Load ." J. Mater. Sci. 16 (1981) : 905-914.
11. ปิยะวัน ตั้งสุวรรณวานิช วิทยานิพนธ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง 2541.
12. Sakakibara A., Wood and Cellulosic Chemistry, pp.113, Marcel Dekker, New York, 1991.
13. Vazquez-Torres H., Canche-Escamilla G., and Cruz-Ramos, J. Appl. Polym. Sci. 47 (1993) : 37-44.
14. สมปอง สุคนธ์สิทธิ์. เส้นใยธรรมชาติ. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 1992
15. Satyanarayana K.G., Pillai C.K.S., Sukumaram K., Pillai S.G.K., Rohatgi P.K., and Vijayan K. J. Mater. Sci. 17 (1982) : 2453-2462.
16. John N. McGovern Encyclopedia of Polymer Science and Engineering. 2nd Vol. 7 pp.

19, John Wiley and Sons, New York, 1985

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. Berry V.K., Ellington D.H., Gaggar S.K., and Jalbert R.L., Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd Vol. 1 pp. 82-99, John Wiley and Sons , New York , 1982.
18. Michel L. Berins, Handbook of Plastics Engineering, pp. 55-65 , Chapman and Hall , New York, 1991.
19. Yalpani M. Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, 2nd Vol. 3 pp.77-78, John Wiley and Sons , New York, 1985.
20. Jett C. Arthur Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, 2nd Vol. 3 pp.75, John Wiley and Sons , New York, 1985.
21. Jangchud I., Ph.D. Dissertation , The University of Akron ,Ohio , 1996.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ก. แสดงสมบัติเชิงกลของคอมพอลิทีที่ไม่ได้สกัด NaOH

ปริมาณเส้นใย (%)	Tensile strength (MPa)	Impact strength (Mpa)	Elongation at break (%)
1	38.43	8.8	3.2
3	39.33	6.92	2.82
5	38.02	6.22	2.68
7	37.45	5.4	2.38
10	37.06	4.9	2.354

ข. แสดงสมบัติเชิงกลของคอมพอลิทีที่สกัด NaOH

ปริมาณเส้นใย (%)	Tensile strength (Mpa)	Impact strength (Mpa)	Elongation at break (%)
1	43.07	12.9	3.603
3	42.07	10.1	3.089
5	40.39	8.7	3.024
7	39.48	7.51	3.016
10	39.45	7.3	2.805

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.แสดงสมบัติเชิงกลของคอมพอลิเมอร์ที่ทำการต่อกิ่ง

สภาวะที่ใช้ในการต่อกิ่ง	Tensile strength (Mpa)	Impact strength (Mpa)	Elongation at break (%)	Flexural strength (Mpa)
0.5 Molar 1 hr	41.18	7.67	4.302	2.616
0.75 Molar 1 hr	43.77	7.79	3.815	2.710
1.0 Molar 1 hr	42.36	8.46	3.061	2.685
0.5 Molar 3 hr	43.11	7.87	3.812	2.646
0.75 Molar 3 hr	42.27	8.27	4.302	2.7212
1.0 Molar 3 hr	43.58	9.19	4.179	2.739
0.5 Molar 5 hr	41.09	7.8	3.837	2.6632
0.75 Molar 5 hr	41.48	7.27	3.067	2.684
1.0 Molar 5 hr	42.20	7.61	4.063	2.665

ง.แสดงสมบัติทางความร้อน และการดูดซึมน้ำของคอมพอลิเมอร์

สภาวะที่ใช้ในการต่อกิ่ง	HDT (°C)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
ABS	80.2	0.9472
0.5 Molar 1 hr	80	0.5572
0.75 Molar 1 hr	80.8	0.4826
1.0 Molar 1 hr	79.8	0.5182
0.5 Molar 3 hr	80.2	0.7721
0.75 Molar 3 hr	79.76	0.8206
1.0 Molar 3 hr	80.7	0.7511
0.5 Molar 5 hr	79.2	0.5455
0.75 Molar 5 hr	78.0	0.6078
1.0 Molar 5 hr	82.25	0.5797

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือสงวนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยวิธีการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้