การผลิตวัสดุรองชายน้ำของพื้นปูกระบะรถ โดยใช้เศษพลาสติกพอลิพรอพีลีนและสารเสริมแรง

ตองพล คำตัน และ อภิญญา ดวงจันทร์ *[1)]

1) ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์* Email : fengapd@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ในการพัฒนาพอลิเมอร์คอมโพสิทต่างๆ พอลิพรอพีลีนจัดเป็นพอลิเมอร์ที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากสามารถผสมได้ดีกับสารตัวเติมและสารเสริมแรงหลายชนิด ซึ่งตัวของพอลิพรอพีลีนที่นำมาใช้ในการทดลองนี้เป็นเศษพลาสติก (scrap) ที่เหลือมาจากสายการผลิตในโรงงาน โดยการทดลองทำการผลิตวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิทเพื่อให้สามารถใช้ทดแทนไม้รองชายน้ำพื้นปูกระบะ (liner) เพื่อใช้ในการเรียงซ้อน โดยนำเศษพลาสติกพอลิพรอพีลีนและวัสดุเสริมแรงมาขึ้นรูปให้มีลักษณะเหมือนกับไม้รองชายน้ำพื้นปูกระบะ ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน แล้วนำมาใช้ในงานจริง ซึ่งจากการผลิตโดยใช้เศษพลาสติกพอลิพรอพีลีนล้วน ผลปรากฏว่าการใช้งานนั้นยังไม่ดีพอ เนื่องจากความแข็งแรงไม่เพียงพอ โดยต้องปรับปรุงคุณสมบัติของเศษพลาสติกให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยปรับปรุงสูตรเริ่มจากการนำพอลิพรอพีลีนที่เป็นเศษพลาสติก มาผสมกับเส้นใยแก้ว ในอัตราส่วน 1, 5 และ 10% โดยน้ำหนักของวัตถุดิบ ผสมโดยการใส่กล่องปิดฝาแล้วเขย่าให้สารเข้ากัน แล้วขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก (hydraulic press) แต่ผลการทดลองพบว่าชิ้นงานนั้นมีคุณสมบัติความแข็งแรงลดลง เนื่องจากสารทั้งสองไม่ได้ผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน จึงทำให้จุดที่มีเส้นใยแทรกอยู่นั้นเป็นจุดอ่อน ในการทดลองต่อไปจึงใช้เครื่องผสม 2 ลูกกลิ้ง (two-roll-mill) มาเป็นตัวช่วยผสม จากนั้นทำการศึกษาการใช้เส้นใยแก้ว ในอัตราส่วน 1, 5 และ 10% โดยน้ำหนักของวัตถุดิบ และศึกษาการใช้วัสดุเสริมแรงชนิดอื่น ได้แก่ ขี้เลื่อย และ ผงถ่านคาร์บอนดำ (carbon black) จากนั้นเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิทที่ผลิตได้จากค่าความเค้นดึง และ ค่าการยืดตัว (elongation) ซึ่งผลปรากฏว่าการใช้ขี้เลื่อยในอัตราส่วน 5% นั้นให้ค่าความเค้นดึงสูงสุด และค่าการยืดตัวที่ให้ค่าสูงพอสมควร และค่าใช้จ่ายของวัตถุดิบนั้นต่ำกว่าตัวอื่น ดังนั้นขี้เลื่อยจึงน่าจะเป็น สารเสริมแรงที่ดีที่สุดในการนำไปใช้

คำสำคัญ

สารเสริมแรง พอลิเมอร์คอมโพสิท ค่าความเค้นดึง ค่าการยืดตัว พลาสติกพอลิพรอพีลีน

1.บทนำ

ในโรงงานอุตสาหกรรมพลาสติก ซึ่งมีการนำเม็ดพลาสติกมาขึ้นรูปเป็นแผ่น แล้วนำไปใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ต่อไป และในสายงานการผลิต จะมีเศษพลาสติกหลงเหลืออยู่ ซึ่งเศษพลาสติก (scrap) เกิดจากสาเหตุต่างๆ มากมาย และ เศษพลาสติกส่วนใหญ่จะมีการปนเปื้อน และไม่สามารถนำกลับไปใช้งานได้เลยในทันที ต้องมีการคัดแยกสิ่งปนเปื้อนออกมาเสียก่อน หรือการนำไป recycle โดยการทำให้เป็นเม็ด (repellet) ก่อนนำมาใช้ขึ้นรูป ดังนั้น จึงมีการคิดที่จะปรับปรุงคุณภาพของเศษพลาสติกนี้โดยการเพิ่มคุณสมบัติต่างๆ ของเศษพลาสติกนี้

ซึ่งในโรงงานของ บริษัท แอโรเฟลกซ์ อินเตอร์เนชันแนล จำกัด มีการใช้ไม้มาทำที่รองชายน้ำของพื้นปูกระบะรถ (liner) เพื่อการเรียงซ้อน ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรและต้นทุนการผลิต ดังนั้นจึงมีความคิดที่จะใช้ไม้แบบพลาสติกมาใช้ทดแทนไม้ โดยการนำเศษพลาสติก ที่เหลือในสายการผลิต มาขึ้นรูปเป็นไม้แบบพลาสติก แล้วนำมาตัดให้ได้ขนาดเท่ากับไม้ แล้วนำมาใช้รองพื้นปูกระบะรถ และมีการคิดค้นปรับปรุงไม้แบบพลาสติก ให้มีความแข็งแรงมากขึ้น โดยการใช้สารเสริมแรงต่างๆ ในการปรับปรุงคุณภาพเพื่อให้ได้ สูตรที่

สามารถเพิ่มความแข็งแรงได้ ซึ่งอาจนำมาใช้ทดแทนไม้ได้

เนื่องจากว่าพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ในปัจจุบันจะมีคุณสมบัติ ที่ด้อยลง เป็นผลให้เกิดความพยายามที่จะคิดค้นการปรับปรุงคุณภาพของเศษพลาสติก โดยการสรรหาสารตัวเติมเสริมแรงที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติ ซึ่งมีทั้งตัวเติมอินทรีย์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภท เซลลูโลส เส้นใยสังเคราะห์ และตัวเติมคาร์บอน ส่วนตัวเติมอนินทรีย์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภท ซิลิกา เส้นใยแก้ว และออกไซด์ของโลหะ เป็นต้น [พิชิต 2538]

โครงงานนี้ต้องการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการปรับปรุง คุณภาพของเศษพลาสติกนี้ เพื่อนำไปใช้ผลิตไม้รองชายน้ำของพื้นปูกระบะรถในโรงงานและอาจนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้

2.การทดลอง

2.1 การขึ้นรูปที่รองชายน้ำ

นำเศษพลาสติกชนิด พอลิพรอพีลีน จำนวนประมาณ 25,740 g เข้าเครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์แบบสกรูเดี่ยว ชนิด reifen hauser ในช่วงอุณหภูมิ 200-250°C เมื่อออกมาจะได้เป็นแผ่นยาวต่อเนื่องและทำการตัดแผ่นพลาสติกที่ได้ให้มีขนาด 10x1300x2200 mm^3 จากนั้นนำไปตัดด้วยเครื่องตัดพลาสติกให้มีขนาด 10x1300x55 mm^3 จะได้ประมาณ 40 แผ่น โดยประมาณ ขูดตกแต่งขอบที่เป็นรอยเนื่องจากการตัด ให้เรียบ นำแผ่นพลาสติกจำนวน 3 แผ่น มาประกบกันแล้วพันด้วย เทปพลาสติกใสเพื่อใช้ รองพื้นปูกระบะรถ (liner) ได้ความสูงตามที่กำหนดไว้ (ประมาณ 30 mm) จากนั้นนำไปทดสอบการใช้งานจริงโดยการนำพลาสติกที่ขึ้นรูปเป็นที่รองชายน้ำแล้ว ไปวางรองชายน้ำของพื้นปูกระบะรถ แล้วทำการเรียงซ้อน ตามจำนวนรุ่นที่ระบุไว้ แล้วตั้งทิ้งไว้รอผลการทดลอง 1 สัปดาห์ จากนั้นทดสอบการขนย้าย โดยการนำ ชุดการทดลองขนย้ายขนย้ายโดยใช้ระยะทางไม่น้อยกว่า 50 km ในสภาพถนนทั่วๆไป แล้วทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ จากนั้นบันทึกผลการเปลี่ยนแปลง

2.2 การเตรียมวัสดุคอมโพสิท

นำเศษพลาสติกพอลิพรอพีลีน มาผสมกับ เส้นใยแก้วในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 100:1, 100:5 และ 100:10 ด้วยการใส่กล่องพลาสติกแล้วปิดฝา จากนั้นเขย่าให้ส่วนผสมคลุกเคล้ารวมกันแล้วนำมาขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรีดแผ่น โดยตั้งอุณหภูมิในการอัดรีดไว้ที่ 170°C เพื่อเตรียมชิ้นงานไว้ทดสอบ จากนั้นเปลี่ยนวิธีผสมโดย นำเศษพลาสติกพอลิพรอพีลีน มาผสมกับเส้นใยแก้ว ดังงานวิจัยของ Rijsdijk และ คณะ [1993] ในอัตราส่วน 100:1, 100:5 และ 100:10 ทำการผสมโดยใช้เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (two-roll mill) นำมาขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรีดแผ่น จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้มาตัดด้วยเครื่องตัดพลาสติก ให้ได้ขนาดตามมาตรฐาน ASTM D638 (ขนาด 20x115 mm.) แล้วเก็บชิ้นงานไว้ทดสอบ และทำการทดลองเช่นเดียวกันกับ เขม่าดำและขี้เลื่อย แทนเส้นใยแก้ว นำชิ้นงานทดสอบมาเตรียมขึ้นรูปโดยใช้เครื่องขึ้นรูปชิ้นงานดัมเบล (tensile cutting machine) โดยทดสอบ 3 ตัวอย่าง เพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพ (physical properties) ได้แก่ ค่าความเค้นดึง (tensile strength) ความยืดออก (elongation) หาค่าเฉลี่ยแล้วบันทึกผล

3.ผลการทดลองและวิเคราะห์

จากการทดลองขึ้นรูปที่รองชายน้ำพื้นปูกระบะรถด้วยเศษพลาสติกพอลิพรอพีลีน อย่างเดียวนั้นเมื่อนำไปใช้งาน ผลปรากฏว่า ที่รองชายน้ำแบบพลาสติกยังไม่แข็งแรงเพียงพอในการใช้ทดแทนไม้รองชายน้ำพื้นปูรถกระบะได้ เพราะยังทำให้ชายน้ำพื้นปูกระบะโก่งงออยู่ (หมายเหตุ การใช้ไม้นำมารองชายน้ำพื้นปูกระบะรถก็ทำให้เกิดการโก่งงอเหมือนกันเพียงแต่มีการโก่งงอน้อยกว่า) และผลจากการนำไปทดสอบวิ่งด้วยรถขนส่งนั้นได้ผลทำให้ชายน้ำพื้นปูกระบะโก่งงอ

ส่วนผลการทดลองการหาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุคอมโพสิทโดยค่าคุณสมบัติ ต่างๆของเศษพลาสติกนั้นให้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติเชิงกลของ พลาสติก Virgin กับเศษพลาสติก พอลิพรอพีลีน

Properties	Virgin PP	Scrap PP
Tensile strength at break (MPa)	28.9	27.9
Elongation at break (%)	13.1	9.6

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่า tensile strength at break ของตัว virgin นั้นมีค่าสูงกว่าของตัวเศษพลาสติกเล็กน้อย แต่ค่า elongation at break นั้นแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากพลาสติกที่ผ่านกระบวนการผลิตมาแล้วมีการผ่านความร้อนและหลอมมาก่อน เป็นเหตุทำให้ความแข็งแรงและความยืดหยุ่นลดลง ดังนั้นจึงคิดหาสารเติมแต่งเพื่อให้เพิ่มความแข็งแรงของเศษพลาสติก ด้วยการผสมกับเส้นใยแก้ว โดยการผสมพลาสติกพอลิพรอพีลีน: เส้นใยแก้วตามอัตราส่วน 100:1, 100:5 และ100:10 โดยน้ำหนัก โดยการผสมด้วยการใส่กล่องแล้วเขย่าให้เข้ากัน นำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรีดแผ่น (hydraulic press) และตัดเป็นชิ้นงานรูปดัมเบล ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติเชิงกลพลาสติกผสมพอลิพรอพีลีนและเส้นใยแก้วโดยการผสมใส่กล่องแล้วเขย่า

PP : เส้นใยแก้ว	Tensile strength at break (MPa)	Elongation at break (%)
100:0	27.9	9.6
100:1	29.3	8.5
100:5	33.7	9.2
100:10	21.9	4.9

ซึ่งจากผลในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าการใส่เส้นใยแก้วเข้าไปผสมกับเศษพลาสติกนั้นทำให้ค่าความเค้นดึงเพิ่มขึ้นได้เล็กน้อยในอัตราส่วน100:1 และ100:5 จากนั้นถ้าใส่เพิ่มมากไปก็ทำให้ตัวเส้นใยแก้วมีมากเกินไปจนทำให้กลายเป็นจุดที่ทำให้ค่าความเค้นดึงลดลงทั้งนี้อาจเนื่องจากการเกาะยึดของพลาสติกกับเส้นใยแก้วที่ไม่ดี ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า พบการไม่เกาะยึดของพลาสติกกับเส้นใยแก้วเป็นจำนวนมาก และเส้นใยแก้วอยู่เป็นกระจุกส่วนค่า elongation at break นั้นมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นจากการทดลองผสมแบบใส่กล่องแล้วเขย่านั้นยังไม่สามารถทำให้ส่วนผสมเข้ากันได้ดีเท่าที่ควรจึงทำให้ค่าต่างๆ ลดลง ในการทดลองต่อไปได้ทดลองโดยการใช้เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง และใส่สารเสริมแรงชนิดเส้นใยแก้ว โดยการผสมตามอัตราส่วน 100:1, 100:5 และ100:10 โดยการใช้เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง นำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรีดแผ่น และตัดเป็นชิ้นงานรูปดัมเบล ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 พลาสติกผสมพอลิพรอพีลีนและเส้นใยแก้วทำการผสมโดยใช้เครื่องผสมสองลูกกลิ้ง

PP : เส้นใยแก้ว	Tensile strength at break (MPa)	Elongation at break (%)
100:0	16.2	4.2
100:1	16.3	4.9
100:5	18.8	4.7
100:10	16.3	4.8

จากผลในตารางที่ 3 จะเห็นว่าการใส่เส้นใยแก้วเข้าไปผสมกับเศษพลาสติกPP นั้นทำให้ค่าความเค้นดึงเพิ่มขึ้นได้เล็กน้อยทั้ง 3 อัตราส่วน โดยในอัตราส่วน 100:5 นั้นเพิ่มขึ้นมากที่สุด และมีค่า elongation at break น้อยกว่าที่อัตราส่วน 100:1 และ100:10 แต่ทั้ง 3 อัตราส่วนนั้นให้ค่า elongation at break เพิ่มขึ้นทั้งหมด การใช้วิธีการผสมโดยใช้เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้งนั้นพบว่าได้ผลดีกว่าการผสมแบบใส่กล่องแล้วเขย่าเพราะทำให้ส่วนผสมต่างๆ เข้ากันมากกว่าแต่ค่า tensile strength at break ต่ำกว่าเพราะผ่านกระบวนการผสมด้วยความร้อนจากเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง การทดลองนี้สามารถเปรียบเทียบการเพิ่มค่าคุณสมบัติของเศษพลาสติกได้ ดังนั้นในการทดลองต่อไปได้ทดลองโดยการใช้เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง และใส่สารเสริมแรงชนิดเขม่าดำ โดยการผสมตามอัตราส่วน

100:1, 100:5 และ100:10 โดยการใช้เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง นำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรีดแผ่น และตัดเป็นชิ้นงานรูปดัมเบล ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณสมบัติเชิงกลของพลาสติกผสมพอลิพรอพีลีนและเขม่าดำ ทำการผสมโดยใช้เครื่องผสมสองลูกกลิ้ง

PP : เขม่าดำ	Tensile strength at break (MPa)	Elongation at break (%)
100:0	16.2	4.2
100:1	16.3	4.9
100:5	18.3	6.4
100:10	17.7	5.1

จากผลในตารางที่ 4 จะเห็นว่าการใส่เขม่าดำเข้าไปผสมกับเศษพลาสติกนั้นทำให้ทั้งค่า ความเค้นดึงและค่า elongation at break นั้นมีค่าเพิ่มขึ้นทุกอัตราส่วน โดยที่อัตราส่วน 100:5 นั้นทั้งค่าความเค้นดึงและค่า elongation at break สูงกว่าที่อัตราส่วนอื่นๆ และค่า elongation at break สูงกว่าเมื่อใช้เส้นใยแก้ว ในขณะที่ค่า tensile strength at break มีค่าใกล้เคียงกัน ในการทดลองต่อไป ได้ใส่สารเสริมแรงชนิดขี้เลื่อย ผสมตามอัตราส่วน 100:1, 100:5 และ100:10 โดยการใช้เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง นำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรีดแผ่น และตัดเป็นชิ้นงานรูปดัมเบล ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณสมบัติเชิงกลของพลาสติกผสมพอลิพรอพีลีนและขี้เลื่อย ทำการผสมโดยใช้เครื่องผสมสองลูกกลิ้ง

PP : ขี้เลื่อย	Tensile strength at break (MPa)	Elongation at break (%)
100:0	16.2	4.2
100:1	17.0	4.2
100:5	19.4	5.8
100:10	11.8	2.6

ซึ่งจากผลในตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าการใส่ขี้เลื่อยเข้าไปผสมกับเศษพลาสติกนั้นในอัตราส่วน 100:1 และ100:5 ทำให้ค่าความเค้นดึงเพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่า elongation at break นั้น เฉพาะในอัตราส่วน 100:5 เท่านั้นที่มีค่าเพิ่มขึ้น โดยในอัตราส่วน 100:10 นั้นทั้งค่า ความเค้นดึงและ elongation at break ลดลงทั้งหมด ซึ่งคาดว่าน่าจะมาจากการผสมไม่เป็นเนื้อเดียวกัน หรือขี้เลื่อยมีปริมาณมากเกินไปจนทำให้ค่าต่างๆ ลดลงอย่างมาก โดยค่าความเค้นดึงที่อัตราส่วน PP: ขี้เลื่อยเท่ากับ 100:5 มีค่าสูงสุดคือ 19.4 MPa สูงกว่าเมื่อใช้เขม่าดำ 18.3 MPa และเมื่อใช้เส้นใยแก้ว 18.8MPa และให้ค่า elongation at break นั้นมีค่าสูงพอสมควรคือ 5.8% และเนื่องจากขี้เลื่อยมีราคาต่ำมาก จึงควรใช้ขี้เลื่อยในการเพิ่มความแข็งแรงของไม้รองชายน้ำ

เนื่องจากข้อจำกัดในการขึ้นรูปชิ้นงานให้มีขนาดตามที่ต้องการเพื่อใช้ในการทดสอบความสามารถในการรองน้ำหนักของ liner ท้ายกระบะ จึงได้นำชิ้นงานที่ผลิตได้ตัดให้มีขนาด ย่อจากขนาดจริง โดยมีขนาด 2.5x115x15 mm^2 แล้วนำน้ำหนักประมาณ 1 kg มาวางที่ระยะกึ่งกลางของชิ้นงานตามแนวยาว เปรียบเทียบ วัสดุคอมโพสิทอัตราส่วน PP: ขี้เลื่อยเท่ากับ 100:5 กับ ชิ้นงานจากเศษ PP ผลการทดลอง พบว่าเกิดการโก่งงอของชิ้นงานวัสดุคอมโพสิทขี้เลื่อยประมาณ 3.5 mm (วัดจากระยะตกท้องช้าง) ส่วนชิ้นงานเศษพลาสติกพอลิพรอพีลีนอย่างเดียวนั้นมีการโก่งงอใกล้เคียงกัน แต่ชิ้นงานจากเศษพลาสติกพอลิพรอพิลีนนั้นค่อนข้างแข็งแต่เปราะ สามารถหักได้ง่ายกว่าสังเกตได้จากค่า elongation at break ที่ต่ำกว่าของวัสดุคอมโพสิท

เนื่องจากในการทดลองนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของเครื่องมือโดยไม่สามารถใช้เครื่อง Extruder ในการขึ้นรูปพลาสติกคอมโพสิทนี้ ซึ่งการใช้เครื่อง Extruder จะทำให้วัสดุมีการผสมกันที่ดี และสามารถผลิตชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่สามารถนำไปทดสอบจากการใช้งานจริงได้

4.สรุปผลการทดลอง

การขึ้นรูปที่รองชายน้ำพื้นปูกระบะรถด้วยพลาสติก พอลิพรอพีลีนอย่างเดียว ได้ผลยังไม่น่าพอใจ เนื่องจากยังไม่แข็งแรงเพียงพอ ในการใช้ทดแทนไม้รองชายน้ำพื้นปูกระบะรถ เพราะยังทำให้ชายน้ำพื้นปูกระบะโก่งงออยู่ ในการเรียงซ้อน ซึ่งในส่วนของรุ่นช่วงยาวนั้นจะไม่ผ่านการตรวจสอบตั้งแต่การวางเรียงซ้อนในตอนแรก ส่วนของรุ่นช่วงสั้น และ รุ่น 4 ประตูนั้น ถึงแม้จะผ่านการตรวจสอบเบื้องต้นในการเรียงซ้อน แต่เมื่อนำไปทดสอบบรรทุกด้วยรถขนส่งแล้ววิ่งนั้น ผลการทดสอบว่ายังไม่ผ่านเพราะทำให้ชายน้ำพื้นปูกระบะโก่งงอและชายน้ำพริ้วอยู่ จึงยังไม่ได้ผลที่ดีเพียงพอในการนำมาใช้จริง

การปรับปรุงโดยการใส่สารเสริมแรงเส้นใยแก้ว เขม่าดำและเศษเลื่อยนั้น ควรผสมPPกับขี้เลื่อยด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้งเพราะจะทำให้ส่วนผสมเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วผสมในอัตราส่วน 100:5 ซึ่งให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุดคือค่าความเค้นดึง 19.4 MPa และค่า elongation at break 5.8% และเมื่อคิดจากค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ ขี้เลื่อยเป็นตัวเติมที่มีราคาถูกที่สุดและให้ผลการทดลองที่ดีที่สุดในบรรดาอัตราส่วนที่ทดลองในโครงงานนี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2546 ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้และ

บริษัท แอร์โรเฟลกซ์ อินเตอร์เนชันเนล จำกัด ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองวิจัย

เอกสารอ้างอิง

พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์, พลาสติก, พิมพ์ครั้งที่ 12, ห.จ.ก.ป. สัมพันธ์พาณิชย์ กรุงเทพฯ พ.ศ. 2538.

H.A. Rijsdijk, M. Contant and A.A.J.M. Peijs, Sciencedirect, Composites Science and Technology 48 (1993) 161-172