รหัสโครงการ SUT7-708-48-24-61

รายงานการวิจัย

การศึกษาการใช้หญ้าแฝกเป็นสารตัวเติมในพอลิโพรพิลีนระยะที่ 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)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT7-708-48-24-61

รายงานการวิจัย

การศึกษาการใช้หญ้าแฝกเป็นสารตัวเติมในพอลิโพรพิลีนระยะที่ 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)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุพาพร รักสกุลพิวัฒน์

สาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิมลลักษณ์ สุตะพันธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิธินาถ ศุภกาญจน์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2548

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มิถุนายน/2552

กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินการวิจัยโครงการ "การศึกษาการใช้หญ้าแฝกเป็นสารตัวเติมในพอลิโพรพิลีน ระยะที่ 2: การปรับปรุงความทนทานต่อแรงกระแทกเพื่อใช้เป็นชิ้นส่วนยานยนต์" ครั้งนี้ คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณ สภาวิจัยแห่งชาติ สำหรับการให้ทุนวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำหรับสถานที่ และเครื่องมือในการทำวิจัย

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ หญ้าแฝกจะใช้เป็นสารตัวเติมในวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีน การปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยหญ้าแฝกทำโดยกระบวนการทางเคมี ยางธรรมชาติและยางอีพีดีเอ็มที่ปริมาณต่างๆจะใช้เป็นสารปรับปรุงแรงกระแทกสำหรับวัสดุเชิงประกอบ ชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบขึ้นรูปโดยใช้เครื่องฉีด วัสดุเชิงประกอบที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์สมบัติทางการไหล สมบัติทางกล และสัณฐานวิทยา โดยศึกษาผลของชนิดของยางและปริมาณของยางต่อสมบัติต่างๆ รวมถึงอิทธิพลของปริมาณเส้นใยและสารเชื่อมประสานไซเลน ซึ่งผลการวิเคราะห์บ่งชี้ว่า ค่าความยืดหยุ่น ณ จุดแตกหักและค่าความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนมีค่าสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อปริมาณยางมากกว่า 20% แต่ ค่าความต้านทานแรงดึงและมอดุลัสของยังค์จะมีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตาม ค่าความต้านทานแรงดึงและมอดุลัสของยังค์ของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่มีปริมาณยางมากกว่า 10% ก็ยังมีค่าสูงกว่าค่าความต้านทานแรงดึงและมอดุลัสของยังค์ของพอลิโพรพิลีน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างยางธรรมชาติและยางอีพีดีเอ็ม วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่ใส่ยางอีพีดีเอ็มจะแสดงค่าความต้านทานแรงดึงและค่าความทนต่อแรงกระแทกสูงกว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่ใส่ยางธรรมชาติ

Abstract

In this research, vetiver grass was used as a filler in polypropylene (PP) composite. Chemical treatment was done to modify fiber surface. Natural rubber (NR) and Ethylene Propylene Diene Monomer (EPDM) rubber at various contents were used as an impact modifier for the composites. The composites were prepared by using an injection molding. Rheological, morphological and mechanical properties of PP and PP composites with and without NR or EPDM were studied. Adding NR or EPDM to PP composites, a significant increase in the impact strength and elongation at break is observed in the PP composite with rubber content more than 20% by weight. However, the tensile strength and Young's modulus of the PP composites decrease with increasing rubber contents. Nevertheless, the tensile strength and Young's modulus of the composites with rubber contents up to 10% are still higher than those of PP. Moreover, comparisons between NR and EPDM rubber on the mechanical properties of the PP composites were elucidated. The PP composites with EPDM rubber show slightly higher tensile strength and impact strength than the PP composites with NR.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มีของปัญหาการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	
2.1 วัสดุและสารเคมี	5
2.2 การเตรียมเส้นใยหญ้าแฝก	5
2.3 การเตรียมวัสดุเชิงประกอบ	5
2.3.1 การผสมวัสดุด้วยเครื่องบดผสมภายใน	6
2.3.2 การบดของผสม	7
2.3.3 การเตรียมชิ้นงานโดยการขึ้นรูปแบบฉีด	7
2.4 การตรวจสอบสมบัติเบื้องต้นของวัสดุ	8
2.4.1 การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ	8
2.4.2 การตรวจสอบสมบัติทางการไหล	8
2.4.3 การตรวจสอบสมบัติทางกล	8
บทที่ 3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล	
3.1 การวัดความยาวของเส้นใยหญ้าแฝกและลักษณะชิ้นงาน	9

3.2 สมบัติทางกระแสวิทยาของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยาง หญ้าแฝก
และพอลิโพรพิลีน..... 10

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.1 ผลกระทบของอัตราส่วนผสมของยางธรรมชาติต่อสมบัติทางการไหลของวัสดุเชิงประกอบ 10

3.2.2 ผลกระทบของอัตราส่วนผสมของยาง EPDM ต่อสมบัติทางการไหลของวัสดุเชิงประกอบ 11

3.3 สมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติและยาง EPDM หญ้าแฝก และพอลิโพรพิลีน 12

3.3.1 ผลกระทบของอัตราส่วนผสมของยางธรรมชาติและยาง EPDM ต่อสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบ 12

3.3.2 ผลกระทบของปริมาณสารเชื่อมประสานไซเลนต่อสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบ 15

3.4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบระหว่างระหว่างยาง หญ้าแฝก และพอลิโพรพิลีน 17

บทที่ 4 บทสรุป

สรุปผลการวิจัย 19

ข้อเสนอแนะ 19

บรรณานุกรม 20

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก 23

ประวัติผู้วิจัย 24

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	อัตราส่วนผสมระหว่างยางธรรมชาติ หญ้าแฝก และพอลิโพรพิลีน	6
2.2	อัตราส่วนผสมระหว่างยาง EPDM หญ้าแฝก และพอลิโพรพิลีน	6
2.3	อัตราส่วนของสารเคมีที่ผสมกับยางธรรมชาติ และ ยาง EPDM	6
2.4	ลำดับการผสมยางธรรมชาติ ยาง EPDM หญ้าแฝก และพอลิโพรพิลีน	7
3.1	เส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว และ อัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยหญ้าแฝกก่อนและหลังการสกัดด้วยสารละลายเบนซีนและโซเดียม-ไฮดรอกไซด์	9

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ชิ้นทดสอบการต้านทานแรงดึง และ ความต้านทานแรงกระแทก.....	8
3.1	ลักษณะชิ้นงานที่ได้จากการฉีด	10
3.2	กราฟแสดงความหนืดที่อัตราเฉือนต่างๆ ณ อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ หญ้าแฝก และ พอลิโพรพิลีน ที่อัตราส่วนผสมของยางธรรมชาติ ต่างกัน	11
3.3	กราฟแสดงความหนืดที่อัตราเฉือนต่างๆ ณ อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยาง EPDM หญ้าแฝก และ พอลิโพรพิลีน ที่อัตราส่วนผสมของยาง EPDM ต่างกัน.....	12
3.4	ความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ ยาง EPDM หญ้าแฝก และ พอลิโพรพิลีน ที่อัตราส่วนผสมของยางต่างๆ กัน.....	13
3.5	ค่ามอดุลัสของยังก์ (Young's modulus) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ ยาง EPDM หญ้าแฝก และ พอลิโพรพิลีน ที่อัตราส่วนผสมของยางต่างๆ กัน.....	14
3.6	ความยืดหยุ่น ณ จุดแตกหัก (elongation at break) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ ยาง EPDM หญ้าแฝก และ พอลิโพรพิลีน ที่อัตราส่วนผสมของยางต่างๆ กัน.....	14
3.7	ค่าความต้านทานแรงกระแทก (impact strength) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ ยาง EPDM หญ้าแฝก และ พอลิโพรพิลีน ที่อัตราส่วนผสมของยางต่างๆ กัน.....	15
3.8	ความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ และ พอลิโพรพิลีน ที่ปริมาณสารเชื่อมประสานไซเลนต่างกัน ที่ปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	16
3.9	ความยืดหยุ่น ณ จุดแตกหัก (elongation at break) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ และ พอลิโพรพิลีน ที่ปริมาณสารเชื่อมประสานไซเลนต่างกัน ที่ปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	16

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.10	ค่าความต้านทานแรงกระแทก (impact strength) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ และ พอลิโพรพิลีน ที่ปริมาณสารเชื่อมประสานไซเลนต่างกัน ที่ปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	17
3.11	SEM micrographs ของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง (A) ยางธรรมชาติ (B) ยาง EPDM หญ้าแฝก และ พอลิโพรพิลีน	18

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ในหลายทศวรรษที่ผ่านมาพอลิเมอร์เชิงประกอบ (polymer composites) ได้มีบทบาทสำคัญในการใช้งานด้านต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย ทั้งในรูปของพอลิเมอร์เชิงประกอบแบบเทอร์โมพลาสติกและเทอร์โมเซต วัสดุเสริมแรงที่สำคัญที่ใช้ในพอลิเมอร์เชิงประกอบสำหรับงานทางด้านวัสดุวิศวกรรมที่สำคัญได้แก่ เส้นใยแก้ว เนื่องจากมีข้อดี คือ ประสิทธิภาพเชิงกลต่อน้ำหนักสูง เวลาที่ใช้ในการผลิตสั้น และใช้พลังงานในการผลิตต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเหล็ก แต่มีข้อเสีย คือ ทำให้เกิดการสึกหรอของเครื่องมือขึ้นรูปและไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม [1]

ปัจจุบันได้มีความพยายามในการนำเส้นใยธรรมชาติ (cellulose fibers) มาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงด้วยเหตุผลทางด้านเศรษฐศาสตร์และความปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เส้นใยธรรมชาติที่มีการศึกษาวิจัย ได้แก่ เส้นใยจาก ป่าน ปอกระเจา ปอดำ ไม้ไผ่ และ กาบมะพร้าว [1-6] ข้อดีของการใช้เส้นใยธรรมชาติเป็นสารเสริมแรง คือ ราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยแก้วและเส้นใยคาร์บอน (เส้นใยธรรมชาติ $0.36/kg เส้นใยแก้ว $3.25/kg เส้นใยคาร์บอน $500/kg) [7] ทำให้ต้นทุนการผลิตพอลิเมอร์เชิงประกอบลดลงและได้วัสดุเชิงประกอบที่มีค่ามอดุลัสต่อน้ำหนักต่อหน่วยราคา (specific strength/unit price) สูงกว่าการใช้เส้นใยแก้วและเส้นใยคาร์บอน [1, 8] ไม่ทำให้เกิดการสึกกร่อนของเครื่องมือขึ้นรูป ไม่มีปัญหาต่อสุขภาพและความปลอดภัยต่อพนักงานในสถานประกอบการ อีกทั้งหาได้ง่าย และมีความหนาแน่นต่ำทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเบา

ด้วยวัสดุพอลิเมอร์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์ทั้งในรูปของอุปกรณ์ในยานยนต์ อุปกรณ์ส่งถ่ายข้อมูลข่าวสาร วัสดุการก่อสร้าง รวมทั้งที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยสี่ได้แก่ เสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม บรรจุภัณฑ์อาหาร และ บรรจุภัณฑ์ยารักษาโรค หรือแม้แต่การใช้เป็นวัสดุทดแทนไม้ [9-13] ขยะจากพลาสติกจึงมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะจากพลาสติกที่อายุการใช้งานสั้น ปัญหาของขยะพลาสติก คือ ไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ หรือ ความสามารถในการย่อยสลายต่ำ [14] ซึ่งต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการกำจัด และถ้าตกค้างในสภาพธรรมชาติเป็นเวลานานจะก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม การใช้เส้นใยธรรมชาติในวัสดุพอลิเมอร์เชิงประกอบจะมีส่วนช่วยเพิ่มความสามารถในการย่อยสลายตามธรรมชาติ เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ (biopolymers) ซึ่งมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยไม่มีสารพิษตกค้าง จึงเป็นการช่วยลดมลภาวะจากขยะพลาสติกได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งเป็นแนวโน้มที่ดีต่อการพัฒนาและส่งเสริมการใช้เส้นใยธรรมชาติเป็นสารตัวเติมในพอลิเมอร์เชิงประกอบ

จากการตัดไม้ทำลายป่าทำให้ประเทศไทยประสบปัญหาสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรม ความสามารถในการเก็บกักน้ำของดินลดลง ในพื้นที่ลาดชันเมื่อเกิดการไหลบ่าของน้ำเนื่องจากฝนตกหนักทำให้เกิดการพังทลายของหน้าดินได้ง่าย จากปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชฯ ได้พระราชทานพระราชดำริให้มีการปลูกหญ้าแฝกเพื่ออนุรักษ์หน้าดินและน้ำ เนื่องจากหญ้าแฝกเป็นพืชที่มีระบบรากลึกเจริญเติบโตในแนวดิ่งมากกว่าเจริญเติบโตออกทางด้านข้างและระบบรากประสานติดต่อกันแน่นเสมือนม่านหรือกำแพงใต้ดิน ทำให้สามารถเก็บกักน้ำช่วยให้ดินมีความชื้นและรักษาหน้าดินไว้ได้ [15, 16]

จากแนวพระราชดำริเรื่องหญ้าแฝก ได้มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องร่วมกันสนองพระราชดำริทั้งด้านการศึกษาวิจัยและปฏิบัติในพื้นที่จริง มากกว่า 30 หน่วยงาน และมีผลงานศึกษาวิจัยเกี่ยวกับหญ้าแฝกมากกว่า 100 เรื่อง [17] อย่างไรก็ตาม การศึกษาและวิจัยในเรื่องหญ้าแฝกที่ผ่านมาส่วนใหญ่เป็นการเน้นในด้านการปรับปรุงพันธ์และการปลูก ด้านสภาพแวดล้อมในการปลูก ลักษณะพื้นที่ที่นำไปปลูก ตลอดจนการนำหญ้าแฝกไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ เช่น การสาน การทอ และ การทำเยื่อกระดาษ [18] สำหรับความรู้ ความเข้าใจเพื่อนำไปสู่การพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกในพอลิเมอร์เชิงประกอบยังมีน้อยมาก จากการวิจัยเรื่องการนำหญ้าแฝกมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์คอมโพสิทของระหว่างหญ้าแฝกกับพอลิโพรพีลีนของคณะผู้วิจัย [19, 20] พบว่า หญ้าแฝกสามารถใช้เป็นสารตัวเติมในพอลิเมอร์เชิงประกอบได้ โดยสามารถปรับปรุงสมบัติเชิงกลบางประการ เช่น ความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ให้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามสมบัติความทนต่อแรงกระแทกยังไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน โดยเฉพาะในชิ้นส่วนยานยนต์ แนวทางในการปรับปรุงสมบัติความทนต่อแรงกระแทกสามารถทำได้โดยการใส่ impact modifier คือ อิลาสโตเมอร์ (elastomer) [21] เช่น ยางธรรมชาติและเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์

จากการที่ประเทศไทยได้ประสบปัญหาเศรษฐกิจอย่างรุนแรงเมื่อหลายปีที่ผ่านมาทำให้รัฐบาลมีความตื่นตัวในการแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจ แนวทางประการหนึ่งก็คือ การพยายามลดอัตราการนำสินค้าเข้าจากต่างประเทศ และการส่งเสริมให้มีการผลิตสินค้าใช้เองภายในประเทศมากขึ้นและเนื่องจากอุตสาหกรรมรถยนต์กำลังเป็นอุตสาหกรรมที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วทั้งของโลกและของประเทศไทย โดยประเทศไทยมีแผนพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ของประเทศให้เป็น "Detroit of Asia"

เนื่องด้วยประเทศไทยมีโรงงานผลิตชิ้นส่วนและประกอบรถยนต์อยู่หลายแห่ง แต่อย่างไรก็ตาม วัตถุดิบจำพวกเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ซึ่งนิยมใช้กันมากในชิ้นส่วนยานยนต์ยังไม่มีการผลิตใช้ได้ภายในประเทศ ต้องสั่งซื้อเข้ามาจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะ ส่วนกันชนด้วยคุณสมบัติที่ทนต่อแรงกระแทกได้ดี ทนต่อความร้อนได้ดี และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (recycle) และเนื่องจากประเทศไทยมีการผลิตยางธรรมชาติและเม็ดพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนเป็น

จำนวนมาก พอลิโพรพิลีนเป็นเทอร์โมพลาสติกที่นิยมใช้กันทั่วไปมากที่สุดชนิดหนึ่ง มีความหนาแน่นต่ำ มีจุดอ่อนตัว (vicat softening point) สูง มีความแข็งที่พื้นผิว (surface hardness) ดี มีความต้านทานต่อการขูดขีดและขัดสีดี มีสมบัติทางไฟฟ้าที่ดี และมีราคาถูก [1, 8] พอลิเมอร์ชนิดนี้จึงถูกเลือกมาใช้ในการศึกษาวิจัยเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์เชิงประกอบชนิดใหม่ที่มีเส้นใยหญ้าแฝกเป็นสารตัวเติม จากปัจจัยทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วนั้น ทำให้ประเทศไทย น่าจะมีความสามารถในการผลิตวัสดุสำหรับใช้เป็นชิ้นส่วนยานยนต์เองจากวัตถุดิบภายในประเทศ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัตถุดิบเหล่านั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งหญ้าแฝกและยางพาราของไทย โดยมีกลุ่มเป้าหมายหลักของผู้ใช้ คือ อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ อย่างไรก็ตาม การใช้ยางธรรมชาติอาจจุดด้อยบางประการเมื่อเทียบกับเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ เช่น การทนต่อสภาพอากาศ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงนำยางธรรมชาติมาใช้ในการผสมกับหญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีนเพื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการใช้เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์คือ ethylene propylene monomer (EPDM) ด้วย

วัตถุประสงค์การของการวิจัย

1. เพื่อที่จะทราบปริมาณที่เหมาะสมของอิลาสโตเมอร์ที่เติมในพอลิเมอร์เชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับ หญ้าแฝก ที่ทำให้พอลิเมอร์เชิงประกอบมีสมบัติการทนต่อแรงกระแทกที่ดี
2. เพื่อขึ้นรูปพอลิเมอร์เชิงประกอบโดยวิธีขึ้นรูปแบบฉีดให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เพื่อขยายผลงานวิจัยที่ได้ไปสู่การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

ขอบเขตของการวิจัย

หาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผสมพอลิโพรพิลีนกับอิลาสโตเมอร์ โดยการเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่าง พอลิโพรพิลีนกับอิลาสโตเมอร์ เป็นอัตราส่วนต่าง ๆ และ เปรียบเทียบสมบัติต่างๆของพอลิเมอร์เชิงประกอบที่เติมยางธรรมชาติและ EPDM ที่ปริมาณเท่ากัน

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ได้ผลงานตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการต่างประเทศดังนี้

1. Yupaporn Ruksakulpiwat, Jatuporn Sridee, Nitinat Suppakarn and Wimonlak Sutapun, *"Improvement of impact property of natural fiber–polypropylene composite by using natural rubber and EPDM rubber"*, **Composites: Part B Engineering**, Article in Press, available online at doi:10.1016/j.compositesb.2009.04.006

2. Yupaporn Ruksakulpiwat, Jatuporn Sridee, Nitinat Suppakarn and Wimonlak Sutapun, *"Natural rubber and EPDM rubber as an impact modifier in vetiver grass-polypropylene composites"*, **Advanced Materials Research**, Volume 47-50 PART 1, 2008, Pages 427-430

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วัสดุและสารเคมี

วัสดุที่ใช้ในการทดลองได้แก่ พอลิโพรพิลีน เกรด 700J ที่ใช้ในการค้า ผลิตโดยบริษัทไทยโพลิโพรพิลีน จำกัด ยางธรรมชาติ (NR) เกรด STR 5L จากบริษัทไทยฮั้วรับเบอร์ สาขาสงขลา จำกัด ยาง ethylene propylene monomer (EPDM) จากบริษัท Chemical rubber จำกัด หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 จาก กรมพัฒนาที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา โซเดียมไฮรดรอกไซด์ จากบริษัท คาร์โร เกรดแลป สารเคมีที่ใช้เป็นส่วนประกอบของยาง ได้แก่ Sulfur, Tetramethylthiuramdisulphide (TMTD), Mercaptobenzothaizole (MBT), ZnO และ Stearic acid และสารเชื่อมประสานไซเลน (silane coupling agent) เกรด si-64

2.2 การเตรียมเส้นใยหญ้าแฝก

ในการทดลองจะใช้ใบจากหญ้าแฝก โดยนำใบหญ้าแฝกมาล้างน้ำเพื่อชะล้างสิ่งสกปรกออก แล้วผึ่งแดดให้แห้ง แล้วมาบดด้วยเครื่องบด แล้วร่อนผ่านตระแกรงร่อน โดยขนาดของเส้นใยที่นำมาใช้จะอยู่ในช่วงตะแกรงขนาด 250-125 ไมครอน วัดความยาวของหญ้าแฝกใช้กล้องจุลทรรศน์รุ่น Nikon polarizing microscope (model Eclipse E600 POL) จากนั้นนำมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ขณะแช่ทำการกวนด้วยใบพัดสำหรับกวนตลอดเวลา แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นจนเส้นใยมีค่า pH เป็นกลาง อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

2.3 การเตรียมวัสดุเชิงประกอบ

2.3.1 การผสมวัสดุด้วยเครื่องบดผสมภายใน

การผสมวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ ยาง EPDM สารเคมีต่างๆ หญ้าแฝก และพอลิโพรพิลีนทำโดยใช้เครื่องบดผสมภายใน รุ่น Roller 3000 p ของบริษัท HAAKE ขนาดของการผสมเท่ากับ 180 กรัม โดยทำการผสมยางธรรมชาติในอัตราส่วนที่เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของยางธรรมชาติแตกต่างกันจำนวน 6 ตัวอย่าง และทำการผสมยาง EPDM ในอัตราส่วนที่เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของยาง EPDM แตกต่างกันจำนวน 6 ตัวอย่าง อัตราส่วนการผสมของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง ยางธรรมชาติและยาง EPDM แสดงดังตารางที่ 2.1และ 2.2 ตามลำดับ และอัตราส่วนของสารเคมีที่ผสมกับยางธรรมชาติและยาง EPDM แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.1 อัตราส่วนผสมระหว่างยางธรรมชาติ หญ้าแฝก และพอลิโพรพิลีน

ยางธรรมชาติ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	หญ้าแฝก (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	พอลิโพรพิลีน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)
0	20	80
5	19	76
10	18	72
20	16	64
30	14	56
50	10	40

ตารางที่ 2.2 อัตราส่วนผสมระหว่างยาง EPDM หญ้าแฝก และพอลิโพรพิลีน

ยาง EPDM (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	หญ้าแฝก (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	พอลิโพรพิลีน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)
0	20	80
5	19	76
10	18	72
20	16	64
30	14	56
50	10	40

ตารางที่ 2.3 อัตราส่วนของสารเคมีที่ผสมกับยางธรรมชาติ และ ยาง EPDM

สารเคมี	ปริมาณ (หน่วย : phr)	
	ยางธรรมชาติ (NR)	ยาง EPDM
ยางธรรมชาติ	100	100
Sulfur	0.25	1.00
TMTD	0.25	0.80
ZnO	0.50	5.00
Stearic acid	0.50	1.00
MBT	0.375	3.00

สภาวะที่ใช้ในการผสมได้แก่ ความเร็วรอบ ที่ 50 รอบต่อนาที อุณหภูมิที่ใช้ในการบดผสมแต่ละแผ่นโดยที่ แผ่นหน้า/แผ่นกลาง/แผ่นหลัง เท่ากับ 165/170/165 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยลำดับและระยะเวลาในการผสมทั้งหมดจะแสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ลำดับการผสมยางธรรมชาติ ยาง EPDM หญ้าแฝก และพอลิโพรพิลีน

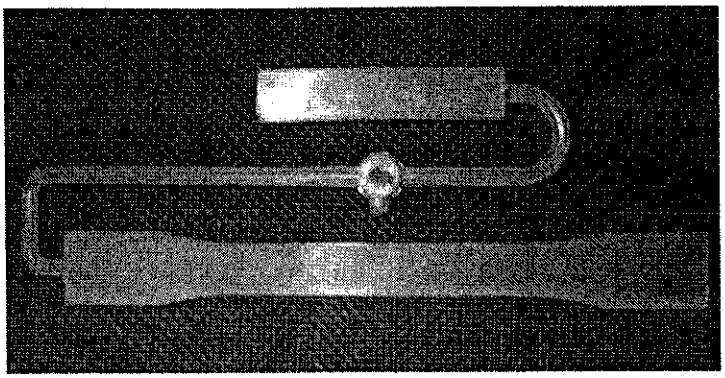
เวลา (นาที)	ลำดับการใส่ส่วนประกอบ
0-5	พอลิโพรพิลีน
5-7	ยาง (ยางธรรมชาติ หรือ ยาง EPDM)
7-8	ซัลเฟอร์
8-10	สารเคมีที่เหลือ
10-15	หญ้าแฝก และไซเลน

2.3.2 การบดของผสม

ของผสมที่ได้จากเครื่องบดผสมภายในจะถูกบดด้วยเครื่องบดทางกลเพื่อลดขนาดของผสมให้เล็กเหมาะที่จะนำไปขึ้นรูปด้วยกระบวนการฉีดต่อไป

2.3.3 การเตรียมชิ้นงานโดยการขึ้นรูปแบบฉีด

การเตรียมชิ้นทดสอบการดึงยืด และการตกกระแทกจะขึ้นรูปโดยใช้เครื่องฉีดของบริษัท Chuan Lih Fa Machinery Works co., Ltd. รุ่น CLF-80T แม่พิมพ์ที่ใช้มีลักษณะแสดงดังรูปที่ 2.1 การขึ้นรูปชิ้นทดสอบจะนำเม็ดที่ได้จากการบดของผสมมาขึ้นรูปโดยอุณหภูมิในการฉีดในแต่ละโซน เป็น 170 175 175 และ 180 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อุณหภูมิแม่พิมพ์เท่ากับ 20 องศาเซลเซียส โดยน้ำมันเป็นตัวหล่อเย็น ความเร็วของสกรูเท่า 80 เปอร์เซ็นต์ ความดันที่ใช้ในการฉีด เท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ ความดันคงค้าง เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2.1 ชิ้นทดสอบการต้านทานแรงดึง และ ความต้านทานแรงกระแทก

2.4 การตรวจสอบสมบัติเบื้องต้นของวัสดุ

2.4.1 การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ

การวัดความยาวของหญ้าแฝก โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ Nikon polarizing optical microscope (model Eclipse E600 POL) โดยได้ความยาวเฉลี่ยประมาณ 200 ไมครอน โดยทำการวัดเส้นใยจำนวน 300 เส้นและนำมาหาค่าเฉลี่ย

2.4.2 การตรวจสอบสมบัติทางการไหล

ทำการทดสอบการไหลของวัสดุเชิงประกอบด้วยเครื่อง Capillary rheometer รุ่น K-Machine 6052DM ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการหลอม 300 วินาที ใช้แรงกด (Packing force) 1500 นิวตัน โดยทำการทดสอบที่อัตราแรงเฉือนต่าง ๆ จำนวน 10 อัตรา

2.4.3 การตรวจสอบสมบัติทางกล

ชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปแบบฉีด จะถูกนำไปทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile Testing) และความแข็งแรงดัด (Flexural strength) ของวัสดุเชิงประกอบโดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine ของบริษัท Instron ที่ความเร็วในการดึงเท่ากับ 50 มิลลิเมตรต่อนาที ที่ระยะความยาวเกจ (gage length) 80 มิลลิเมตร และทำการทดสอบความแข็งแรงดัด (Flexural strength) ของวัสดุเชิงประกอบโดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine ของบริษัท Instron ที่ความเร็วในการกดเท่ากับ 15 มิลลิเมตรต่อนาทีและระยะค้ำ (support span) ชิ้นงานกว้าง 56 มิลลิเมตร โดยแต่ละการทดสอบจะใช้ชิ้นงานจำนวน 10 ชิ้น

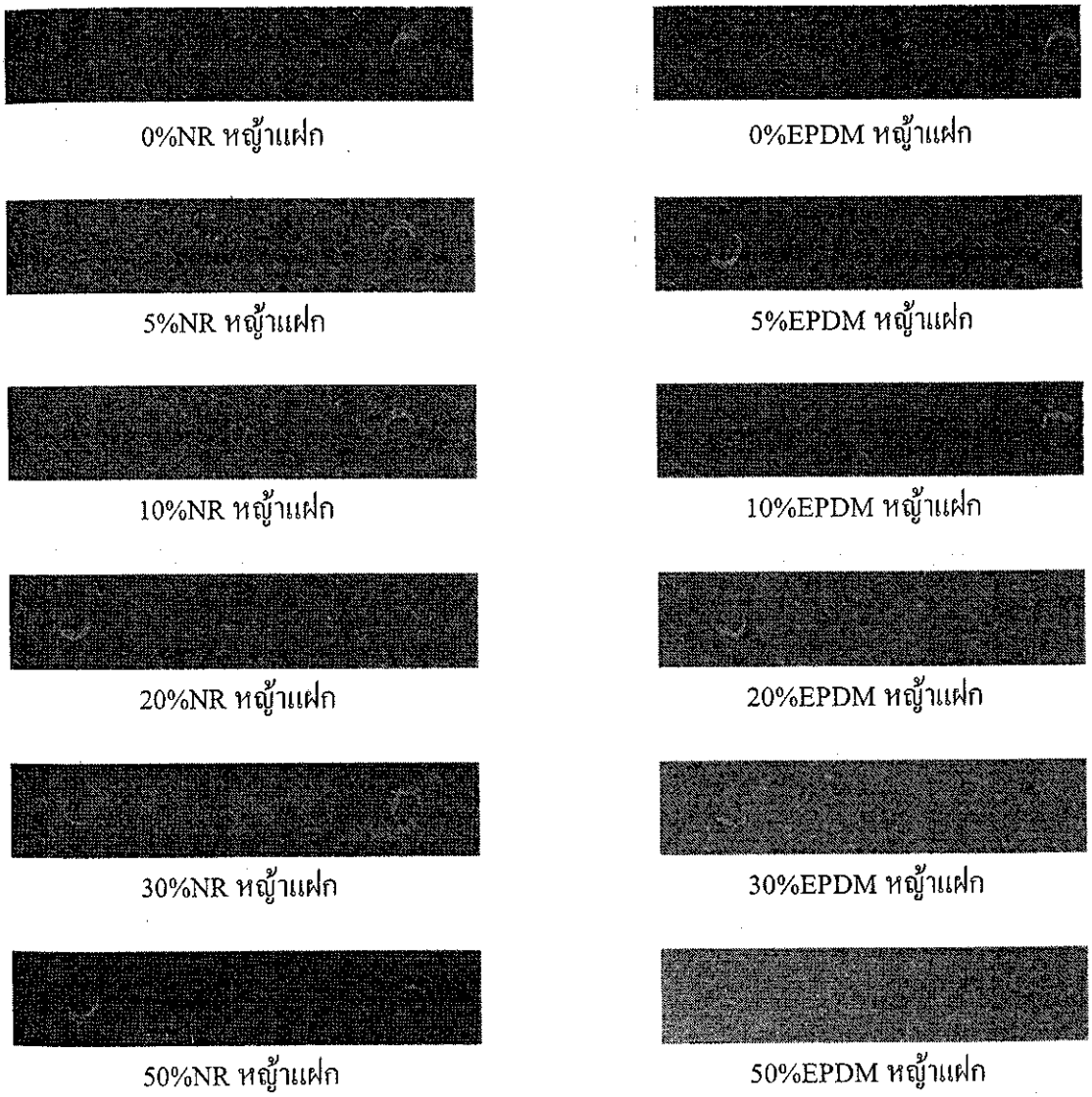
การทดสอบสมบัติการทนต่อแรงกระแทก (Impact Properties) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ หญ้าแฝกและพอลิโพรพิลีน ใช้เครื่องต้านทานแรงตกกระแทก (Impact Testing Machine) ที่ผลิตจากบริษัท Atlas Electric Devices Company รุ่น BPE โดยแต่ละการทดสอบจะใช้ชิ้นงานจำนวน 10 ชิ้น

บทที่ 3

ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การวัดความยาวของเส้นใยหญ้าแฝกและลักษณะชิ้นงาน

ลักษณะชิ้นงานที่ได้จากการฉีดแสดงดังรูปที่ 3.1 อัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยหญ้าแฝกก่อนและหลังการสกัดด้วยสารละลายเบนซินและโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ผ่านการร่อนในช่วงความยาว 250-150 ไมครอน) มีค่าเท่ากับ 4.6±1.5 และ 11.4±3.9 ตามลำดับ

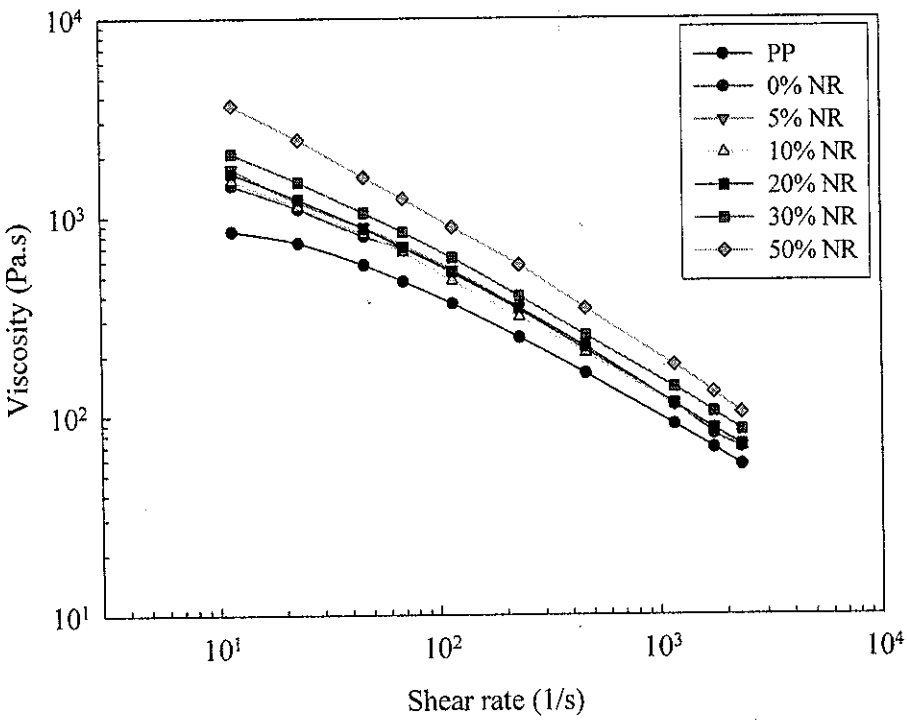


รูปที่ 3.1 ลักษณะชิ้นงานที่ได้จากการฉีด

3.2 สมบัติทางกระแสวิทยาของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยาง หญ้าแฝก และพอลิโพรพิลีน

3.2.1 ผลกระทบของอัตราส่วนผสมของยางธรรมชาติต่อสมบัติทางกระแสวิทยาของวัสดุเชิงประกอบ

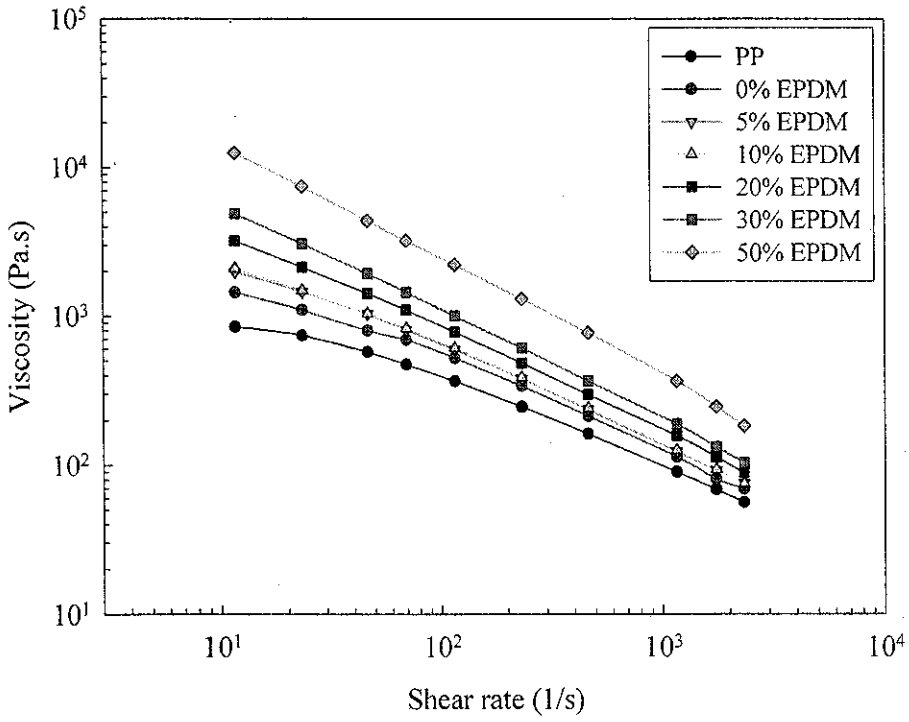
กราฟแสดงการไหลของพอลิโพรพิลีนและวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ หญ้าแฝก และพอลิโพรพิลีน ที่อัตราส่วนผสมของยางธรรมชาติที่ต่างกัน แสดงในรูปที่ 3.2 ผลการทดลองพบว่าค่าความหนืดของพอลิโพรพิลีนเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่หญ้าแฝก อาจเนื่องจากการรบกวนการไหลของพอลิเมอร์และกีดขวางการเคลื่อนที่ของสายโซ่พอลิเมอร์หลอมของเส้นใยหญ้าแฝก ซึ่งคล้ายกับผลการศึกษาวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโอเลฟินกับเส้นใยธรรมชาติ [22, 23] และวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยแก้ว [24] ส่วนค่าความหนืดของวัสดุเชิงประกอบจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณยางธรรมชาติเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะที่ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทั้งนี้เนื่องจากยางธรรมชาติมีความหนืดสูง



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงความหนืดที่อัตราเฉือนต่างๆ ณ อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ หญ้าแฝก และ พอลิโพรพิลีน ที่อัตราส่วนผสมของยางธรรมชาติ ต่างกัน

3.2.2 ผลกระทบของอัตราส่วนผสมของยาง EPDM ต่อสมบัติทางกระแสวิทยาของวัสดุเชิงประกอบ

กราฟแสดงการไหลของพอลิโพรพิลีนและวัสดุเชิงประกอบระหว่างยาง EPDM หญ้าแฝก และพอลิโพรพิลีน ที่อัตราส่วนผสมของยาง EPDM ที่ต่างกัน แสดงในรูปที่ 3.3 พบว่าวัสดุเชิงประกอบที่มีอัตราส่วนผสมของยาง EPDM มากขึ้น จะมีค่าความหนืดสูงขึ้น เช่นเดียวกับกรณีวัสดุเชิงประกอบจากยางธรรมชาติ ทั้งนี้เนื่องจากยางธรรมชาติและยาง EPDM มีค่าความหนืดสูงกว่าพอลิโพรพิลีนนั่นเอง แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดที่ปริมาณยางสูงขึ้นได้ถูกแสดงให้เห็นอย่างชัดเจน [25]

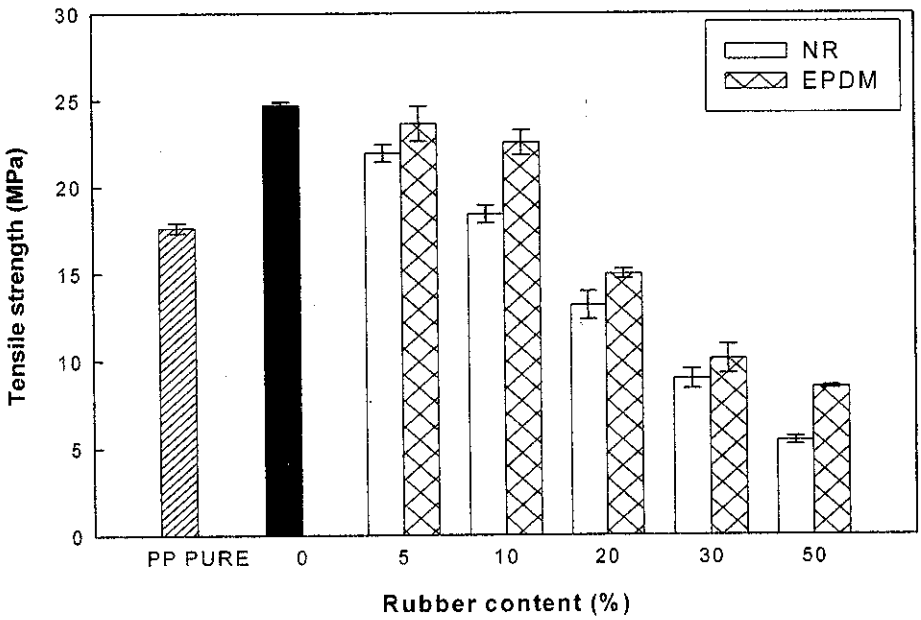


รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความหนืดที่อัตราเฉือนต่างๆ ณ อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยาง EPDM หญ้าแฝก และ พอลิโพรพิลีน ที่อัตราส่วนผสมของยาง EPDM ต่างกัน

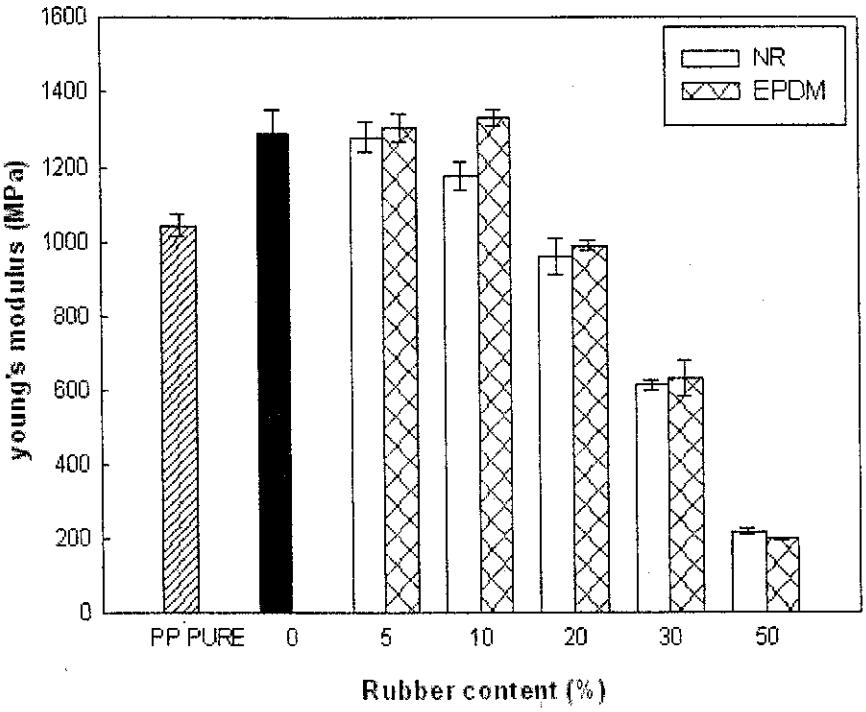
3.3 สมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติและยาง EPDM หญ้าแฝก และพอลิโพรพิลีน

3.3.1 ผลกระทบของอัตราส่วนผสมของยางธรรมชาติและยาง EPDM ต่อสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบ

ผลการทดสอบสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบที่อัตราส่วนผสมของยางธรรมชาติและยาง EPDM ต่างๆ กัน แสดงในรูปที่ 3.4-3.7 ค่าความต้านทานแรงดึง และค่ามอดุลัสของยังก์ของพอลิโพรพิลีนจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่หญ้าแฝก เนื่องจากค่าความต้านทานแรงดึงและค่ามอดุลัสของยังก์ของหญ้าแฝกมีค่าที่สูงกว่าพอลิโพรพิลีนมาก [26] เมื่อเติมยางธรรมชาติและยาง EPDM ลงในพอลิเมอร์เชิงประกอบค่าความต้านทานแรงดึงและค่ามอดุลัสของยังก์ของวัสดุเชิงประกอบจะลดลงเมื่อปริมาณยางเพิ่มขึ้น ซึ่งคล้ายกับผลการศึกษาสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบที่มีการปรับปรุงความแข็งเหนียว (toughness) ระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) กับเส้นใยไม้ไผ่ (bamboo fiber) [27] อย่างไรก็ตามค่าความต้านทานแรงดึงและค่ามอดุลัสของยังก์ของวัสดุเชิงประกอบจะมีค่าสูงกว่าพอลิโพรพิลีนที่ปริมาณยาง 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

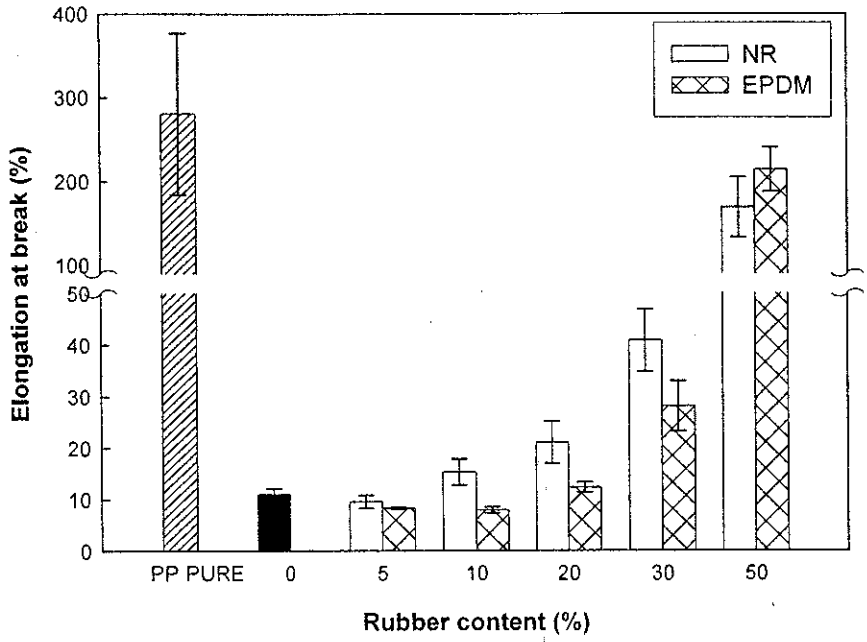


รูปที่ 3.4 ความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ ยาง EPDM หญ้าแฝก และ พอลิโพรพิลีน ที่อัตราส่วนผสมของยางต่างๆ กัน

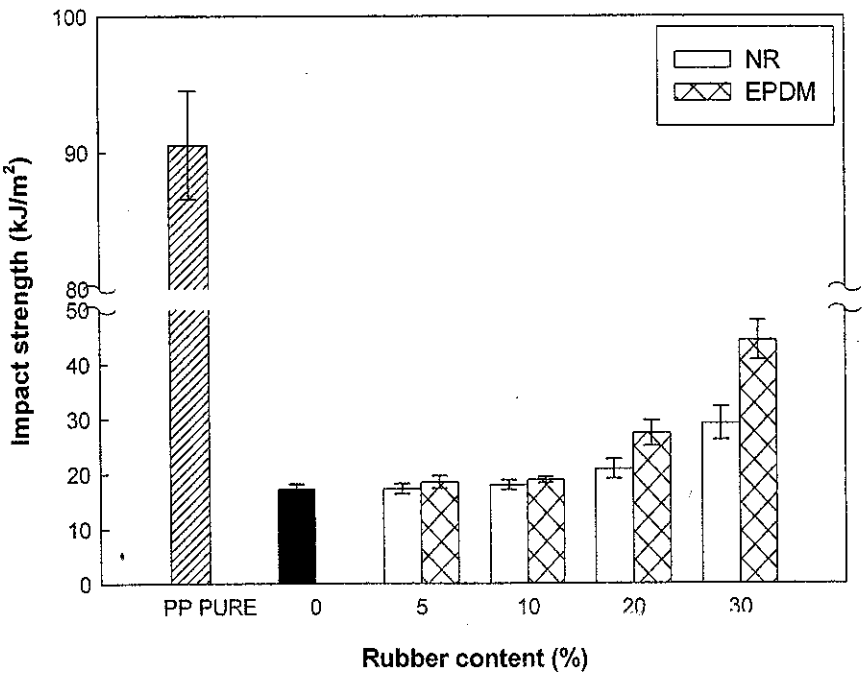


รูปที่ 3.5 ค่ามอดุลัสของยังก์ (Young's modulus) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ ยาง EPDM หญ้าแฝก และ พอลิโพรพิลีน ที่อัตราส่วนผสมของยางต่างๆ กัน

ค่าความยืดหยุ่น ณ จุดแตกหักและค่าความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบที่ไม่เติมยางธรรมชาติกับยางEPDM จะต่ำกว่าพอลิโพรพิลีน ปรากฏการณ์เช่นนี้ได้ถูกรายงานโดยการศึกษาของท่านอื่นคือ การศึกษาพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยธรรมชาติ [28] อย่างไรก็ตามค่าความยืดหยุ่น ณ จุดแตกหักและค่าความต้านทานแรงกระแทกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณยางเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Lui et al. และ Yang et al. [27, 29] การเติมยางธรรมชาติและยาง EPDM มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ในพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิโพรพิลีนนั้น ค่าความยืดหยุ่น ณ จุดแตกหักของพอลิเมอร์เชิงประกอบจะเพิ่มมากกว่าสองเท่าเปรียบเทียบกับพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่ปราศจากยาง การเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของค่าความต้านทานแรงกระแทกของพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิโพรพิลีนสังเกตได้เมื่อมีการเติมยางมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ พอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่มียาง EPDM แสดงให้เห็นว่าค่าความต้านทานแรงกระแทกค่อนข้างสูงกว่าพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่มียางธรรมชาติ การเพิ่มขึ้นของค่าความยืดหยุ่น ณ จุดแตกหักและค่าความต้านทานแรงกระแทกของพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่มีการเติมยางเนื่องจากพฤติกรรมความยืดหยุ่นของยางหลังการเกิดโครงร่างแห ซึ่งจะทำให้มีค่าความแข็งแรงเหนียวและความสามารถในการดึงยืดโดยปราศจากการเปลี่ยนรูปถาวร



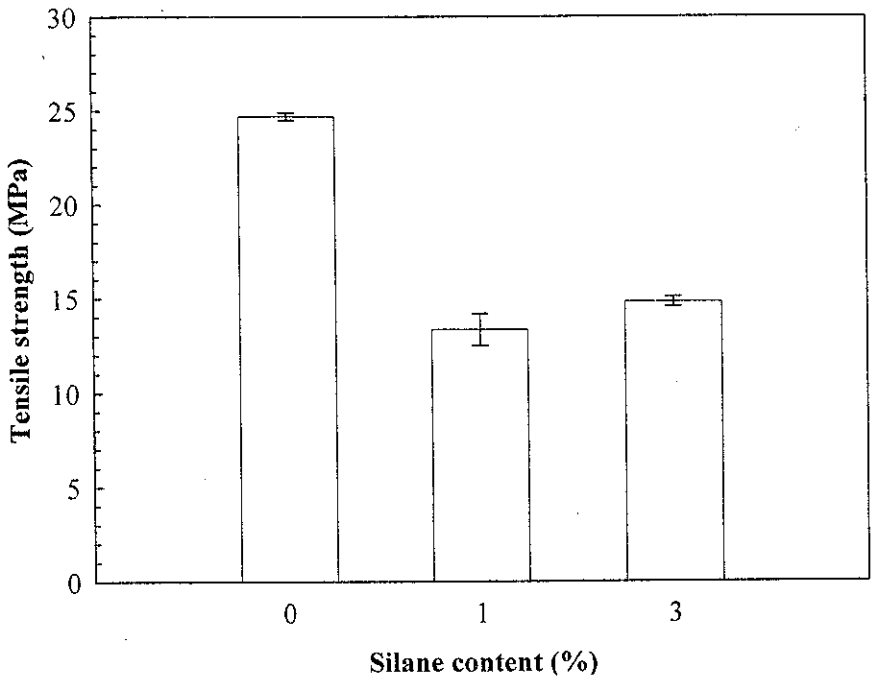
รูปที่ 3.6 ความยืดหยุ่น ณ จุดแตกหัก (Elongation at break) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ ยาง EPDM หญ้าแฝก และ พอลิโพรพิลีน ที่อัตราส่วนผสมของยางต่างๆ กัน



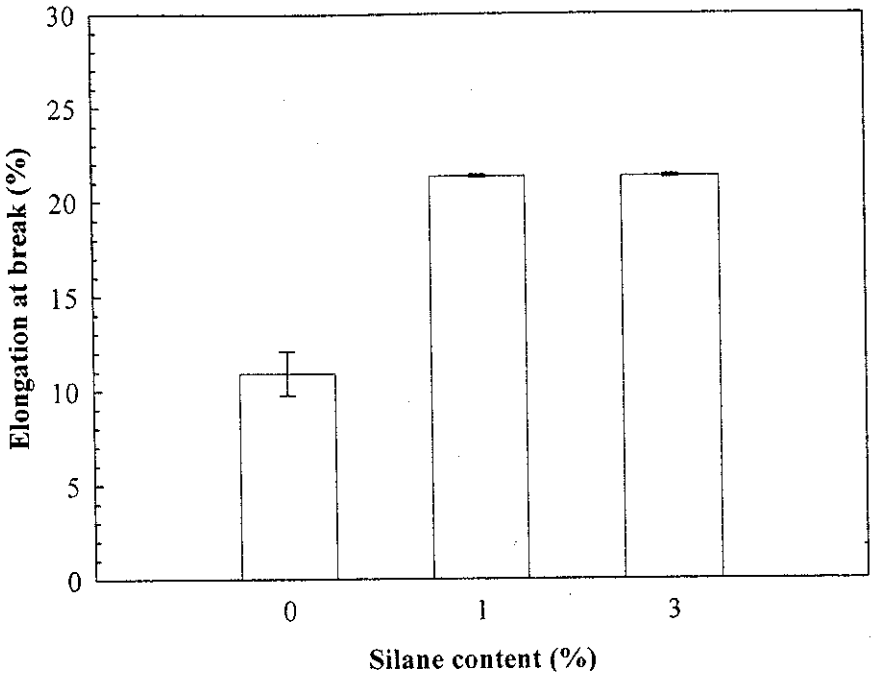
รูปที่ 3.7 ค่าความต้านทานแรงกระแทก (Impact strength) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ ยาง EPDM หญ้าแฝก และ พอลิโพรพิลีน ที่อัตราส่วนผสมของยางต่างๆ กัน

3.3.2 ผลกระทบของปริมาณสารเชื่อมประสานไซเลนต่อสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบ

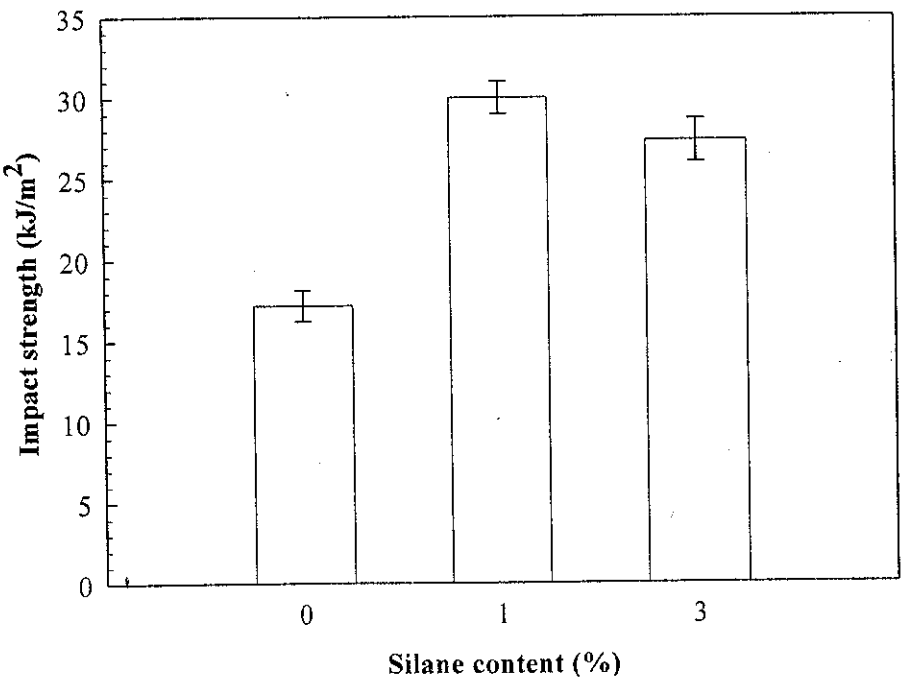
ผลการทดลองพบว่าสารเชื่อมประสานไซเลนส่งผลให้ค่าความทนแรงดึงมีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในรูปที่ 3.8 อย่างไรก็ตามค่าความยืดหยุ่น ณ จุดแตกหักจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อมีการใส่สารเชื่อมประสานไซเลนดังรูปที่ 3.9 สำหรับค่าความต้านทานแรงกระแทกในรูปที่ 3.10 นั้นจะเห็นว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในกรณีสารเชื่อมประสานไซเลน มีการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่า สารเชื่อมประสาน ไซเลนและสารช่วยให้เข้ากันสามารถปรับปรุงสมบัติทางกลของพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่ปราศจากยาง โดยจะทำให้การยึดติดระหว่างพอลิเมอร์และเส้นใยดีขึ้น [29] อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารเชื่อมประสานไซเลนไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อทั้งค่าความต้านทานแรงดึง ความยืดหยุ่น ณ จุดแตกหัก และค่าความต้านทานแรงกระแทก



รูปที่ 3.8 ความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ และ พอลิโพรพิลีน ที่ปริมาณสารเชื่อมประสานไซเลนต่างกัน ที่ปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



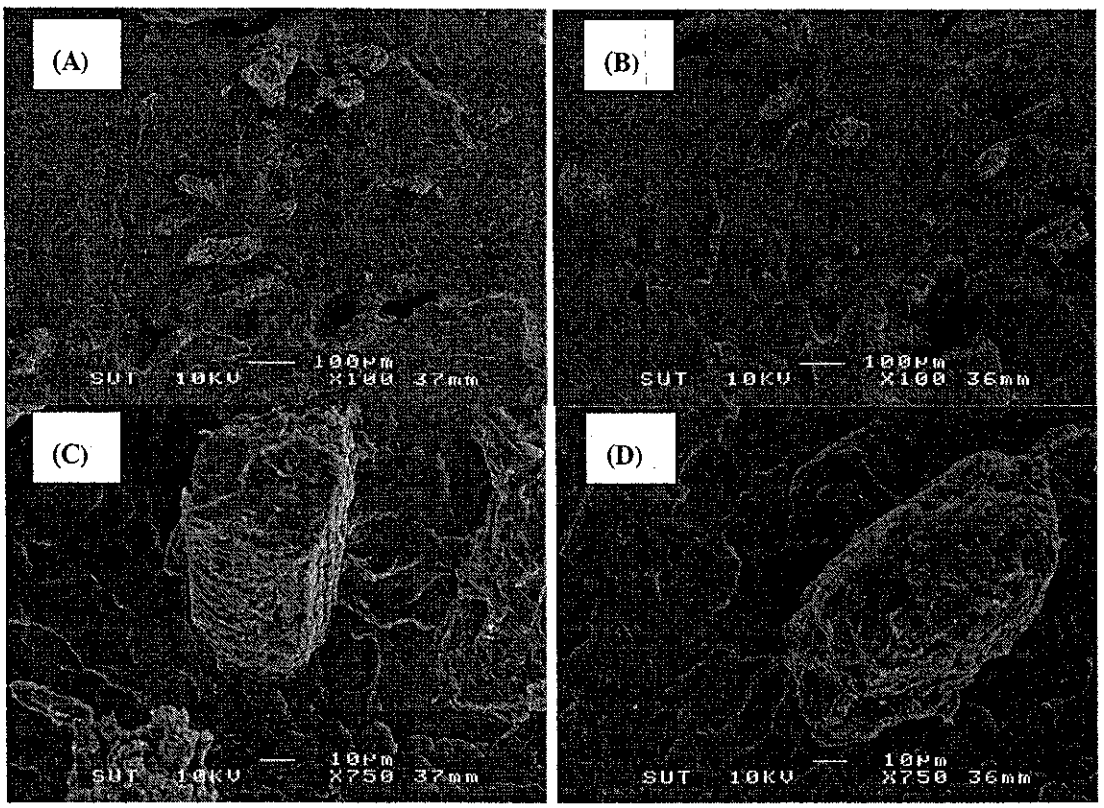
รูปที่ 3.9 ความยืดหยุ่น ณ จุดแตกหัก (Elongation at break) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ และ พอลิโพรพิลีน ที่ปริมาณสารเชื่อมประสานไซเลนต่างกัน ที่ปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ 3.10 ค่าความต้านทานแรงกระแทก (Impact strength) ของวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติ และ พอลิโพรพิลีน ที่ปริมาณสารเชื่อมประสานไซเลนต่างกัน ที่ปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

3.4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบระหว่างระหว่างยาง หญ้าแฝก และพอลิโพรพิลีน

ลักษณะสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์เชิงประกอบจากยางธรรมชาติและยาง EPDM ที่กำลังขยาย 100 และ 750 เท่าแสดงดังรูปที่ 3.11 พบว่าอนุภาคทรงกลมของยางมีการกระจายตัวสม่ำเสมอในเนื้อพอลิโพรพิลีน การยึดติดระหว่างองค์ประกอบในวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่มียางธรรมชาติและยาง EPDM เป็นส่วนผสมมีลักษณะที่ดี กรณีของพอลิเมอร์เชิงประกอบที่มียางธรรมชาตินั้น คุณภาพของการยึดติดระหว่างพื้นผิวสามารถอธิบายได้จากโปรตีน และไขมันที่ผิวของอนุภาคยาง ซึ่งแสดงพฤติกรรมเป็นสารช่วยให้เข้ากันระหว่างหญ้าแฝกที่มีขั้วและพอลิโพรพิลีนที่ไม่มีขั้ว บทบาทขององค์ประกอบที่ไม่มีขั้วของยางธรรมชาติที่ทำหน้าที่เป็นสารช่วยให้เข้ากันนั้นได้ถูกสังเกตเห็นในการผสมระว่างเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชกับยางธรรมชาติ [30] สำหรับกรณีของพอลิเมอร์เชิงประกอบที่มียาง EPMD นั้นความสามารถในการเข้ากันได้ระหว่างพอลิโพรพิลีนที่ไม่มีขั้วและยาง EPDM ที่ไม่มีขั้วได้ถูกคาดหวังไว้



รูปที่ 3.11 SEM micrographs ของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง (A, C) ยางธรรมชาติ (B, D) ยาง EPDM หญ้าแฝก และ พอลิโพรพิลีน ที่กำลังขยาย 100 และ 750 เท่า

บทที่ 4
บทสรุป

การเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของค่าความต้านทานแรงกระแทกและความยืดหยุ่น ณ จุดแตกหักของพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิโพรพิลีนจะสังเกตได้ที่ปริมาณยาง 20 เปอร์เซ็นโดยน้ำหนัก อย่างไรก็ตามค่าความต้านทานแรงดึงและมอดุลัสของยังค์ของพอลิเมอร์เชิงประกอบจะลดลงเมื่อปริมาณยางเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ดีค่าความต้านทานแรงดึงและมอดุลัสของยังค์ของพอลิเมอร์เชิงประกอบที่มียางธรรมชาติและยาง EPDM ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นโดยน้ำหนัก จะมีค่าสูงกว่าพอลิโพรพิลีน พอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่มียาง EPDM แสดงให้เห็นว่าค่าความหนืด ความต้านทานแรงดึง และความต้านทานแรงกระแทกจะมีค่าสูงกว่าพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่มียางธรรมชาติ สำหรับผลของปริมาณสารเชื่อมประสานต่อสมบัติทางกลนั้น ค่าความต้านทานแรงดึงของกรณีการดัดแปลงด้วยสารเชื่อมประสานจะมีค่าลดลง แต่ค่าความยืดหยุ่น ณ จุดแตกหักและความต้านทานแรงกระแทกจะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณสารเชื่อมประสานไซเลนไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าสมบัติทางกลที่ได้ ผลของลักษณะการยึดติดระหว่างเส้นใยหญ้าแฝกกับพอลิโพรพิลีนไม่มีความแตกต่างกันทั้งกรณีการเติมยางธรรมชาติและ EPDM

บรรณานุกรม

1. S. K. Garkhai, R. W. H. Heijenrath, and T. Peijs, *Appl. Compos. Mater.*, **7**, 351, 2000.
2. J. C. M. De Bruijn, *Appl. Compos. Mater.*, **7**, 415, 2000.
3. A. R. Sanadi and D. F. Caulfied, *Compos. Interf.*, **7**, 31, 2000.
4. J. Bayer, *Chem. Fibers Int.*, **50**, 575, 2000.
5. D. S. Varma, M. Varma, and I. K. Varma, *Text. Res. J.*, **54**, 827, 1984.
6. K. Joseph, S. Thomas, and C. Pavithran, *Polymer*, **37**, 5139, 1996.
7. Y. Li, Y. –W. Mai, and L. Ye, *Compos. Sci. Technol.*, **60**, 2037, 2000.
8. C. Chuai, K. Almdal, L. Poulsen, and D. Plackett, *J. Appl. Polym. Sci.*, **80**, 2833, 2001.
9. W. Chetanachan, N. Chantasatrasamee, and R. Sinsermsuksakul, *Proceedings of The First Thailand Materials Science and Technology Conference*, Thailand, 102, 2000.
10. F. M. B. Coutinho, T. H. S. Costa, D. L. Carvalho, M. M. Gorelova and L. Maria, *Polym. Testing*, **17**, 299, 1998.
11. E. Jakab, G. Varhegyi, and O. Faix, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, **56**, 273, 2000.
12. X. Chen, Q. Guo, and Y. Mi, *J. Appl. Polym. Sci.*, **69**, 1891, 1998.
13. M. Kazayawoko, J. J. BalatineCZ, and L. M. Matuana, *J. Mater. Sci.*, **34**, 6189, 1999.
14. เอกสารทางวิชาการ หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม 2540.
15. L. D. Mever, S. M. Dabney, and W. C. Harmon, *Trans. ASAE*, **38**, 809, 1995.
16. P. A. Dalton and R. J. Smith, *National Conference Publication-Institution of Engineers*, Australia, N 94 pt 1, 199, 1994.
17. http://www.chaipat.or.th/vetiver/vetiver_t.html.
18. ข้อมูลจากกรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2544.
19. Y. Ruksakulpiwat, N. Suppakarn, W. Sutapun and W. Thomthong, *SPE Tech Paper*, 2004 (submitted).
20. W. Thuamthong, Y. Ruksakulpiwat, W. Sutapun, and N. Suppakarn, *the 8th Pacific Polymer Conference (PPC8)*, Bangkok, Thailand, 118, 2003.
21. C. Kaynak, A. Arikan and T. Tincer, Polymer, 44, 2433, 2003.
22. C. Chuai, K. Almdal, L. Poulsen, and D. Plackett, *J Appl Polym Sci*, **80**, 2833, 2000.
23. J. George, R. Janardhan, J. S. Anand, S. S. Bhagawan, and S. Thimas, *Polym.*, **37**, 5421, 1996.
24. J. Thomasset, P. J. Carreau, B. Sanschagrin, and G. Ausias, *J Non-Newtonian Fluid Mech*, **125**, 25, 2005.

25. A. K. Jain, N. K. Gupta, A. K. Nagpal, *J Appl Polym Sci*, 77,1488, 2000.

26. Y. Ruksakulpiwat, N. Suppakarn, W. Sutapun, W. Thomthong, *Composites Part A*, **38**, 590, 2007.

27. H. Liu et al., *Comp:Part A,* **39,** 1891, 2008.

28. H. Ismail, S. Shuhelmy, M. R. Edyham, *Euro Polym J*, **38,** 39, 2002.

29. H. Yang et. al., *Polym.*, **48**, 860, 2007. K. Jarukumjorn, W. Sutapun, Y. Ruksakulpiwat, J. Kluengsamrong, *Macromol Symp*, **67**, 264, 2008.

30. A. J. F. Carvalho, A. E. Job, N. Alves, A. A. S. Curvelo, A. Gandini, *Polym.*, **53**, 95, 2003.

ภาคผนวก

ประวัติผู้วิจัย

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 @ccs.sut.ac.th จบการศึกษาปริญญาเอกสาขา Polymer Engineering จากมหาวิทยาลัย University of Akron, OH ประเทศสหรัฐอเมริกา มีความชำนาญพิเศษในสาขา Polymer Processing and Characterization และ Polymer Crystallization and Morphology มีผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่แล้วดังต่อไปนี้

- Y. Ruksakulpiwat and C. Ruksakulpiwat , Injection Moldings of Dynamic Vulcanized Natural Rubber-Polypropylene Blends, the 8th Pacific Polymer Conference (PPC8), Bangkok, Thailand, 134, 2003.
- Y. Ruksakulpiwat , W. Thuamthong, , N. Suppakan, and W. Sutapan, The Study of Using Vetiver Grass as a Filler in Polypropylene Composites, SPE Tech Paper, p.1641-1645, 2004.
- 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.
- W. Thuamthong, Y.Ruksakulpiwat, N. Suppakan, 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.
- 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.

ปัจจุบันกำลังทำการดำเนินวิจัยในโครงการ

- การพัฒนาวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิทเชิงพาณิชย์โดยใช้เส้นใยธรรมชาติในประเทศไทย
- ชุดโครงการการผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิทจากเส้นใยป่านศรนารายณ์ แหล่งทุนสนับสนุน: สภาวิจัยแห่งชาติ

ประวัติผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นิธินาถ ศุภกาญจน์ ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมพอลิเมอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ (044) 22-4439 โทรสาร (044) 22-4431 E-mail: yupa @ccs.sut.ac.th จบการศึกษาปริญญาเอกสาขา Macromolecular Science จากมหาวิทยาลัย Case Western Reserve ประเทศสหรัฐอเมริกา มีความชำนาญพิเศษในสาขา Polymer Characterization และ Polymer Composites มีผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่แล้วดังต่อไปนี้

- N. Kampangsaree, N. Suppakarn, and S. Rimdusit, *The Third Thailand Materials Science and Technology Conference*, Bangkok,Thailand, 161, 2004.

- W. Thuamthong, Y.Ruksakulpiwat, N. Suppakan, and W. Sutapan, *The Third Thailand Materials Science and Technology Conference*, Bangkok, Thailand, 167, 2004.

- U. Somnuk, Y. Ruksakulpiwat, N. Suppakarn and W. Sutapun, *The Third Thailand Materials Science and Technology Conference*, Bangkok, Thailand, 420, 2004.

- W. Sutapun, Y. Ruksakulpiwat, K. Jarukumjorn, N. Supakarn, P. Chumsamrong, and J. Kluengsamrong, The 30th Congress on Science and Technology of Thailand, Bangkok, Thailand, 175, 2004.

- Y. Ruksakulpiwat, N. Suppakarn, W. Sutapun and W. Thomthong, *SPE Tech Paper*, 1641, 2004

- N. Suppakarn, H. Ishida, and J. D. Cawley, *J. Am. Ceram. Soc.*, 84, 289, 2001.

- N. Suppakarn, Z. Liu, and J.D. Cawley, *Proceedings of The First Thailand Materials Science and Technology Conference*, Thailand, 364, 2000.

- Z. Liu, N. Suppakarn and J.D. Cawley, *Solid Freeform Fabrication Symposium Proceedings*, University of Texas at Austin, Texas, 393, 1999.

ปัจจุบันกำลังทำการดำเนินวิจัยในโครงการ

- การผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิทระหว่างป่านศรนารายณ์กับอีพอกซีเรซิน
- การใช้ไฮดรอกซีอะปาไทต์จากกระดูกสัตว์เป็นสารตัวเติมในพอลิโพรพิลีนคอมโพสิต
- การผลิตพอลิโพรพิลีนคอมโพสิตโดยใช้ไฮดรอกซีอะปาไทต์จากกระดูกสัตว์เป็นสารตัวเติมเพื่อใช้เป็นวัสดุทดแทนกระดูก

ประวัติผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิมลลักษณ์ สุตะพันธ์ ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมพอลิเมอร์ 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 จบการศึกษาปริญญาเอกสาขา Macromolecular Science จากมหาวิทยาลัย Case Western Reserve ประเทศสหรัฐอเมริกา มีความชำนาญพิเศษในสาขา Composite Interface/Interphase และ Spectroscopy of Polymers มีผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่แล้วดังต่อไปนี้

- W. Thuamthong, Y.Ruksakulpiwat, N. Suppakan, and W. Sutapan, *The Third Thailand Materials Science and Technology Conference*, Bangkok, Thailand, 167, 2004.

- U. Somnuk, Y. Ruksakulpiwat, N. Suppakarn and W. Sutapun, *The Third Thailand Materials Science and Technology Conference*, Bangkok, Thailand, 420, 2004.

- Sutapun, Y. Ruksakulpiwat, K. Jarukumjorn, N. Supakarn, P. Chumsamrong, and J. Kluengsamrong, The 30th Congress on Science and Technology of Thailand, Bangkok, Thailand, 175, 2004.

- Ruksakulpiwat, N. Suppakarn, W. Sutapun and W. Thomthong, *SPE Tech Paper*, 1641, 2004

- W. Thuamthong, Y. Ruksakulpiwat, W. Sutapun, and N. Suppakarn, *The 8th Pacific Polymer Conference (PPC8)*, Bangkok, Thailand, 118, 2003.

- W. Noobut and J. L. Koenig, "In situ Elevated Temperature DRIFT Spectroscopy of APS-coated Silica", *Polymer Composite*, (submitted).

- 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, 1999.

ปัจจุบันกำลังทำการดำเนินวิจัยในโครงการ

- การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนศึกษาอินเทอร์เฟสของวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิทและเฟสองค์ประกอบของระบบพอลิเมอร์ผสม

- การใช้เส้นใยจากตัวไหมเป็นวัสดุเสริมแรงสำหรับวัสดุคอมโพสิทอีพอกซี