

รหัสโครงการ [SUT 7-710- 48-24-18]



รายงานการวิจัย

การผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างเส้นใยป่านครนารายณ์กับ
พอลิโพรพิลีน

[Production of Polymer Composites between Sisal Fiber and
Polypropylene]

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุพาพร รักสกุลพิวัฒน์

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิมลลักษณ์ สุตะพันธ์

สาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2548-2549

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มกราคม/2553

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย เรื่อง การผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างเส้นใยป่านศรนารายณ์กับพอลิโพรพิลีนเป็นหนึ่งใน 5 โครงการวิจัยย่อย ในแผนงานวิจัยเรื่องการผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิตจากเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยมีผู้ช่วยวิจัยในโครงการคือ นายจงรัก กลิ่งสำโรง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ โดยการขึ้นรูปด้วยวิธีการฉีด เส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ใช้ในการเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิต จะอยู่ในรูปของเส้นใยสั้น มีทั้งชนิดที่ไม่ได้ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไฮดรอกไซด์และปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไฮดรอกไซด์ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อปริมาณเส้นใยป่านศรนารายณ์เพิ่มขึ้น ค่าอุณหภูมิการเสื่อมสลายจะลดลงเล็กน้อย แต่ ค่าอุณหภูมิการบิดเบี้ยวของชิ้นงานจะสูงขึ้น โดยค่าอุณหภูมิการบิดเบี้ยวของพอลิเมอร์คอมโพสิตจะสูงกว่าของพอลิโพรพิลีน สำหรับค่าความทนต่อแรงดึงและค่าความเค้น ณ จุดคราก ของพอลิเมอร์คอมโพสิตจะสูงขึ้น ส่วนมอดูลัสของยังก็ค่อนข้างคงที่ นอกจากนั้นค่าความทนต่อแรงดัด มอดูลัส และแรงดัดสูงสุดจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นแต่ความทนต่อแรงกระแทกจะลดลง การปรับสภาพพื้นผิวเส้นใยด้วยสารประสานไฮดรอกไซด์ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความทนต่อแรงดึง ค่าความเค้น ณ จุด ครากและค่ามอดูลัสของยังก็รวมทั้งความทนต่อแรงดัดและค่ามอดูลัสของแรงดัด

Abstract

The preparation of polypropylene (PP) composites from sisal fibers was made in this study. The composite specimens were prepared by injection molding. Sisal fibers used in this study were in short fiber form. Both untreated sisal fiber and silane treated fibers were used. It was found that with increasing sisal fiber content the decomposition temperature was slightly lower but the heat distortion temperature was higher. The heat distortion temperature of polypropylene composite was higher than that of neat PP. Tensile strength and yield stress were increased with increasing fiber content. However, Young's modulus did not significantly change with fiber content. Moreover, an increase in fiber content led to an increase in the flexural strength and modulus of the composites. PP composites from silane treated sisal fiber and untreated fiber showed no significantly difference in mechanical properties.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1. ระเบียบวิธีวิจัย.....	1
2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	3
3. ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิด.....	3
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย.....	
2.1 ระเบียบวิธีวิจัย.....	5
2.1.1 การผสมเส้นใยกับพอลิเมอร์.....	5
2.1.2 การเตรียมชิ้นทดสอบโดยการขึ้นรูปแบบฉีด.....	5
2.1.3 การทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์คอมโพสิต.....	5
2.2 วัสดุและวิธีการทดลอง.....	5
2.2.1 วัสดุคิบ.....	5
2.2.2 การเตรียมเส้นใย.....	6
2.2.3 การเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิต.....	7
2.2.4 การทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์คอมโพสิต.....	9
บทที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	
3.1 ผลของอัตราส่วนของเส้นใยปานศรณารายณ์ต่อสมบัติของพอลิเมอร์คอมโพสิต.....	11
3.1.1 สมบัติทางความร้อน.....	11
3.1.2 สมบัติทางกระแสวิทยา.....	14
3.1.3 สมบัติเชิงกล.....	15
3.1.4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา.....	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 ผลของการปรับสภาพพื้นผิวเส้นใยป่านศรนารายณ์ด้วยสารประสานไซเลน ต่อสมบัติของพอลิเมอร์คอมโพสิต	21
3.2.1 สมบัติทางความร้อน	21
3.2.2 สมบัติทางกระแสไฟฟ้า.....	23
3.2.3 สมบัติเชิงกล	24
3.2.4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา	28
บทที่ 4 บทสรุป	
สรุปผลการวิจัย	30
บรรณานุกรม.....	31
ประวัติผู้วิจัย	32

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	8
3.1	12
3.2	14
3.3	14
3.4	23
3.5	23

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
3.1 DSC Thermogram ในขั้นตอนการให้ความร้อนของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิไพโรฟิลินกับเส้นใยปานสรณารายณ์ที่อัตราส่วน 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	11
3.2 DSC Thermogram ในขั้นตอนการทำให้เย็นตัวของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิไพโรฟิลินกับเส้นใยปานสรณารายณ์ที่อัตราส่วน 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	12
3.3 กราฟ TGA ของพอลิไพโรฟิลินกับพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิไพโรฟิลินกับเส้นใยปานสรณารายณ์ที่อัตราส่วน 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	13
3.4 กราฟ DTGA ของพอลิไพโรฟิลินกับพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิไพโรฟิลินกับเส้นใยปานสรณารายณ์ที่อัตราส่วน 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	13
3.5 ความหนืดที่อัตราเร็วต่างๆ ของพอลิไพโรฟิลินกับพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิไพโรฟิลินกับเส้นใยปานสรณารายณ์ที่อัตราส่วน 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	15
3.6 ความทนต่อแรงดึงของพอลิไพโรฟิลินกับพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิไพโรฟิลินกับเส้นใยปานสรณารายณ์ที่อัตราส่วน โดยน้ำหนักต่างๆ (ปัจจัยการฉีดขึ้นรูปที่ 1 ตามตารางที่ 2	16
3.7 ความเค้น ณ จุดครากของพอลิไพโรฟิลินกับพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิไพโรฟิลินกับเส้นใยปานสรณารายณ์ที่อัตราส่วน โดยน้ำหนักต่างๆ	16
3.8 มอดูลัสของยังก์ของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิไพโรฟิลินกับพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิไพโรฟิลินกับเส้นใยปานสรณารายณ์ที่อัตราส่วน โดยน้ำหนักต่างๆ	17
3.9 ความทนต่อแรงดัดของพอลิไพโรฟิลินกับพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิไพโรฟิลินกับเส้นใยปานสรณารายณ์ที่อัตราส่วน โดยน้ำหนักต่างๆ	18
3.10 มอดูลัสของแรงดัดของพอลิไพโรฟิลินกับพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิไพโรฟิลินกับเส้นใยปานสรณารายณ์ที่อัตราส่วน โดยน้ำหนักต่างๆ	18
3.11 ความทนต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิไพโรฟิลินกับเส้นใยปานสรณารายณ์ที่อัตราส่วน โดยน้ำหนักต่างๆ	19

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.12 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยปานครนารายณ์ที่ไม่ผ่านการทำอัลคาไลน์เซชันและเส้นใยที่ผ่านการทำอัลคาไลน์เซชันที่อัตราส่วน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	20
3.13 กราฟ TGA ของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่าง พอลิโพรพิลีนกับเส้นใยปานครนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสาน ไซเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	21
3.14 กราฟ DTGA ของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยปานครนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสาน ไซเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	22
3.15 ความหนืดที่อัตราเฉือนต่างๆ ของพอลิโพรพิลีนกับพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยปานครนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสาน ไซเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	24
3.16 ความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยปานครนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสาน ไซเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	25
3.17 ความเค้น ณ จุด ครากของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยปานครนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสาน ไซเลน VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	25
3.18 มอดูลัสของยังก์ของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยปานครนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสาน ไซเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	26
3.19 ความทนต่อแรงดัดของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยปานครนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสาน ไซเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	27

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.20 มอดูลีสของแรงคักของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอม โพลีระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไซเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	27
3.21 ความทนต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์คอม โพลีระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสาน ไซเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	28
3.22 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์คอม โพลีระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสาน ไซเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	29

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

phr	part per hundred
SEM	Scanning electron microscope
CL	เส้นใยที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมและการทำอัลคาไลน์เซชัน
NP	เส้นใยที่ไม่ผ่านการทำความสะอาดเบื้องต้น

บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย และการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันในต่างประเทศได้มีความพยายามในการนำเส้นใยธรรมชาติ มาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงในพอลิเมอร์คอมโพสิต ด้วยเหตุผลทางด้านเศรษฐศาสตร์และความปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เนื่องจาก การใช้เส้นใยธรรมชาติในพอลิเมอร์คอมโพสิตจะไม่ทำให้เกิดการสึกกร่อนของเครื่องมือขึ้นรูป ไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพและความปลอดภัยต่อพนักงานในสถานประกอบการ อีกทั้งราคาถูก หาได้ง่าย และมีความหนาแน่นต่ำทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเบา ทั้งนี้ประเทศในทวีปยุโรปและอเมริกา เช่น เยอรมัน สหราชอาณาจักร และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น ได้ทำการศึกษาค้นคว้าและวิจัยการผลิตและการใช้ประโยชน์ของพอลิเมอร์คอมโพสิตจากเส้นใยธรรมชาติอย่างจริงจัง ซึ่งตัวอย่างบริษัทที่ให้ความสนใจและลงทุนทำวิจัยการใช้ประโยชน์ของพอลิเมอร์คอมโพสิตจากเส้นใยธรรมชาติได้แก่ บริษัท Daimler Chrysler บริษัท Composite Product บริษัท Ford & Kafus บริษัท Boise Cascade และ บริษัท Kline เป็นต้น การใช้ประโยชน์ของพอลิเมอร์คอมโพสิตจากเส้นใยธรรมชาติส่วนใหญ่เน้นไปที่อุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งได้แก่การนำไปผลิตชิ้นส่วนภายในรถยนต์ บริษัทผลิตรถยนต์หลายยี่ห้อ ได้มีการใช้พอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับพอลิโนนินในรถยนต์หลายรุ่นในขณะนี้ เช่น Benz BMW Volvo Audi Opel Ford และ Volkswagen นอกจากนี้ยังทำเป็นที่จับประตู ฝาปิดของ front liners trunk liners และ dash board [1] นอกจากนี้ยังมีการใช้พอลิเมอร์คอมโพสิตจากเส้นใยธรรมชาติในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ตกแต่งภายใน เช่น ชั้นวางของ

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าเส้นใยธรรมชาติมีข้อดีหลายประการที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้และมีผู้นำไปใช้ประโยชน์แล้ว แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าประเทศไทยมีการนำเอาเส้นใยธรรมชาติมาใช้ประโยชน์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มนอกเหนือจากการส่งออกในรูปแบบผลิตภัณฑ์การเกษตรน้อยมาก หรืออาจกล่าวได้ว่าประเทศไทยแทบจะไม่ได้ใช้ประโยชน์จากสมบัติเชิงกลที่ดีของเส้นใยธรรมชาติ ในขณะที่ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกเส้นใยธรรมชาติรายใหญ่อันดับหนึ่งของโลกและสามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศมาก โดยในปี พ.ศ. 2543 ประเทศไทยส่งออกเส้นใยธรรมชาติในรูปแบบสินค้าไม้แปรรูปในปริมาณเท่ากับ 16,734 ตัน สร้างรายได้เป็นมูลค่าประมาณ 799.85 ล้านบาท และในปี พ.ศ. 2544 มีปริมาณผลผลิต 18,495 ตัน สร้างรายได้เป็นมูลค่า 736.42 ล้านบาท เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณผลผลิตในปี 2544 ซึ่งสูงกว่าในปี 2543 สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศน้อยลง [2] จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า มูลค่าผลผลิตทางการเกษตรขึ้นกับสภาวะการณ์ของตลาดโลก มีความไม่แน่นอนในเรื่องของราคา ดังนั้น แนวทางการนำเส้นใยธรรมชาติเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมให้มากขึ้นน่าจะช่วยลดปัญหาในเรื่องของราคาได้ เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเส้นใยธรรมชาติและยังเป็นการนำเอาสมบัติที่ดีของเส้นใยธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ได้

สูงสุดอีกด้วย แนวทางหนึ่งที่สามารถใช้ในการเพิ่มมูลค่าให้กับเส้นใยธรรมชาติในประเทศไทย คือ การนำมาผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิต

ด้วยปัจจุบันวัสดุพอลิเมอร์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์ทั้งในรูปของอุปกรณ์ในยานยนต์ อุปกรณ์ส่งถ่ายข้อมูลข่าวสาร วัสดุการก่อสร้าง รวมทั้งที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยสี่ได้แก่ เสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม บรรจุภัณฑ์อาหาร และ บรรจุภัณฑ์ยารักษาโรค หรือแม้แต่การใช้เป็นวัสดุทดแทนไม้ [3-7] ขณะจากพลาสติกจึงมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะจากพลาสติกที่อายุการใช้งานสั้น ปัญหาของขยะพลาสติก คือ ไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ หรือ ความสามารถในการย่อยสลายต่ำ [8] ซึ่งต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการกำจัด และถ้าตกค้างในสภาพธรรมชาติเป็นเวลานานจะก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม การใช้เส้นใยธรรมชาติในวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตจะมีส่วนช่วยเพิ่มความความสามารถในการย่อยสลายตามธรรมชาติ เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ (biopolymers) ซึ่งมีเซลล์ulos เป็นองค์ประกอบที่สำคัญสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ โดยไม่มีสารพิษตกค้าง จึงเป็นการช่วยลดมลภาวะจากขยะพลาสติกได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งเป็นแนวโน้มที่ดีต่อการพัฒนาและส่งเสริมการใช้เส้นใยธรรมชาติเป็นสารตัวเติมหรือสารเสริมแรงในพอลิเมอร์คอมโพสิต

จากข้อดีหลาย ๆ ด้านของเส้นใยธรรมชาติและสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมโพสิตจากเส้นใยธรรมชาติที่ดี ทำให้เราให้ความสำคัญในการพัฒนาและนำเอาเส้นใยธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งเมื่อประเทศไทยของเราหันมาวิจัยพัฒนาในด้านนี้ รวมทั้งมีการนำเส้นใยธรรมชาติมาใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง จะส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของรายได้ในภาคเกษตรกรรม ทั้งในรูปของการเพิ่มตลาดและการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ทางเกษตร เป็นการลดต้นทุนในการผลิตแก่ภาคอุตสาหกรรม เป็นการรักษาสีสิ่งแวดล้อมโดยการลดปริมาณขยะพลาสติกและประหยัดพลังงาน และท้ายที่สุด เราจะต้ององค์ความรู้ใหม่ที่สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาประเทศที่เน้นการใช้ประโยชน์จากผลิตผลทางการเกษตร

จากการประชุมเพื่อหารือแนวทางของการพัฒนาและนำเอาเส้นใยธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดซึ่งจัดโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุ โดยมีผู้เกี่ยวข้องเข้าร่วมแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน ได้แก่ ผู้แทนจากสมาคมไทยคอมโพสิต ผู้แทนจากกรมส่งเสริมการเกษตร ผู้แทนจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุ และคณะผู้วิจัย ได้ข้อสรุปว่า เส้นใยธรรมชาติในประเทศไทยที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ในการผลิตเป็นพอลิเมอร์คอมโพสิต คือ ปอแก้ว และ ป่านศรนารายณ์ สำหรับหนึ่งในพอลิเมอร์ที่กลุ่มอุตสาหกรรมให้ความสนใจในการนำไปใช้เป็นพอลิเมอร์คอมโพสิตได้ในเชิงพาณิชย์ คือ พอลิโพรพิลีน

พอลิโพรพิลีนเป็นเทอร์โมพลาสติกที่นิยมใช้กันทั่วไปมากที่สุดชนิดหนึ่ง มีความหนาแน่นต่ำ มีจุดอ่อนตัว (vicat softening point) สูง มีความแข็งที่พื้นผิว (surface hardness) ดี มีความต้านทานต่อการขีดขีดและขูดขีด มีสมบัติทางไฟฟ้าที่ดี และมีราคาถูก นิยมนำมาใช้ในการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

เนื่องจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกป่านศรนารายณ์เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในเขตอำเภอค่านานุนทด มีพื้นที่การปลูกเป็นอันดับสองของประเทศ ป่านศรนารายณ์จัดเป็นเส้นใยธรรมชาติที่มีความแข็งแรงสูงมากชนิดหนึ่ง ในต่างประเทศมีการค้นคว้าวิจัยในการนำเส้นใยป่านศรนารายณ์มาใช้ผลิตเป็นพอลิเมอร์คอมโพสิตเป็นจำนวนมากแต่ประเทศ

ไทยยังไม่พบการวิจัยเรื่องนี้ ในปัจจุบันจากการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลและประสานงานกับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกป่านศรนารายณ์ของคณะ ผู้วิจัยทำให้ทราบว่า การใช้ประโยชน์จากป่านศรนารายณ์ของกลุ่มเกษตรกร จะใช้ไปในทางงานหัตถกรรม ซึ่งมีปริมาณการใช้น้อยเมื่อเทียบกับจำนวนที่ปลูก เกษตรกรผู้ปลูกป่านศรนารายณ์โดยทั่วไปมีฐานะยากจน ถ้ามีการใช้งานจากป่านศรนารายณ์มากขึ้น จะทำให้เกษตรกรมีรายได้อีกทางหนึ่ง เป็นการลดปัญหาการละทิ้งงานเกษตรกรรมของเกษตรกรขึ้นไปหาอาชีพอื่นในเมืองหลวง และลดปัญหาสังคมที่ตามมาจากการเข้าไปหางานทำในเมืองของเกษตรกร นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีให้เกิดระหว่างมหาวิทยาลัยกับชุมชน โดยใช้งานวิจัยเป็นตัวเชื่อมประสาน ในการที่มหาวิทยาลัยตระหนักถึงความสำคัญของการช่วยเหลือเกษตรกรในชุมชนในการเพิ่มรายได้ จะช่วยให้ความเชื่อมั่นและสร้างความศรัทธาของชุมชนต่อมหาวิทยาลัยอันจะนำไปสู่ความร่วมมือในการพัฒนาท้องถิ่นต่อไป ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ ป่านศรนารายณ์จึงเป็นเส้นใยธรรมชาติที่คณะผู้วิจัยเลือกมาใช้ในการศึกษาเพื่อผลิตเป็นพอลิเมอร์คอมโพสิตกับพอลิโพรพิลีน

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัยคือเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างป่านศรนารายณ์กับพอลิโพรพิลีนที่สามารถนำไปใช้งานได้

3. ทฤษฎีหรือกรอบแนวคิด

พอลิโพรพิลีนเป็นพอลิเมอร์ที่ใช้ในการผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิตที่เสริมแรงด้วยเส้นใยสั้นมากที่สุดชนิดหนึ่ง โดยเฉพาะผลิตเป็นชิ้นส่วนยานยนต์ ด้วยเหตุผลหลายประการ อาทิ เช่น ราคาถูก และสามารถขึ้นรูปทำได้ง่าย ใช้อุณหภูมิการขึ้นรูปต่ำ ซึ่งเป็นสิ่งที่มีความสำคัญสูงเนื่องจากเส้นใยธรรมชาติมีความเสถียรต่อความร้อนต่ำ ดังนั้น พอลิโพรพิลีน จึงเป็นพอลิเมอร์สำคัญที่ถูกเลือกมาใช้ในโครงการวิจัยนี้

งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้เส้นใยธรรมชาติในพอลิโพรพิลีนคอมโพสิต มีอยู่จำนวนหนึ่ง [9-16] โดยเส้นใยธรรมชาติที่ใช้จะได้แก่ ป่านศรนารายณ์ [13] ปอลิโนน [10, 15] และปอแก้ว [14, 16] เนื่องจากพอลิโพรพิลีนมีความไม่เป็นขั้ว (non polar) ในโครงสร้างทำให้ไม่สามารถเข้ากับเส้นใยธรรมชาติซึ่งมีความเป็นขั้วสูงได้ดี ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่ศึกษาการปรับปรุงสมบัติที่พื้นผิวสัมผัสระหว่างเส้นใยธรรมชาติและพอลิโพรพิลีน โดยมีแนวทางการปรับปรุงใหญ่ ๆ อยู่ 2 แนวทางคือ การปรับปรุงที่ผิวเส้นใยหรือการปรับปรุงที่ผิวเมทริกซ์ ซึ่งผลที่ได้จะพบว่า เส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงด้วยสารประสาน จะให้สมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น [16] สำหรับงานวิจัยที่ปรับปรุงพื้นผิวสัมผัสของเมทริกซ์คือพอลิโพรพิลีน โดยการใช้ Maleic anhydride grafted PP ใสลงไป [14] ก็พบว่าทำให้สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมโพสิตดีขึ้น

แนวทางการวิจัยในเรื่องการใช้เส้นใยธรรมชาติในพอลิโพรพิลีนคอมโพสิต โดยทั่วไปจะศึกษาเกี่ยวกับผลของความยาวเส้นใย ปริมาณเส้นใยที่ผสม และสภาวะที่ใช้ในการผสมต่อสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ที่ได้ จนถึงปัจจุบันยังไม่พบงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของสภาวะที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูป

ต่อลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยา และสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ที่ได้ สำหรับพอลิโพรพิลีนบริสุทธิ์ มีงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าสถานะที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปจะมีผลอย่างมากต่อสมบัติที่กล่าวมาข้างต้น [17-19] จากแนวทางการวิจัยที่กล่าวมา จะเห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพที่จะผลิตพอลิโพรพิลีนคอมโพสิตจากเส้นใยปาร์ครนารายณ์ได้ โดยในงานวิจัยนี้จะศึกษาตัวแปรต่างๆที่จะนำไปสู่การผลิตผลิตภัณฑ์พอลิโพรพิลีนคอมโพสิตจากเส้นใยปาร์ครนารายณ์ ให้มีสมบัติเหมาะสมที่สุด

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ระเบียบวิธีวิจัย

เส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ใช้ในการเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจะอยู่ในรูปของเส้นใยสั้น มีทั้งชนิดที่ไม่ได้ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไซเลนและปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไซเลน

2.1.1 การผสมเส้นใยกับพอลิเมอร์

ผสมเส้นใยกับพอลิเมอร์ในอัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก เช่น 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก โดยใช้เครื่องบดผสมภายใน (internal mixer)

2.1.2 การเตรียมชิ้นทดสอบโดยการขึ้นรูปแบบฉีด

นำเส้นใยกับพอลิเมอร์ที่ผสมได้มาขึ้นรูปแบบฉีด โดยเปลี่ยนตัวแปรที่ใช้ในการขึ้นรูป ได้แก่ อุณหภูมิแม่พิมพ์ (molding temperature) อุณหภูมิการหลอม (melting temperature) ความเร็วในการฉีด (injection speed) ความเร็วสกรู (screw speed) และความดันคงค้าง (holding pressure)

2.1.3 การทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์คอมโพสิต

สมบัติทางความร้อน ได้แก่

- อุณหภูมิหลอมเหลว และ ปริมาณผลึกโดยใช้ Differential Scanning Calorimetry (DSC)

- อุณหภูมิการเสื่อมสลาย โดยใช้ TGA

- อุณหภูมิการบิดเบี้ยวของชิ้นงาน (heat distortion temperature) โดยใช้ HDT Tester

สมบัติทางกระแสวิทยา ได้แก่

- ดัชนีการไหล

- ความหนืดที่อัตราเฉือนต่าง ๆ

สมบัติทางกล ได้แก่

- ความทนต่อแรงดึง โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine

- ความทนต่อแรงกระแทก โดยใช้เครื่อง Impact Tester

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

2.2 วัสดุและวิธีการทดลอง

2.2.1 วัตถุดิบ

เส้นใยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้เส้นใยที่มีอยู่ในประเทศ ซึ่งซื้อจากกลุ่มแม่บ้านหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ต.บ้านเก่า อ. ค่ายขุนทด จ. นครราชสีมา ซึ่งจะต้องนำป่านไปผ่านการเตรียม

ด้วยขั้นตอนต่างๆ ก่อน ได้แก่ เส้นใยที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมและการทำอัลคาไลน์เซชัน (Cleaned: CL) และเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวทำโดยการใส่สารประสานซิลเลน (Silanetreated: ST)

พอลิโพรพิลีนที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นเกรดที่ใช้ในทางการค้า เกรด PP 700J จากบริษัท ไทยพอลิโพรพิลีน จำกัด สารเคมีที่ใช้สำหรับเตรียมเส้นใย ได้แก่ เมทิลแอลกอฮอล์ เบนซีน โซเดียมไฮดรอกไซด์ เอทิลแอลกอฮอล์ กรดอะซิติก รายละเอียดเพิ่มเติมอื่นๆ ได้ระบุไว้ใน โครงการวิจัยที่ 1 การเตรียมเส้นใยป่านศรนารายณ์สำหรับพอลิเมอร์คอมโพสิต: พอลิโพรพิลีนคอมโพสิต อีพอกซีคอมโพสิต และ คอมโพสิตจากพอลิเอสเตอร์แบบไม่อิ่มตัว เนื่องจากโครงการวิจัย เรื่อง การผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างเส้นใยป่านศรนารายณ์กับพอลิโพรพิลีนเป็นหนึ่งใน 5 โครงการวิจัยย่อย ในแผนงานวิจัยเรื่องการผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิตจากเส้นใยป่านศรนารายณ์ โดยการดำเนินงานในส่วนของ การเตรียมเส้นใยป่านศรนารายณ์สำหรับพอลิเมอร์คอมโพสิตนั้นได้ ดำเนินการในโครงการที่ 1 การเตรียมเส้นใยป่านศรนารายณ์สำหรับพอลิเมอร์คอมโพสิต: พอลิโพรพิลีนคอมโพสิต อีพอกซีคอมโพสิต และ คอมโพสิตจากพอลิเอสเตอร์แบบไม่อิ่มตัว

2.2.2 การเตรียมเส้นใย

นำเส้นใยป่านที่อยู่ในรูปเส้นใยยาวประมาณ 2 เมตร คัดเฉพาะส่วน โคนประมาณ 2 ใน 3 ส่วนของความยาวทั้งหมด นำส่วน โคนนั้นมาตัดให้ได้ขนาดความยาว 2 มิลลิเมตร เส้นใยป่านที่ได้ ในขั้นตอนนี้เรียกว่า เส้นใยป่านที่ไม่ผ่านการทำความสะอาดเบื้องต้น (nonpretreated: NP) ขั้นตอนที่ต่อไปจะนำไปสกัดด้วยตัวทำละลายผสมโดยวิธีการต้ม (boiling method) ซึ่งจะเป็นการกำจัด องค์ประกอบพวกไขมัน (wax) และสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำอื่นๆ

การสกัดด้วยตัวทำละลายผสม

การสกัดด้วยตัวทำละลายผสมจะใช้วิธีการต้ม (boiling method) ตัวทำละลายที่ใช้คือ เมทานอล (methanol) กับเบนซีน (benzene) ที่อัตราส่วน 1:1 อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเส้นใยคือ 10:1 (liquor ratio 10:1) ระยะเวลาในการต้ม 3 ชั่วโมง เส้นใยป่านที่ต้มเสร็จแล้วจะนำไปอบที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน เพื่อกำจัดน้ำและตัวทำละลาย หลังจากนั้นก็จะนำไปทำอัลคาไลน์เซชันในขั้นตอนที่ต่อไป

การทำอัลคาไลน์เซชัน

สารที่ใช้ในขั้นตอนนี้คือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ขั้นตอนที่การทำอัลคาไลน์เซชันเริ่มจาก เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อัตราส่วนของสารละลายต่อเส้นใย คือ 10:1 นำเส้นใยป่านแช่ใน สารละลายโซเดียมและกวนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เสร็จแล้วนำมาล้างด้วยน้ำให้ได้ค่า pH

ประมาณ 7 และนำไปอบให้แห้งที่ 80 องศาเซลเซียส ทั้งไว้ข้ามคืนแล้วเก็บในเคสิเคเตอร์ เส้นใยที่ได้ในขั้นตอนนี้เรียกว่า เส้นใยที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมและการทำอัลคาไลน์เซชัน (cleaned: CL) ซึ่งเป็นเส้นใยป่านที่ใช้ในโครงการย่อยที่ 2 นี้

การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไซเลน

สารประสานไซเลนที่ใช้คือ VTES และ OTMS การเตรียมเริ่มจาก เตรียมสารละลายไซเลนความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก วิธีการเตรียมสารละลายไซเลนมีรายละเอียดดังนี้

- Vinyltriethoxysilane: ละลายไซเลนด้วยน้ำกลั่น ปรับ pH ของสารละลายด้วยกรดอะซิติกให้ได้ pH 3.5

- Octadecyltrimethoxysilane: ละลายไซเลนในตัวทำละลายผสมระหว่างเอทานอลและน้ำ (90 เปอร์เซ็นต์เอทานอลโดยน้ำหนัก) ปรับสารละลายให้ได้ pH 3.5 ด้วยกรดอะซิติก

นำเส้นใยป่านมาแช่ในสารละลายไซเลน เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง อัตราส่วนระหว่างสารละลายไซเลนกับเส้นใยคือ 10 ต่อ 1 ขณะที่แช่จะทำการกวนด้วยตลอดเวลารายละเอียดเพิ่มเติมอื่นๆ ในการเตรียมเส้นใยได้ระบุไว้ในโครงการที่ 1 การเตรียมเส้นใยป่านสรณารายณ์สำหรับพอลิเมอร์คอมโพสิต: พอลิโพรพิลีนคอมโพสิต อีพอกซีคอมโพสิต และ คอมโพสิตจากพอลิเอสเตอร์แบบไม่อิมตัว

2.2.3 การเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิต

การผสมระหว่างเส้นใยกับพอลิโพรพิลีนจะใช้เครื่องบดผสมภายใน (internal mixer) ของบริษัท HAAKE ประเทศไทย จำกัด ชนิดของโรเตอร์คือ ROLLER ROTOR3000 ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที อุณหภูมิที่ใช้คือ 170 องศาเซลเซียส โดยจะใส่พอลิโพรพิลีนก่อนประมาณ 5 นาที แล้วจึงใส่เส้นใยลงไป รวมเวลาทั้งหมด 13 นาที หลังจากนั้นจะนำไปบดเพื่อฉีดเป็นชิ้นทดสอบต่างๆ ด้วยเครื่องฉีด CLF- 80T บริษัท CHUAN LIH FA โดยปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการฉีดตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปัจจัยในการฉีดขึ้นรูป

Injection speed (%)	Screw speed (%)	Holding pressure (%)	Molding temperature (°C)	Melting temperature (°C)
50	50	50	25	175

2.2.4 การทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์คอมโพสิต

2.2.4.1 สมบัติทางความร้อน อุณหภูมิหลอมเหลว และ ปริมาณผลึก

พอลิเมอร์คอมโพสิตที่เตรียมจากเครื่องบดผสมภายในและนำไปบดแล้ว จะนำไปทดสอบอุณหภูมิหลอมเหลวและปริมาณผลึกโดยใช้เทคนิค Differential Scanning Calorimetry (DSC) เครื่องที่ทดสอบเป็นของบริษัท Perkin Elmer รุ่น DSC 7 ในการทดสอบจะทำการให้ความร้อนแก่ตัวอย่างที่อุณหภูมิ 25-180 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 10 องศาต่อนาที หลังจากนั้นทำการหล่อเย็น จากอุณหภูมิ 180-25 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 10 องศาต่อนาที ปริมาณผลึกคำนวณจาก

$$\% \text{ crystallinity} = (\Delta H_{\text{sample}} / \Delta H_f^0 w) \times 100$$

ΔH_{sample} คือ heat of fusion ของตัวอย่าง

ΔH_f^0 ที่ใช้คำนวณมีค่าเท่ากับ 207.1 จูลต่อกรัม

w คือ สัดส่วนโดยน้ำหนัก (mass fraction) ของพอลิพรพิลีนในพอลิเมอร์คอมโพสิต

อุณหภูมิการเสื่อมสลาย

การทดสอบทำโดยเครื่อง Thermogravimetric analysis (TGA) ยี่ห้อ TA Instrument รุ่น SDT 2960 โดยจะให้ความร้อนแก่ตัวอย่าง (10-20 มิลลิกรัม) ด้วยอัตราเร็ว 20 องศาต่อนาที ตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึง 600 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะแก๊สไนโตรเจน

อุณหภูมิการบิดเบี้ยวของชิ้นงาน

ชิ้นงานที่ฉีดขึ้นรูปแล้วจะนำไปทดสอบหาค่าอุณหภูมิการบิดเบี้ยวของชิ้นงานโดยใช้เครื่องทดสอบ HDT รุ่น HDV 1 Manual DTVL/VICAT ที่อัตราเร็ว 120 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง

2.2.4.2 สมบัติทางกระแสวิทยา

ดัชนีการไหล

ค่าดัชนีการไหล (melt flow index : MFI) ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ทดสอบโดยด้วยเครื่องทดสอบยี่ห้อ Kayeness เวลาการหลอม 360 วินาที น้ำหนักกด 2.160 กิโลกรัม

ความหนืดที่อัตราเฉือนต่าง ๆ

การทดสอบค่าความหนืดที่อัตราเฉือนต่างๆ จะทดสอบ โดยเครื่อง Kayness capillary rheometer ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เวลาการหลอม 360 วินาที และค่าอัตราเฉือนระหว่าง 10-1000 s^{-1}

2.2.4.3 สมบัติทางกล

ความทนต่อแรงดึง

ชิ้นงานที่ได้จากการฉีดขึ้นรูปแล้วจะนำไปทดสอบสมบัติการทนต่อแรงดึงด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ยี่ห้อ Instron รุ่น 5565 เซลล์วัดแรง (load cell) ขนาด 5 กิโลนิวตัน (kN), ความยาวของเกท (gauge length) 80 เซนติเมตร ความเร็วในการดึง 10 มิลลิเมตรต่อนาที

ความทนต่อแรงดัด

การทดสอบเป็นการทดสอบดัดงอแบบ 3 จุด (three point bending) ซึ่งใช้เครื่องทดสอบเดียวกับการทดสอบความทนต่อแรงดึง โดยใช้ระยะกว้างระหว่างแท่งค้ำยัน (support span) เท่ากับ 56 มิลลิเมตร อัตราเร็วในการกด 15 มิลลิเมตรต่อนาที ชิ้นงานที่ทดสอบเป็นชิ้นทดสอบการทนต่อแรงดึงนำมาตัดปลายทั้งสองข้างออกให้เหลือความยาวประมาณ 70 มิลลิเมตร

ความทนต่อแรงกระแทก

การทดสอบการทนต่อแรงกระแทกจะใช้เครื่อง Basic Pendulum Impact (BPI) บริษัท Atlas polymer evaluation products 2.7 จูล

2.2.4.4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาศึกษาโดยใช้เครื่อง Scanning electron microscope (SEM) รุ่น JSM 6400 ที่ 10 keV โดยชิ้นตัวอย่างที่นำมาศึกษานั้นเป็นชิ้นทดสอบการทนต่อแรงดึงนำมาหักด้วยไนโตรเจนเหลว และนำไปเคลือบด้วยทอง

บทที่ 3

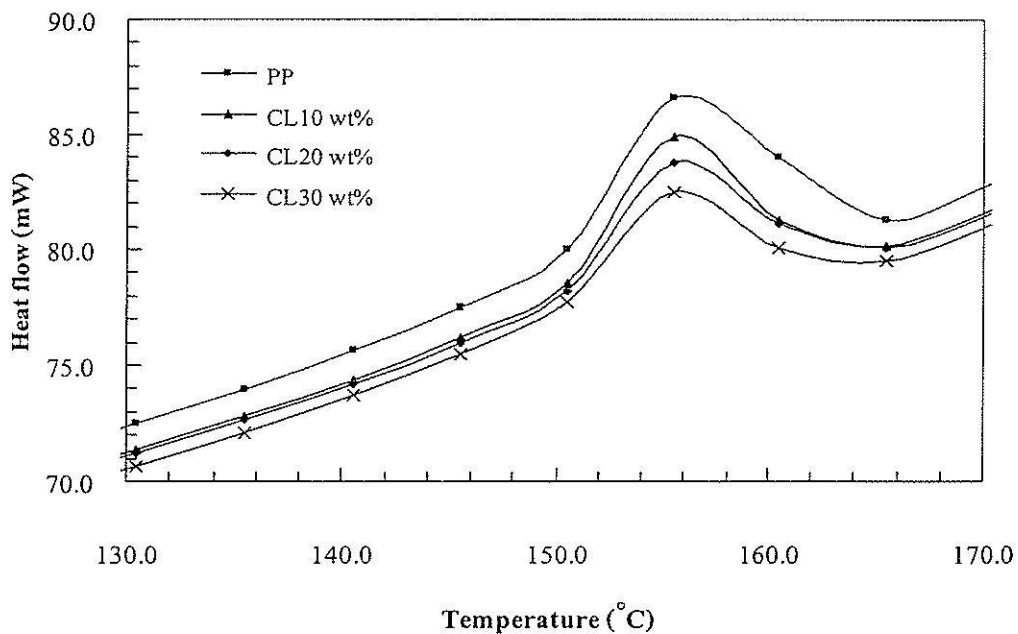
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.1 ผลของอัตราส่วนของเส้นใยป่านศรนารายณ์ต่อสมบัติของพอลิเมอร์คอมโพสิต

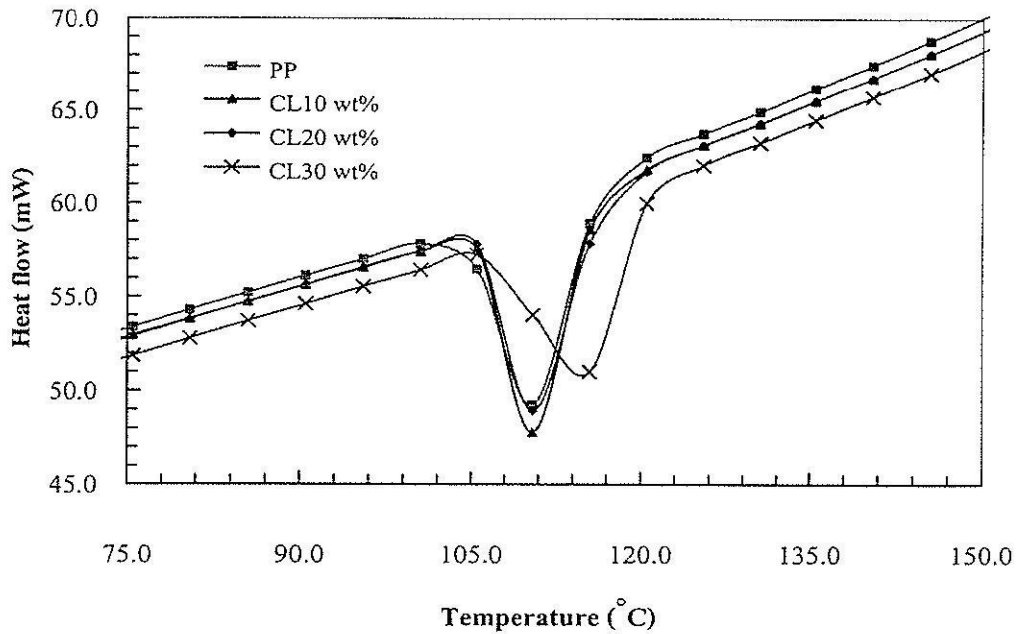
3.1.1 สมบัติทางความร้อน

อุณหภูมิหลอมเหลว อุณหภูมิตกผลึก และ ปริมาณผลึก

DSC Thermogram ในขั้นตอนการให้ความร้อนและการทำให้เย็นตัวของพอลิเมอร์คอมโพสิตที่อัตราส่วนต่างๆ ของเส้นใย แสดงในรูปที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ อุณหภูมิหลอมเหลวและปริมาณผลึกที่คำนวณได้จากกราฟที่ 3.1 และ อุณหภูมิตกผลึกที่ได้จากกราฟ 3.2 แสดงในตารางที่ 3.1 จะพบว่า ปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้นนั้นทำให้อุณหภูมิหลอมเหลวและอุณหภูมิตกผลึกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนปริมาณผลึกนั้นลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพื้นผิวของเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ใส่เข้าไปทำหน้าที่เป็น nucleating site ในพอลิเมอร์คอมโพสิต ในขั้นเริ่มต้นกระบวนการเกิดผลึก ทำให้อุณหภูมิตกผลึกสูงขึ้น แต่หลังจากนั้นการเติบโตของผลึกอาจถูกขัดขวางจากเส้นใยทำให้ปริมาณผลึกลดลงเล็กน้อยเมื่อปริมาณเส้นใยสูงขึ้นได้



รูปที่ 3.1 DSC Thermogram ในขั้นตอนการให้ความร้อนของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิ-
โพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่อัตราส่วน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



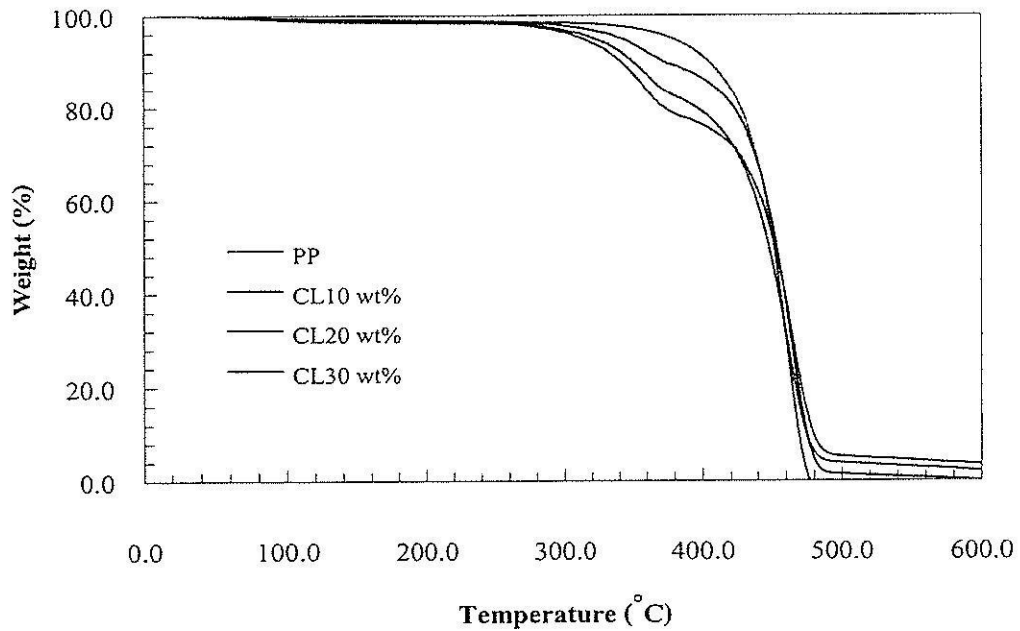
รูปที่ 3.2 DSC Thermogram ในขั้นตอนการทำให้เย็นตัวของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่อัตราส่วน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 3.1 อุณหภูมิหลอมเหลว (T_m) อุณหภูมิตกผลึก (T_c) และปริมาณผลึก (% Crystallinity) ของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่อัตราส่วน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

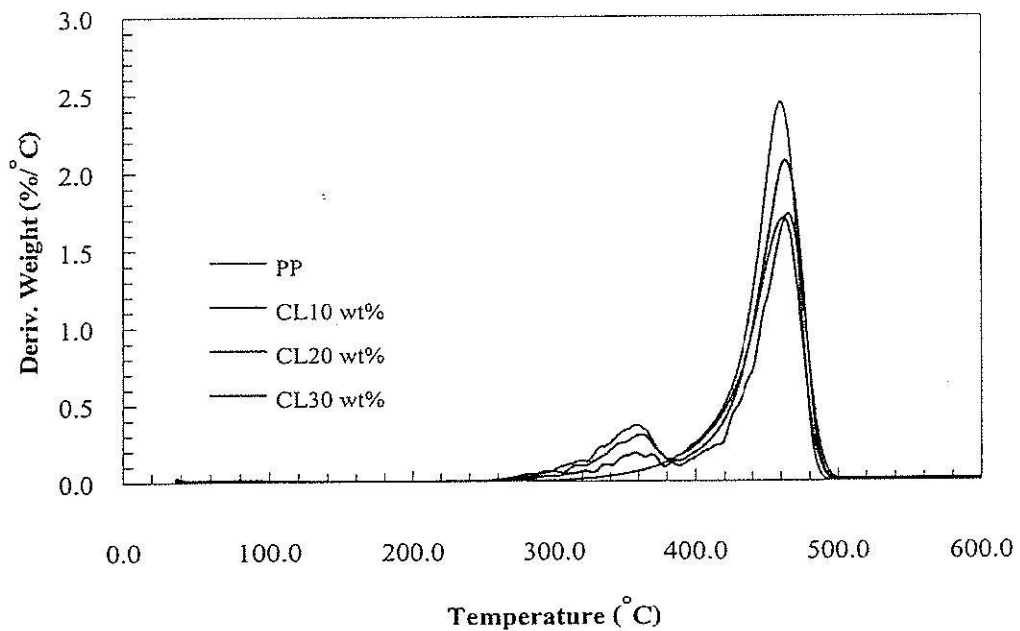
Fiber content (% wt)	T_m (°C)	T_c (°C)	% Crystallinity
PP	156.6	108.0	60.14
CL10%	156.0	109.2	44.44
CL20%	156.6	109.2	39.80
CL30%	157.8	113.4	36.15

อุณหภูมิการเสื่อมสลาย (Decomposition Temperature, T_d)

ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิการเสื่อมสลายของพอลิโพรพิลีนกับพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่อัตราส่วน โดยน้ำหนักต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.3 และ 3.4



รูปที่ 3.3 กราฟ TGA ของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใย ป่านศรนารายณ์ที่อัตราส่วน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ 3.4 กราฟ DTGA ของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใย ป่านศรนารายณ์ที่อัตราส่วน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

จากรูปจะเห็นว่า เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นอุณหภูมิการเสื่อมสลายจะลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากเส้นใยในมีความเสถียรทางความร้อนที่ต่ำ

อุณหภูมิการบิดเบี้ยว (Heat distortion temperature)

ค่าอุณหภูมิการบิดเบี้ยวของพอลิโพรพิลีนกับพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่อัตราส่วน 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แสดงในตารางที่ 3.2 ค่าอุณหภูมิการบิดเบี้ยวของพอลิเมอร์คอมโพสิตจะสูงกว่าของพอลิโพรพิลีน และเมื่อปริมาณเส้นใยในพอลิเมอร์คอมโพสิตเพิ่มขึ้น ค่าอุณหภูมิการบิดเบี้ยวของชิ้นงานจะสูงขึ้น

ตารางที่ 3.2 อุณหภูมิการบิดเบี้ยวของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่อัตราส่วน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

Fiber content (%wt)	HDT (°C)
PP	80.0±2.00
CL10%	119.3±1.89
CL20%	134.0±2.00
CL30%	139.3±1.57

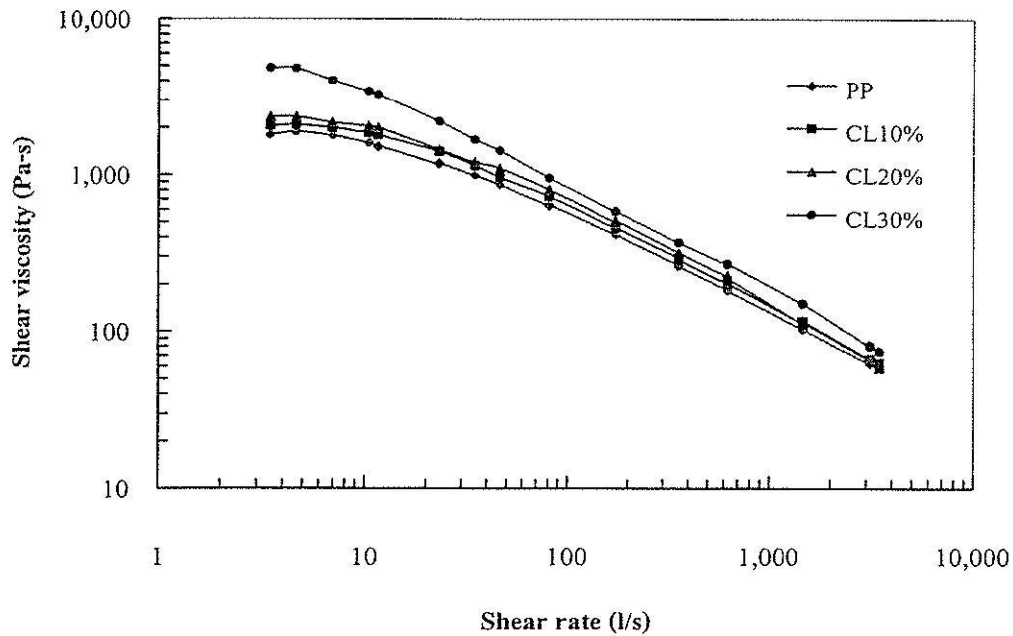
3.1.2 สมบัติทางกระแสวิทยา

ดัชนีการไหล

ค่าดัชนีการไหลของพอลิโพรพิลีนเทียบกับพอลิเมอร์คอมโพสิตแสดงในตารางที่ 3.3 ค่าความหนืดที่อัตราเร็วต่างๆ ของพอลิโพรพิลีนกับพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่อัตราส่วน โดยน้ำหนักต่างๆ แสดงในรูปที่ 3.5 จะเห็นว่าเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น ค่าดัชนีการไหลจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยจะไปขัดขวางการไหลของพอลิเมอร์คอมโพสิต ทำให้ความหนืดของพอลิเมอร์คอมโพสิตเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3.3 ดัชนีการไหลของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่อัตราส่วน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

Fiber content (%wt)	Melt flow rate (g/10min)
PP	4.17±0.023
CL10%	3.50±0.025
CL20%	2.20±0.078
CL30%	1.36±0.056

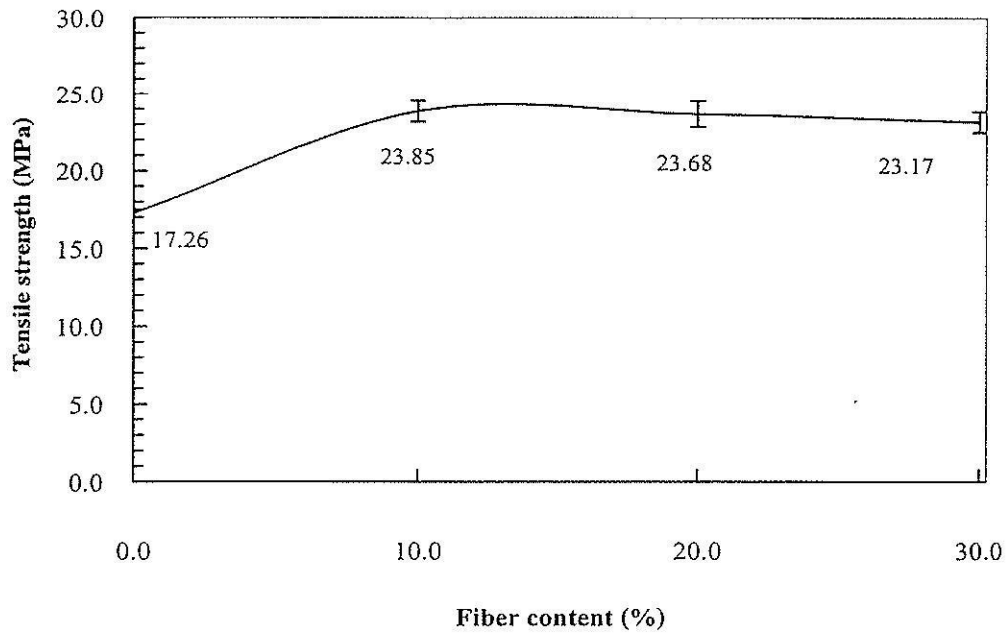


รูปที่ 3.5 ความหนืดที่อัตราเฉือนต่างๆ ของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยปานศรนาเรียงที่อัตราส่วน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

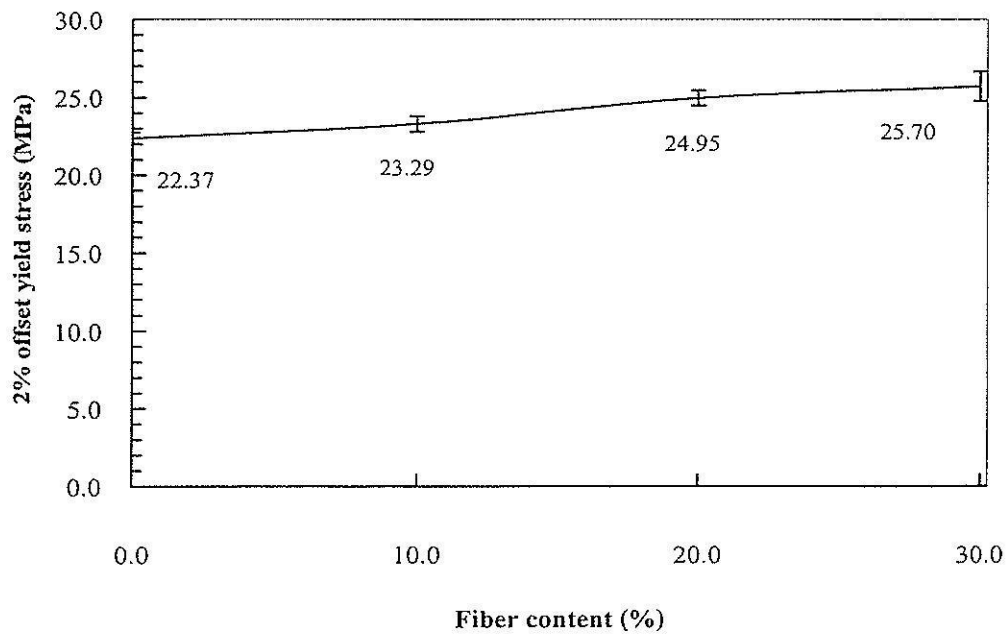
3.1.3 สมบัติเชิงกล

สมบัติการทนต่อแรงดึง

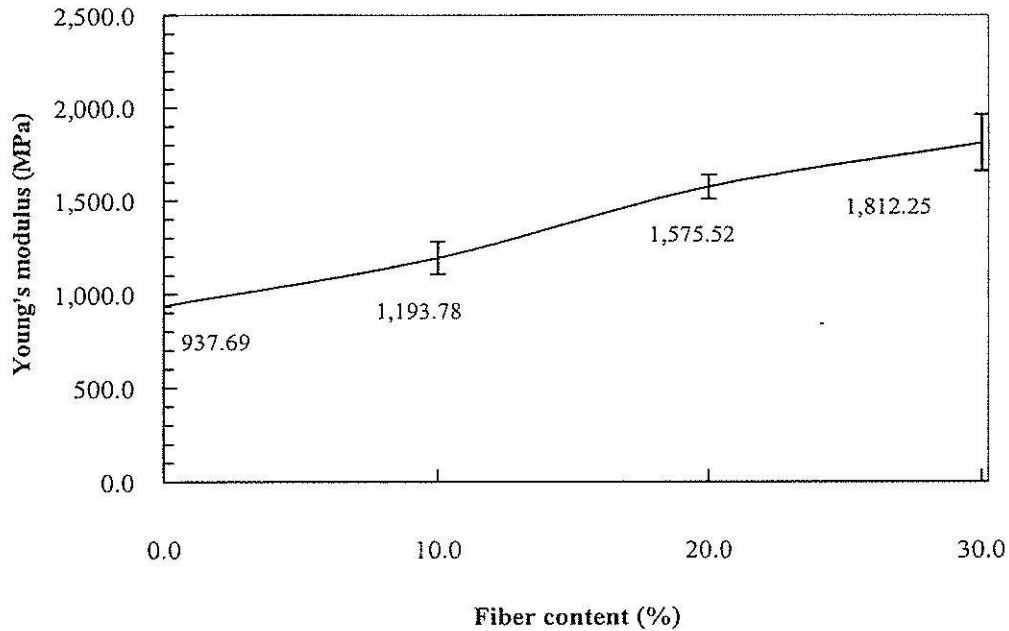
ค่าความทนต่อแรงดึง (tensile strength), ค่าความเค้น ณ จุดคราก (2% Offset yield stress) และ โมดูลัสของยังก์ (Young's modulus) ของพอลิโพรพิลีนกับพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยปานศรนาเรียงที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักต่างๆ แสดงในกราฟรูปที่ 3.6-3.8 ตามลำดับ



รูปที่ 3.6 ความทนต่อแรงดึงของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอม โพลีระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่อัตราส่วน โดยน้ำหนักต่างๆ



รูปที่ 3.7 ความเค้น ณ จุดคราก (2% Offset yield stress) ของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอม โพลีระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่อัตราส่วน โดยน้ำหนักต่างๆ

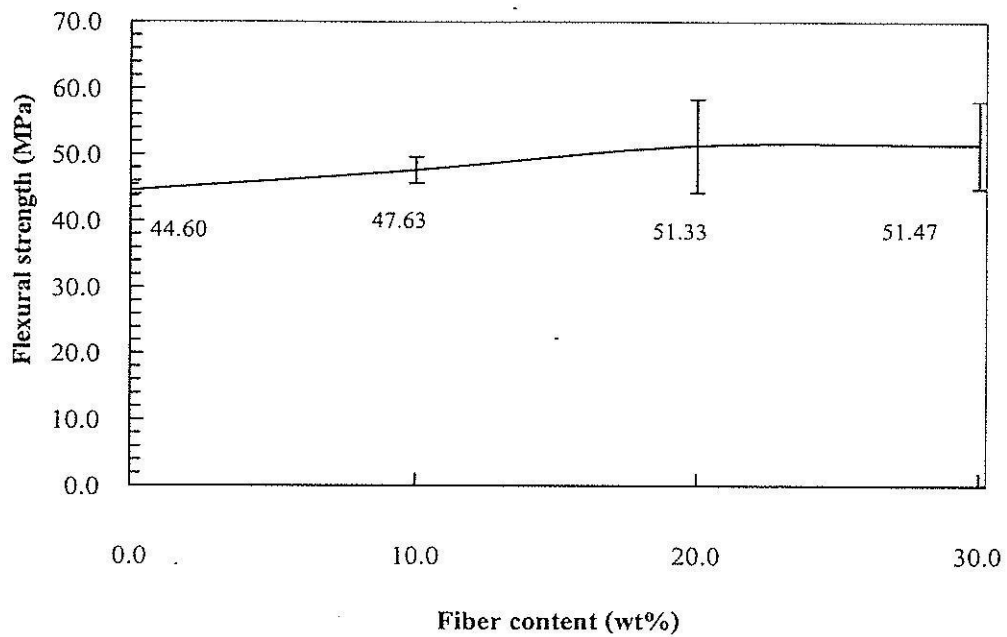


รูปที่ 3.8 มอดุลัสของยั้งก์ของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยปานครนารายณ์ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักต่างๆ

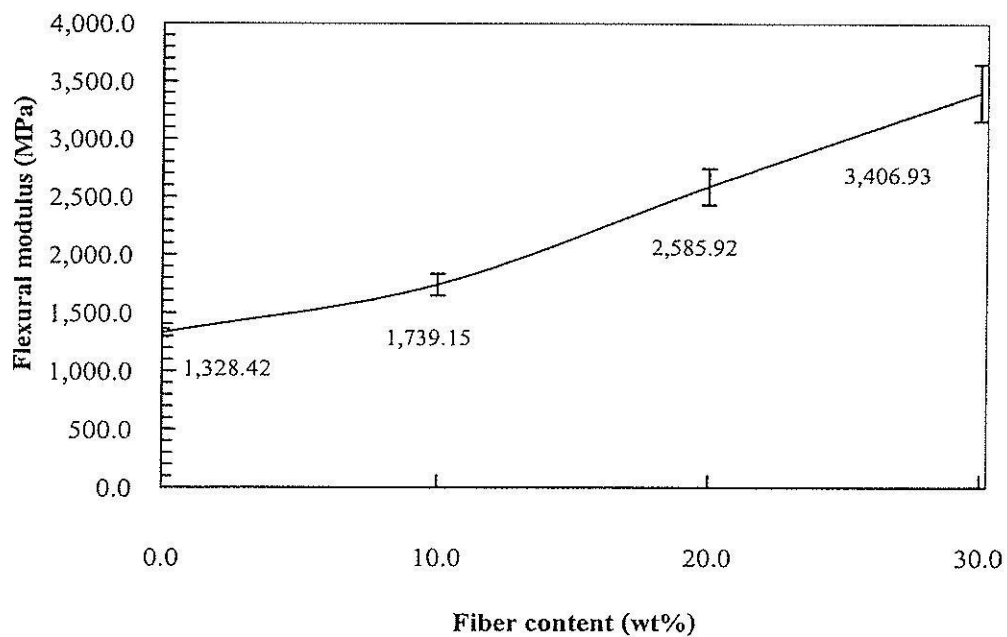
จะพบว่า ค่าความทนต่อแรงดึงและค่าความเค้น ณ จุดคราก (2% Offset yield stress) ของพอลิเมอร์คอมโพสิตจะสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น ส่วนมอดุลัสของยั้งก์ค่อนข้างคงที่ การเพิ่มขึ้นของค่าความทนต่อแรงดึงนั้นเนื่องจากค่าความทนต่อแรงดึง และค่ามอดุลัสของเส้นใยปานครนารายณ์มีค่าสูงกว่าพอลิโพรพิลีนมาก

ความทนต่อแรงดัด (Flexural Strength)

ค่าความทนต่อแรงดัด (flexural strength) ค่ามอดุลัสของแรงดัด (flexural modulus) และค่าแรงดัดสูงสุด (maximum load) ของพอลิโพรพิลีนกับพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยปานครนารายณ์ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักต่างๆ แสดงในรูปที่ 3.9-3.11 ตามลำดับ จะพบว่า ค่าความทนต่อแรงดัด มอดุลัส และแรงดัดสูงสุดจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น



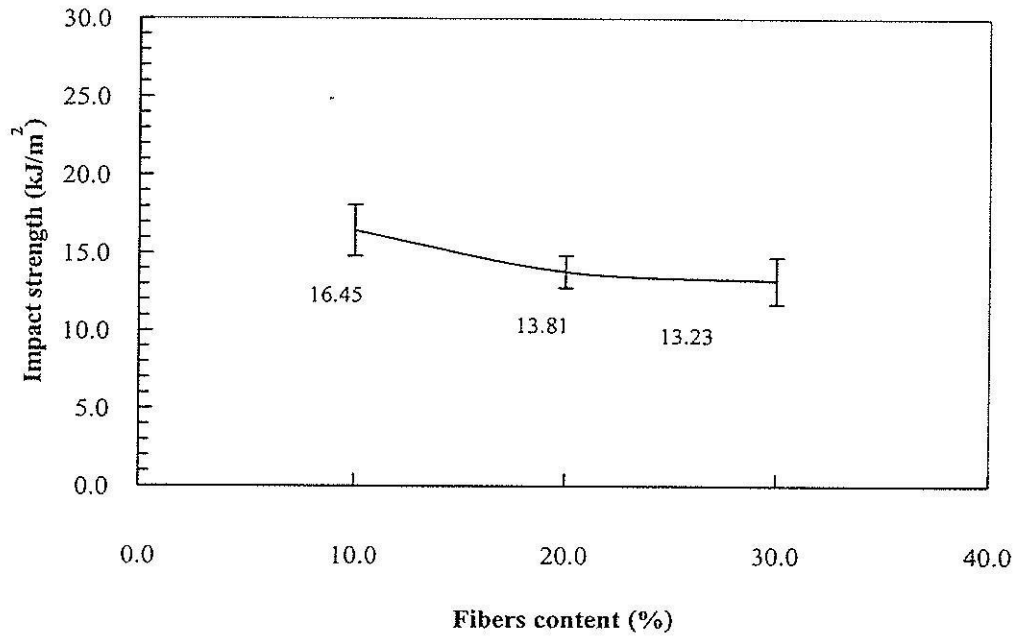
รูปที่ 3.9 ความทนต่อแรงดัด (flexural strength) ของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักต่างๆ



รูปที่ 3.10 โมดูลัสแรงดัดของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักต่างๆ

สมบัติการทนต่อแรงกระแทก

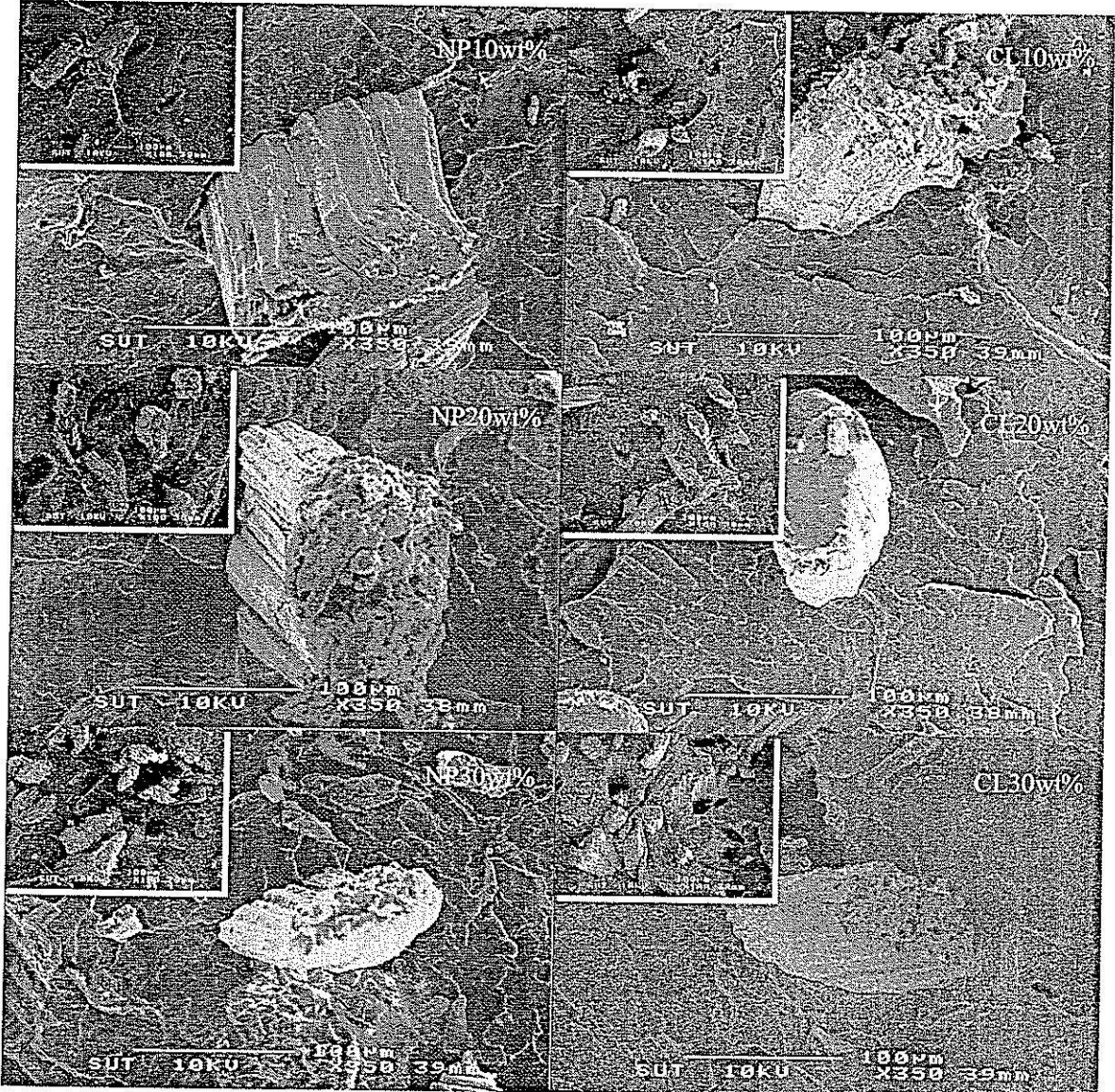
ค่าความทนต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านสรณารายณ์ที่อัตราส่วน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แสดงในรูปที่ 3.11 จะพบว่า เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นค่าความทนต่อแรงกระแทกจะลดลง



รูปที่ 3.11 ความทนต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านสรณารายณ์ที่อัตราส่วน โดยน้ำหนักต่างๆ

3.1.4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

จากรูปที่ 3.12 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยที่ไม่ผ่านการทำอัลคาไลน์เซชันกับเส้นใยที่ผ่านการทำอัลคาไลน์เซชันจะเห็นว่าลักษณะการยึดติดของเส้นใยกับพอลิเมอร์นั้นไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาขนาดของเส้นใยจากค่า L/D (aspect ratio) จะพบว่าเส้นใยที่ผ่านการทำอัลคาไลน์เซชันจะมีค่าน้อยกว่าเส้นใยที่ไม่ผ่านการทำอัลคาไลน์เซชัน



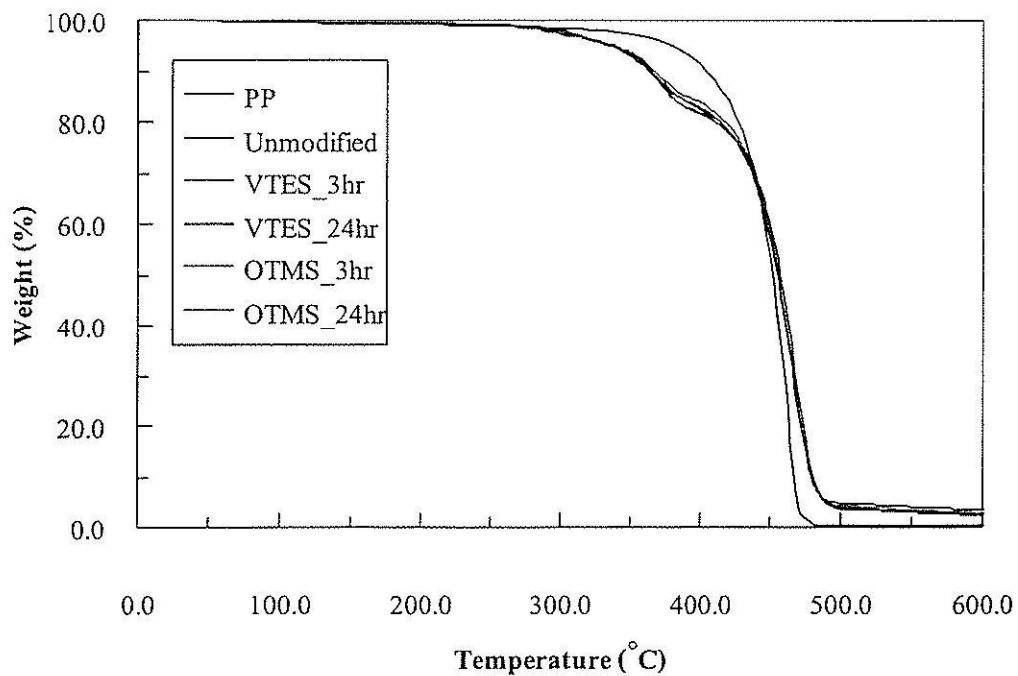
รูปที่ 3.12 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ไม่ผ่านการทำอัลคาไลน์เซชัน และเส้นใยที่ผ่านการทำอัลคาไลน์เซชันที่อัตราส่วน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

3.2 ผลของการปรับสภาพพื้นผิวเส้นใยป่านขนารายณ์ด้วยสารประสานไซเลนต่อสมบัติของพอลิเมอร์คอมโพสิต

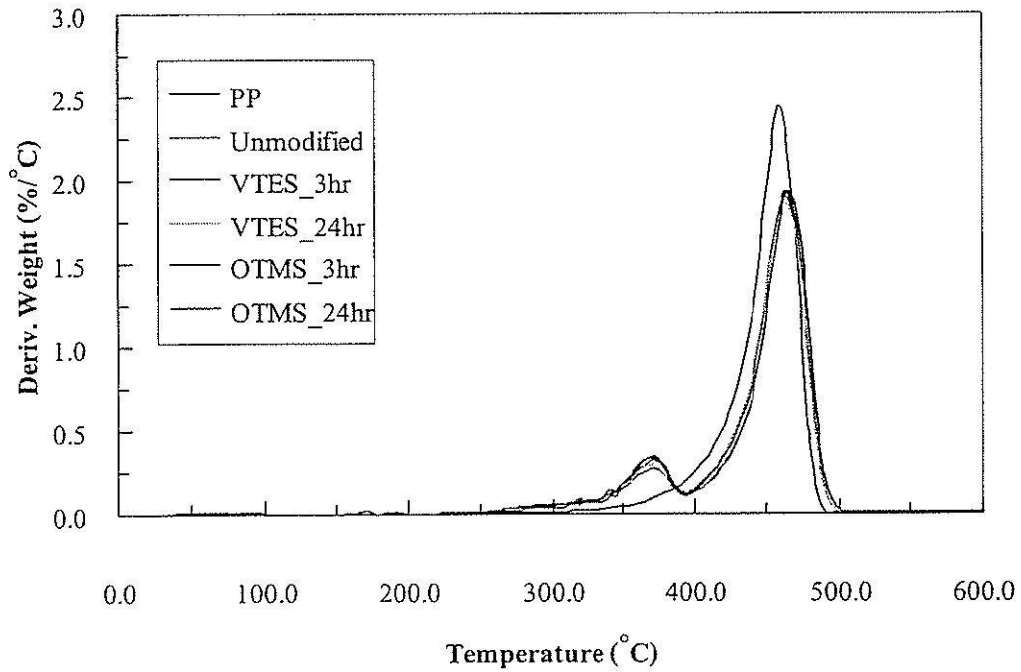
3.2.1 สมบัติทางความร้อน

อุณหภูมิการเสื่อมสลาย (Decomposition Temperature)

เมื่อนำพอลิเมอร์คอมโพสิตไปทดสอบด้วยเครื่อง TGA เพื่อหาค่าอุณหภูมิการเสื่อมสลายจะได้ผลดังรูปที่ 3.13-3.14 ซึ่งจะเห็นว่าเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วย VTES และ OTMS จะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิการเสื่อมสลายจะสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับพอลิโพรพิลีน แต่ที่เวลาการปรับสภาพพื้นผิวที่ต่างกันจะไม่ต่างกัน



รูปที่ 3.13 กราฟ TGA ของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านขนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไซเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ 3.14 กราฟ DTGA ของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไซเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

อุณหภูมิการบิดเบี้ยว (Heat Distortion Temperature)

ผลการทดสอบอุณหภูมิการบิดเบี้ยวของชิ้นงานในตารางที่ 3.4 พบว่าทั้งเส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไซเลนจะมีค่าสูงกว่าเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วย VTES เล็กน้อยแต่จะใกล้เคียงกับเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วย OTMS เมื่อเปรียบเทียบเวลาการปรับสภาพพื้นผิวที่ต่างกันจะเห็นว่าค่ามีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 3.4 อุณหภูมิการบิดเบี้ยวของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านสรณารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไฮเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

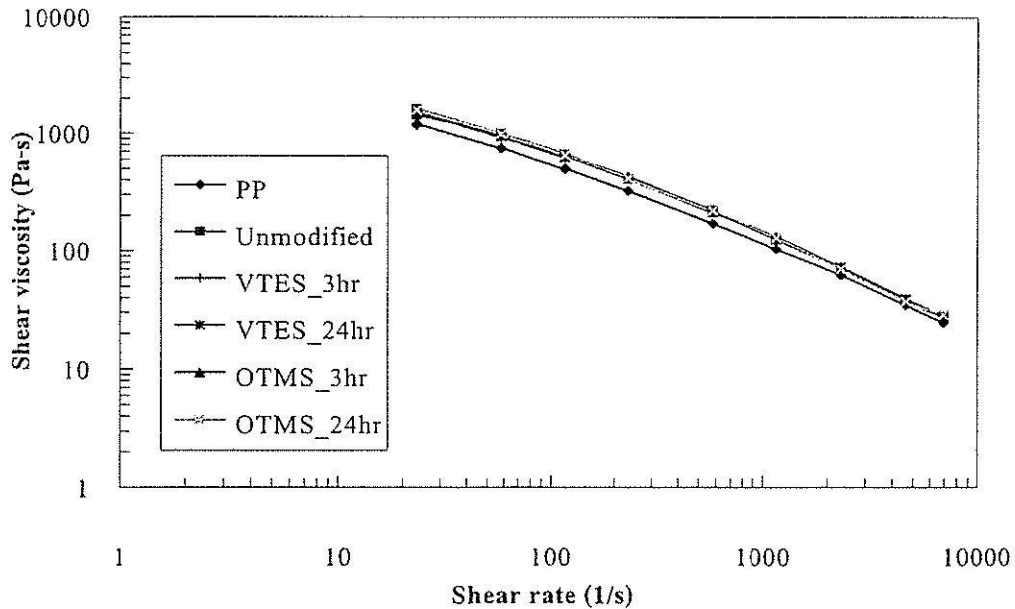
Silane treated time (hours)	HDT (°C)
PP	86.5±1.32
Unmodified	135.0±132
VTES_3hr	132.7±2.93
VTES_24hr	132.8±2.75
OTMS_3hr	134.0±1.26
OTMS_24hr	135.5±1.50

3.2.2 สมบัติทางกระแสวิทยา

ค่าดัชนีการไหลและความหนืดที่อัตราไหลต่างๆ ของพอลิโพรพิลีนเปรียบเทียบกับพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านสรณารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไฮเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แสดงในตารางที่ 3.5 และ รูปที่ 3.15

ตารางที่ 3.5 ดัชนีการไหลของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านสรณารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไฮเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

Silane treated time (hours)	Melt flow rate (g/10min)
PP	4.32±0.043
Unmodified	2.14±0.023
VTES_3hr	2.18±0.056
VTES_24hr	2.28±0.042
OTMS_3hr	2.27±0.020
OTMS_24hr	2.16±0.131



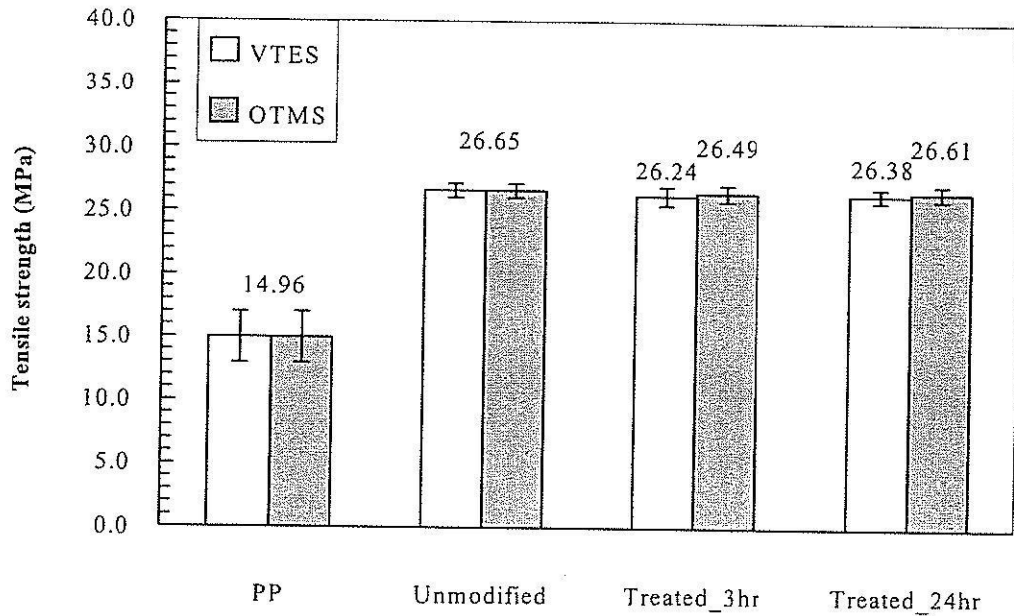
รูปที่ 3.15 ความหนืดที่อัตราเฉือนต่างๆ ของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอม โพลีระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไซเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

จะพบว่าพอลิเมอร์คอม โพลีที่ได้จากเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วย VTES และ OTMS ค่าดัชนีการไหลไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับค่าความหนืดที่อัตราเฉือนต่างๆ และเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพผิวต่างๆ จะมีค่าใกล้เคียงกัน

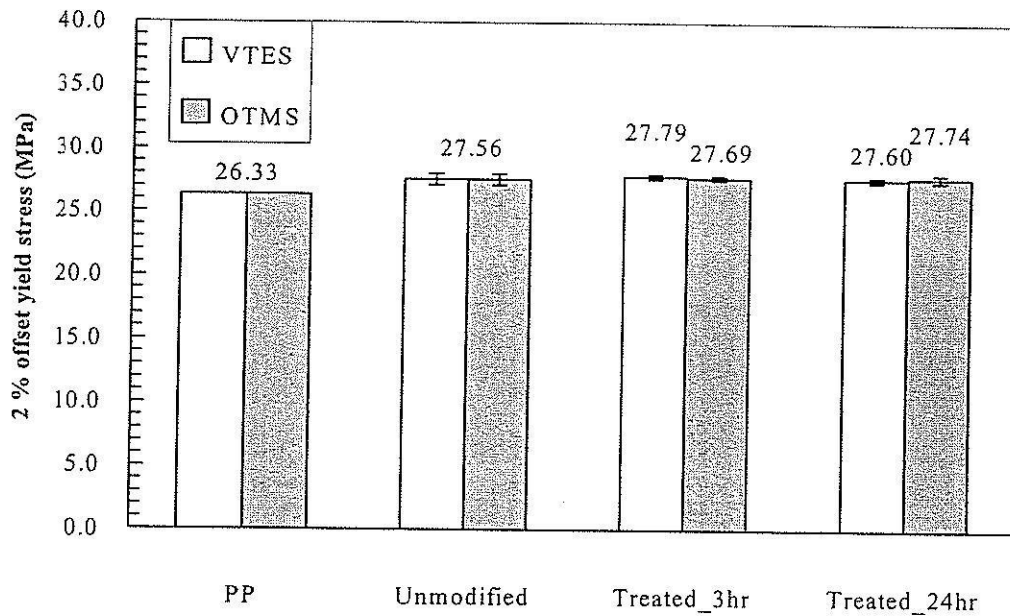
3.2.3 สมบัติเชิงกล

สมบัติการทนต่อแรงดึง

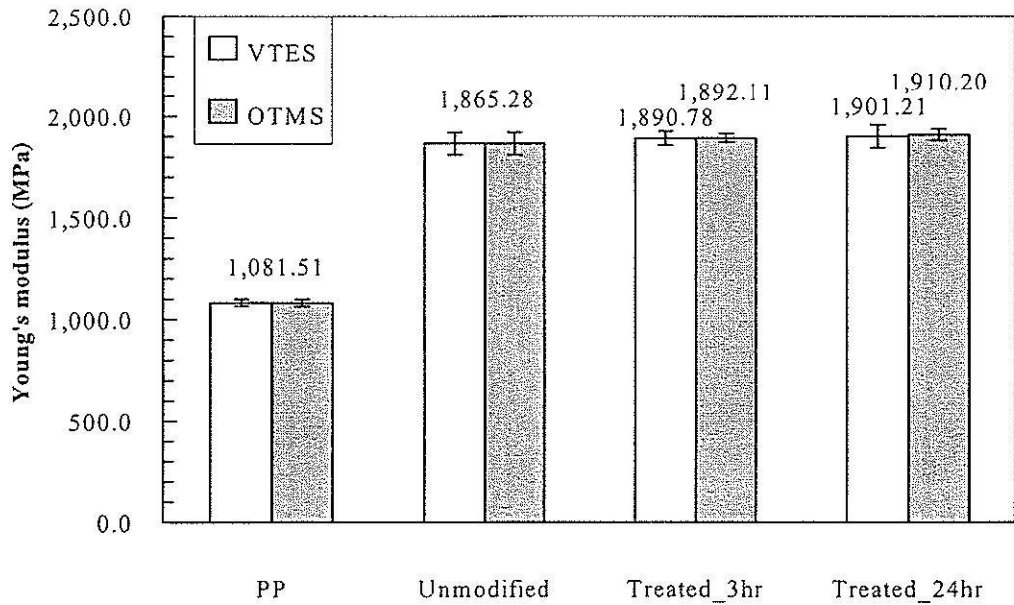
ค่าความทนต่อแรงดึง ค่าความเค้น ณ จุด ตราบและค่ามอดุลัสของยังก์ของพอลิเมอร์คอม โพลีระหว่าง พอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไซเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แสดงดังรูปที่ 3.16-3.18 ตามลำดับ จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าพอลิเมอร์คอม โพลีจากเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไซเลนจะมีค่าไม่ต่างกันว่าเวลาการปรับสภาพพื้นผิวต่างกันทั้ง VTES และ OTMS และเมื่อเปรียบเทียบกับพอลิเมอร์คอม โพลีจากเส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวก็จะมีค่าใกล้เคียงกัน



รูปที่ 3.16 ความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยปานครนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไซเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



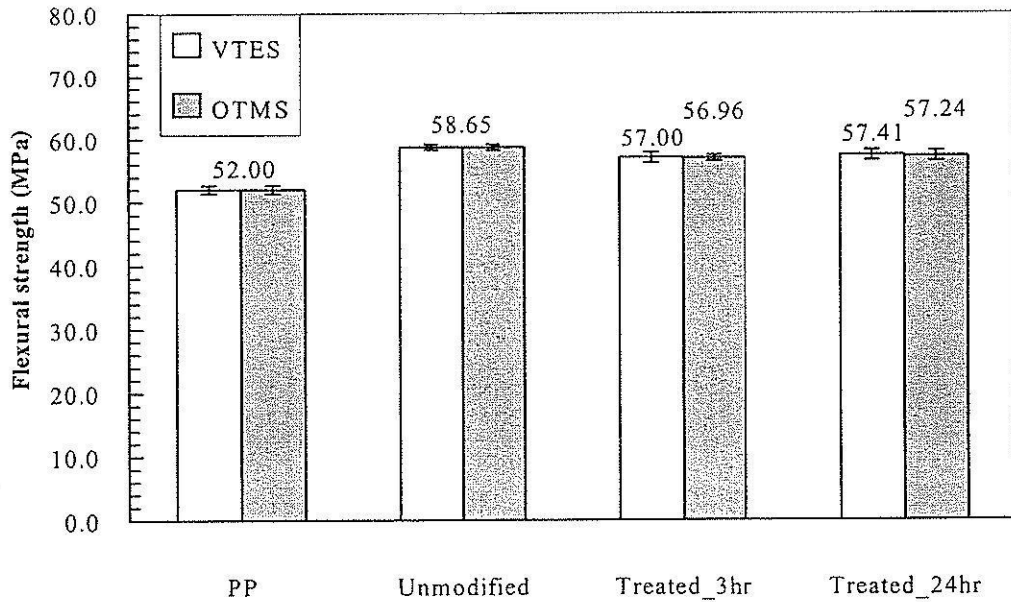
รูปที่ 3.17 ความเค้น ณ จุดครากของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยปานครนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไซเลน VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



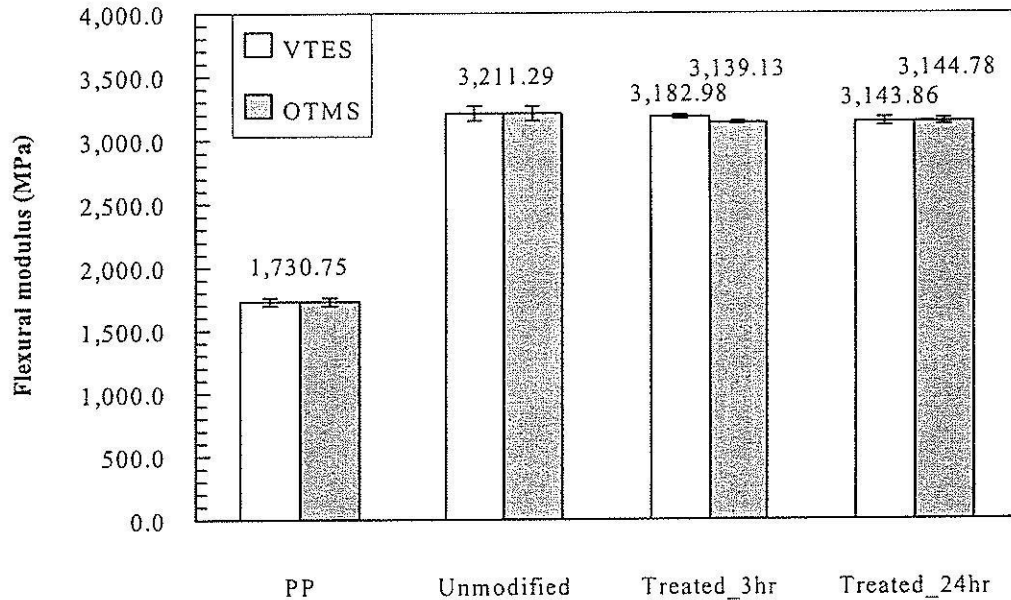
รูปที่ 3.18 มอดูลัสของยังก์ของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไฮเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ความทนต่อแรงคัต

ค่าความทนต่อแรงคัตและค่ามอดูลัสของแรงคัตของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไฮเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แสดงในรูปที่ 3.19 และ 3.20 ตามลำดับ จะพบว่าพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วย VTES และ OTMS จะมีค่าความทนต่อแรงคัตและค่ามอดูลัสของแรงคัตไม่ต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไฮเลน เช่นเดียวกับเมื่อเวลาในการปรับสภาพพื้นผิวเพิ่มขึ้น ค่าความทนต่อแรงคัตและค่ามอดูลัสของแรงคัต ของพอลิเมอร์คอมโพสิตจะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก



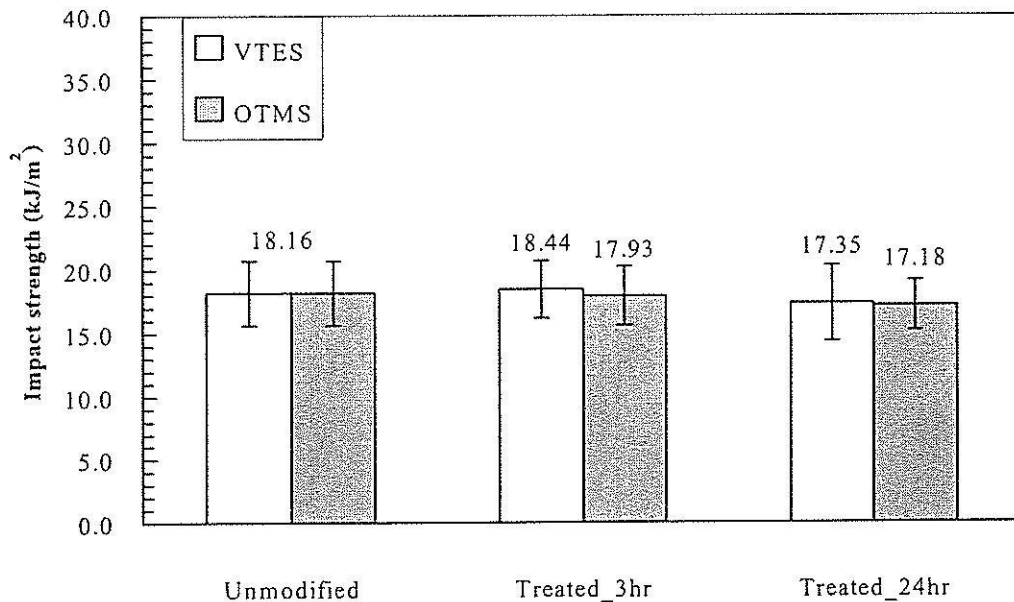
รูปที่ 3.19 ความทนต่อแรงดัดของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไฮเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ 3.20 โมดูลัสของแรงดัดของพอลิโพรพิลีน และพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไฮเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

สมบัติการทนต่อแรงกระแทก

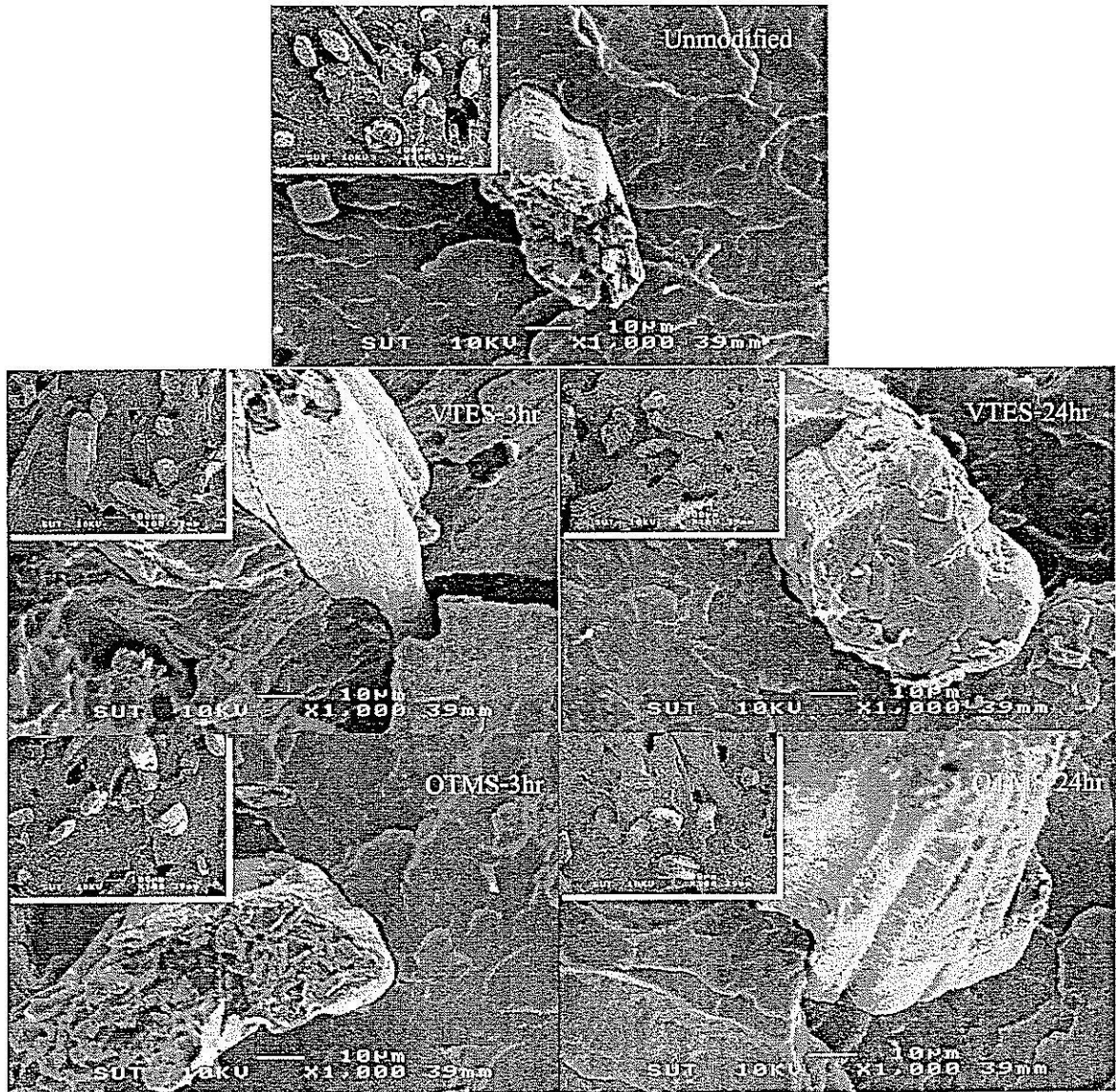
ค่าความทนต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไฮเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แสดงในรูปที่ 3.21 พบว่า ค่าสมบัติความทนต่อแรงกระแทกจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไฮเลน และที่เวลาการปรับสภาพพื้นผิวต่างกันก็มีค่าใกล้เคียงกัน



รูปที่ 3.21 ความทนต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่าน สรรณารายณ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไฮเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

3.2.4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphology)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไฮเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แสดงในรูปที่ 3.22 จากรูปจะเห็นว่าลักษณะการยึดติดของเส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไฮเลนและเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวที่เวลาต่างๆจะไม่แตกต่างกัน



รูปที่ 3.22 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่าน
 ทรายที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานซิลเลนชนิด VTES และ OTMS ณ
 เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

บทที่ 4

สรุปผลการวิจัย

เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น จะพบว่า อุณหภูมิการเสื่อมสลายจะลดลงเล็กน้อย แต่ ค่าอุณหภูมิการบิดเบี้ยวของชิ้นงานจะสูงขึ้น โดยค่าอุณหภูมิการบิดเบี้ยวของพอลิเมอร์คอมโพสิตจะสูงกว่าของพอลิโพรพิลีน สำหรับค่าความทนต่อแรงดึงและค่าความเค้น ณ จุดคราก ของพอลิเมอร์คอมโพสิตจะสูงขึ้น ส่วนมอดูลัสของยังก็ค่อนข้างคงที่ นอกจากนี้ค่าความทนต่อแรงดัด มอดูลัส และแรงดัดสูงสุดจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นแต่ความทนต่อแรงกระแทกจะลดลง

พอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วย VTES และ OTMS จะมีค่าความทนต่อแรงดึง ค่าความเค้น ณ จุด ครากและค่ามอดูลัสของยังรวมทั้งความทนต่อแรงดัดและค่ามอดูลัสของแรงดัดไม่ต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไซเลน เช่นเดียวกับ เวลาในการปรับสภาพพื้นผิวไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมโพสิต ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไซเลนชนิด VTES และ OTMS ณ เวลาต่างๆ ที่ปริมาณเส้นใย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แสดงให้เห็นว่าลักษณะการยึดติดของเส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานไซเลนและเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวที่เวลาต่างๆจะไม่แตกต่างกัน

บรรณานุกรม

- 1 <http://www.maff.gov.uk/farm/acu.htm>
- 2 <http://www.oae.go.th/statistic/export/index.html>
- 3 W. Chetanachan, N. Chantasatrasamee, and R. Sinsermsuksakul, Proceedings of The First Thailand Materials Science and Technology Conference, Thailand, 102, 2000.
- 4 F. M. B. Coutinho, T. H. S. Costa, D. L. Carvalho, M. M. Gorelova and L. Maria, Polym. Testing, 17, 299, 1998.
- 5 E. Jakab, G. Varhegyi, and O. Faix, J. Anal. Appl. Pyrolysis, 56, 273, 2000.
- 6 X. Chen, Q. Guo, and Y. Mi, J. Appl. Polym. Sci., 69, 1891, 1998.
- 7 M. Kazayawoko, J. J. BalatineCZ, and L. M. Matuana, J. Mater. Sci., 34, 6189, 1999.
- 8 เอกสารทางวิชาการ หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ สิ่งแวดล้อม 2540.
- 9 S. K. Garkhai, R. W. H. Heijenrath, and T. Peijs, Appl. Compos. Mater., 7, 351, 2000.
- 10 บ. ฉัตรวีระ, พ. นิमितยงสกุล และ พ. สีหาบุตร วิศวกรรมสาร ฉบับ ว.ส.ท. เทคโนโลยี ปีที่ 48 ฉบับที่ 4 เมษายน 2438
- 11 บ. ฉัตรวีระ และ พ. นิमितยงสกุล, ข่าวช่าง, ฉบับที่ 275, มีนาคม 2438
- 12 J. C. M. De Bruijn, Appl. Compos. Mater., 7, 415, 2000.
- 13 A. R. Sanadi and D. F. Caulfied, Compos. Interf., 7, 31, 2000.
- 14 J. Bayer, Chem. Fibers Int., 50, 575, 2000.
- 15 D. S. Varma, M. Varma, and I. K. Varma, Text. Res. J., 54, 827, 1984.
- 16 K. Joseph, S. Thomas, and C. Pavithran, Polymer, 37, 5139, 1996.
- 17 Y. Li, Y. -W. Mai, and L. Ye, Compos. Sci. Technol., 60, 2037, 2000.
- 18 C. Chuai, K. Almdal, L. Poulsen, and D. Plackett, J. Appl. Polym. Sci., 80, 2833, 2001.
- 19 C. Albano, J. Gonzalez, M. Ichazo, D. Kaiser, Polym. Degrad. Stabil., 66, 179, 2000.

ภาคผนวก

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยุพาพร รักสกุลพิวัฒน์ ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมพอลิเมอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ (044) 22-4432 โทรสาร (044) 22-4431 E-mail: yupa @ sut.ac.th จบ การศึกษาปริญญาเอกสาขา Polymer Engineering จากมหาวิทยาลัย University of Akron, OH ประเทศสหรัฐอเมริกา มีความชำนาญพิเศษในสาขา Polymer Processing and Characterization และ Polymer Crystallization and Morphology มีผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ย้อนหลัง 3 ปี ดังต่อไปนี้

1. P. Juntuek, C. Ruksakulpiwat, P. Chumsamrong and Y. Ruksakulpiwat, The study of grafting glycidyl methacrylate onto natural rubber, The Advances in Materials and Processing Technologies (AMPT 2009) conference, October 26-29, 2009, Kualalumpur, Malaysia
2. Y. Ruksakulpiwat, J. Srideea, .N. Suppakarn, W. Sutapun (2009) Improvement of Impact Property of Natural Fiber–Polypropylene Composite by using Natural Rubber and EPDM Rubber, Composites Part B, 40, 619.
3. U. Somnuk, P. Phinyocheep, N. Suppakarn, W. Sutapun, and Y. Ruksakulpiwat, Shear-induced crystallization of injection molded vetiver grass-polypropylene composites, J. Appl. Polym. Sci., 113 (2009), 3403-4014
4. S. Sanmunag, Y. Ruksakulpiwat, N. Suppakarn, W. Sutapun, *Chicken Eggshell as A filler for Polymer Composites: Preparation and Characterizations.*, Advanced Material Researchs, 47-50 (2008), 490-493.
5. N. Suppakarn1, S. Sanmaung, Y. Ruksakulpiwat, and W. Sutapun, Effect of Surface Modification on Properties of Natural Hydroxyapatite/Polypropylene Composites,” *Key Eng. Mater.*, 361-363, 511-514 (2008).
6. Y. Ruksakulpiwat, J. Sridee, N. Suppakarn, and W. Sutapun, “Natural Rubber and EPDM Rubber as An Impact Modifier in Vetiver grass-Polypropylene Composites,” *Adv. Mater. Research*, 47-50, 427-430 (2008).
7. U. Somnuk, G. Eder, P. Phinyocheep, N. Suppakarn, W. Sutapun, and Y. Ruksakulpiwat, “*Quiescent Crystallization of Natural Fiber-Polypropylene Composites*”, J. Appl. Polym. Sci., 106 (2007), 2997-3006.
8. K. Jarukumjorn, W. Sutapun, Y. Ruksakulpiwat, and J. Kluengsamrong, “*Effect of Sinlane Coupling Agent and Compatibilizer on Properties of Rossells Fiber/PP Composites*” The 2nd

International Conference on Advances in Petrochemicals and Polymers, Bangkok, Thailand, BC-P16, 2007.

9. Y. Ruksakulpiwat, N. Suppakarn, W. Sutapun, W. Thomthong. *Vetiver - Polypropylene Composites: Physical and Mechanical Properties*. *Composites Part A*. 38 (2007), 590-601.

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิมลลักษณ์ สุตะพันธ์ ดำรงตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมพอลิเมอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา จบการศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2532 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2536 และ Ph.D. (Macromolecular Science) Case Western Reserve University, OH, USA พ.ศ. 2543 สาขาวิชาการที่มีความสนใจ สเปกโทรสโกปีของพอลิเมอร์ (spectroscopy of polymers) และคอมโพสิทอินเทอร์เฟส (composite interface/interphase) ผลงานทางวิชาการ ประกอบด้วย บทความทางวิชาการ 31 บทความ และรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ 5 ฉบับ
