

รหัสโครงการ SUT7-708-46-12-26



รายงานการวิจัย

การผลิตผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์เชิงประกอบระหว่าง
หญ้าแฝกกับพอลิโพรพิลีน

**Manufacture of Product from Polymer Composite between
Vetiver Grass and Polypropylene**

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รายงานการวิจัย

การผลิตผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์เชิงประกอบระหว่าง
หญ้าแฝกกับพอลิโพรพิลีน

**Manufacture of Product from Polymer Composite between
Vetiver Grass and Polypropylene**

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุพาพร รักสกุลพิวัฒน์

สาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

อ.ดร.วิมลลักษณ์ สุตะพันธ์

อ.ดร.นิธินาถ ศุภกาญจน์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2546

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องโครงการการผลิตผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์เชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกกับพอลิโพรพิลีน ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2546 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ กรมพัฒนาที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์หญ้าแฝก บริษัทไทยโพลีโพรพิลีน จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เม็ดพลาสติก ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือทดสอบ ผู้ช่วยวิจัยของโครงการนี้ ได้แก่ นางสาววันดี ท้วมทอง และ นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่เป็นผู้ช่วยในการเตรียมเส้นใยหญ้าแฝก

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีน หญ้าแฝกที่ใช้ อยู่ในลักษณะของใบหญ้าแฝก และเส้นใยหญ้าแฝก การปรับปรุงสมบัติของหญ้าแฝกโดยกระบวนการทางเคมีทำโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ และ ไวนิลไตรเมทรอกซีไซเลน วัสดุเชิงประกอบ ระหว่างหญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีนเตรียมที่อัตราส่วนผสม 5 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก วัสดุเชิงประกอบขึ้นรูปเป็นชิ้นทดสอบโดยใช้กระบวนการขึ้นรูปแบบฉีด แล้วทำการตรวจสอบ สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของหญ้าแฝก รวมทั้งผลของความยาวหญ้าแฝกที่มีต่อ สมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบ และตรวจสอบผลของอัตราส่วนผสม และผลของการปรับปรุง หญ้าแฝกโดยกระบวนการทางเคมีที่มีต่อสมบัติทางความร้อน สมบัติทางวิทยกระแส สมบัติทางกล สมบัติทางสัณฐานวิทยา และการเกิดผลึกโดยการเหนี่ยวนำจากแรงเฉือนของวัสดุเชิงประกอบ

Abstract

In this research, vetiver-polypropylene (PP) composites were studied. Vetiver grass was employed as vetiver leave and vetiver fiber. The chemical treatments of vetiver grass were performed by using sodium hydroxide (NaOH) and vinyltrimethoxysilane. The vetiver-PP composites were prepared at 5%, 10%, 20%, and 30% vetiver content. The composite specimens were prepared by injection molding. The physical and thermal properties of vetiver grass were investigated. The effect of vetiver length of vetiver-PP composites on mechanical properties was determined. In addition, the effects of vetiver content and chemical treatment on the thermal properties, rheological properties, mechanical properties, morphological properties, and shear-induced crystallization of vetiver-PP composites were examined.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญ ที่มาของปัญหาการวิจัย และทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	
2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง.....	4
2.2 การเตรียมหญาแฝก.....	4
2.3 การเตรียมวัสดุเชิงประกอบ.....	6
2.4 การตรวจสอบสมบัติเบื้องต้นของวัสดุ.....	7
บทที่ 3 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	
3.1 สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของหญาแฝก.....	10
3.2 สมบัติทางความร้อนของหญาแฝกและวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญาแฝก และพอลิโพรพิลีน.....	13
3.2.1 ผลกระทบของการปรับปรุงหญาแฝกโดยกระบวนการทางเคมีต่อสมบัติทาง ความร้อนของหญาแฝก.....	13
3.2.2 ผลกระทบของอัตราส่วนผสมต่อสมบัติทางความร้อนของวัสดุเชิงประกอบ.....	15
3.2.3 ผลกระทบของการปรับปรุงหญาแฝกโดยกระบวนการทางเคมีต่อ สมบัติทางความร้อนของวัสดุเชิงประกอบ.....	21
3.3 สมบัติทางวิทยุกระแสของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญาแฝกและพอลิโพรพิลีน.....	27
3.3.1 ผลกระทบของอัตราส่วนผสมต่อสมบัติทางวิทยุกระแสของวัสดุเชิงประกอบ.....	27
3.3.2 ผลกระทบของการปรับปรุงหญาแฝกโดยกระบวนการทางเคมีต่อ สมบัติทางวิทยุกระแสของวัสดุเชิงประกอบ.....	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 สมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีน	32
3.4.1 ผลกระทบของความยาวหญ้าแฝกต่อสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบ	32
3.4.2 ผลกระทบของลำดับการผสมต่อสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบ	34
3.4.3 ผลกระทบของอัตราส่วนผสมต่อสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบ	35
3.4.4 ผลกระทบของการปรับปรุงหญ้าแฝกโดยกระบวนการทางเคมีต่อ สมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบ	38
3.5 สมบัติทางสัมฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีน	41
3.5.1 ผลกระทบของการปรับปรุงหญ้าแฝกโดยกระบวนการทางเคมีต่อ สมบัติทางสัมฐานวิทยาของหญ้าแฝก	41
3.5.2 ผลกระทบของระยะเวลาในการปรับปรุงโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อ สมบัติทางสัมฐานวิทยาของหญ้าแฝก	43
3.5.3 ผลกระทบของอัตราส่วนของหญ้าแฝกที่มีต่อสมบัติทางสัมฐานวิทยา ของวัสดุเชิงประกอบ	45
3.6 การเกิดผลึก โดยการเหนี่ยวนำจากแรงเฉือนของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝก และพอลิโพรพิลีน	46
3.6.1 ผลกระทบของอัตราส่วนผสมของหญ้าแฝกที่มีต่อการเกิดผลึก โดยการเหนี่ยวนำจากแรงเฉือนของวัสดุเชิงประกอบ	46
3.6.2 ผลกระทบของการปรับปรุงหญ้าแฝกโดยกระบวนการทางเคมีต่อ การเกิดผลึกโดยการเหนี่ยวนำจากแรงเฉือนของวัสดุเชิงประกอบ	48
3.7 ความทนต่อสภาพอากาศของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีน	50
3.8 ความทนต่อการขัดสีของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีน	52
บทที่ 4 สรุปผลการทดลอง	53
บทที่ 5 ข้อเสนอแนะและแนวทางการวิจัยขั้นต่อไป	54
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก	59
ภาคผนวก ก	59
ภาคผนวก ข	61
ภาคผนวก ค	65

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ประวัติผู้วิจัย	69

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1	สัญลักษณ์ของหญ้าแฝกที่ต่างๆ กัน 5
3.1	สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของเส้นใยหญ้าแฝก..... 10
3.2	สมบัติทางกายภาพของเส้นใยธรรมชาติชนิดต่างๆ 11
3.3	องค์ประกอบทางเคมีของ VL NaOH-VL และ VF..... 12
3.4	อุณหภูมิการหลอมเหลวของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝก ที่ได้จาก VF โดยมีอัตราส่วนผสมต่างกันได้ที่ได้จากให้ความร้อนครั้งที่สอง 20
3.5	อุณหภูมิการเกิดผลึก และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง พอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF โดยมีอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน..... 20
3.6	อุณหภูมิการหลอมเหลวของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝก ที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักที่ได้จากให้ความร้อนครั้งที่สอง..... 26
3.7	อุณหภูมิการเกิดผลึก และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง พอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก..... 26
3.8	ค่าดัชนีการไหลของพอลิโพรพิลีนและวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีน กับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF โดยมีอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน..... 27
3.9	ค่าดัชนีการไหลของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับ หญ้าแฝกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์ 31
3.10	ค่าความแข็งแรงต่อการดึง โมดูลัสของยัง เปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และความแข็งแรงต่อการกระแทก ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีน กับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก..... 32
3.11	ความแข็งแรงต่อการดึง โมดูลัสของยัง เปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และ ความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีน กับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ในอัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่มีความยาว 2 มิลลิเมตร โดยมีลำดับการผสมต่างกัน..... 34

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
3.12 ความแข็งแรงต่อการดึง มอดุลัสของยัง เปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และความแข็งแรงต่อการกระแทก ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีน กับหุ้มาแฟกที่ได้จาก NaOH-VL ในอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน.....	36
3.13 อุณหภูมิการบิดงอของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหุ้มาแฟก ที่ได้จาก VF โดยมีอัตราส่วนที่ต่างกัน.....	38
3.14 ความแข็งแรงต่อการดึง มอดุลัสของยัง และเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และความแข็งแรงต่อการกระแทก ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหุ้มาแฟก ที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก	39
3.15 อุณหภูมิการบิดงอของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหุ้มาแฟก ที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก	40
3.16 Normalized thickness of skin layer ของพอลิโพรพิลีนและวัสดุเชิงประกอบ ที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วนผสมต่างกัน	48
3.17 Normalized thickness of skin layer ของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	49
3.18 ความแข็งแรงต่อการดึง มอดุลัสของยัง เปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และความแข็งแรงต่อการกระแทก ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีน กับหุ้มาแฟกที่ได้จาก NaOH-VL ก่อนและหลังการทดลองความทนต่อสภาพอากาศด้วย เครื่องเร่งสภาพอากาศ ในอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน	51
3.19 ความต้านทานต่อการขีดสีของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหุ้มาแฟกที่ได้จาก NaOH-VL ที่อัตราส่วนผสม 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	52

สารบัญรูปรภาพ

รูปรภาพ	หน้า
2.1	หญ้าแฝก..... 4
2.2	ชั้นทดสอบการคั่งยี้ด และ การตกกระแทก 7
3.1	กราฟ TGA และ DTG ของหญ้าแฝกชนิดต่างๆ.....14
3.2	กราฟ TGA และ DTG ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วน 5 10 20 และ 30 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก.....16
3.3	กราฟ DSC ของการให้ความร้อนครั้งที่หนึ่งของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วน 5 10 20 และ 30 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก17
3.4	กราฟ DSC ของการทำให้เย็นตัวลงของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วน 5 10 20 และ 30 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก18
3.5	กราฟ DSC ของการให้ความร้อนครั้งที่สองของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วน 5 10 20 และ 30 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก19
3.6	กราฟ TGA และ DTG ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกชนิดต่างๆ ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก.....22
3.7	กราฟ DSC ของการให้ความร้อนครั้งที่หนึ่งของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกชนิดต่างๆ ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก23
3.8	กราฟ DSC ของการทำให้เย็นตัวลงของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกชนิดต่างๆ ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก24
3.9	กราฟ DSC ของการให้ความร้อนครั้งที่สองของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกชนิดต่างๆ ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก25
3.10	กราฟแสดงความหนืดที่อัตราเร็วต่างๆ ณ อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VL ที่อัตราส่วนผสมต่างกัน28
3.11	กราฟแสดงความหนืดที่อัตราเร็วต่างๆ ณ อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ที่อัตราส่วนผสมต่างกัน29
3.12	กราฟแสดงความหนืดที่อัตราเร็วต่างๆ ณ อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วนผสมต่างกัน.....30

สารบัญรูปร่างภาพ (ต่อ)

รูปร่างภาพ	หน้า
3.13 กราฟแสดงความหนืดที่อัตราเฉือนต่างๆ ณ อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกชนิดต่างๆ ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	31
3.14 กราฟแสดงความแข็งแรงต่อการดึง เปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และความแข็งแรงต่อการกระแทก ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโดยมีความยาวหญ้าแฝกต่างกัน	33
3.15 กราฟแสดงมอดุลัสของยังของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโดยมีความยาวหญ้าแฝกต่างกัน	33
3.16 กราฟแสดงความแข็งแรงต่อการดึง เปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และความแข็งแรงต่อการกระแทก ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ในอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน	36
3.17 กราฟแสดง มอดุลัสของยัง ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ในอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน	37
3.18 กราฟแสดงความแข็งแรงต่อการดึง เปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และความแข็งแรงต่อการกระแทก ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	39
3.19 กราฟแสดงมอดุลัสของยัง ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	40
3.20 รูป SEM ของ (ก) VL (ข) NaOH-VL (ค) VF และ (ง) NaOH-silane-VF	42
3.21 รูป SEM ของการปรับปรุงเส้นใยโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระยะเวลาต่างกัน (ก) 0 (ข) 2 (ค) 4 และ (ง) 6 ชั่วโมง	44
3.22 รูป SEM ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วน (ก) 5 (ข) 10 (ค) 20 และ (ง) 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	45

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
3.23 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝก ที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วน (ก) 0 (ข) 5 (ค) 10 (ง) 20 และ (จ) 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	47
3.24 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝก ที่ได้จาก (ก) VL (ข) NaOH-VL (ค) VF และ (ง) NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....	49

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ ที่มาของปัญหาการวิจัย และทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านการใช้เส้นใยธรรมชาติมาทดแทนเส้นใยประดิษฐ์ในการผลิตเป็นพอลิเมอร์เชิงประกอบเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากการใช้เส้นใยธรรมชาติมีข้อดีอยู่หลายประการ ได้แก่ เส้นใยธรรมชาติมีราคาถูก ลดการขีดข่วนและลดความเสียหายของเครื่องมือที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งโดยทั่วไปเมื่อใช้เส้นใยประดิษฐ์ เช่น เส้นใยแก้ว เส้นใยคาร์บอน และเส้นใยเคปเลอร์ จะทำเครื่องมือเกิดรอยขีดข่วนได้ การใช้เส้นใยธรรมชาติจะทำให้พอลิเมอร์เชิงประกอบที่ได้มีน้ำหนักเบาเนื่องจากมีความหนาแน่นที่ต่ำ และที่สำคัญสามารถลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้ เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติจึงไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม [1-3] เส้นใยธรรมชาติสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เส้นใยที่ได้จากสัตว์ซึ่งเป็นเส้นใยโปรตีน เส้นไหม และเส้นใยที่ได้จากพืชซึ่งจัดเป็นเซลลูโลส เช่น ป่าน ฝ้าย ใยไหม ลิ้นจี่ ปอแก้ว ปอกระเจา กาบมะพร้าว เป็นต้น [4]

การนำเอาวัสดุเชิงประกอบที่ได้จากเส้นใยธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ ซึ่งในปัจจุบันนี้ได้มีการใช้เส้นใยธรรมชาติเป็นส่วนประกอบในการผลิตชิ้นส่วนภายในรถยนต์ เช่น ที่จับประตู ฝากระโปรง ในหลายยี่ห้อรถยนต์ เช่น Mercedes-Benz E-Class BMW Volvo เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้เส้นใยธรรมชาติในอุตสาหกรรมผลิตอุปกรณ์ตกแต่งบ้าน เช่น ชั้นวางสิ่งของ กระจ่างต้นไม้ เป็นต้น [5-7]

ซึ่งจากที่กล่าวมาเส้นใยธรรมชาติถือเป็นวัสดุที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมพอลิเมอร์เชิงประกอบ เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติหลายชนิดเป็นเส้นใยธรรมชาติที่สามารถปลูกและเจริญเติบโตได้ดีในหลายพื้นที่ในประเทศไทย โดยถ้าใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในธรรมชาตินี้ในการไปประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์แล้ว ก็ถือเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถลดการนำเข้าจากต่างประเทศได้ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมรถยนต์ที่กำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วทั้งภายในและภายนอกประเทศ การใช้ของที่ผลิตขึ้นได้ภายในประเทศนั้นก็เป็นการช่วยทำให้เศรษฐกิจของประเทศไทยดีขึ้นได้ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาการผลิตวัสดุเชิงประกอบที่มาจากการผสมระหว่างพอลิเมอร์กับเส้นใยธรรมชาติขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง

พอลิโพรพิลีนเป็นพอลิเมอร์ในกลุ่มของเทอร์โมพลาสติกที่นิยมใช้เป็นวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิเมอร์กับเส้นใยธรรมชาติ กันมาชนิดหนึ่ง เนื่องจากพอลิโพรพิลีนมีสมบัติทางกลและสมบัติทางความร้อนที่ดี การใช้พอลิโพรพิลีนในกระบวนการขึ้นรูปนั้นสามารถขึ้นรูปได้ง่าย เนื่องจากใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูปที่ต่ำ และมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิการสลายตัวของเส้นใยธรรมชาติ และ

สมบัติการนำไปใช้งาน เช่น ความทนต่อสภาพแวดล้อม

- 1.2.2 ศึกษาอิทธิพลของสารประสาน (coupling agent) ต่อสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ได้
- 1.2.3 ขึ้นรูปพอลิเมอร์เชิงประกอบให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เพื่อขยายผลงานวิจัยที่ได้ไปสู่การผลิตผลิตภัณฑ์ในเชิงอุตสาหกรรม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 หาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผสมหญาแฝกกับพอลิโพรพิลีน โดยการเปลี่ยนอัตราส่วน การผสมหญาแฝกกับพอลิโพรพิลีนเป็นอัตราส่วนต่าง ๆ
- 1.3.2 การเปรียบเทียบพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ได้ โดยไม่มีการปรับปรุงผิวหน้า ของหญาแฝกกับที่มีการปรับปรุงผิวหน้าของหญาแฝกโดยการใช้สารประสาน

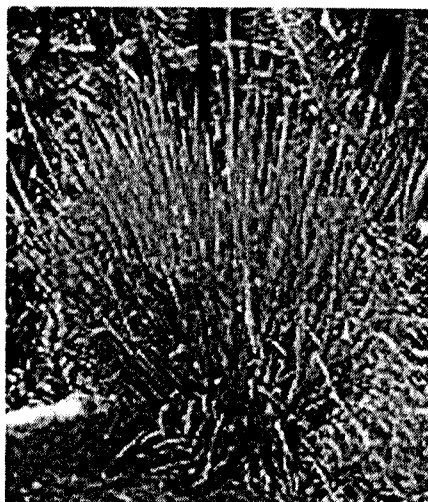
บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการทดลองได้แก่ โพลีโพรพิลีน เกรด 700J ที่ใช้ในการค้าผลิตโดยบริษัทไทย โพลีโพรพิลีน จำกัด หนุ่้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 จาก กรมพัฒนาที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา แสดงดังรูปที่

2.1 โขเดียมไฮดรอกไซด์ของบริษัท Merck เกรดแลป ไชเลน ชนิดไวนิวไตรเมทรอกซีไชเลน ของบริษัทออปติมอลเทค จำกัด



รูปที่ 2.1 หนุ่้าแฝก

2.2 การเตรียมหนุ่้าแฝก

ในการทดลองจะใช้ใบจากหนุ่้าแฝก โดยนำใบหนุ่้าแฝกมาล้างน้ำเพื่อชะล้างสิ่งสกปรกออก แล้วผึ่งแดดให้แห้ง เพื่อนำมาเตรียมหนุ่้าแฝกชนิดต่างๆ ดังนี้

2.2.1 หนุ่้าแฝกที่ไม่ได้แช่โซเดียมไฮดรอกไซด์

นำใบหนุ่้าแฝกที่ตากแห้งแล้วมาบดด้วยเครื่องบด แล้วใช้ตระแกรงร่อนได้ความยาว 2 มิลลิเมตร

2.2.2 หนุ่้าแฝกที่แช่โซเดียมไฮดรอกไซด์

นำใบหนุ่้าแฝกที่ตากแห้งแล้วมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เป็นระยะเวลา 5 วัน จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นจนมีค่า pH เป็นกลาง อบในตู้อบ

ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำมาบดด้วยเครื่องบด โดยเตรียมให้ได้ความยาวที่ต่างกันสามความยาวคือ 0.1 มิลลิเมตร 2 มิลลิเมตรและ 4 มิลลิเมตร การวัดความยาวของหญ้าแฝกใช้กล้องจุลทรรศน์รุ่น Nikon polarizing microscope (model Eclips E600 POL)

2.2.3 เส้นใยหญ้าแฝก

ใบหญ้าแฝกที่ตากแห้งแล้วแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เป็นระยะเวลา 5 วัน แล้วขูดใบหญ้าแฝกออกให้ได้เป็นเส้นใย หลังจากนั้นอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วตัดขนาด 2 มิลลิเมตร

2.2.4 เส้นใยหญ้าแฝกที่แช่โซเดียมไฮดรอกไซด์

นำใบเส้นใยหญ้าแฝกมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เป็นระยะเวลา 24 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นจนมีค่า pH เป็นกลาง และอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

2.2.5 เส้นใยหญ้าแฝกที่แช่โซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วปรับปรุงโดยแช่สารละลายไซเลน

นำเส้นใยหญ้าแฝกมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นจนเป็นกลาง อบจนแห้งแล้วนำมาแช่ในสารละลายไซเลนที่ 2 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร ปรับค่า pH ของสารละลายด้วยกรดอะซิติกให้เท่ากับ 3.5 แช่เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น จากนั้นอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ของหญ้าแฝกที่ต่างๆ กัน

อักษรย่อ	ลักษณะหญ้าแฝก
VL	หญ้าแฝกที่ไม่ได้แช่โซเดียมไฮดรอกไซด์
NaOH-VL	หญ้าแฝกที่แช่โซเดียมไฮดรอกไซด์
VF	เส้นใยหญ้าแฝก
NaOH-VF	เส้นใยหญ้าแฝกที่แช่โซเดียมไฮดรอกไซด์
NaOH-silane-VF	เส้นใยหญ้าแฝกที่แช่โซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วปรับปรุงโดยแช่ไซเลน

2.3 การเตรียมวัสดุเชิงประกอบ

การเตรียมวัสดุเชิงประกอบแบ่งออกเป็น 2 วิธีดังนี้

2.3.1 การผสมวัสดุด้วยเครื่องบดผสมภายใน โดยใช้วิธีที่ 1

การผสมวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกกับพอลิโพรพิลีนทำโดยใช้เครื่องบดผสมภายใน รุ่น Poly Lab ของบริษัท HAAKE ขนาดของการผสมเท่ากับ 200 กรัม โดยผสมในอัตราส่วนของหญ้าแฝกที่อัตราส่วนผสมแตกต่างกัน สภาวะที่ใช้ในการผสมได้แก่ความเร็วรอบที่ 50 รอบต่อนาที อุณหภูมิที่ใช้ในการบดผสมเท่ากับ 170 องศาเซลเซียส โดยเริ่มใส่พอลิโพรพิลีนที่เวลา 0-5 นาที และหลังจากนั้นจึงใส่หญ้าแฝกลงไปผสมจนเป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงนำของผสมออกจากเครื่องบดผสมภายใน

2.3.2 การผสมวัสดุด้วยเครื่องบดผสมภายใน โดยใช้วิธีที่ 2

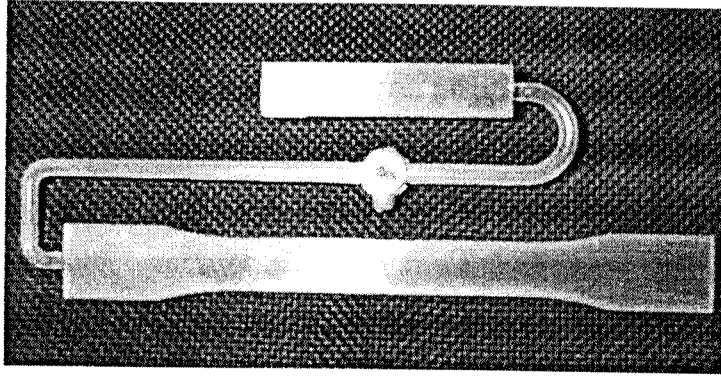
การผสมวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกกับพอลิโพรพิลีนทำโดยใช้เครื่องบดผสมภายใน รุ่น Poly Lab ของบริษัท HAAKE ขนาดของการผสมเท่ากับ 200 กรัม โดยจะใช้อัตราส่วนของหญ้าแฝกที่อัตราส่วนผสมแตกต่างกัน สภาวะที่ใช้ในการผสมได้แก่ความเร็วรอบเป็น 50 รอบต่อนาที อุณหภูมิที่ใช้ในการบดผสมเท่ากับ 170 องศาเซลเซียส โดยใส่หญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีนลงในเครื่องบดผสมพร้อมกัน โดยใช้เวลาในการผสม 10 นาที แล้วจึงนำของผสมออกจากเครื่องบดผสมภายในได้

2.3.3 การบดของผสม

ของผสมที่ได้จากเครื่องบดผสมภายในจะถูกบดด้วยเครื่องบดทางกลเพื่อลดขนาดของผสมให้เล็กเหมาะที่จะนำไปขึ้นรูปต่อไปได้

2.3.4 การเตรียมชิ้นงานโดยการขึ้นรูปแบบฉีด

การเตรียมชิ้นทดสอบการดึงยึด และ การตกกระแทก จะขึ้นรูปโดยใช้เครื่องฉีด ของบริษัท Chuan Lih Fa Machinery Works co., Ltd. รุ่น CLF-80T แม่พิมพ์ที่ใช้มีลักษณะแสดงดังรูปที่ 2.2 การขึ้นรูปชิ้นทดสอบจะนำเม็ดที่ได้จากการบดของผสมมาขึ้นรูปโดยอุณหภูมิในการฉีดในโซนจากคอฉีด ถึงหัวฉีด เป็น 165 165 170 และ 170 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อุณหภูมิแม่พิมพ์เท่ากับ 15 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำมันซิลิโคนเป็นตัวหล่อเย็น ความเร็วของสกรูเท่า 50 เปอร์เซนต์ ความดันที่ใช้ในการฉีด เท่ากับ 60 เปอร์เซนต์ ความดันคงค้าง เท่ากับ 40 เปอร์เซนต์



รูปที่ 2.2 ชั้นทดสอบการดึงยืด และการดกกระแทก

2.4 การตรวจสอบสมบัติเบื้องต้นของวัสดุ

2.4.1 การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ

การตรวจสอบความหนาแน่นของเส้นใยหญาแฝก โดยใช้ขวดวัดปริมาตรและใช้สารพาราไซลีน(p-Xylene) เป็นตัวทำละลาย

การวัดความยาวของหญาแฝก โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ Nikon polarizing optical microscope (model Eclips E600 POL)

การทดสอบความแข็งแรงต่อการดึง ของเส้นใยหญาแฝก โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine (model 4502) ของบริษัท Instron ที่ความเร็วในการดึงเท่ากับ 120 มิลลิเมตรต่อนาที

การทดสอบหาองค์ประกอบทางเคมีของหญาแฝก โดยใช้เครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer (model ED 2000)

2.4.2 การตรวจสอบสมบัติทางความร้อน

การตรวจสอบสมบัติทางความร้อน โดยใช้เครื่อง TGA (Thermogravimetric Analysis) ของบริษัท TA Instruments รุ่น SDT 2960 และใช้เครื่อง DSC (Differential Scanning Calorimetry) ของบริษัท Perkin Elmer Instruments รุ่น DSC-7 ซึ่งการใช้เครื่อง TGA ใช้สำหรับตรวจสอบอุณหภูมิการสลายตัวของหญาแฝกและวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญาแฝกและพอลิพรพิลีนในการทดสอบใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 30 องศาเซลเซียส ถึงอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิตั้งแต่ 30 องศาเซลเซียส ถึงอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ภายใต้ก๊าซไนโตรเจน จากนั้นทำการทดสอบต่อตั้งแต่ 601 องศาเซลเซียส ถึงอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ภายใต้ก๊าซออกซิเจน โดยใช้อัตราในการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 10 องศาเซลเซียสต่อนาที น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ประมาณ 5-10 มิลลิกรัม และการใช้เครื่อง DSC ใช้สำหรับการตรวจสอบอุณหภูมิการเกิดผลึก

และอุณหภูมิการหลอมเหลว ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหน้าแผ่นและพอลิโพรพิลีน ซึ่งในการทดสอบใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 25 °C ถึงอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ที่อัตราเร็ว 10 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงอุณหภูมิสุดท้ายไว้เป็นเวลา 5 นาที และจากนั้นลดอุณหภูมิลงจนถึง 25 องศาเซลเซียส ใช้อัตราเร็วในการลดอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที หลังจากนั้นให้ความร้อนครั้งที่สองโดยใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 25 องศาเซลเซียสถึงอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ที่อัตราเร็ว 10 องศาเซลเซียสต่อนาที โดยทดลองภายใต้สภาวะก๊าซไนโตรเจน น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ประมาณ 5- 10 มิลลิกรัม จากกราฟที่ได้จาก DSC สามารถคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกของวัสดุเชิงประกอบหาได้จากสมการที่ 2.1

$$\% \text{ Crystallinity} = (\Delta H_{\text{sample}} / \Delta H_{100\% \text{ crystalline}}) \times 100 \dots \dots \dots (2.1)$$

โดยที่ ΔH ความร้อนของการหลอมตัวของตัวอย่าง (จุลต่อกรัม)

ΔH ความความร้อนของการหลอมตัวที่ 100 เปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกของตัวอย่าง
ในกรณีของ ΔH ของพอลิโพรพิลีน ประมาณ 201.7 (จุลต่อกรัม)

2.4.3 การตรวจสอบสมบัติทางวิทยาระแส

การวัดค่าดัชนีการไหล (Melt Flow Index) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหน้าแผ่นและพอลิโพรพิลีน ใช้เครื่องวัดดัชนีการไหล ผลิตโดยบริษัท Dynisco รุ่น Keyaness สำหรับวิธีทดสอบ A (Method A) มีสภาวะในการทดสอบมาตรฐานที่อุณหภูมิการหลอมเหลว (Melt Temperature) เท่ากับ 170 องศาเซลเซียส ค่าน้ำหนักมาตรฐานเท่ากับ 2.16 กิโลกรัม จำนวนระยะเวลาการหลอมเหลว (Melt Time) ภายในกระบอกฉีด เท่ากับ 360 วินาที

การวัดค่าความหนืดของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหน้าแผ่นและพอลิโพรพิลีน ที่อัตราเร็วต่างกัน ใช้เครื่องวัดความหนืด Capillary Rheometer ผลิตโดยบริษัท Dynisco รุ่น Keyaness ที่อุณหภูมิการทดสอบเท่ากับ 170 องศาเซลเซียส

2.4.4 การตรวจสอบสมบัติทางกล

ชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปแบบฉีด จะถูกนำไปทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile Testing) โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine ของบริษัท Instron ที่ความเร็วในการดึงเท่ากับ 10 มิลลิเมตรต่อนาที

การทดสอบสมบัติการทนต่อแรงกระแทก (Impact Properties) ใช้เครื่องต้านทานแรงตกกระแทก (Impact Testing Machine) ที่ผลิตจากบริษัท Atlas Electric Devices Company รุ่น BPE

การตรวจสอบอุณหภูมิการบิดงอ (Heat Distortion Temperature) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหน้าแผ่นและพอลิโพรพิลีน ใช้เครื่อง HDT ที่ผลิตจากบริษัท Atlas Electric Devices Company รุ่น HDV-1 โดยใช้ น้ำมันซิลิโคนเป็นตัวกลางนำความร้อน และทดสอบที่อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ เท่ากับ 120 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง

2.4.5 การตรวจสอบลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยา

การตรวจสอบสมบัติทางสัณฐานวิทยาของหน้าแผ่นและวัสดุเชิงประกอบระหว่างหน้าแผ่นและพอลิโพรพิลีน ใช้เครื่องอิเล็กทรอนิกส์แบบส่องกราด ที่ผลิตจากบริษัท GEOL CO., LTD. รุ่น JSM-6400

การตรวจสอบหาความหนาของชั้นผลึกของวัสดุเชิงประกอบ จะใช้ชั้นทดสอบแรงดึงโดยตัดชิ้นงานจากเครื่องตัดชิ้นงาน (Jaespa AS 4) ให้ได้ขนาด 1 เซนติเมตร แล้วนำมาตัดโดยเครื่องไมโครโทม รุ่น RMC MT 960 ให้ได้ความหนา 30 ไมครอน แล้วส่องดูความหนาของผลึกด้วยกล้องจุลทรรศน์รุ่น Eclips E600 POL ของบริษัท NiKon

2.4.6 การตรวจสอบความต้านทานสภาพอากาศ

การตรวจสอบความต้านทานสภาพอากาศ (Weathering Resistance) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหน้าแผ่นและพอลิโพรพิลีน ใช้เครื่องทดสอบสภาพอากาศ ที่ผลิตจากบริษัท Atlas Electric Devices Company รุ่น S3000 โดยใช้อุณหภูมิในการทดสอบ 70 องศาเซลเซียส เวลาในการทดสอบ 10 วัน ปริมาณความชื้นเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์

2.4.7 การตรวจสอบความต้านทานต่อการขัดสี

การตรวจสอบความต้านทานต่อการขัดสี (Abrasion Resistance) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหน้าแผ่น ใช้เครื่อง Taber Abraser ที่ผลิตจากบริษัท Taber รุ่น 5131 โดยใช้น้ำหนักมาตรฐานเท่ากับ 1000 กรัม จำนวนรอบเท่ากับ 500 รอบ

บทที่ 3

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.1 สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของเส้นใยผ้าฝ้าย

สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของเส้นใยผ้าฝ้ายแสดงดังตารางที่ 3.1 ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะมีค่าอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของเส้นใยชนิดต่างๆ แสดงสรุปในตารางที่ 3.2 โดยความหนาแน่นของเส้นใยผ้าฝ้ายมีค่าใกล้เคียงกับเส้นใย ลินิน และป่านรามี่ แต่ค่าความแข็งแรงต่อการดึงของเส้นใยผ้าฝ้ายมีค่าสูงกว่าเส้นใยมะพร้าว นอกจากนี้ค่ามอดูลัสของยัง ของเส้นใยผ้าฝ้ายมีค่าสูงกว่าเส้นใยฝ้าย ป่านศรนารายณ์ และเส้นใยจากกามะพร้าว แต่มีค่าต่ำกว่าเส้นใยปอ ลินิน และป่านรามี่ ค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก ของเส้นใยผ้าฝ้ายมีค่าสูงกว่าเส้นใยปอ

ตารางที่ 3.1 สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของเส้นใยผ้าฝ้าย

สมบัติ	เส้นใยผ้าฝ้าย
ความหนาแน่น (g/cm^3)	1.5
เส้นผ่านศูนย์กลาง (μm)	100-220
ความแข็งแรงต่อการดึง (MPa)	458.4
มอดูลัสของยัง (GPa)	23.2
ความเครียด ณ จุดแตกหัก (%)	2.1

ตารางที่ 3.2 สมบัติทางกายภาพของเส้นใยธรรมชาติชนิดต่างๆ [5]

เส้นใย	ความหนาแน่น (g/cm ³)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (μ m)	ความแข็งแรงต่อการดึง (MPa)	มอดุลัสของยัง (GPa)	ความเครียด ณ จุดแตกหัก (%)
ฝ้าย	1.5–1.6	-	287–800	5.5–12.6	7.0–8.0
ปอ	1.3–1.4	25-200	393–773	13.0–26.5	1.1–1.5
ลินิน	1.5	-	345–1100	27.6	2.7–3.2
ป่านรามิ	1.5	-	400–938	61.4–128.0	1.2–3.8
ป่านศรนารายณ์	1.4	50-200	468–640	9.4–22.0	3.0–7.0
มะพร้าว	1.1	100-450	131–175	4.0–6.0	15.0–40.0

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ VL NaOH-VL และ VF แสดงในตารางที่ 3.3 พบว่าหญ้าแฝกจะมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยสารอนินทรีย์จะประกอบด้วยสารประกอบหลายชนิด เช่น ซิลิกา โปรแทสเซียม ฟอสฟอรัส โดยเฉพาะปริมาณของซิลิกอนออกไซด์ที่พบในหญ้าแฝกทั้ง 3 ชนิด จะมีค่ามากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสารอนินทรีย์ตัวอื่น ๆ นอกจากนี้ VL ยังมีปริมาณของซิลิกอนออกไซด์ที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ NaOH-VL และ VF

ตารางที่ 3.3 องค์ประกอบทางเคมีของ VL NaOH-VL และ VF

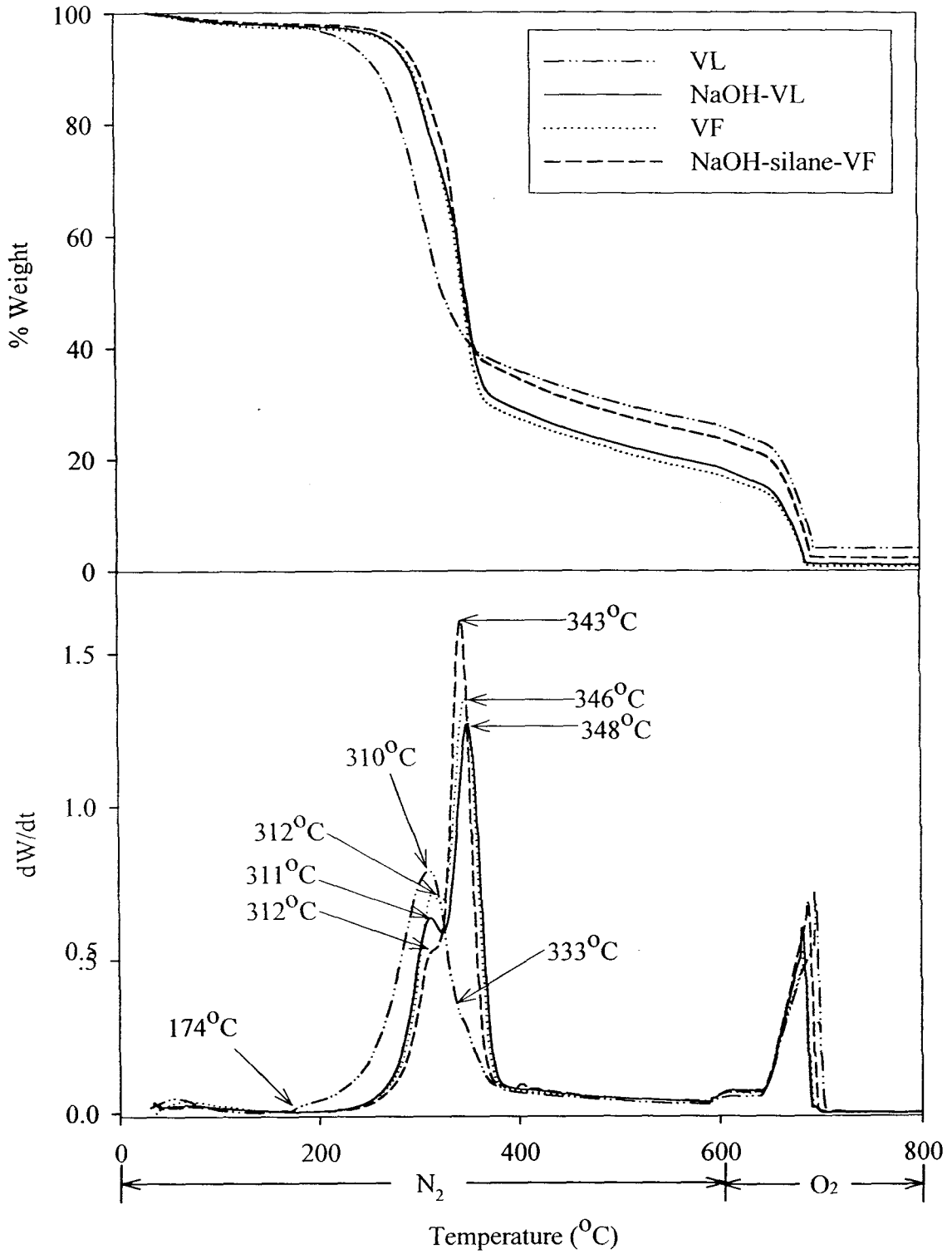
องค์ประกอบทางเคมี	VL (% wt)	NaOH-VL (% wt)	VF (% wt)
C	89.39	97.30	99.00
SiO ₂	5.74	1.17	0.34
K ₂ O	3.34	0.21	0.02
P ₂ O ₅	0.33	0.12	0.03
SO ₃	0.28	0.05	0.02
Al ₂ O ₃	0.14	0.05	0.02
MgO	0.07	0.07	0.07
Cl	0.07	0.02	0.01
MnO	0.05	0.04	0.02
Na ₂ O	0.00	0.01	0.00
Others*	0.10	0.07	0.01

*รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข

3.2 สมบัติทางความร้อนของหญาแฝก และวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญาแฝกและพอลิพรพิลีน

3.2.1 ผลกระทบของการปรับปรุงหญาแฝกโดยกระบวนการทางเคมีต่อสมบัติทางความร้อนของหญาแฝก

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของการปรับปรุงหญาแฝกโดยกระบวนการทางเคมีโดยใช้ TGA แสดงดังรูปที่ 3.1 พบว่าในกราฟ TGA ของ VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF จะเริ่มเปลี่ยนแปลงมวลที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งเนื่องจากการระเหยไอน้ำ และจากการวิเคราะห์กราฟจะมีปริมาณของน้ำที่อยู่ในหญาแฝกประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิการเสื่อมสภาพของ VL มีการเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิ 174 องศาเซลเซียส อาจมาจากการหายไปขององค์ประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น ลิกนิน แวกซ์ (Wax) สำหรับในกรณีของ NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF อุณหภูมิการเสื่อมสภาพขององค์ประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำไม่สามารถพบได้ เนื่องจากโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถกำจัดองค์ประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่ติดอยู่กับใบหญาแฝกได้ อุณหภูมิการเสื่อมสภาพของเฮมิเซลลูโลสของ VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF แสดงการเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิ 310 311 312 และ 312 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ อุณหภูมิการเสื่อมสภาพของเอลฟาเซลลูโลสของ NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF แสดงการเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิ 348 346 และ 343 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แต่ในกรณีของ VL อุณหภูมิการเสื่อมสภาพของเอลฟาเซลลูโลสไม่สามารถพบ การเปลี่ยนแปลงเส้นกราฟได้ในกราฟ DTG อย่างไรก็ตามการเริ่มต้นของอุณหภูมิการเสื่อมสภาพของเอลฟาเซลลูโลสจะสามารถพบได้ในกราฟ DTG ที่อุณหภูมิ 333 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ อุณหภูมิการเสื่อมสภาพของเฮมิเซลลูโลสและเอลฟาเซลลูโลสของหญาแฝกจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิเดียวกับเส้นใย ปอกระเจา ปอแก้ว และป่านครนารายณ์ [11-12, 18] น้ำหนักเถ้าที่เหลืออยู่ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสของ VL จะมีปริมาณที่มากกว่าหญาแฝกชนิดอื่น ๆ อาจเนื่องมาจากสารอนินทรีย์ที่อยู่ในหญาแฝกโดยเฉพาะซิลิกา ที่แสดงในตารางที่ 3.3

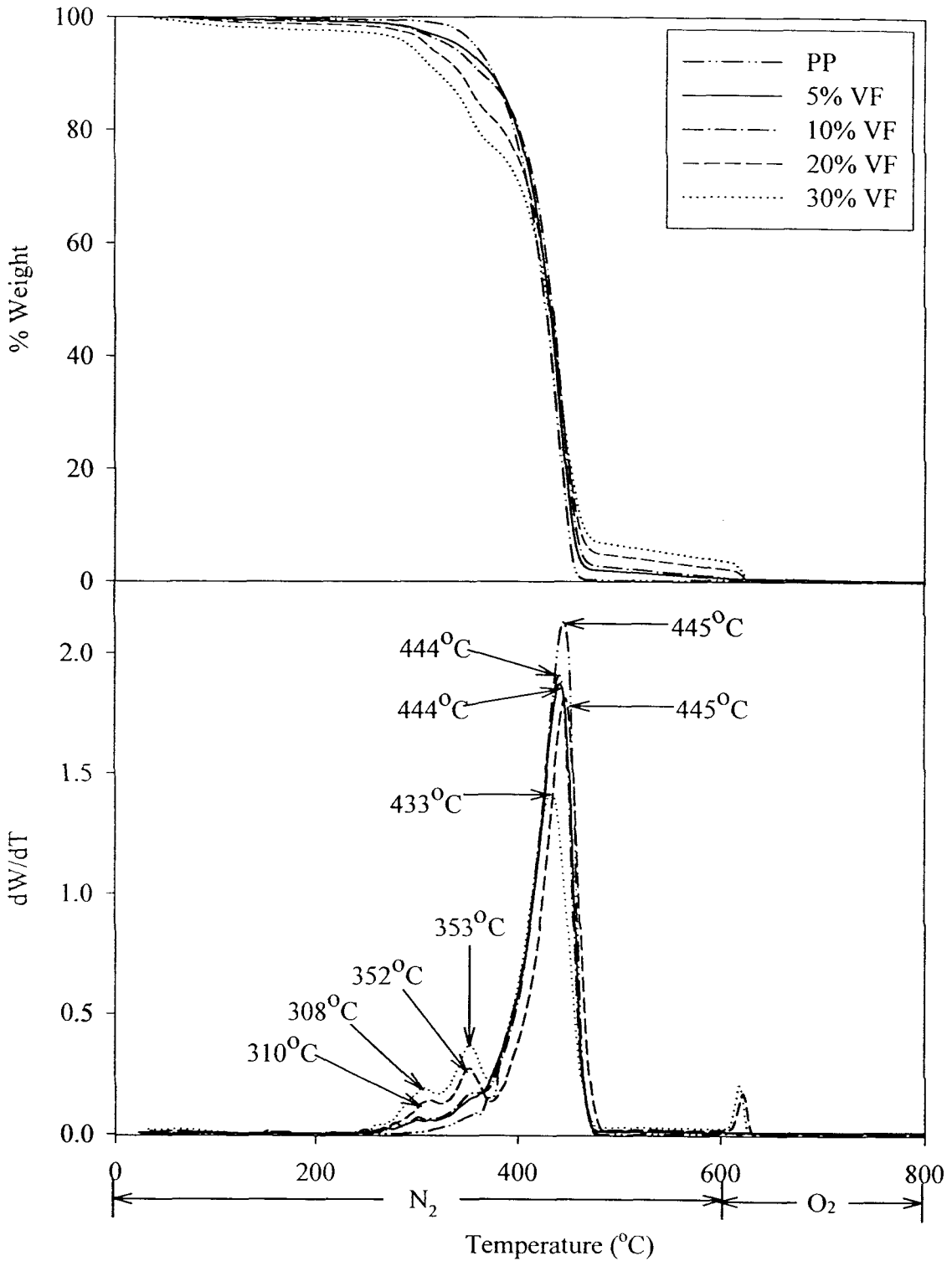


รูปที่ 3.1 กราฟ TGA และ DTG ของหญ้าแฝกชนิดต่างๆ

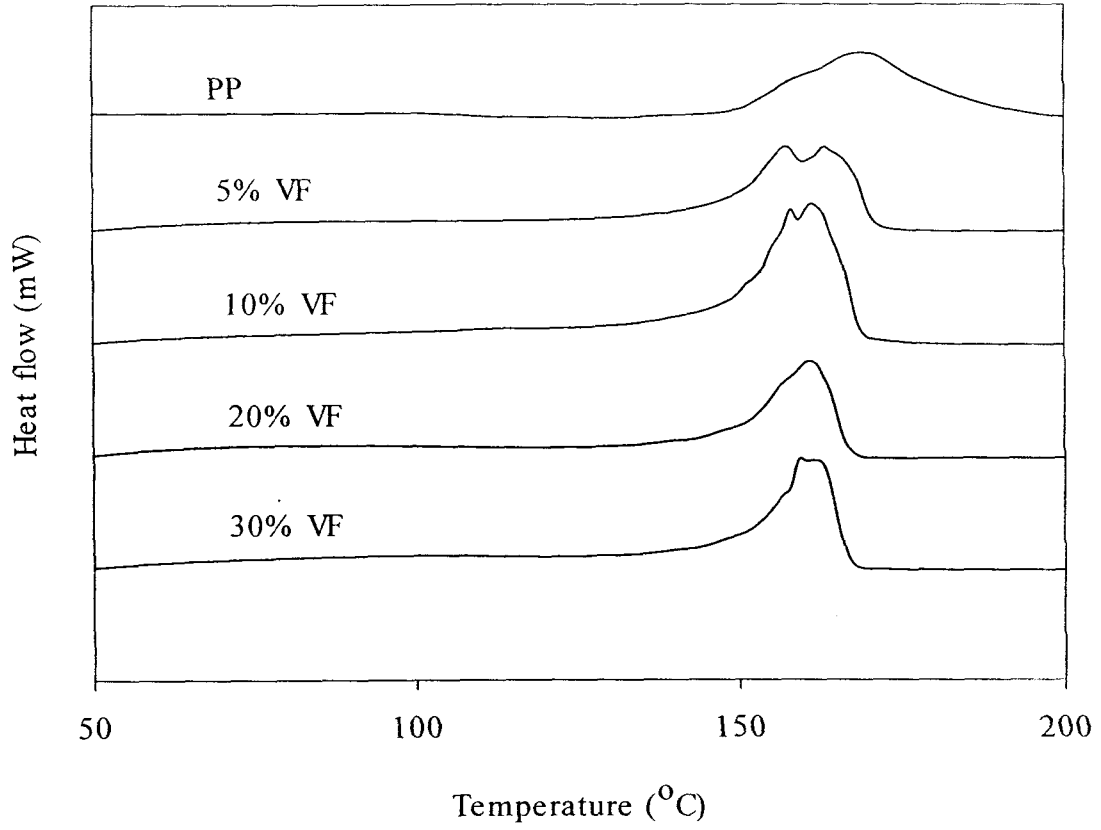
3.2.2 ผลกระทบของอัตราส่วนผสมต่อสมบัติทางความร้อนของวัสดุเชิงประกอบ

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของพอลิโพรพิลีนและวัสดุเชิงประกอบที่อัตราส่วนผสมของเส้นใยเป็น 5 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยใช้เทคนิค TGA แสดงดังรูปที่ 3.2 พบว่าที่เปอร์เซ็นต์อัตราส่วนผสมของเส้นใยหญ้าแฝกที่สูงที่สุดจะมีปริมาณของน้ำที่สะสมอยู่มากที่สุด อุณหภูมิการเสื่อมสภาพของพอลิโพรพิลีนจะอยู่ที่อุณหภูมิ 445 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิการเสื่อมสภาพของพอลิโพรพิลีนสิ้นสุดที่อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส อุณหภูมิการเสื่อมสภาพของเฮมิเซลลูโลส (308-310 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิการเสื่อมสภาพของเอลฟาเซลลูโลส (352-353 องศาเซลเซียส) สามารถพบได้เมื่ออัตราส่วนผสมที่มากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ อุณหภูมิการเสื่อมสภาพของเอลฟาเซลลูโลสของวัสดุเชิงประกอบมีค่าสูงกว่าที่พบในเส้นใยหญ้าแฝกที่ไม่ได้ผสมพอลิเมอร์ เนื่องจากพอลิโพรพิลีนสามารถช่วยหน่วงการเสื่อมสภาพของเอลฟาเซลลูโลสได้ และการเริ่มต้นของอุณหภูมิการเสื่อมสภาพของวัสดุเชิงประกอบมีค่าลดลงเมื่อปริมาณของพอลิโพรพิลีนลดลง เนื่องจากหญ้าแฝกมีความเสถียรทางความร้อนต่ำ

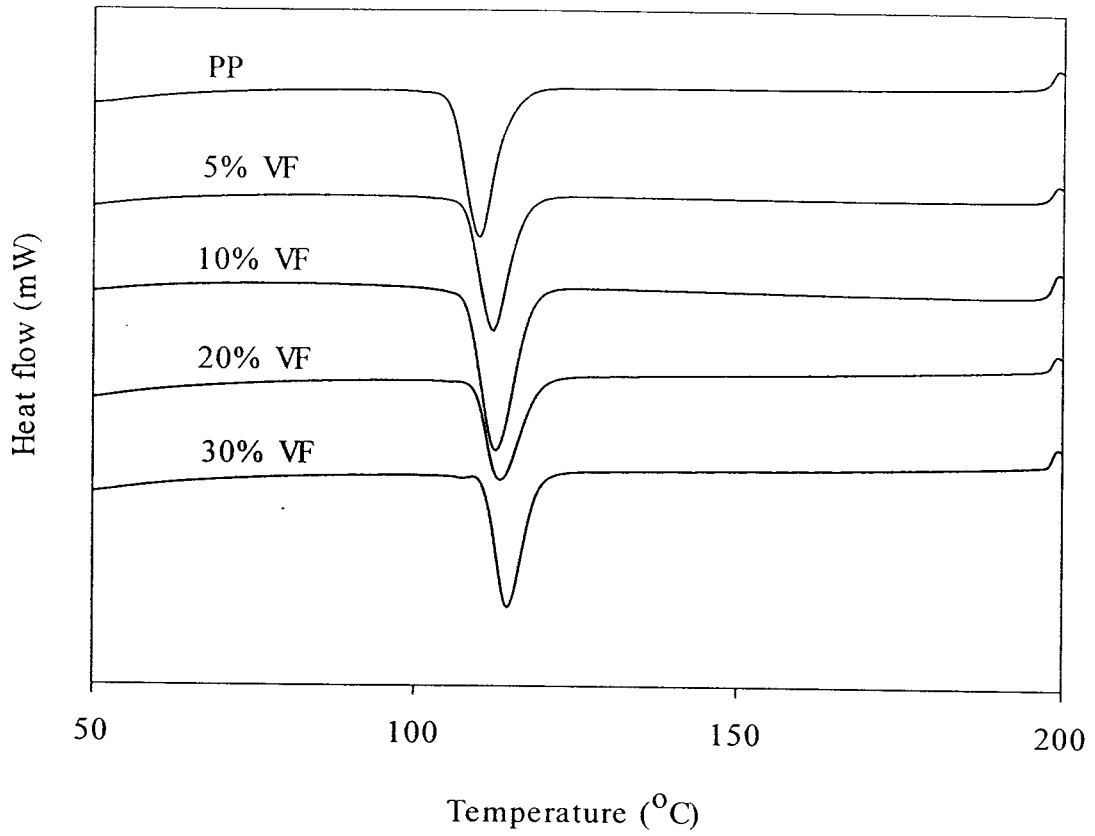
ผลการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของพอลิโพรพิลีนและวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนและหญ้าแฝกที่มีอัตราส่วนผสมต่างกัน โดยใช้เทคนิค DSC ที่ผ่านการให้ความร้อนครั้งที่หนึ่ง การทำให้เย็นตัวลง และการให้ความร้อนครั้งที่สอง แสดงดังรูปที่ 3.3-3.5 ตามลำดับ พบว่าในรูปที่ 3.3 เป็นรูปที่เกิดจากการให้ความร้อนครั้งที่หนึ่งกับพอลิโพรพิลีนและวัสดุเชิงประกอบ ซึ่งในพอลิโพรพิลีนจะมีการเปลี่ยนแปลงเส้นกราฟหนึ่งการเปลี่ยนแปลง ซึ่งแสดงถึงอุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิโพรพิลีน แต่ขณะที่ในวัสดุเชิงประกอบจะมีการเปลี่ยนแปลงเส้นกราฟเล็กๆ สองการเปลี่ยนแปลง ซึ่งการพบการเปลี่ยนแปลงเส้นกราฟ นี้สามารถอธิบายได้จากเหตุผลของลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกันในวัสดุเชิงประกอบหรืออาจอธิบายได้อีกทางหนึ่งคือ รูปแบบของผลึกที่เกิดขึ้นอย่างหลากหลายผ่านกระบวนการขึ้นรูป และลักษณะที่แตกต่างกันของรูปแบบของผลึกจะหายไปหลังจากทำลายรูปแบบทางความร้อน (thermal history) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.5 ซึ่งได้จากการให้ความร้อนครั้งที่สอง โดยการเปลี่ยนแปลงเส้นกราฟที่เกิดขึ้นจะเกิดเพียงหนึ่งการเปลี่ยนแปลง และเป็นการเปลี่ยนแปลงที่แคบ เช่นเดียวกับการศึกษาสมบัติทางความร้อนของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยลินิน โดยใช้เทคนิค DSC พบว่าลักษณะกราฟของ DSC ของวัสดุเชิงประกอบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเส้นกราฟ 2 การเปลี่ยนแปลง โดยให้เหตุผลว่าเกิดจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ต่างกัน [19]



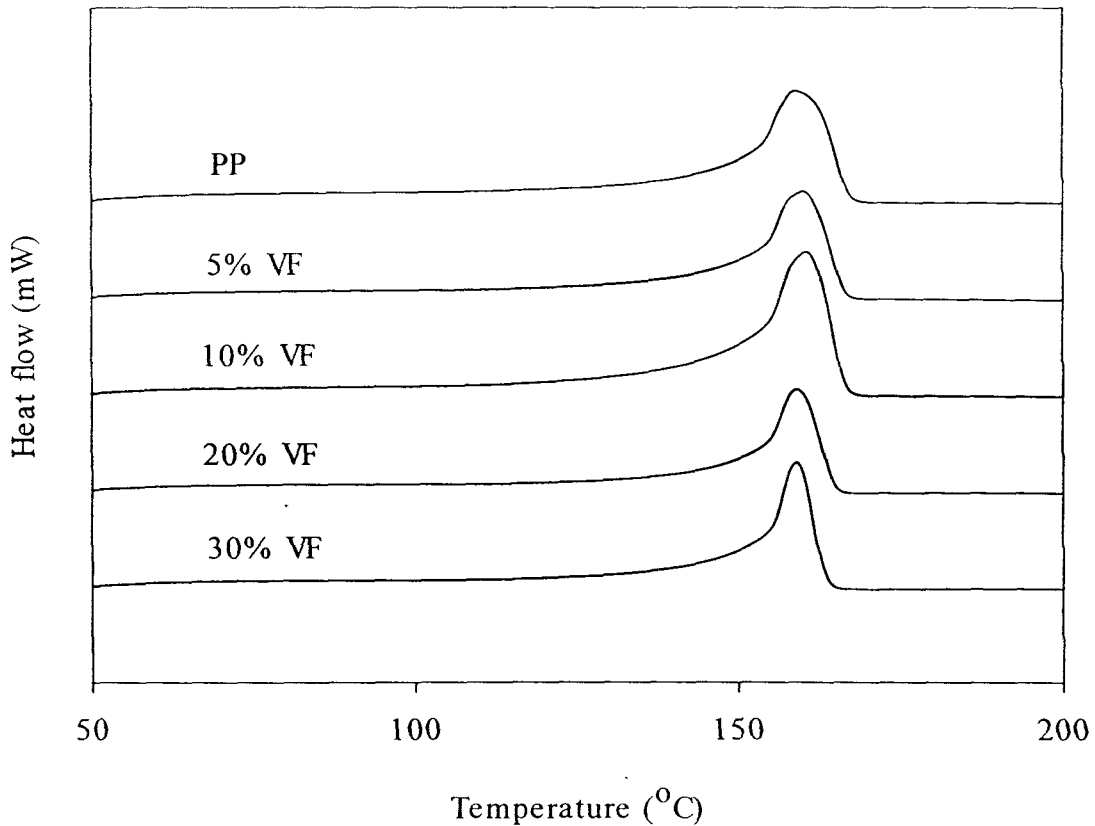
รูปที่ 3.2 กราฟ TGA และ DTG ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วน 5 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ 3.3 กราฟ DSC ของการให้ความร้อนครั้งที่หนึ่งของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับ
หญ้าแฝกที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วน 5 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ 3.4 กราฟ DSC ของการทำให้ให้เย็นตัวของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับ
หญ้าแฝกที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วน 5 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ 3.5 กราฟ DSC ของการให้ความร้อนครั้งที่สองของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับ หน้้าแฝกที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วน 5 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จากการให้ความร้อนครั้งที่สองในรูปที่ 3.5 และสรุปแสดงในตารางที่ 3.4 พบว่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของวัสดุเชิงประกอบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณหน้้าแฝกที่เติมลงไปเพิ่มขึ้น ซึ่งเช่นเดียวกับการศึกษาสมบัติทางความร้อนของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ พบว่าอุณหภูมิการหลอมเหลวไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่ออัตราส่วนของเส้นใยในวัสดุเชิงประกอบมีปริมาณต่างกัน [20] และรวมถึงการศึกษาผลกระทบของเส้นใยป่านศรนารายณ์ต่อการเกิดผลึกของพอลิโพรพิลีน พบว่าเส้นใยไม่มีผลกระทบต่ออุณหภูมิการหลอมเหลวในวัสดุเชิงประกอบ [21]

ผลการคำนวณเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกจากสมการ 2.1 และอุณหภูมิการเกิดผลึกที่ได้จากรูปที่ 3.3 และ 3.4 ตามลำดับ แสดงสรุปในตารางที่ 3.5 พบว่าอุณหภูมิการเกิดผลึกของวัสดุเชิงประกอบมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อปริมาณหน้้าแฝกเพิ่มขึ้น และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อปริมาณหน้้าแฝกเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้คือ ในกระบวนการเกิดผลึกจะ

ประกอบด้วยนิวเคลียสและการเติบโตของผลึก โดยเส้นใยหญ้าแฝกที่อยู่ในวัสดุเชิงประกอบจะแสดงตัวเหมือนเป็นนิวเคลียสสำหรับที่จะเกิดเป็นผลึก ซึ่งเป็นผลให้อุณหภูมิการเกิดผลึกเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณหญ้าแฝกเพิ่มขึ้น หลังจากการเกิดเป็นนิวเคลียสแล้ว ก็ตามด้วยขั้นที่เติบโตเป็นผลึก ซึ่งในกระบวนการเกิดผลึกนี้ เส้นใยหญ้าแฝกอาจเป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ของโมเลกุลขณะการหลอมเหลวจึงส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกลดลงเมื่อปริมาณหญ้าแฝกเพิ่มขึ้น [20, 22]

ตารางที่ 3.4 อุณหภูมิการหลอมเหลวของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF โดยมีอัตราส่วนผสมต่างกันที่ได้จากการให้ความร้อนครั้งที่สอง

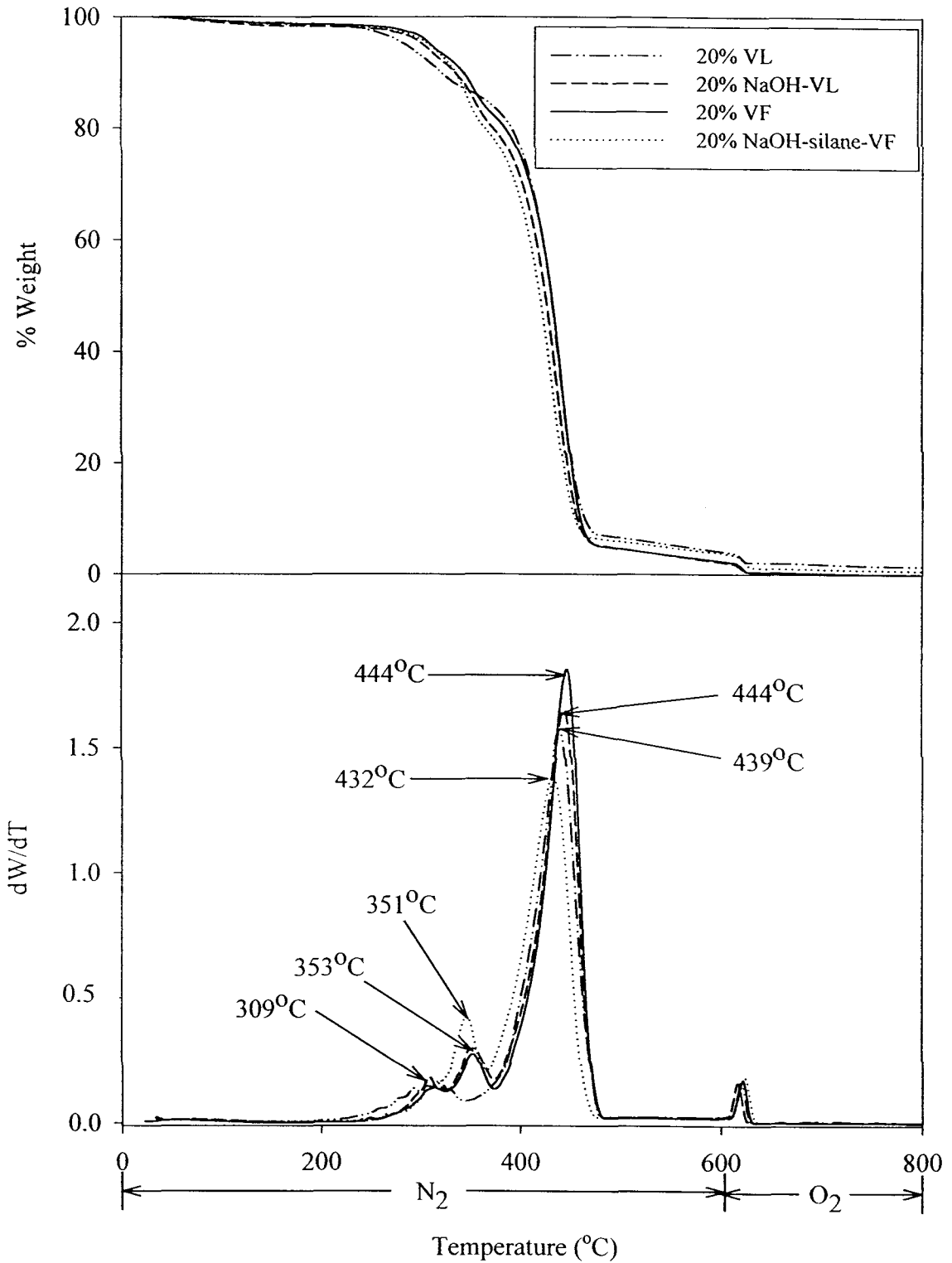
อัตราส่วนผสม (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิการหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)
0	159
5	159
10	160
20	159
30	159

ตารางที่ 3.5 อุณหภูมิการเกิดผลึก และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF โดยมีอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน

อัตราส่วนผสม (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิการเกิดผลึก (องศาเซลเซียส)	เปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก
0	109	45.1
5	111	44.7
10	112	44.4
20	113	37.8
30	114	33.7

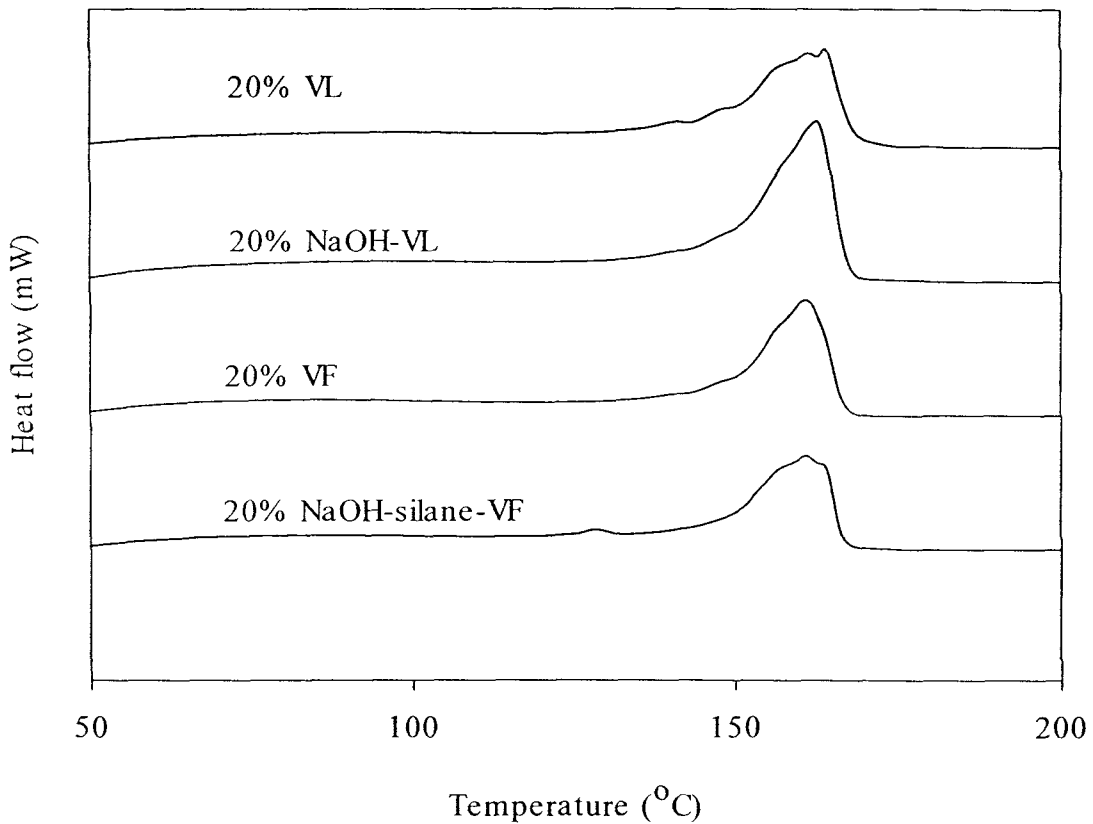
3.2.3 ผลกระทบของการปรับปรุงหน้าแปลกโดยกระบวนการทางเคมีต่อสมบัติทางความร้อนของวัสดุเชิงประกอบ

การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนและหน้าแปลกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยใช้เทคนิค TGA แสดงดังรูปที่ 3.6 พบว่าจากกราฟ TGA ของวัสดุเชิงประกอบเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงมวลของหน้าแปลกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เนื่องจากการระเหยของน้ำ อุณหภูมิการเสื่อมสภาพของเอลฟาเซลลูโลสของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหน้าแปลกที่ได้จาก NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF อยู่ในช่วงอุณหภูมิเดียวกัน (351-353 องศาเซลเซียส) ซึ่งจากช่วงอุณหภูมิการเสื่อมสภาพของเอลฟาเซลลูโลสของวัสดุเชิงประกอบ มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิการเสื่อมสภาพของเอลฟาเซลลูโลสของ NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF (343-348 องศาเซลเซียส) อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิการเสื่อมสภาพของเอลฟาเซลลูโลสของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหน้าแปลกที่ได้จาก VL ไม่สามารถพบได้ และอุณหภูมิเริ่มต้นการเสื่อมสภาพของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จาก VL จะมีค่าต่ำกว่าเส้นใยชนิดอื่น เนื่องจากความเสถียรทางความร้อนที่ต่ำของ VL

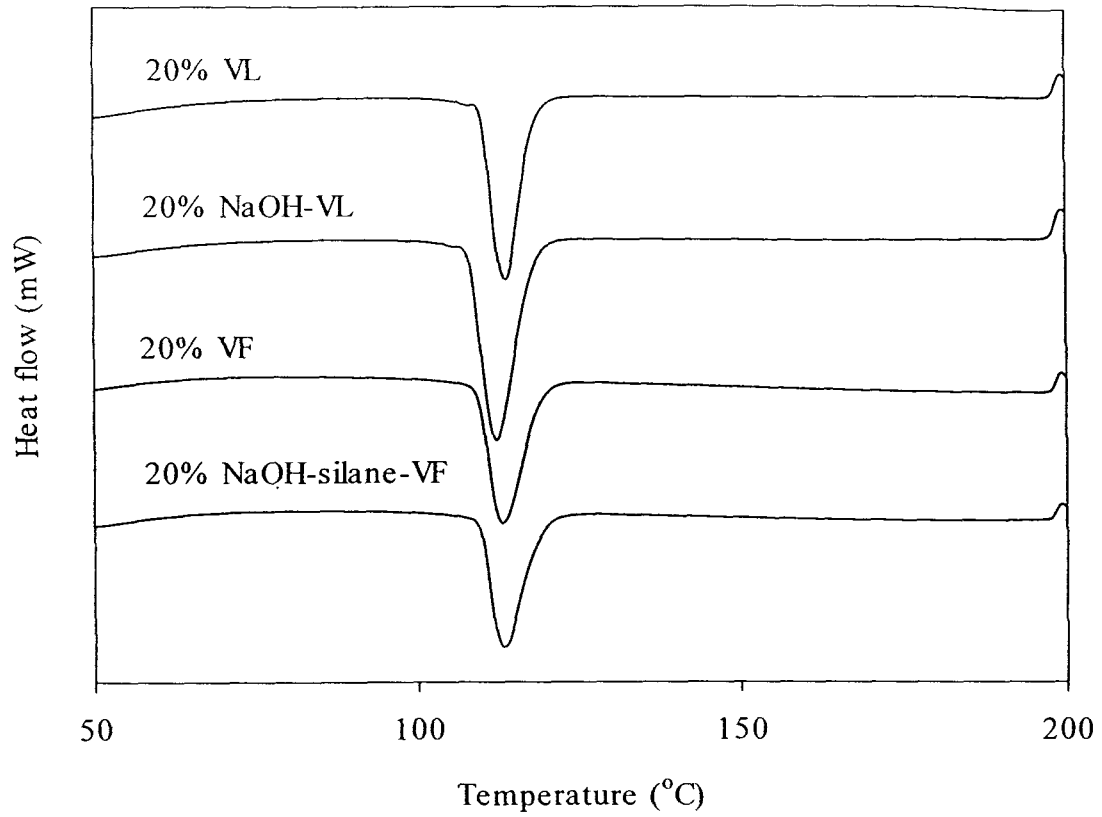


รูปที่ 3.6 กราฟ TGA และ DTG ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหยู้าแฝกชนิดต่างๆ ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

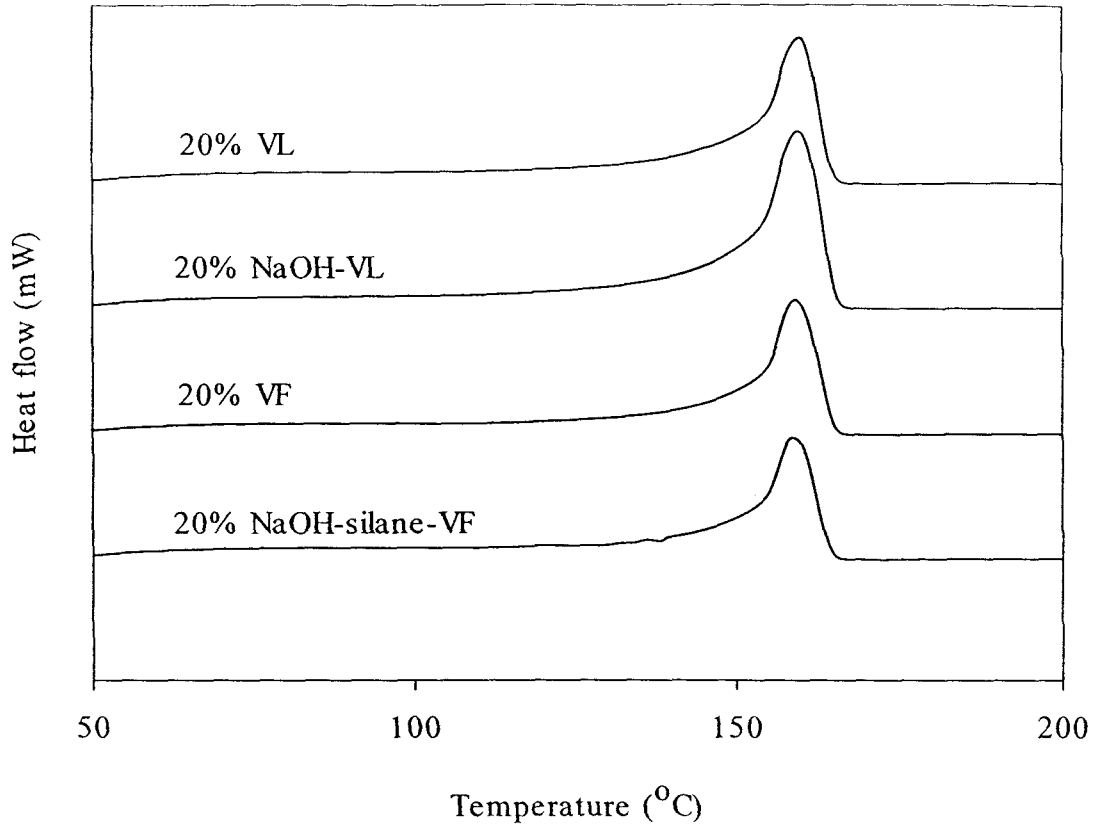
การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนโดยใช้เทคนิค DSC ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนและหญ้าแฝกที่เตรียมจาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วนผสมเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากการให้ความร้อนครั้งที่หนึ่ง การทำให้เย็นตัวลง และการให้ความร้อนครั้งที่สอง แสดงดังรูปกราฟที่ 3.7-3.9 ตามลำดับ พบว่าในรูปที่ 3.7 เป็นการให้ความร้อนครั้งที่หนึ่งของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนและหญ้าแฝก จะมีการเปลี่ยนแปลงโดยเกิดเป็นการเปลี่ยนแปลงเส้นกราฟเล็กๆ หลายการเปลี่ยนแปลง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าอาจเกิดจากรูปแบบของผลึกที่เกิดขึ้นอย่างหลากหลายผ่านกระบวนการขึ้นรูป และลักษณะที่แตกต่างของรูปแบบผลึกจะหายไปหลังจากทำลายรูปแบบทางความร้อน (thermal history) ซึ่งจะเกิดพีคของอุณหภูมิการหลอมเหลวเพียงหนึ่งพีคจากการให้ความร้อนครั้งที่สองในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.7 กราฟ DSC ของการให้ความร้อนครั้งที่หนึ่งของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกชนิดต่างๆ ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ 3.8 กราฟ DSC ของการทำให้เย็นตัวของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหยูนาแฝกชนิดต่างๆ ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ 3.9 กราฟ DSC ของการให้ความร้อนครั้งที่สองของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับ
 หน้ําเฝือกชนิดต่างๆ ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

การวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวที่ได้จากการให้ความร้อนครั้งที่สองในรูปที่ 3.9 แสดงในตารางที่ 3.6 พบว่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหน้ําเฝือกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การคำนวณเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก จากสมการที่ 2.1 และอุณหภูมิการเกิดผลึก ได้จากรูปที่ 3.7 และ 3.8 ตามลำดับ แสดงสรุปในตารางที่ 3.7 พบว่าอุณหภูมิการเกิดผลึกของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหน้ําเฝือกที่ได้จาก NaOH-VL มีค่าสูงกว่า VL เล็กน้อย เนื่องจากโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถจัดตั้งสกรูออกจกผิวของหน้ําเฝือกได้ จึงทำให้เพิ่มบริเวณของการเกิดเป็นผลึกได้มากขึ้น นอกจากนี้ เปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหน้ําเฝือกที่ได้จาก NaOH-silane-VF มีค่าสูงกว่า VF เล็กน้อย อาจเนื่องจากโซเดียมที่ติดบนผิวของเส้นใยเป็นนิวเคลียสสำหรับกระบวนการเกิดผลึก

ตารางที่ 3.6 อุณหภูมิการหลอมเหลวของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่ได้จากการให้ความร้อนที่สอง

ชนิดของหญ้าแฝก	อุณหภูมิการหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)
VL	159
NaOH-VL	159
VF	159
NaOH-silane-VF	158

ตารางที่ 3.7 อุณหภูมิการเกิดผลึก และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ชนิดของหญ้าแฝก	อุณหภูมิการเกิดผลึก (องศาเซลเซียส)	เปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก
VL	113	36.05
NaOH-VL	112	38.66
VF	113	34.35
NaOH-silane-VF	113	40.57

3.3 สมบัติทางวิทยกระแสของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีน

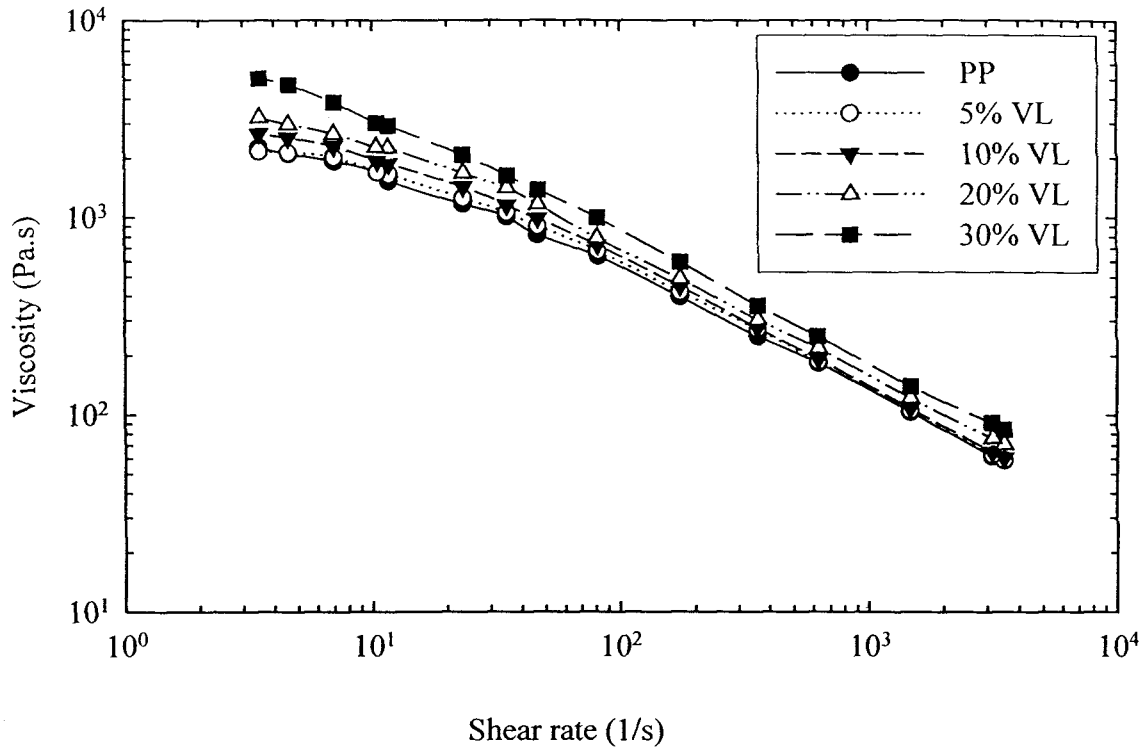
3.3.1 ผลกระทบของอัตราส่วนผสมต่อสมบัติทางวิทยกระแสของวัสดุเชิงประกอบ

ค่าดัชนีการไหลของพอลิโพรพิลีนและวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF โดยมีอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน ณ สภาวะการทดลองที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส แสดงในตารางที่ 3.8 พบว่าค่าดัชนีการไหลของพอลิโพรพิลีนมีค่าสูงกว่าวัสดุเชิงประกอบ และค่าดัชนีการไหลของวัสดุเชิงประกอบมีค่าลดลงเมื่อปริมาณหญ้าแฝกเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงว่าความหนืดของวัสดุเชิงประกอบมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณหญ้าแฝกเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาวัสดุเชิงประกอบระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับพอลิโพรพิลีนที่พบว่าค่าดัชนีการไหลมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนของเส้นใยมะพร้าวเพิ่มขึ้น [23]

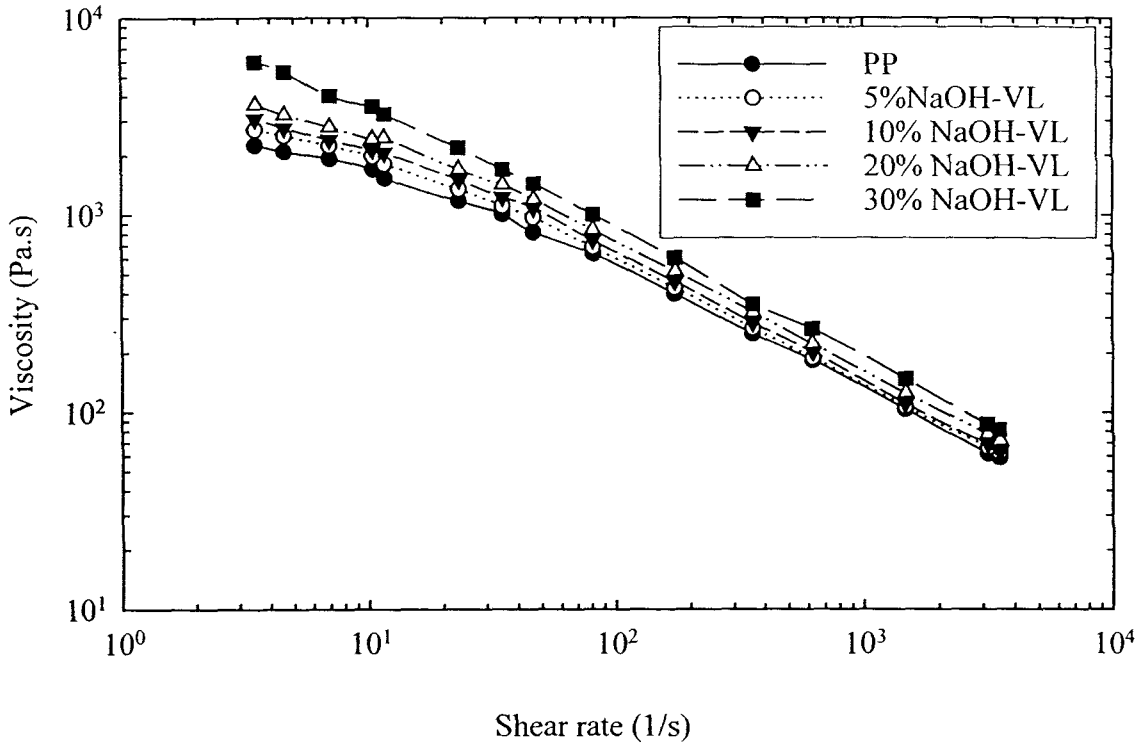
ตารางที่ 3.8 ค่าดัชนีการไหลของพอลิโพรพิลีนและวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF โดยมีอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน

อัตราส่วนผสม (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	ค่าดัชนีการไหล (กรัมต่อ10นาที)
0	3.02
5	2.83
10	2.09
20	1.17
30	0.65

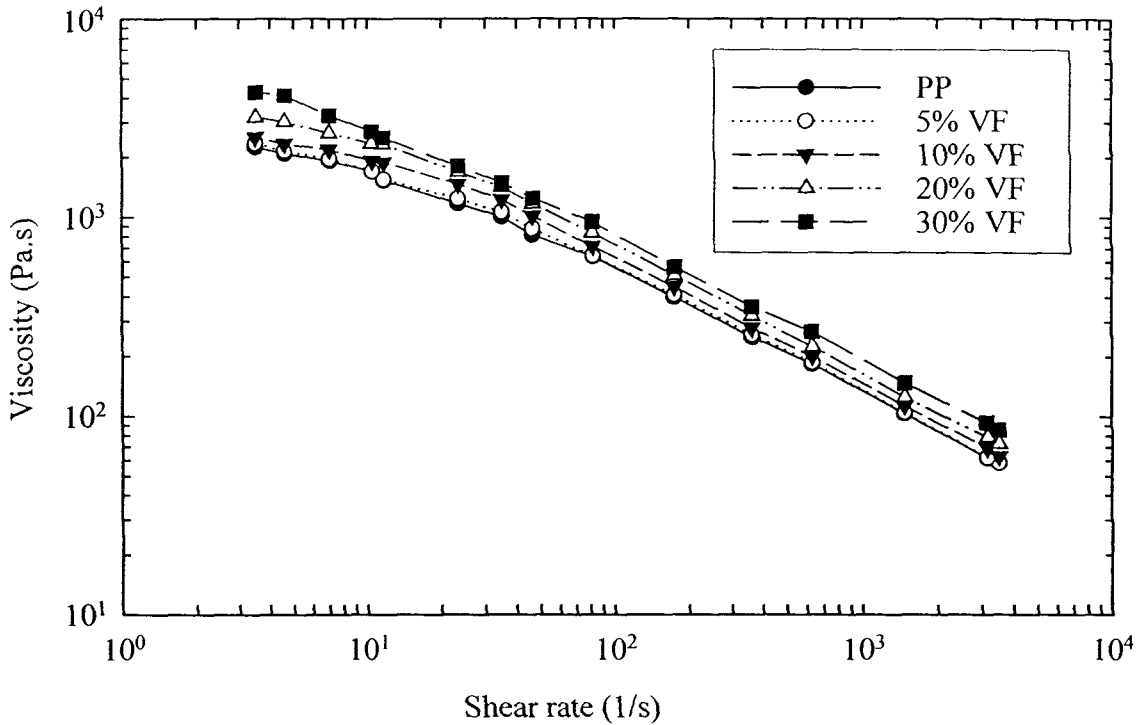
กราฟแสดงการไหลของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VL NaOH-VL และ VF ที่อัตราส่วนผสมต่างกัน แสดงในรูปที่ 3.10-3.12 ตามลำดับ จากรูปทั้งสาม พบว่าวัสดุเชิงประกอบมีค่าความหนืดสูงกว่าพอลิโพรพิลีนในทุกๆ อัตราเงื่อนไข เนื่องจากหญ้าแฝกเป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ในทิศทางการไหลของพอลิโพรพิลีน นอกจากนี้ ความหนืดของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณหญ้าแฝกเพิ่มขึ้น และที่อัตราเงื่อนไขต่างๆ ค่าความหนืดจะแตกต่างกันอย่างชัดเจน เนื่องจากอัตราเงื่อนไขที่สูงหญ้าแฝกจะสามารถจัดเรียงตัวในทิศทางการไหลได้สมบูรณ์กว่าการที่มีอัตราเงื่อนไขที่ต่ำกว่า เช่นเดียวกับการศึกษาสมบัติทางวิทยกระแสของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำกับเส้นใยสับปะรด ที่รายงานว่าความหนืดของเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมเส้นใยมีค่าเพิ่มขึ้น [24]



รูปที่ 3.10 กราฟแสดงความหนืดที่อัตราเฉือนต่างๆ ณ อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหนุ่้าแฝกที่ได้จาก VL ที่อัตราส่วนผสมต่างกัน



รูปที่ 3.11 กราฟแสดงความหนืดที่อัตราเฉือนต่างๆ ณ อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ที่อัตราส่วนผสมต่างกัน



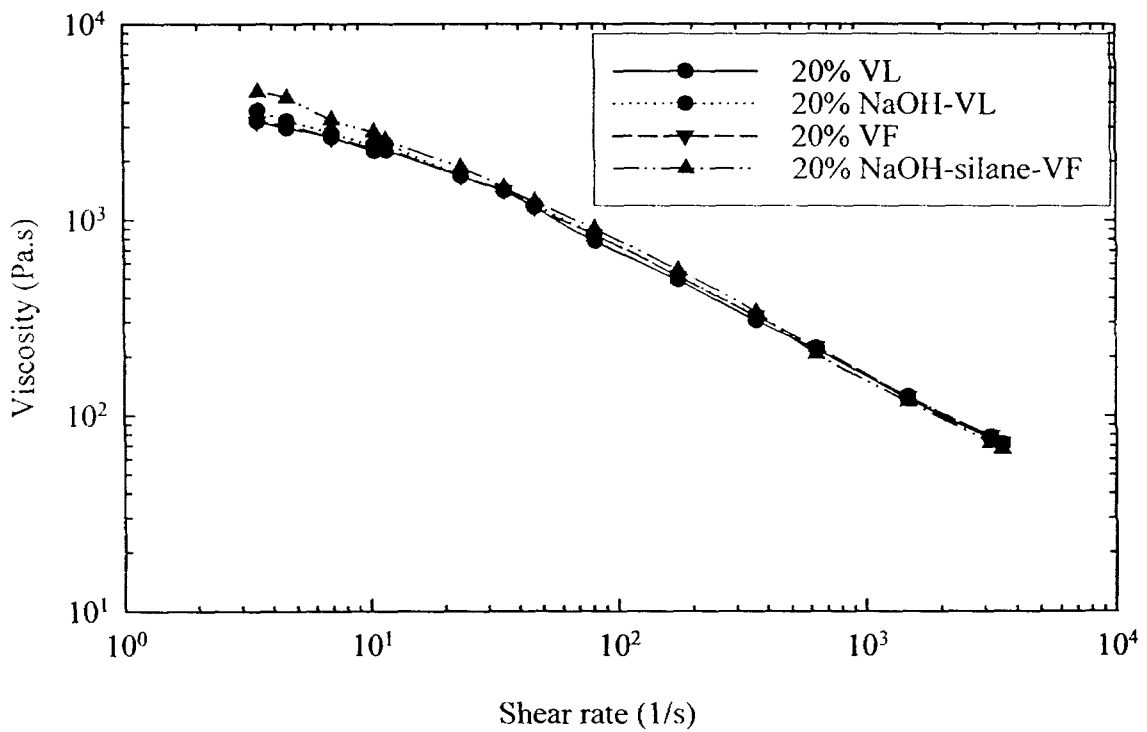
รูปที่ 3.12 กราฟแสดงความหนืดที่อัตราเฉือนต่างๆ ณ อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วนผสมต่างกัน

3.3.2 ผลกระทบของการปรับปรุงหญ้าแฝกโดยกระบวนการทางเคมีต่อสมบัติทางวิทย กระแสของวัสดุเชิงประกอบ

ค่าดัชนีการไหลของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แสดงในตารางที่ 3.9 พบว่าวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จากเส้นใยหญ้าแฝก (VF และ NaOH-silane-VF) มีค่าดัชนีการไหลของต่ำกว่าวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จากใบหญ้าแฝก (VL NaOH-VL) เล็กน้อย ซึ่งหมายความว่าความหนืดของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จากเส้นใยมีค่าสูงกว่าใบหญ้าแฝก ซึ่งแสดงได้ดังกราฟการไหลของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วนผสม 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในรูปที่ 3.13 พบว่าที่อัตราการเฉือนที่สูง (10^2 - 10^4 s^{-1}) ความหนืดของวัสดุเชิงประกอบจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 3.9 ค่าดัชนีการไหลของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ชนิดของหญ้าแฝก	ค่าดัชนีการไหล (กรัมต่อ10นาท)
VL	1.66
NaOH-VL	1.36
VF	1.17
NaOH-silane-VF	1.17



รูปที่ 3.13 กราฟแสดงความหนืดที่อัตราเฉือนต่างๆ ณ อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกชนิดต่างๆ ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

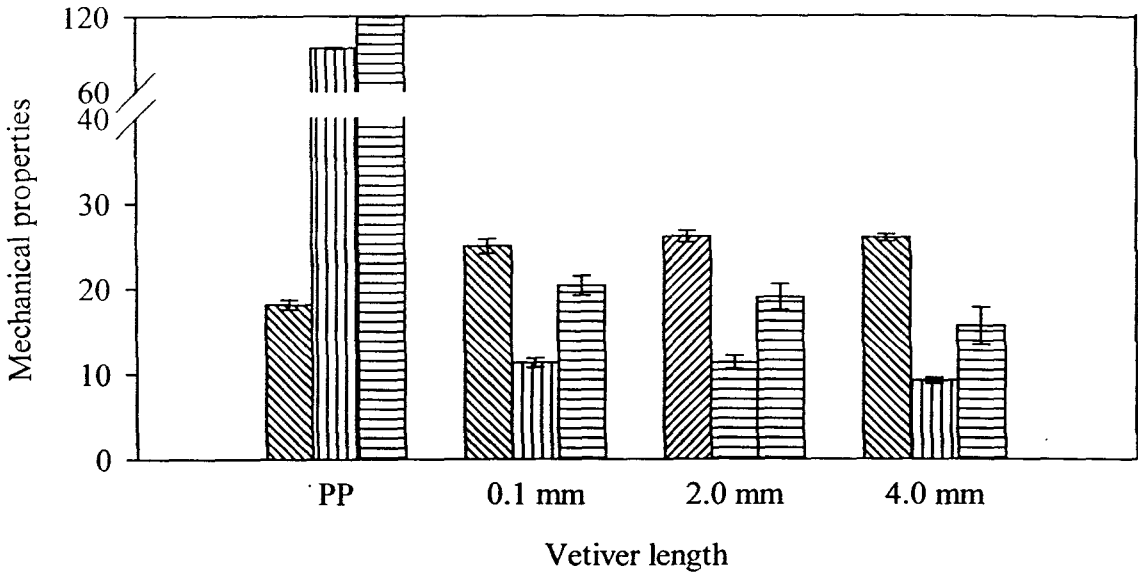
3.4 สมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีน

3.4.1 ผลกระทบของความยาวหญ้าแฝกต่อสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบ

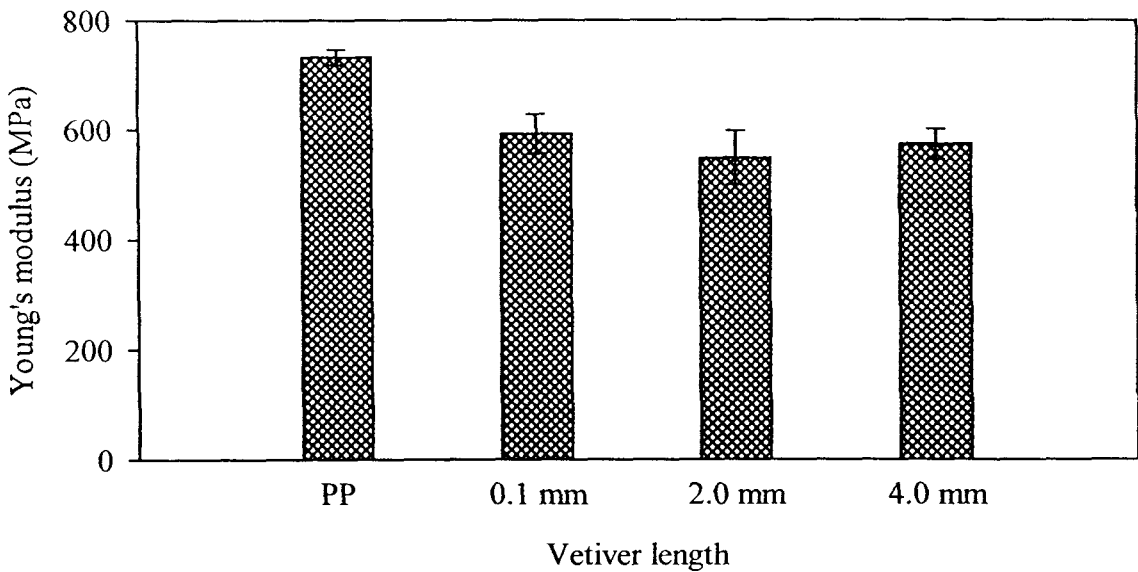
การวิเคราะห์ผลกระทบของความยาวหญ้าแฝกที่มีต่อค่าความแข็งแรงต่อการดึง ค่ามอดูลัสของยัง ค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และค่าความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แสดงดังตารางที่ 3.10 และรูปที่ 4.14-4.15 พบว่าวัสดุเชิงประกอบที่มีความยาวต่างกันจะมีค่าความแข็งแรงต่อการดึง และค่ามอดูลัสของยัง ไม่แตกต่างกัน ค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหักของวัสดุเชิงประกอบมีค่าลดลงเล็กน้อยที่ความยาวหญ้าแฝกเท่ากับ 4 มิลลิเมตร และเมื่อความยาวหญ้าแฝกเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งแรงต่อการกระแทกมีค่าลดลงเล็กน้อย เนื่องจากขณะผ่านกระบวนการขึ้นรูปหญ้าแฝกบางส่วนที่มีความยาวสูงสุดอาจขาดและทำให้ที่มีความยาวสั้นลง โดยที่ความยาวสุดท้ายที่ได้นั้นอาจเป็นความยาวที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นผลให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับการศึกษาวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับปอลิเอทิลีน และพอลิโพรพิลีนกับปานสตรนารายณ์ พบว่าค่าความแข็งแรงต่อการดึงที่ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเส้นใยมีความยาวที่ยาวกว่า 5 มิลลิเมตร [8, 25]

ตารางที่ 3.10 ค่าความแข็งแรงต่อการดึง ค่ามอดูลัสของยัง ค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และค่าความแข็งแรงต่อการกระแทก ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ความยาว (มิลลิเมตร)	ความแข็งแรงต่อ การดึง (MPa)	มอดูลัสของยัง (MPa)	ความเครียด ณ จุดแตกหัก (%)	ความแข็งแรงต่อการ กระแทก (kJ/m ²)
0.10	24.93±0.86	592.45±36.19	11.30±0.54	20.32±1.15
2.00	26.08±0.69	548.18±49.14	11.33±0.77	18.97±1.51
4.00	25.92±0.40	573.30±27.65	9.19±0.33	15.62±2.19



รูปที่ 3.14 กราฟแสดงความแข็งแรงต่อการดึง เปรอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และความแข็งแรงต่อการกระแทก ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ที่อัตราส่วน 20 เปรอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโดยมีความยาวหญ้าแฝกต่างกัน



รูปที่ 3.15 กราฟแสดงมอดูลัสของยังของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ที่อัตราส่วน 20 เปรอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโดยมีความยาวหญ้าแฝกต่างกัน

3.4.2 ผลกระทบของลำดับการผสมต่อสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบ

ค่าความแข็งแรงต่อการดึง ค่ามอดูลัสของยัง ค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และค่าความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ที่ความยาวหญ้าแฝก 2 มิลลิเมตร โดยมีลำดับการผสมที่ต่างกัน คือ การผสมวิธีที่ 1 และการผสมวิธีที่ 2 ซึ่งอ้างถึงในหัวข้อ 3.2.2 แสดงดังตารางที่ 3.11 ซึ่งทั้ง 2 วิธีการผสมจะต่างกันที่ลำดับการใส่หญ้าแฝกและเวลาในการผสมหญ้าแฝก ในการผสมวิธีที่ 1 ทำโดยใส่หญ้าแฝกหลังจากพอลิโพรพิลีนหลอมเหลวไปแล้ว 5 นาที และผสมต่อไปเป็นระยะเวลาอีก 5 นาที ในการผสมวิธีที่ 2 หญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีนจะผสมรวมกันเป็นระยะเวลา 10 นาที ซึ่งผลของค่าความแข็งแรงต่อการดึงและค่าความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากการผสมวิธีที่ 1 และการผสมวิธีที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ค่ามอดูลัสของยังของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากการผสมวิธีที่ 2 มีค่าสูงกว่าการผสมวิธีที่ 1 และค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหักของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากการผสมวิธีที่ 2 มีค่าต่ำกว่าการผสมวิธีที่ 1 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ การผสมหญ้าแฝกในระยะเวลาที่นานกว่าจะทำให้หญ้าแฝกสามารถกระจายตัวได้ดีกว่า ในทางตรงกันข้ามก็อาจทำให้หญ้าแฝกเกิดการเสื่อมสภาพได้ เนื่องจากความสามารถที่ต้านทานต่อความร้อนที่ต่ำของหญ้าแฝก

ตารางที่ 3.11 ความแข็งแรงต่อการดึง มอดูลัสของยัง เปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และค่าความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ในอัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ความยาว 2 มิลลิเมตร โดยมีลำดับการผสมที่ต่างกัน

วิธีการผสม	ความแข็งแรงต่อการดึง (MPa)	มอดูลัสของยัง (MPa)	ความเครียด ณ จุดแตกหัก (%)	ความแข็งแรงต่อการกระแทก (kJ/m ²)
1	26.08±0.69	584.18±49.17	11.33±0.77	18.97±1.51
2	25.73±0.26	1220.00±50.35	7.90±0.70	17.25±0.95

3.4.3 ผลกระทบของอัตราส่วนผสมต่อสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบ

การวิเคราะห์ผลกระทบของอัตราส่วนผสมของหญ้าแฝกที่มีต่อค่าความแข็งแรงต่อการดึง ค่ามอดูลัสของยัง ค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และค่าความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ที่อัตราส่วนผสมต่างกัน แสดงดังตารางที่ 3.12 และในรูปที่ 3.16-3.17 พบว่าค่าความแข็งแรงต่อการดึงของวัสดุเชิงประกอบมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อปริมาณหญ้าแฝกเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากการเพิ่มปริมาณหญ้าแฝกทำให้เกิดการเลื่อนตัว (slipping) ของหญ้าแฝกในพอลิโพรพิลีน และการลดลงอย่างมากของค่าความแข็งแรงต่อการดึงที่ปริมาณหญ้าแฝกที่สูง เป็นเพราะการเพิ่มจำนวนหญ้าแฝกในวัสดุเชิงประกอบเป็นจุดที่ทำให้เกิดช่องว่างหรือ โพรงอากาศ ซึ่งเป็นบริเวณที่วัสดุเชิงประกอบเริ่มแตกและส่งผลให้เกิดความเสียหายได้ โดยการลดลงของค่าความแข็งแรงต่อการดึงเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นนี้สามารถพบได้จากการศึกษาวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยคูดซุ (kudzu) เส้นใยมะพร้าว และเส้นใยป่านศรนารายณ์ [23, 26-27] นอกจากนี้ค่าความแข็งแรงต่อการดึง จะลดลงเมื่อปริมาณผงไม้ในพอลิเอทิลีน ความหนาแน่นต่ำมีค่าสูงขึ้น [28] ในทางตรงกันข้าม โจเซฟ และคณะ ศึกษาวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ พบว่าค่าความแข็งแรงต่อการดึงเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น [29] อย่างไรก็ตามการศึกษาวัสดุเชิงประกอบของกาลานานี และคณะพบว่าค่าความแข็งแรงต่อการดึง ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อปริมาณเส้นใยคินาฟเพิ่มขึ้น [30]

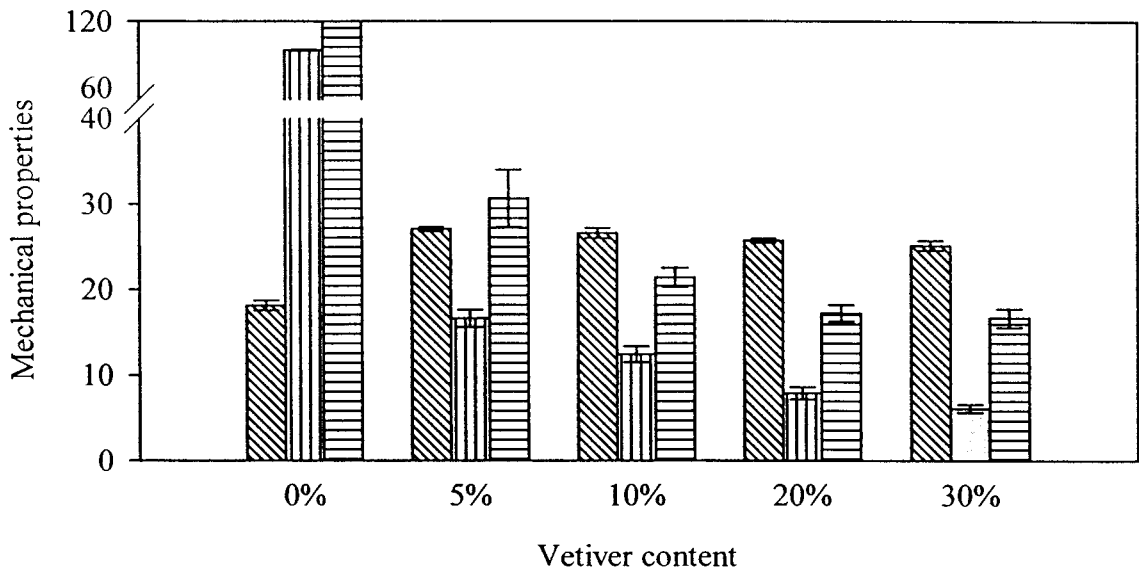
ค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหักของวัสดุเชิงประกอบมีค่าลดลงเมื่อปริมาณหญ้าแฝกเพิ่มขึ้น เนื่องจากหญ้าแฝกมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก ต่ำกว่าพอลิโพรพิลีน และการลดลงของค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหักเมื่อปริมาณหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นสามารถพบได้จากการศึกษาวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยมะพร้าว [23] ยิ่งกว่านั้น ค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหักลดลงเมื่อปริมาณผงไม้ในพอลิโพรพิลีนเพิ่มขึ้น [28]

ค่าความแข็งแรงต่อการกระแทกของพอลิโพรพิลีนจะไม่สามารถหาค่าได้เนื่องจากขึ้นทดสอบพอลิโพรพิลีน ไม่หักเมื่อ ได้รับแรงสูงสุดของเครื่องทดสอบแรงกระแทก ซึ่งมีขีดจำกัดอยู่ที่ 5.4 จูล อย่างไรก็ตาม ค่าความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบมีค่าต่ำกว่าพอลิโพรพิลีน และค่าความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบค่อยๆ ลดลงเมื่อปริมาณหญ้าแฝกเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณหญ้าแฝกที่มีอยู่มากจะทำให้เกิดการเกาะกลุ่มรวมกันและเกิดเป็นโพรงอากาศขึ้นในวัสดุเชิงประกอบ จึงทำให้การยึดติดกันระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกไม่ดี และทำให้เกิดการแตกหักและเสียหายได้ จึงเป็นผลให้ค่าความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบมีค่าลดลงเมื่อปริมาณหญ้าแฝกเพิ่มขึ้น จากการลดลงของค่าความแข็งแรงต่อการกระแทกนี้ให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยคินาฟ [30, 31]

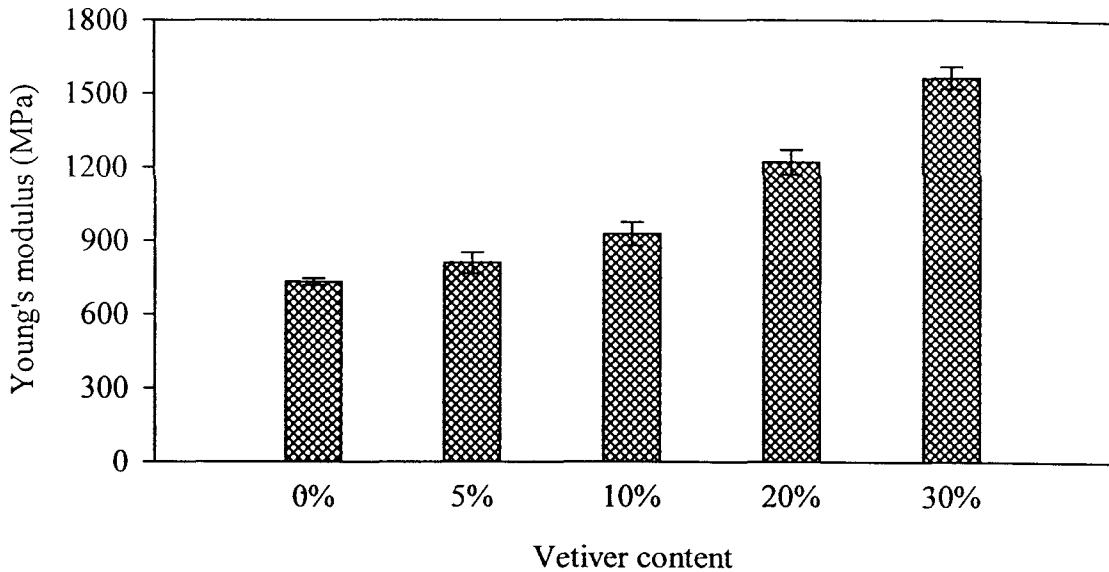
ตารางที่ 3.12 ความแข็งแรงต่อการดึง มอดูลัสของยัง เปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และ ความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝก ที่ได้จาก NaOH-VL ในอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน

อัตราส่วนผสม (เปอร์เซ็นต์โดย น้ำหนัก)	ความแข็งแรง ต่อการดึง (MPa)	มอดูลัสของยัง (MPa)	ความเครียด ณ จุดแตกหัก (%)	ความแข็งแรงต่อ การกระแทก (kJ/m ²)
0	18.14 ± 0.58*	732.45 ± 14.13*	94.25 ± 0.70*	>119.60
5	27.08 ± 0.26	809.52 ± 42.48	16.63 ± 1.02	30.66 ± 3.34
10	26.60 ± 0.59	925.83 ± 47.36	12.44 ± 0.93	21.43 ± 1.12
20	25.73 ± 0.26	1220.00 ± 50.35	7.90 ± 0.70	17.25 ± 0.95
30	25.12 ± 0.59	1565.00 ± 44.22	6.12 ± 0.47	16.65 ± 1.09

* ความเร็วในการดึง 50 มิลลิเมตรต่อนาที



รูปที่ 3.16 กราฟแสดงความแข็งแรงต่อการดึง เปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ในอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน



รูปที่ 3.17 กราฟแสดง มอดูลัสของยัง ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ในอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน

ค่ามอดูลัสของยังของวัสดุเชิงประกอบมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณหญ้าแฝกเพิ่มขึ้น เนื่องจากค่ามอดูลัสของยังของหญ้าแฝกจากตารางที่ 3.1 มีค่าสูงกว่าพอลิโพรพิลีนมาก เช่นเดียวกับการศึกษาสมบัติทางกลวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยคินาฟ มะพร้าว ป่าน สรณารายณ์ป่านเฮมพ์ ปอ และผงไม้ พบว่าค่ามอดูลัสของยังของวัสดุเชิงประกอบมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น [2, 8, 26-28, 30]

อุณหภูมิการบิดงอของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF โดยมีอัตราส่วนผสมที่ต่างกันแสดงในตารางที่ 3.13 พบว่าอุณหภูมิของการบิดงอของวัสดุเชิงประกอบมีค่าสูงขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น ที่อัตราส่วนผสม 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักอุณหภูมิของการบิดงอของวัสดุเชิงประกอบมีค่าสูงขึ้นถึง 64 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับพอลิโพรพิลีนของการศึกษาอุณหภูมิการบิดงอของวัสดุเชิงประกอบระหว่างเส้นใยมะพร้าวและพอลิโพรพิลีนมีค่าเพิ่มขึ้น 2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับพอลิโพรพิลีน [23]

ตารางที่ 3.13 อุณหภูมิการบีดงของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF โดยมีอัตราส่วนที่ต่างกัน

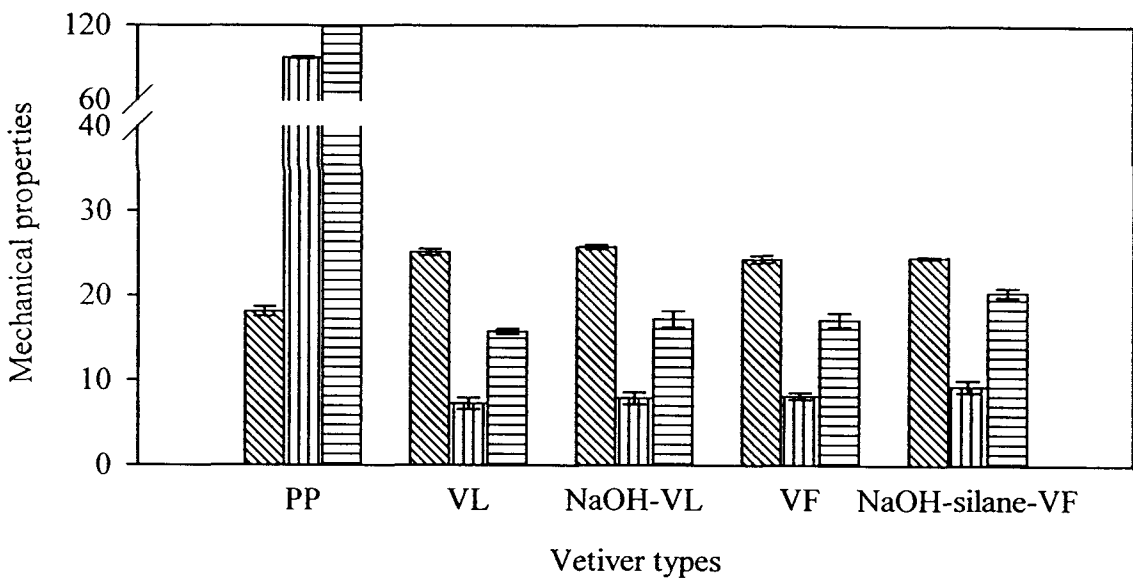
อัตราส่วนผสม (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิการบีดง (องศาเซลเซียส)
0	81
5	94
10	109
20	125
30	133

3.4.4 ผลกระทบของการปรับปรุงหญ้าแฝกโดยกระบวนการทางเคมีต่อสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบ

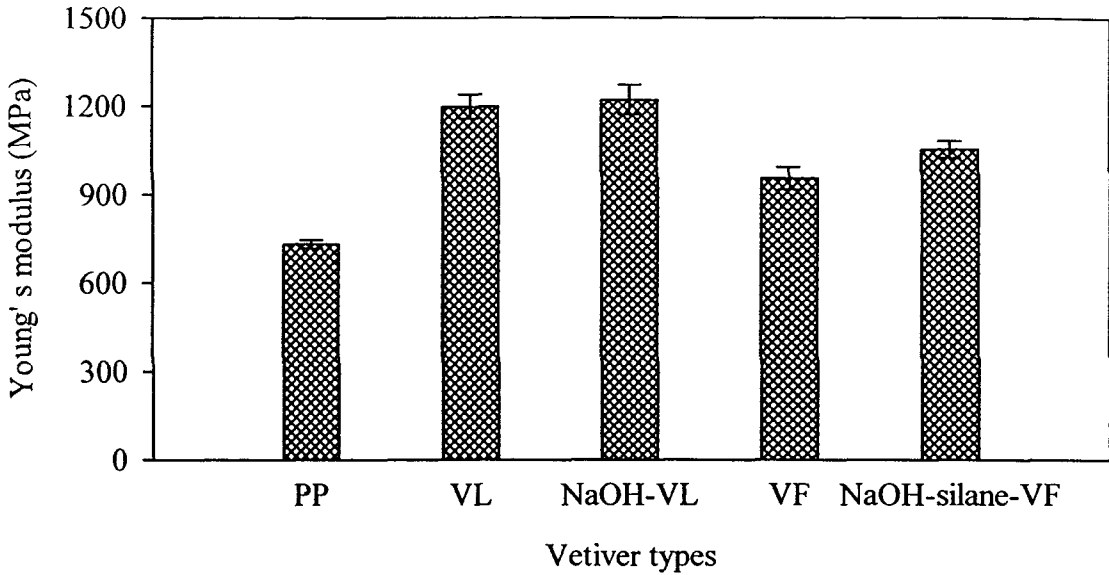
ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงต่อการดึง ค่ามอดุลัสของยัง ค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และค่าความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แสดงดังตารางที่ 3.14 และในรูปที่ 4.18-4.19 พบว่าค่าความแข็งแรงต่อการดึง ค่ามอดุลัสของยัง ค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และค่าความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL มีค่าค่อนข้างสูงกว่า VL เล็กน้อย นอกจากนี้ค่าความแข็งแรงต่อการดึง ค่ามอดุลัสของยัง ค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และค่าความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-silane-VF มีค่าค่อนข้างสูงกว่า VF เล็กน้อย อาจเนื่องจากการเกิดพันธะทางกายภาพและพันธะทางเคมีระหว่าง NaOH-silane-VF และพอลิโพรพิลีนจึงทำให้สมบัติทางกลมีค่าสูงขึ้น สำหรับเหตุผลว่าทำไมโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถปรับปรุงสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบจะอธิบายในหัวข้อ 3.5 ลักษณะทางสัมฐานวิทยา เช่นเดียวกับการศึกษาผลของโซเลนที่ปรับปรุงสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบระหว่างเส้นใยป่านศรนารายณ์กับพอลิโพรพิลีน และเส้นใยคีนากับพอลิโพรพิลีน [16, 30]

ตารางที่ 3.14 ความแข็งแรงต่อการดึง มอดูลัสของยัง และเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ชนิดของหญ้าแฝก	ความแข็งแรงต่อการดึง (MPa)	มอดูลัสของยัง (MPa)	ความเครียด ณ จุดแตกหัก (%)	ความแข็งแรงต่อการกระแทก (kJ/m ²)
VL	25.14 ± 0.41	1196.98 ± 41.13	7.27 ± 0.67	15.79 ± 0.32
NaOH-VL	25.73 ± 0.26	1220.00 ± 50.35	7.90 ± 0.70	17.25 ± 0.95
VF	24.32 ± 0.46	954.33 ± 38.13	8.17 ± 0.40	17.14 ± 0.83
NaOH-silane-VF	24.53 ± 0.14	1051.93 ± 29.34	9.30 ± 0.70	20.44 ± 0.53



รูปที่ 3.18 กราฟแสดงความแข็งแรงต่อการดึง เปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ 3.20 กราฟแสดงมอดุลัสของยัง ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

อุณหภูมิการบิดงอของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแสดงดังตารางที่ 3.15 พบว่าอุณหภูมิการบิดงอของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

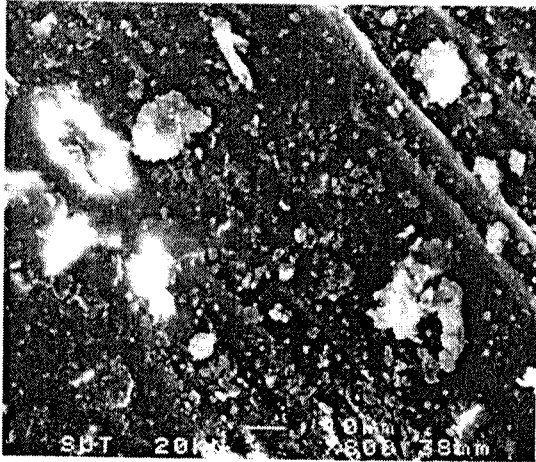
ตารางที่ 3.15 อุณหภูมิการบิดงอของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ชนิดของหญ้าแฝก	อุณหภูมิการบิดงอ (องศาเซลเซียส)
VL	123
NaOH-VL	124
VF	125
NaOH-silane-VF	125

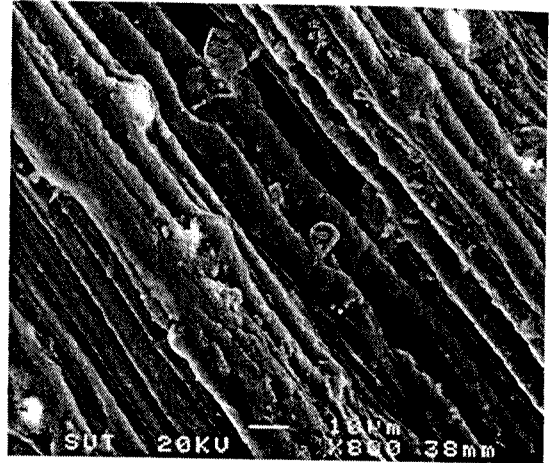
3.5 สมบัติทางสัณฐานวิทยาของหญ้าแฝก และวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีน

3.5.1 ผลกระทบของการปรับปรุงหญ้าแฝกโดยกระบวนการทางเคมีต่อสมบัติทางสัณฐานวิทยาของหญ้าแฝก

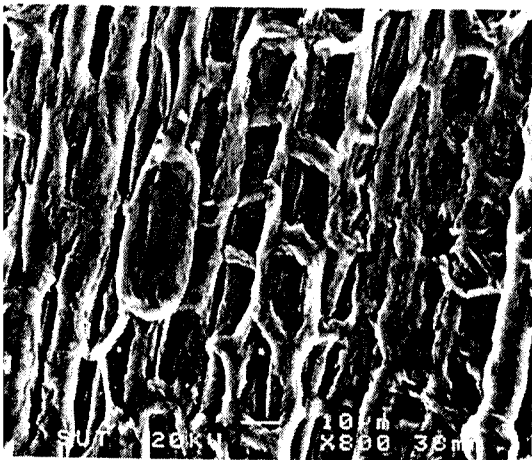
ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของหญ้าแฝก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF แสดงดังรูปที่ 3.20ก-3.20ง ตามลำดับ จากภาพแสดงผลของการปรับปรุงหญ้าแฝกโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถกำจัดสิ่งสกปรกติดอยู่บนผิวของหญ้าแฝก รวมถึงทำให้กลุ่มของเส้นใยแตกออกเป็นเส้นเล็กๆ ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างหญ้าแฝกกับพอลิโพรพิลีน สำหรับกรณีของ NaOH-silane-VF การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์จะช่วยปรับปรุงการยึดติดของไซเลนบนเส้นใยได้ จึงทำให้เกิดพันธะทางกายภาพและพันธะทางเคมีระหว่าง NaOH-silane-VF และพอลิโพรพิลีน ดังนั้นการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการปรับปรุงหญ้าแฝกจะทำให้สมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จาก NaOH-VL และ NaOH-silane-VF มีค่าที่ดีขึ้น เช่นเดียวกับการที่มีนักวิจัยหลายท่านได้รายงานว่าการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถปรับปรุงลักษณะบนพื้นผิวของเส้นใย ปอ ป่าน สรนารายณ์ และปาล์ม ได้โดยขจัด เหมิเซลลูโลส พิกติน และสิ่งสกปรก เช่น ผุ่น สารอนินทรีย์ [32-37]



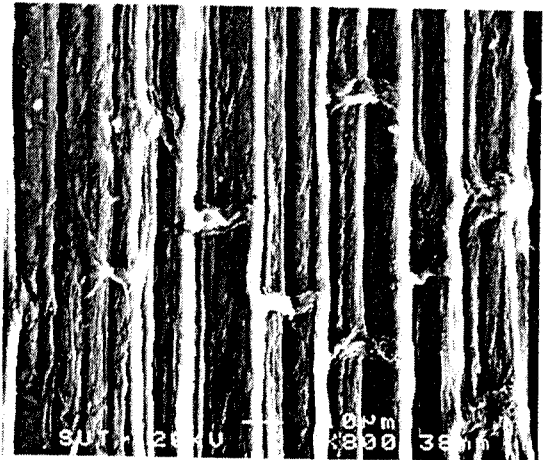
(ก)



(ข)



(ค)

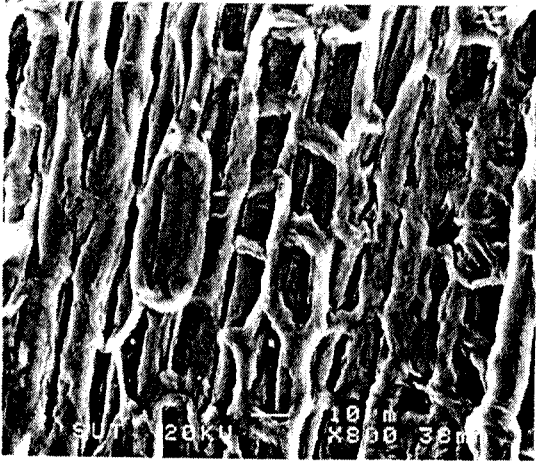


(ง)

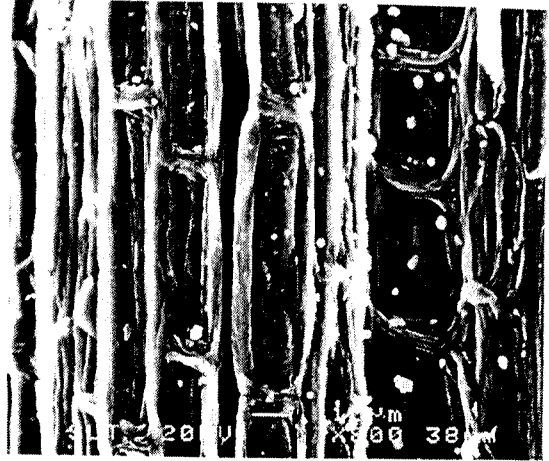
รูปที่ 3.20 รูป SEM ของ (ก) VL (ข) NaOH-VL (ค) VF และ (ง) NaOH-silane-VF

3.5.2 ผลกระทบของระยะเวลาในการปรับปรุงหน้าแฝกโดยกระบวนการทางเคมีต่อสมบัติทางสัณฐานวิทยาของหน้าแฝก

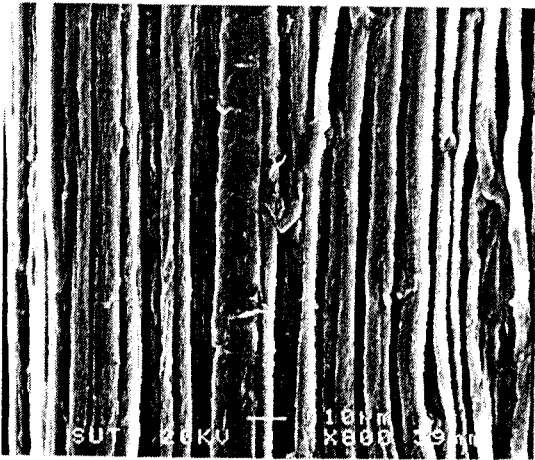
ภาพจากกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเส้นใยที่ไม่ได้ปรับปรุงสมบัติโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเส้นใยที่ปรับปรุงสมบัติโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยใช้เวลาแช่ต่างกันแสดงดังรูปที่ 3.21 พบว่าการปรับปรุงเส้นใยโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้เส้นใยสะอาดขึ้นและกลุ่มของเส้นใยสามารถหลุดออกเป็นเส้นได้เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยที่ไม่ได้ปรับปรุงสมบัติโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อเพิ่มเวลาในการแช่จาก 2 ชั่วโมงเป็น 4 ชั่วโมง ภาพจากกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเส้นใยที่ปรับปรุงสมบัติโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะเห็นกลุ่มของเส้นใยที่หลุดออกเป็นเส้นเล็กๆ ได้มากขึ้น และภาพจากกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเส้นใยที่ปรับปรุงสมบัติโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แช่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จะไม่แตกต่างกับ 4 ชั่วโมง เช่นเดียวกับการศึกษาผลกระทบของการปรับปรุงเส้นใยปอโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อสมบัติทางสัณฐานวิทยาของเรย์ และ ซาลคา พบว่าการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับเส้นใยปอในระยะเวลา 2 4 6 และ 8 ชั่วโมง ทำให้ปริมาณของเฮมิเซลลูโลสของเส้นใยปอลดลง ซึ่งการหายไปของเฮมิเซลลูโลสทำให้กลุ่มของเส้นใยสามารถแยกออกจากกันได้มากขึ้น [38]



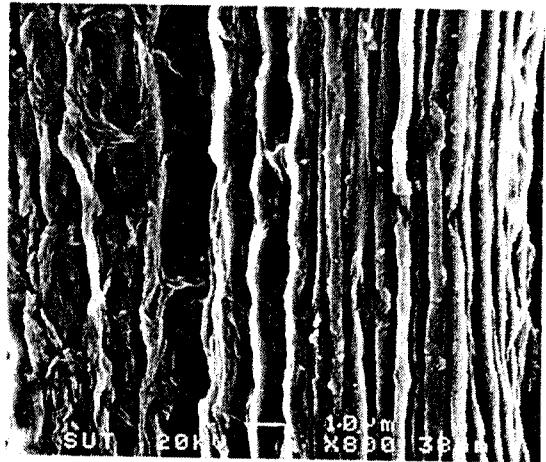
(ก)



(ข)



(ค)

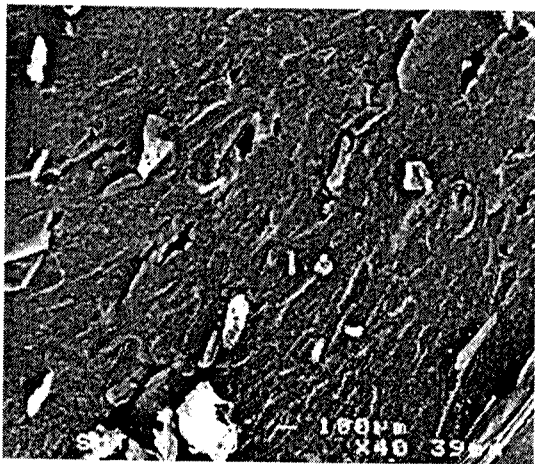


(ง)

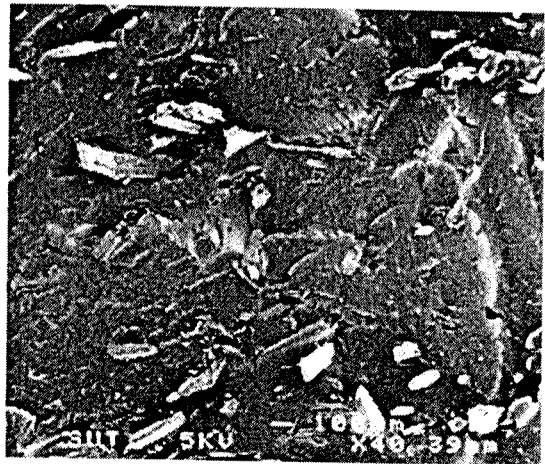
รูปที่ 3.21 รูป SEM ของการปรับปรุงเส้นใยโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระยะเวลาต่างกัน
(ก) 0 (ข) 2 (ค) 4 และ (ง) 6 ชั่วโมง

3.5.3 ผลกระทบของอัตราส่วนผสมของหญ้าแฝกที่มีต่อคุณสมบัติทางกลฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีน

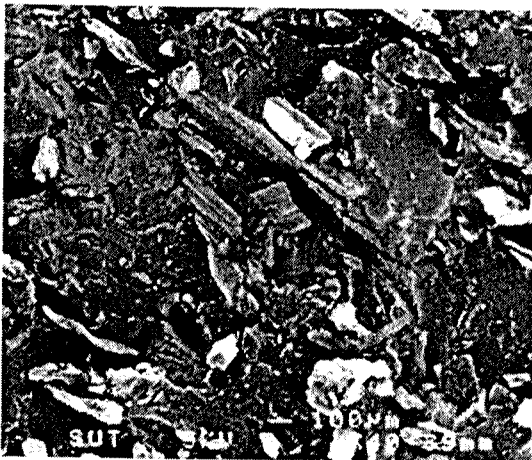
ภาพจากกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราดของการแตกที่ผิวของวัสดุเชิงประกอบได้จาก VF ที่อัตราส่วนต่างกันแสดงดังรูปที่ 3.22 พบว่าเมื่ออัตราส่วนผสมของเส้นใยเพิ่มขึ้น มีการเกาะกลุ่มรวมกันของเส้นใยมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ค่าความแข็งแรงต่อการดึง และความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบมีค่าต่ำลง



(ก)



(ข)



(ค)



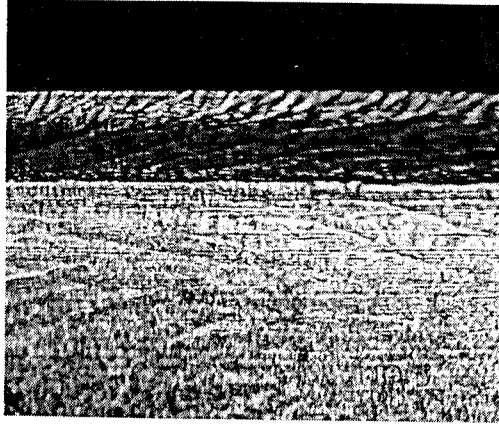
(ง)

รูปที่ 3.22 รูป SEM ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วน (ก) 5 (ข) 10 (ค) 20 และ (ง) 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

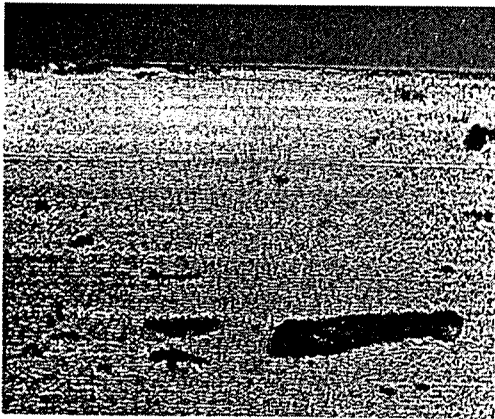
3.6 การเกิดผลึกโดยการเหนี่ยวนำจากแรงเฉือนของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหน้าแผ่นและพอลิโพรพิลีน

3.6.1 ผลกระทบของอัตราส่วนผสมของหน้าแผ่นที่มีต่อการเกิดผลึกโดยการเหนี่ยวนำจากแรงเฉือนของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหน้าแผ่นและพอลิโพรพิลีน

ภาพจากกล้องจุลทรรศน์ของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วนผสมต่างกันจากขั้นตอนที่ได้จากกระบวนการขึ้นรูปแบบฉีด แสดงดังรูปที่ 3.23ก-3.23จ ตามลำดับ พบว่าลักษณะของวัสดุเชิงประกอบจะประกอบด้วยสองชั้น คือ skin และ core ซึ่งจะมีเส้นใยที่จัดเรียงตัวในแนวทิศทางการไหล โดยชั้นของ skin หรือ ชั้นของการเกิดผลึกโดยการเหนี่ยวนำจากแรงเฉือนจะเป็นชั้นที่มีการจัดเรียงตัวที่เหนี่ยวนำให้เกิดเป็นผลึกที่สูง [48-49] ค่า Normalized thickness of skin layer ของพอลิโพรพิลีนและวัสดุเชิงประกอบที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วนผสมต่างกันได้จากรูปที่ 3.23 แสดงดังตารางที่ 3.16 พบว่าเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น ค่า Normalized thickness of skin layer ไม่ส่งผลกระทบต่อ การเกิดผลึกโดยการเหนี่ยวนำจากแรงเฉือน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบเมื่อปริมาณเพิ่มขึ้นไม่ใช่ผลมาจากการเกิดผลึกโดยการเหนี่ยวนำจากแรงเฉือน



(ก)



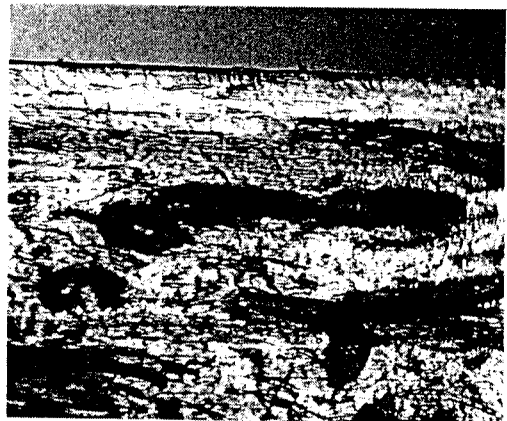
(ข)



(ค)



(ง)



(จ)

รูปที่ 3.23 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์ของ วัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝก
ที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วน (ก) 0 (ข) 5 (ค) 10 (ง) 20 และ (จ) 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 3.16 Normalized thickness of skin layer ของพอลิโพรพิลีนและวัสดุเชิงประกอบที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วนผสมต่างกัน

อัตราส่วนผสม (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	Normalized thickness of skin layer (%)
0	9.89
5	7.22
10	8.89
20	9.44
30	10.03

3.6.2 ผลกระทบของการปรับปรุงโดยกระบวนการทางเคมีของที่มีต่อการเกิดผลึกโดยการเหนี่ยวนำจากแรงเดือนของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีน

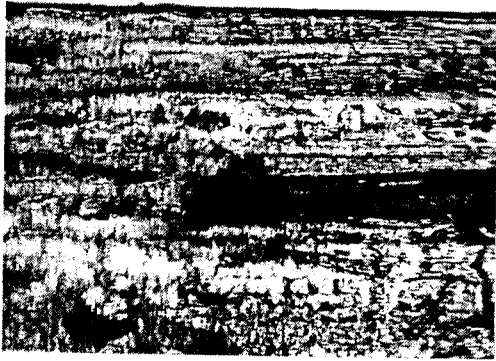
ภาพจากกล้องจุลทรรศน์ของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วนผสม 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แสดงดังรูปที่ 3.24ก-3.24ง ตามลำดับ ค่า Normalized thickness of skin layer ของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ได้จากรูปที่ 3.24 แสดงดังตารางที่ 3.17 ค่า Normalized thickness of skin layer ของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ไม่แตกต่างกัน



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 3.24 แสดงรูปจากกล้องจุลทรรศน์ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก VF ที่อัตราส่วน (ก) 0 (ข) 5 (ค) 10 (ง) 20 และ (จ) 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 3.17 Normalized thickness of skin layer ของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ชนิดของหญ้าแฝก	Normalized thickness of skin layer (%)
VL	8.91
NaOH-VL	9.44
VF	9.44
NaOH-silane-VF	9.47

3.7 ความทนต่อสภาพอากาศของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีน

การวิเคราะห์ผลกระทบของความทนต่อสภาพอากาศที่มีต่อค่าความแข็งแรงต่อการดึง ค้ำมอดูลัสของยัง ค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และค่าความแข็งแรงต่อการกระแทกของ วัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ก่อนและหลังการทดสอบ ความทนต่อสภาพอากาศด้วยเครื่องเร่งสภาพอากาศ ในอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน แสดงดังตารางที่ 3.18 พบว่าในการทดสอบความทนต่อสภาพอากาศ หลังจากเวลาผ่านไป 10 วัน ในเครื่องเร่งสภาพอากาศ เทียบเท่าระยะเวลา 2 เดือน ในสภาวะปกติ ค่าความแข็งแรงต่อการดึงลดลงเล็กน้อย ค้ำมอดูลัสของยัง ลดลงตั้งแต่ 10 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออัตราส่วนผสมเส้นใยเพิ่มขึ้นจาก 10 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ค่าความแข็งแรงต่อการกระแทกมีค่าลดลงเท่ากับ 60 52 และ 39 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออัตราส่วนผสม เส้นใยเพิ่มขึ้นจาก 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหักมีค่า เพิ่มขึ้นเท่ากับ 36 70 และ 45 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออัตราส่วนผสมเส้นใยเพิ่มขึ้นจาก 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 3.18 ความแข็งแรงต่อการดึง มอดูลัสของยัง เปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และความแข็งแรงต่อการกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีน กับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ก่อนและหลังการทดลองความทนต่อสภาพอากาศด้วยเครื่องเร่งสภาพอากาศ ในอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน

อัตราส่วนผสม (เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก)	ความแข็งแรงต่อการดึง (MPa)		มอดูลัสของยัง (MPa)		ความเครียด ณ จุดแตกหัก (%)		ความแข็งแรงต่อการกระแทก (kJ/m ²)	
	ก่อนทดสอบ	หลังทดสอบ	ก่อนทดสอบ	หลังทดสอบ	ก่อนทดสอบ	หลังทดสอบ	ก่อนทดสอบ	หลังทดสอบ
0	18.14 ± 0.58*	18.06 ± 0.59*	732.45 ± 14.13*	685.14 ± 6.80*	94.25 ± 0.70*	139.23 ± 29.86*	>119.60	>119.60
10	26.60 ± 0.59	25.48 ± 0.62	925.83 ± 47.36	783.28 ± 45.22	12.44 ± 0.93	17.00 ± 3.13	21.43 ± 1.12	8.45 ± 0.93
20	25.73 ± 0.26	24.03 ± 0.49	1220.00 ± 50.35	861.36 ± 47.63	7.90 ± 0.70	13.46 ± 1.22	17.25 ± 0.95	8.19 ± 0.89
30	25.12 ± 0.59	21.83 ± 0.37	1565.00 ± 44.22	1016.84 ± 29.78	6.12 ± 0.47	8.91 ± 0.77	16.65 ± 1.09	10.12 ± 1.06

* ความเร็วในการดึง 50 มิลลิเมตรต่ออนาที

3.8 ความทนต่อการขีดสีของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีน

การวิเคราะห์ผลของความต้านทานต่อการขีดสีของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL โดยมีอัตราส่วนผสม 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แสดงในตารางที่ 3.19 พบว่าความต้านทานต่อการขีดสีของวัสดุเชิงประกอบวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL มีค่าต่ำกว่าพอลิโพรพิลีนเล็กน้อย

ตารางที่ 3.19 ความต้านทานต่อการขีดสีของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับหญ้าแฝกที่ได้จาก NaOH-VL ที่อัตราส่วนผสม 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ชนิดของหญ้าแฝก	ความต้านทานต่อการขีดสี (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
PP	0.0738
NaOH-VL	0.0691

บทที่ 4

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่าวัสดุเชิงประกอบ ที่มีความยาวหญาแฝกแตกต่างกันมีสมบัติทางกลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับพอลิโพรพิลีนที่ไม่ได้ผสมหญาแฝกแล้วพบว่า วัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนและหญาแฝกจะมีค่าความแข็งแรงต่อการดึง ค่ามอดูลัสของยังสูงกว่า แต่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และความแข็งแรงต่อการกระแทกต่ำกว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณหญาแฝกในวัสดุเชิงประกอบส่งผลให้ ความหนืด อุณหภูมิการบิดงอ อุณหภูมิการเกิดผลึก และค่ามอดูลัสของยัง มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ในทางตรงกันข้าม อุณหภูมิการเสื่อมสภาพ เปอร์เซ็นต์การเกิดผลึก ความแข็งแรงต่อการดึง เปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก และความแข็งแรงต่อการกระแทก มีค่าลดลงเมื่อปริมาณหญาแฝกในวัสดุเชิงประกอบเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของวัสดุเชิงประกอบ ณ บริเวณพื้นที่ผิวที่แตกหัก พบว่ามีเกาะกลุ่มรวมกันของเส้นใยมากขึ้นเมื่อปริมาณหญาแฝกเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่ออัตราส่วนของหญาแฝกเพิ่มขึ้นไม่มีผลกระทบต่อ อุณหภูมิหลอมเหลว และการเกิดผลึก โดยการเหนี่ยวนำจากแรงเฉือน การปรับปรุงโดยกระบวนการทางเคมีทำให้มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการเสื่อมสภาพของหญาแฝก และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลึกของวัสดุเชิงประกอบ รวมถึงช่วยปรับปรุงสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบให้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงโดยกระบวนการทางเคมีไม่ส่งผลกระทบต่อ อุณหภูมิการบิดงอ อุณหภูมิหลอมเหลว อุณหภูมิการเกิดผลึก และการเกิดผลึก โดยการเหนี่ยวนำจากแรงเฉือนของวัสดุเชิงประกอบ จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการปรับปรุงสมบัติของหญาแฝกสามารถกำจัดสิ่งสกปรกที่ติดอยู่บนเส้นใย และทำให้เส้นใยแยกออกจากกัน ซึ่งช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเส้นใยกับพอลิโพรพิลีน

บทที่ 5

ข้อเสนอแนะและแนวทางการทำวิจัยต่อไป

ในงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีน โดยศึกษาผลของความยาวหญ้าแฝกที่มีต่อสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบ และตรวจสอบผลของอัตราส่วนผสม และผลของการปรับปรุงหญ้าแฝกโดยกระบวนการทางเคมีที่มีต่อสมบัติทางความร้อน สมบัติทางวิทยาระแส สมบัติทางกล สมบัติทางสัณฐานวิทยา และการเกิดผลึกโดยการเหนี่ยวนำจากแรงเฉือนของวัสดุเชิงประกอบ ผลที่ได้พบว่าสมบัติการทนต่อแรงกระแทกมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนผสมหญ้าแฝกมีค่าเพิ่มขึ้น จึงควรมีการปรับปรุงโดยใช้วิธีเติมยางธรรมชาติผสมลงไปวัสดุเชิงประกอบระหว่างหญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีน ซึ่งอาจจะทำให้วัสดุเชิงประกอบมีสมบัติทนต่อแรงกระแทกที่ดีขึ้น จึงเป็นแนวทางในการวิจัยขั้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Saheb, D. N. and Jog, J. P. (1999). Natural fiber polymer composites: A review. **Adv. Polym. Technol.** 18: 351-363.
- [2] Wambua, P., Iens, J., and Verpoest, I. (2003). Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics. **Comp. Sci. Technol.** 63: 1259-1264.
- [3] Mohanty, A. K., Misra, M., and Hinrichsen, G. (2000). Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview. **Macromol. Mater. Eng.** 276/277:1- 24.
- [4] Cook, G. J. (1993). **Handbook of Textile Fibres.** England: Merrow.
- [5] Bledzki, A. K., and Gassan, J. (1999). Composites reinforced with cellulose based fibres. **Prog. Polym. Sci.** 24: 221-274.
- [6] Schuh, T. G. (1999), *Renewable Materials for Automotive Applications.*
- [7] Bruijn, J. C. M. (2000). Natural fibre mat thermoplastic products from a processor's point of view. **Appl. Comp. Mater.** 7: 415-420.
- [8] Joseph, P.V., Joseph, K., and Thomas, S. (1999). Effect of processing variables on the mechanical properties of sisal-fiber-reinforced polypropylene composites **Comp. Sci. Technol.** 9: 1625-1640.
- [9] Van Der Oever, M. J., Bos, H. L., and Kemenade, M. (2000). Influence of the physical structure of flax fibres on the mechanical properties of flax fibre reinforced polypropylene composites. **Appl. Comp. Mater.** 7: 387-402.
- [10] Gassan, J. and Bledzki, A. K. (1997). The influence of fiber-surface treatment on the mechanical properties of jute-polypropylene composites. **Comp. Part A.** 28A: 1001-1005.
- [11] Joseph, P.V., Joseph, K., Thomas, S., Pillai, C.K.S., Prasad, V.S., Groeninckx, G., and Sarkissova, M.(2003). The thermal properties and crystallisation studied of short sisal fibre reinforced polypropylene composites. **Comp. Part A.** 34: 253-266.
- [12] Ray, D., Sakar, B. K., Basak, R. K., and Rana, A. K. (2002). Study of the thermal behavior of alkali treated jute fibers. **J. Appl. Polym. Sci.** 85: 2594-2599.
- [13] Li, Y., Mai, Y., and Ye, L. (2000). Sisal fibre and its composites: a review of recent developments. **Comp. Sci. Technol.** 60: 2037-2055.

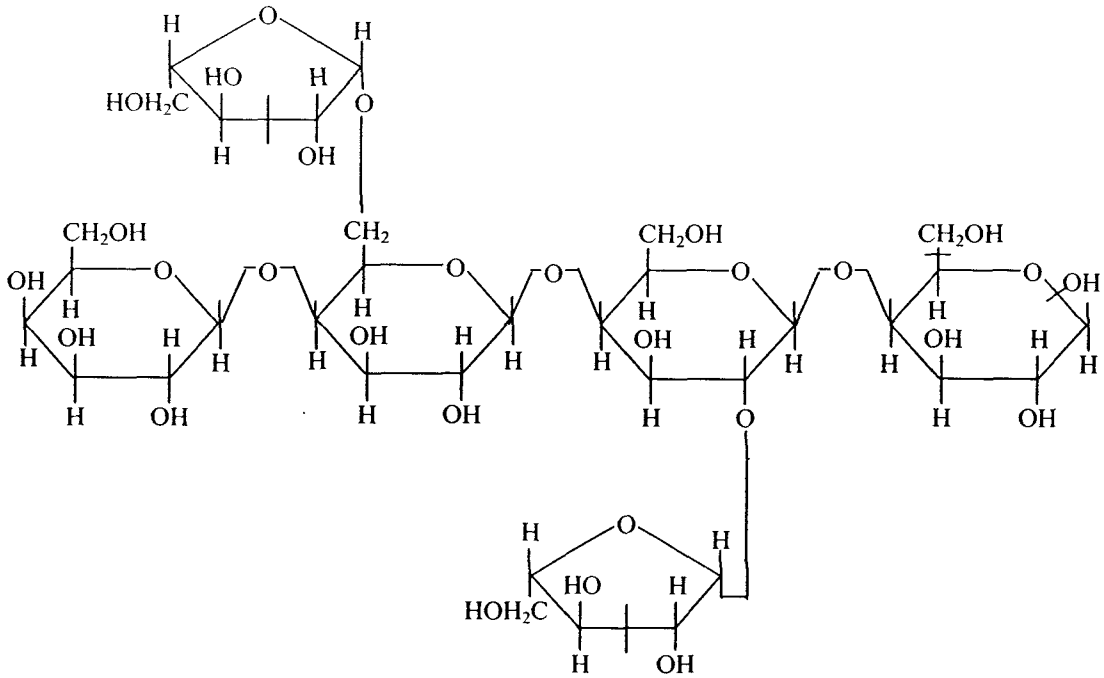
- [14] Mwaikambo, L., Y., and Ansell, M., P.(1999) .The effect of chemical treatment on the properties of hemp, sisal, jute, and kapok for composite reinforcement. **Die. Ange. Makromol. Chem.** 272: 108-116.
- [15] Herrera-Franco, P. J., and Aguilar-Vega, M. D. J. (1997). Effect of fiber treatment on the mechanical properties of LDPE–henequen cellulosic fiber composites. **J. Appl. Polym. Sci.** 65: 197-207.
- [16] Valadez-Gonzalez, A., Cervantes-Uc, J. M., Olayo, R., and Herrera-Franco, P.J. (1999). Chemical modification of henequen fibers with an organosilane coupling agent. **Comp. Part B.** 30: 321-331.
- [17] Nakorn, W. N., Chinapan. W., and Tepnanrapapai P. (1999). **Factual Tips about Vetiver Grass.** Bangkok: Text and journal.
- [18] Albano, C., Gonzalez, J., Ichazo, M., and Kaiser, D. (1999). Thermal stability of blend of polyolefins and sisal fiber. **Polym. Degrad. Stabi.** 66: 179-190.
- [19] Zafeiropoulos, N. E., Baillie, C.A., and Matthews, F. L. (2001). A study of transcrystallinity and its effect on the interface in flax fibre reinforced composite materials. **Comp. Part A.** 32: 525-543.
- [20] Amash, A., and Zugenmaier, P. (2000). Morphology and properties of isotropic and oriented samples of cellulose fibre-polypropylene composites. **Polymer.** 41: 1589-1596.
- [21] Manchado, M. A. L., Biagiotti, J., Torre, L., and Kenny, J. M. (2000). Effects of reinforcing fibers on the crystallization of polypropylene. **Polym. Eng. Sci.** 40: 2194-2204.
- [22] Quillin, D. T., Yin, M., Koutsky, J. A., and Caulfield, D. F. (1994). Crystallinity in the Polypropylene/Cellulose system. II. crystallization kinetics. **J. Appl. Polym. Sci.** 52: 605-615.
- [23] Chuai, C., Almdal, K., Poulsen, L., and Plackett, D. (2000). Conifer fibers as reinforcing materials for polypropylene-based composites. **J. Appl. Polym. Sci.** 80: 2833-2841.
- [24] George, J., Janardhan, R., Anand, J. S., Bhagawan, S. S., and Thimas, S. (1996). Melt rheological behaviour of short pineapple fiber reinforced low density polyethylene composites. **Polymer.** 37: 5421-5431.
- [25] Garkhail, S. K., Heijenrath, R. W. H., and Peijs, T. (2000). Mechanical properties of natural-fiber mat-einforced thermoplastic based on flax fibers and polypropylene. **Appl. Comp. Mater.** 7: 351-372.

- [26] Luo, X., Benson, R. S., Kit, K. M., and Dever, M. (2002). Kudzu fiber reinforced Polypropylene composite. **J. Appl. Polym. Sci.** 85: 1961-1969.
- [27] Fung, K. L., Li, R. K. Y., and Tjong, S. C. (2002). Interface modification on the properties of sisal fiber-reinforced polypropylene composites. **J. Appl. Polym. Sci.** 85: 169-176.
- [28] Liau, B., Hunag, Y., and Cong, G. (1997). Influence of modified wood fibers on the mechanical properties of wood fiber-reinforced polyethylene. **J. Appl. Polym. Sci.** 66: 1561-1568.
- [29] Joseph, K., Thomas, S., and Pavithran, C. (1996). Effect of chemical treatment on the tensile properties of short sisal fiber reinforced polyethylene composites. **Polymer.** 37: 5139-5149.
- [30] Kamani, R., Krishnan, M., and Naryan, R. (1997). Biofiber-reinforced polypropylene composites. **Polym. Eng. Sci.** 37: 476-483.
- [31] Sanadi, A.R., Caulfield, D. F., Jacobson, R. E., and Rowell, R. M. (1995). Renewable agricultural fibers as reinforcing fillers in plastics: mechanical properties of kenaf fiber polypropylene composites. **Amer. Chem. Socie.** 34: 1889-1896.
- [32] Sydenstricker, T. H. D., Mochnz, S., and Amico, S. C. (2003). Pull-out and other evaluations in sisal-reinforced polyester biocomposites. **Polym. Test.** 22: 375-380.
- [33] Razera, I. A. T. and Frollini, E. (2004). Composites based on jute fibers and phenolic matrices: properties of fibers and composites. **J. Appl. Polym. Sci.** 91: 1077-1085.
- [34] Luo, X., Benson, R. S., Kit, K. M., and Dever, M. (2002). Kudzu fiber reinforced Polypropylene composite. **J. Appl. Polym. Sci.** 85: 1961-1969.
- [35] Mishra, S., Misra, M., Tripathy, S. S., Nayak, S. K., and Mohanty, A. K. (2001). Graft copolymerization of acrylonitrile on chemically modified sisal fibers. **Macromol. Mater. Eng.** 286: 107-113.
- [36] George, J., Sreekala, M. S., and Thomas, S. (2001). A review on interface modification and characterization of natural fiber reinforced plastic composites. **Polym. Eng. Sci.** 41: 1471-1485.
- [37] Iannace, S., Ali, R., and Nicolais, L. (2001). Effect of processing conditions on dimensions of sisal fibers in thermoplastic biodegradable composites. **J. Appl. Polym. Sci.** 79: 1084-1091.

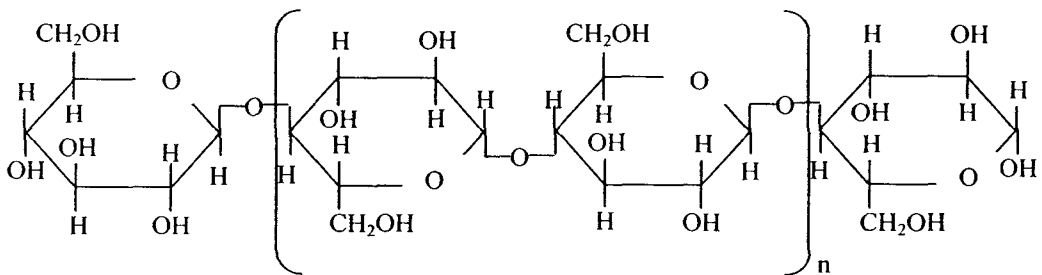
- [38] Ray, D. and Sarkar, B. K. (2001). Characterization of alkali treated jute fibers for physical and mechanical properties. **J. Appl. Polym. Sci.** 80: 1013-1020.
- [39] Karger-Kocsis, J. (1995). **Polypropylene I Structure and Morphology**. London: Chapman & Hall.
- [40] Wang, Y., Na, B., Fu, Q., and Men Y. (2004). Shear induced shish-kebab structure in PP and its blends with LLDPE. **Polymer.** 45: 207-215.

ภาคผนวก ก

โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส



(ก)



(ข)

รูปที่ 1ก. โครงสร้างทางเคมี (ก) เฮมิเซลลูโลส และ (ข) เซลลูโลส

ภาคผนวก ข
องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแฝก

ตารางที่ 1x องค์ประกอบทางเคมีของ VL NaOH-VL และ VF.

องค์ประกอบทางเคมี	VL	NaOH-VL	VF
C	89.39 wt%	97.30 wt%	99.00 wt%
Na ₂ O	0.00 wt%	0.01 wt%	0.00 wt%
MgO	0.07 wt%	0.07 wt%	0.07 wt%
Al ₂ O ₃	0.14 wt%	0.05 wt%	0.02 wt%
SiO ₂	5.74 wt%	1.17 wt%	0.34 wt%
P ₂ O ₅	0.33 wt%	0.12 wt%	0.03 wt%
SO ₃	0.28 wt%	0.05 wt%	0.02 wt%
Cl	0.07 wt%	0.02 wt%	0.01 wt%
K ₂ O	3.34 wt%	0.21 wt%	0.02 wt%
CaO	0.49 wt%	0.89 wt%	0.46 wt%
Sc	0.75 ppm	14.99 ppm	12.42 ppm
TiO ₂	28.79 ppm	16.09 ppm	0.00 wt%
V	0.00 wt%	0.00 wt%	0.62 ppm
Cr	25.66 ppm	11.25 ppm	1.32 ppm
MnO	0.05 wt%	0.04 wt%	0.02 wt%
Fe ₂ O ₃	0.06 wt%	0.04 wt%	40.53 ppm
Co	3.30 ppm	0.00 wt%	0.91 ppm
Ni	24.80 ppm	7.84 ppm	2.25 ppm
Cu	61.00 ppm	29.25 ppm	18.52 ppm
Zn	45.68 ppm	62.85 ppm	39.45 ppm
Ga	1.31 ppm	0.08 ppm	0.40 ppm

ตารางที่ 1x องค์ประกอบทางเคมีของ VL NaOH-VL และ VF (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี	VL	NaOH-VL	VF
Ge	0.00 wt%	0.09 ppm	0.01 ppm
As	0.00 wt%	0.00 wt%	0.00 wt%
Se	0.22 ppm	1.10 ppm	0.49 ppm
Br	84.89 ppm	7.73 ppm	1.49 ppm
Rb	21.45 ppm	1.63 ppm	0.93 ppm
Sr	21.05 ppm	34.69 ppm	14.04 ppm
Y	1.15 ppm	1.91 ppm	0.00 wt%
Zr	5.73 ppm	2.38 ppm	0.00 wt%
Hf	15.48 ppm	6.40 ppm	0.81 ppm
Ta	0.00 wt%	5.97 ppm	4.62 ppm
W	0.00 wt%	0.00 wt%	0.00 wt%
Hg	12.46 ppm	6.01 ppm	0.00 wt%
Tl	0.00 wt%	2.52 ppm	0.00 wt%
Pb	0.00 wt%	1.44 ppm	4.97 ppm
Bi	0.00 wt%	5.36 ppm	5.63 ppm
Th	0.00 wt%	0.00 wt%	1.28 ppm
U	0.00 wt%	2.88 ppm	1.57 ppm
Nb	0.00 wt%	0.34 ppm	0.00 ppm
Mo	1.25 ppm	0.74 ppm	0.00 wt%
Ag	1.07 ppm	0.66 ppm	0.35 ppm
Cd	0.18 ppm	0.00 wt%	0.00 wt%

ตารางที่ 1x องค์ประกอบทางเคมีของ VL NaOH-VL และ VF (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี	VL	NaOH-VL	VF
In	1.55 ppm	0.17 ppm	0.29 ppm
Sn	1.61 ppm	1.18 ppm	0.49 ppm
Sb	0.77 ppm	0.14 ppm	0.00 wt%
Te	0.00 wt%	0.52 ppm	0.41 ppm
In	4.89 ppm	0.00 wt%	0.48 ppm
Cs	0.00 wt%	0.25 ppm	0.84 ppm
Ba	13.22 ppm	6.99 ppm	3.49 ppm
La	0.00 wt%	0.00 wt%	0.00 wt%
Ce	0.00 wt%	2.48 ppm	0.00 wt%
Pr	0.00 wt%	0.00 wt%	0.00 wt%
Nd	0.00 wt%	0.00 wt%	0.00 wt%

ภาคผนวก ค

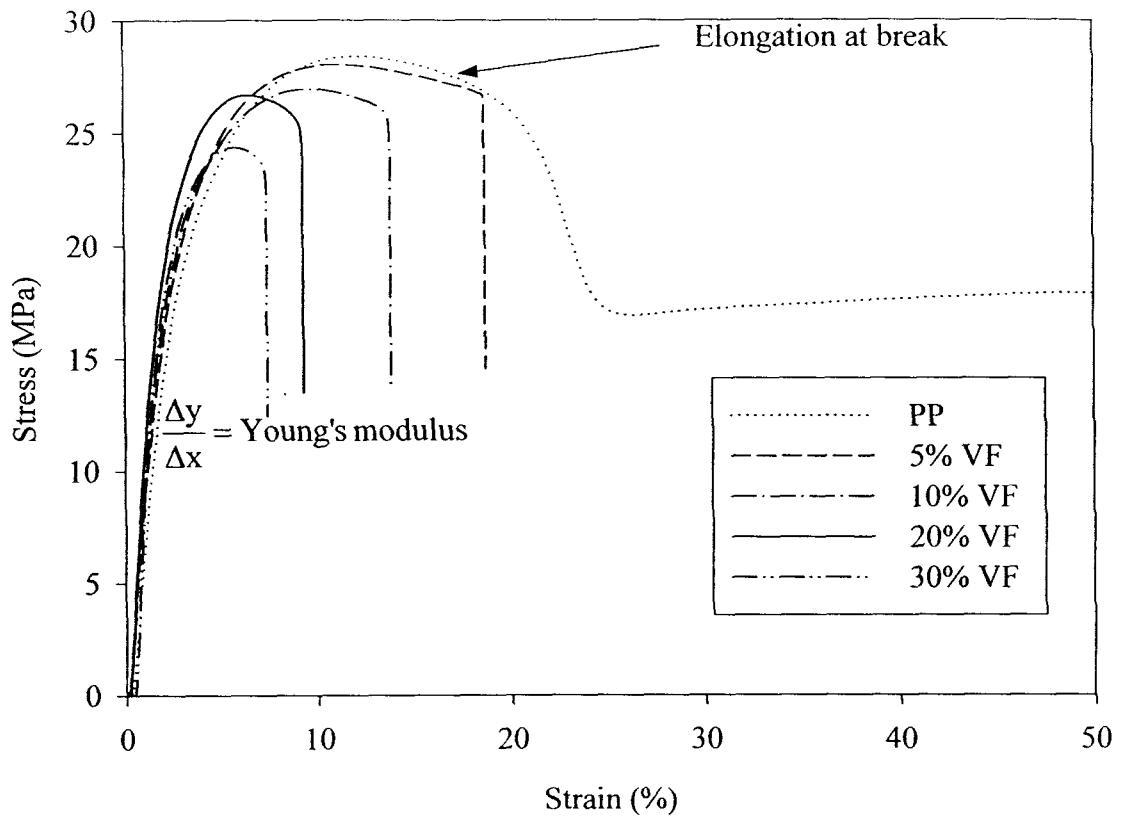
สมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหน้าแผ่นและพอลิพรพิลีน

สมการสำหรับการการคำนวณ ค่าความแข็งแรงต่อการดึง ค่ามอดูลัสของยัง และค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างหน้าแผ่นและพอลิพรพิลีน

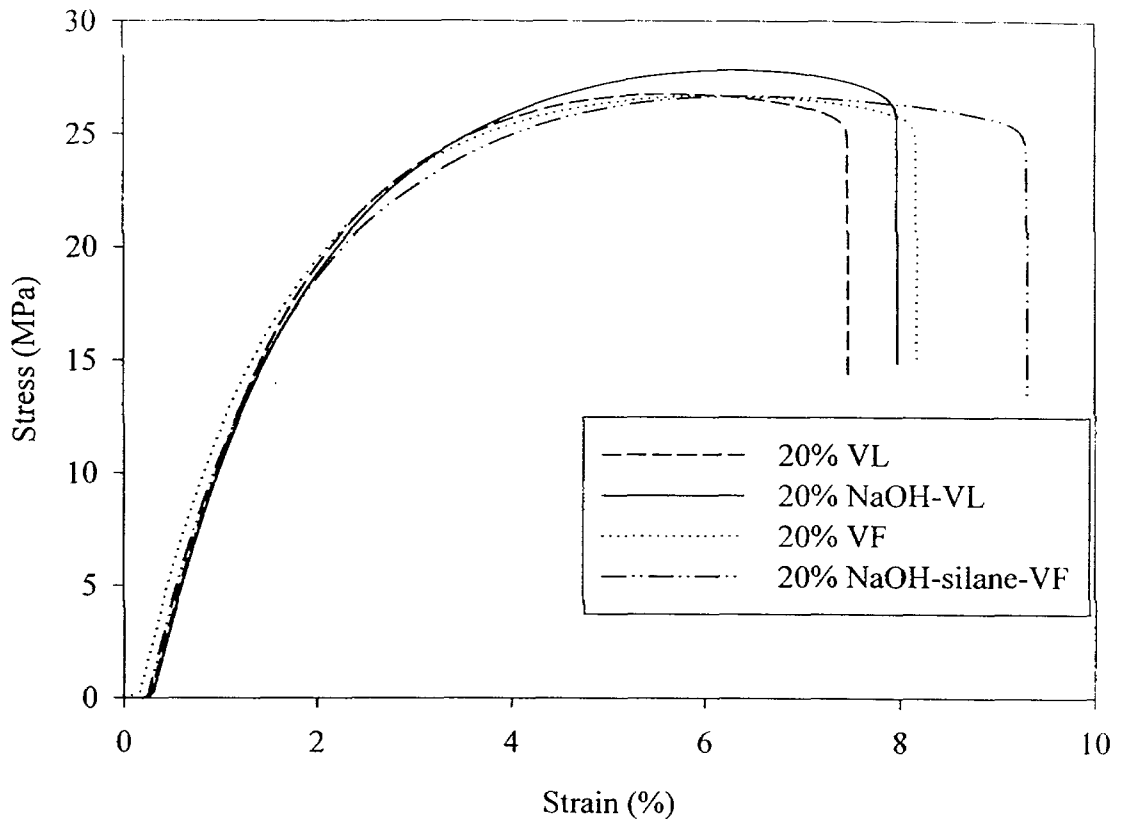
$$\text{ค่าความแข็งแรงต่อการดึง} = \frac{\text{น้ำหนักโหลด(นิวตัน)}}{\text{พื้นที่หน้าตัด(ตารางมิลลิเมตร)}}$$

$$\text{ค่ามอดูลัสของยัง} = \frac{\text{ความเครียด}}{\text{ความเค้น}}$$

$$\text{ค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก} = \frac{\text{ความยาวหลังดึง - ความยาวก่อนดึง (มิลลิเมตร)}}{\text{ความยาวก่อนดึง (มิลลิเมตร)}} \times 100\%$$



รูปที่ 1ค กราฟ Stress-strain ของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จากเส้นใยคาร์บอนผสมที่มีอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน



รูปที่ 2 ค กราฟ Stress-strain ของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จาก VL NaOH-VL VF และ NaOH-silane-VF ที่อัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ(ภาษาไทย): ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยุพาพร รักสกุลพิวัฒน์

(ภาษาอังกฤษ): Assistant Professor Yupaporn Ruksakulpiwat

2. ตำแหน่งปัจจุบัน: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมพอลิเมอร์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

สาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง นครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ (044) 22-4433 โทรสาร (044) 22-4431

E-mail: yupa@ccs.sut.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

1994 B.S. (Hons), Material Science, Chulalongkorn University

1999 Ph.D. (Polymer Engineering), The University of Akron, U.S.A.

5. ผลงานทางวิชาการ

1. Y. Churdpunt and A.I. Isayev, "Crystallization and Microstructure of Ziegler-Natta and Metallocene Based Isotactic Polypropylenes: Simulation and Experiment", SPE Tech Papers, 2527 (1999).

2. A.I. Isayev, Y. Churdpunt and X. Guo, Proceeding of the 15th PPS Meeting, Netherlands (1999).

3. Y. Churdpunt and A.I. Isayev in "Metallocene Technology and Modern Catalytic Methods in Commercial Applications" edited by George M. Benedikt and B. L. Goodall, ChemTec Publishing, Ontario, 1999.

4. Y. Churdpunt and A.I. Isayev, "Comparison of Birefringence and Mechanical Properties of Injection Molded Metallocene and Ziegler-Natta Based Isotactic Polypropylenes", J. Poly. Eng, 20, 76 (2000).

5. A.I. Isayev, Y. Churdpunt and X.Guo, "Comparative Study of Ziegler-Natta and Metallocene Based Isotactic Polypropylenes in Injection Molding", Intern. Polym. Process, 72 (2000).

6. Y. Ruksakulpiwat and A.I. Isayev, "Shear-Induced Crystallization in Injection Moldings of Ziegler-Natta and Metallocene Based Isotactic Polypropylenes", SPE Tech Papers, 486 (2000).
7. Y. Ruksakulpiwat and A.I. Isayev, Proceedings of The First Thailand Materials Science and Technology Conference, Bangkok, Thailand, 116, 2000.
8. Y. Ruksakulpiwat, "Comparative Study of Structure and Property of Ziegler-Natta and Metallocene Based Linear Low Density Polyethylene in Injection Moldings", SPE Tech Papers, 582 (2001).
9. W. Thuamthong, Y. Ruksakulpiwat, W. Sutaphan, and N. Suppakarn, Thermal, Rheological, Mechanical, and Morphological Properties of Vetiver-Polypropylene Composites, the 8th Pacific Polymer Conference (PPC8), Bangkok, Thailand, 118, 2003.
10. Y. Ruksakulpiwat and C. Ruksakulpiwat, Injection Moldings of Dynamic Vulcanized Natural Rubber-Polypropylene Blends, the 8th Pacific Polymer Conference (PPC8), Bangkok, Thailand, 134, 2003.
11. Y. Ruksakulpiwat, W. Thuamthong, N. Suppakarn, and W. Sutapan, The Study of Using Vetiver Grass as a Filler in Polypropylene Composites, SPE Tech Paper, p.1641-1645, 2004.
12. U. Somnuk, Y. Ruksakulpiwat, N. Suppakarn and W. Sutapun, Characterization of Chemical Treated Vetiver Grass, The 3rd Thailand Materials Science and Technology Conference, Bangkok, Thailand, p. 420, 2004.
13. W. Thuamthong, Y. Ruksakulpiwat, N. Suppakarn, and W. Sutapan, Effect of Vetiver Contents and Vetiver Lengths on Mechanical and Morphological Properties of Vetiver-Polypropylene Composites, The Third Thailand Materials Science and Technology Conference, Bangkok, Thailand, p. 167, 2004.
14. W. Sutapun, Y. Ruksakulpiwat, K. Jarukumjorn, N. Supakarn, P. Chumsamrong, and J. Kluengsamrong, Studies of Thermal Properties and Surface Characteristics of Pretreated Jute Fibers by Boiling and Soxhlet extraction, The 30th Congress on Science and Technology of Thailand, Bangkok, Thailand, p. 175, 2004.

6. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว (สถานภาพในการทำวิจัย: หัวหน้าโครงการ)

1. การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะ โครงสร้างและคุณสมบัติของโพลีเอทิลีนที่สังเคราะห์ด้วยสารเร่งปฏิกิริยาซีเกอร์-นัตตาและเมททอลโลซีน โดยผ่านกระบวนการขึ้นรูปแบบฉีด (Comparative Study of Microstructure and Properties of Ziegler-Natta and Metallocene Based Polyethylenes in Injection Molding) แหล่งทุนสนับสนุน: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, (MTEC)
2. การศึกษาเปรียบเทียบพอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับ โพลีโพรพิลีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกัน (Comparative Study of Polymer Blends between Natural Rubber and Isotactic Polypropylene at Various Molecular Weights) แหล่งทุนสนับสนุน: สภาวิจัยแห่งชาติ
3. การศึกษาการใช้เถ้าจากแกลบเปลือกข้าวเป็นสารตัวเติมในวัสดุวิศวกรรมพอลิเมอร์ (The Study of Using the Rice Husk Ash as an Additive in Engineering Polymer) แหล่งทุนสนับสนุน: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
4. โครงการการผลิตผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างหญ้าแฝกกับพอลิโพรพิลีน (Manufacture of Product from Polymer Composite between Vetiver Grass and Polypropylene) แหล่งทุนสนับสนุน: สภาวิจัยแห่งชาติ

7. งานวิจัยอยู่ระหว่างดำเนินการ (สถานภาพในการทำวิจัย: หัวหน้าโครงการ)

1. การพัฒนาวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตเชิงพาณิชย์โดยใช้เส้นใยธรรมชาติในประเทศไทย (Development of Commercialized Polymer Composites Using Natural Fiber in Thailand) แหล่งทุนสนับสนุน: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
2. การศึกษาการเกิดผลึกภายใต้แรงเฉือนและในสภาวะนิ่งของพอลิโพรพิลีนที่ใส่เส้นใยธรรมชาติเป็นสารตัวเติม (The study of shear-induced crystallization and quiescent crystallization of natural fiber filled polypropylene).แหล่งทุนสนับสนุน: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
3. โครงการการศึกษาการใช้หญ้าแฝกเป็นสารตัวเติมในพอลิโพรพิลีนระยะที่ 2 : การปรับปรุงความทนทานต่อแรงกระแทกเพื่อใช้เป็นชิ้นส่วนยานยนต์ (The Second Stage of The Study of Using Vetiver Grass as a Filler in Polypropylene: The Improvement of Impact Resistant for Automotive Parts)แหล่งทุนสนับสนุน: สภาวิจัยแห่งชาติ
4. ชุดโครงการการผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิตจากเส้นใยป่านศรนารายณ์ แหล่งทุนสนับสนุน: สภาวิจัยแห่งชาติ

8. แหล่งทุนสนับสนุน: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (ผลการดำเนินงานคิดเป็นร้อยละ 80 ของโครงการ) การปฏิบัติงานวิจัย ณ ต่างประเทศ

1. ปฏิบัติงานวิจัย ณ University of Linz ประเทศออสเตรีย ด้วยทุนแลกเปลี่ยนนักวิทยาศาสตร์ตามโครงการความร่วมมือระหว่างประเทศไทยและประเทศออสเตรีย ทบวงมหาวิทยาลัย ในระหว่างเดือนกันยายน 2544

9. Textbook

1. Y. Ruksakulpiwat, Polymer Processing II, Suranaree University of Technology, 2000.
2. Y. Ruksakulpiwat, Polymer Processing I, Suranaree University of Technology, 2000.
3. Y. Ruksakulpiwat, Introduction to Polymer Processing, Suranaree University of Technology, 2000.

ผู้วิจัยร่วม

1. ชื่อ(ภาษาไทย): ดร.วิมลลักษณ์ สุตะพันธ์

(ภาษาอังกฤษ): Dr. Wimonlak Sutapun

2. ตำแหน่งปัจจุบัน: อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมพอลิเมอร์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

สาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง นครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ (044) 22-4435 โทรสาร (044) 22-4431

E-mail: wimonlak@ccs.sut.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

Ph.D. (Polymer Science and Engineering) 2000 Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio, USA

M.Sc. (Polymer Science) 1992 Chulalongkorn University, Bangkok, THAILAND

B.Sc. (Chemistry) 1989 Kasetsart University, Bangkok, THAILAND

5. ความชำนาญ

Composite Interface/interphase

Spectroscopy of Polymers

6. งานวิจัยอยู่ระหว่างดำเนินการ

1. การใช้เส้นใยจากตัวไหมเป็นวัสดุเสริมแรงสำหรับวัสดุเชิงประกอบอีพอกซี (Silkworm Fiber for Reinforcing Epoxy Composite)
2. การพัฒนาวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตเชิงพาณิชย์โดยใช้เส้นใยธรรมชาติในประเทศไทย (Development of Commercialized Polymer Composites Using Natural Fiber in Thailand)
3. ชุดโครงการการผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิตจากเส้นใยป่านศรนารายณ์
4. โครงการการศึกษาการใช้หญ้าแฝกเป็นสารตัวเติมในพอลิโพรพิลีนระยะที่ 2: การปรับปรุงความทนทานต่อแรงกระแทกเพื่อใช้เป็นชิ้นส่วนยานยนต์ (The Second Stage of The Study of Using Vetiver Grass as a Filler in Polypropylene: The Improvement of Impact Resistant for Automotive Parts)

7. ผลงานทางวิชาการ

1. W. Sutapun, Y. Ruksakulpiwat, K. Jarukumjorn, N. Supakarn, P. Chumsamrong, and J. Kluengsamrong, “*Studies of Thermal Properties and Surface Characteristics of Pretreated Jute Fibers by Boiling and Soxhlet Extraction*”, **The 30th Congress on Science and Technology of Thailand**, Bangkok, Thailand, p. 175, 2004
2. Y. Ruksakulpiwat, N. Suppakarn, W. Sutapun and W. Thomthong, “*The Study of Using Vetiver Grass as a Filler in Polypropylene Composites*”, **SPE Tech Paper**, 2004.
3. W. Thuamthong, Y. Ruksakulpiwat, N. Suppakarn and, W. Sutapun, “*Effect of Vetiver Contents and Vetiver Lengths on Mechanical and Morphological Properties of Vetiver-Polypropylene Composites*”, **The Third Thailand Materials Science and Technology Conference**, Bangkok, Thailand, 167, 2004.
4. U. Somnuk, Y. Ruksakulpiwat, Suppakarn and, W. Sutapun, “*Characterization of Chemical Treated Vetiver Grass*”, **The Third Thailand Materials Science and Technology Conference**, Bangkok, Thailand, 420, 2004.
5. W. Thuamthong, Y. Ruksakulpiwat, W. Sutapun, and N. Suppakarn, “*Thermal, Rheological, Mechanical, and Morphological Properties of Vetiver-Polypropylene Composites*” **The 8th Pacific Polymer Conference (PPC8)**, Bangkok, Thailand, 118, 2003
6. W. Noobut and J. L. Koenig, *In situ Elevated Temperature DRIFT Spectroscopy of APS-coated Silica*, **Polymer Composite**, (submitted).
7. W. Noobut and J. L. Koenig, *Interfacial Behavior of Epoxy/E-glass Fiber Composites under Wet-Dry Cycles by FTIR Microspectroscopy*, **Polymer Composite**, 20: 38-37, 1999.

8. การนำเสนอผลงาน

1. *Application and Future Directions of FT-IR Spectroscopy*, Bruker South East Asia, Bangkok, Thailand, 2000.
2. *Interfacial Behavior of Epoxy/E-glass Fiber Composites under Wet-Dry Cycles by FTIR Microspectroscopy*, Cleveland, Ohio, USA, 1998.

ผู้วิจัยร่วม

1. ชื่อ(ภาษาไทย): ดร. นิตินาต สุกกาญจน์

(ภาษาอังกฤษ): Dr. Nitinat Suppakarn

2. ตำแหน่งปัจจุบัน: อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมพอลิเมอร์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

สาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง นครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ (044) 22-4439 โทรสาร (044) 22-4431

E-mail: nitinat@ccs.sut.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

B.S. (Chemistry) Chulalongkorn University, 1993.

M.S. (Polymer Science) Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, 1995.

Ph.D. (Macromolecular Science) Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio, USA, 1999.

5. ความชำนาญ

-Polymer Composites

-Polymer Characterization

6. ผลงานทางวิชาการ

1. Z. Liu, N. Suppakarn, and J. D. Cawley, "Coated Feedstock for Fabrication of Ceramic Parts by CAM-LEM," Solid Freeform Fabrication Symposium Proceedings, Edited by D.

- Bourell, J. J. Beaman, R. Crawford, H. L. Marcus, and J. W. Barlow, University of Texas, Austin, TX, 393, 1999.
2. N. Suppakarn, Z. Liu, and J. D. Cawley, "Polymer Assisted Lamination of Ceramic Green Tape," The First Thailand Materials Science and Technology Proceedings, MTEC, Thailand, 364, 2000.
 3. N. Suppakarn, H. Ishida, and J. D. Cawley, "Roles of Poly(propylene glycol) during Solvent-based Lamination of Ceramic Green Type," *J. Am. Ceram. Soc.*, **84**(2), 289, 2001.
 4. W. Thuamthong, Y. Ruksakulpiwat, W. Sutapun, and N. Suppakarn, "Thermal, Rheological, Mechanical, and Morphological Properties of Vetiver-Polypropylene Composites," The 8th Pacific Polymer Conference (PPC8), Bangkok, Thailand, 118, 2003.
 5. Y. Ruksakulpiwat, N. Suppakarn, W. Sutapun and W. Thomthong, "The Study of Using Vetiver Grass as a Filler in Polypropylene Composites," SPE Tech Paper, 1641, 2004.
 6. N. Kampangsaree, N. Suppakarn, and S. Rimdusit, Development of Fire Resistant Wood-Substituted Composites from Polybenzoxazine Alloys," The Third Thailand Materials Science and Technology Conference, Bangkok, Thailand, 161, 2004.
 7. W. Thuamthong, Y. Ruksakulpiwat, N. Suppakarn and, W. Sutapun, "Effect of Vetiver Contents and Vetiver Lengths on Mechanical and Morphological Properties of Vetiver-Polypropylene Composites," The Third Thailand Materials Science and Technology Conference, Bangkok, Thailand, 167, 2004.
 8. U. Somnuk, Y. Ruksakulpiwat, Suppakarn and, W. Sutapun, "Characterization of Chemical Treated Vetiver Grass", The Third Thailand Materials Science and Technology Conference, Bangkok, Thailand, 420, 2004.
 9. W. Sutapun, Y. Ruksakulpiwat, K. Jarukumjorn, N. Supakarn, P. Chumsamrong, and J. Kluengsamrong, "Studies of Thermal Properties and Surface Characteristics of Pretreated Jute Fibers by Boiling and Soxhlet Extraction", The 30th Congress on Science and Technology of Thailand, Bangkok, Thailand, 175, 2004.