บทที่ 4
วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติเชิงกลของพลาสติกผสมระหว่างเม็ดพลาสติกกับถุงพลาสติกพอลิพรอพิลีน และศึกษาผลของเส้นใยแก้วที่มีต่อสมบัติเชิงกลของพลาสติกที่เตรียมจากถุงพอลิพรอพิลีน หาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของวัสดุคอมโพสิตที่มีเส้นใยแก้วในอัตราส่วนต่าง ๆ โดยศึกษาผลของปริมาณเส้นใยแก้วที่มีต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุคอมโพสิต สมบัติเชิงกลที่ทดสอบในงานวิจัยนี้ คือ ความทนแรงดึง เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด มอดุลัสของยัง ความแข็งร็อคเวลล์ ความทนแรงกระแทก ความเค้นการโค้งงอ และมอดุลัสการโค้งงอ นอกจากนี้ยังทดสอบความทนแรงดึงของ เส้นใยเพื่อหาค่าความยาววิกฤตของเส้นใยที่ทำให้วัสดุคอมโพสิตสามารถรับแรงดึงได้ดีขึ้นกว่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์เมทริกซ์

4.1 การหาอุณหภูมิหลอมเหลว และสมบัติทางความร้อนของเม็ดพลาสติกและถุงพลาสติกที่ใช้ในการทดลอง

จากผลการทดลองเมื่อนำเม็ดพลาสติกและถุงพลาสติกไปวิเคราะห์เพื่อหาอุณหภูมิหลอมเหลว (T_m) ด้วยเครื่องมือ Differential Scanning Calorimeter (DSC) พบว่าเม็ดพลาสติกมีค่า T_m อยู่ในช่วง 153.7 – 173.8 °C และถุงพลาสติกมีค่า T_m อยู่ในช่วง 158.0 – 178.4 °C และจากการหาอุณหภูมิที่เริ่มสูญเสียน้ำหนัก (T_{wl}) ด้วยเครื่องมือ Thermogravimetric analyser (TGA) พบว่าเม็ดพลาสติกมีค่า T_{wl} 357.7 °C และถุงพลาสติกมีค่า T_{wl} 268.4 °C ซึ่งผลที่ได้นี้จะใช้ในการตั้งอุณหภูมิเครื่องมือการขึ้นรูปและเครื่องมือการผสมชิ้นงานต่อไป และจากการทดลองหาค่าความหนาแน่น และอัตราการไหล โดยเครื่อง Melt Flow Indexer พบว่าเม็ดพลาสติกจะมีค่าความหนาแน่นขณะหลอมที่อุณหภูมิ 230 °C มากกว่าและมีอัตราการไหลสูงกว่าถุงพลาสติก โดยเม็ดพลาสติกมีความหนาแน่นเฉลี่ย 0.7304 g/ml ที่อุณหภูมิในเครื่อง 230 °C ส่วนถุงพลาสติกมีความหนาแน่น 0.6866 g/ml และเม็ดพลาสติกมีค่าดัชนีการไหลหลอม (MFI) 6.53 g/10 min ถุงพลาสติกมีค่า MFI 6.29 g/10 min เป็นข้อมูลสำหรับวัสดุพลาสติกจากแหล่งทั้งสอง ซึ่งพบว่าเม็ดพลาสติกเมื่อหลอมมีความสามารถในการไหลดีกว่าถุงพลาสติกที่หลอมเล็กน้อย แสดงว่าน้ำหนักโมเลกุลของพอลิพรอพิลีนในถุงมากกว่าในเม็ดพลาสติก

4.2 การหาสมบัติเชิงกลบางอย่างของชิ้นทดสอบที่มีส่วนผสมต่าง ๆ

4.2.1 การศึกษาสมบัติเชิงกลของถุงพลาสติกเมื่อเติมเม็ดพลาสติกลงไปในปริมาณต่าง ๆ

4.2.1.1 การศึกษาผลของปริมาณเม็ดพลาสติกที่เติมลงในถุงพลาสติกต่อความทนแรงดึง เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด และมอดุลัสของยัง

จากผลการทดลองพบว่าชิ้นงานที่เตรียมจากถุงพลาสติก มีค่าความทนแรงดึง 16.2 MPa เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด 190.5 % ค่ามอดุลัสของยัง 121 MPa ส่วนชิ้นงานที่เตรียมจากเม็ดพลาสติกมีค่าความทนแรงดึง 19.1 MPa เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด 92.6 % ค่ามอดุลัสของยัง 156 MPa จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าชิ้นงานจากเม็ดพลาสติกมีความแข็งแรงกว่าชิ้นงานจากถุงพลาสติก ดังนั้นจากการทดลองเมื่อเติมเม็ดพลาสติกลงไปในถุงพลาสติกพบว่าความทนแรงดึง และมอดุลัสของยังมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาดลดลง ดังแสดงในรูป 3.5 – 3.7

4.2.1.2 การศึกษาผลของปริมาณเม็ดพลาสติกที่เติมลงในถุงพลาสติกต่อค่าความแข็ง (Hardness)

จากผลการทดลองพบว่าชิ้นงานจากถุงพลาสติกมีค่าความแข็ง 70.8 HRR ชิ้นงานจากเม็ดพลาสติกมีค่าความแข็ง 81.2 HRR จากการทดลองโดยเติมเม็ดพลาสติกลงไปในถุงพลาสติกในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าเมื่อเติมเม็ดพลาสติกลงไปจะส่งผลให้ค่าความแข็งมีแนวโน้มสูงขึ้น ดังแสดงในรูป 3.8 เนื่องจากชิ้นงานที่เตรียมจากเม็ดพลาสติกมีความแข็งมากกว่า

4.2.1.3 การศึกษาผลของปริมาณเม็ดพลาสติกที่เติมลงในถุงพลาสติกต่อความทนแรงกระแทก (Impact Strength)

จากผลการทดลองพบว่าชิ้นงานจากถุงพลาสติกมีค่าความทนแรงกระแทก 5063 J/m^2 ชิ้นงานจากเม็ดพลาสติกมีค่าความทนแรงกระแทก 6307 J/m^2 เมื่อเติมเม็ดพลาสติกลงไปมากขึ้นทำให้ค่าความทนแรงกระแทกมีแนวโน้มสูงขึ้น ดังแสดงในรูป 3.9

4.2.1.4 การศึกษาผลของปริมาณเม็ดพลาสติกที่เติมลงในถุงพลาสติกต่อความเค้นการโค้งงอ และมอดุลัสการโค้งงอ (Flexural Stress and Flexural Modulus)

จากผลการทดลองพบว่าชิ้นงานจากถุงพลาสติกมีค่าความเค้นการโค้งงอ 1.265 MPa เมื่อกดชิ้นงานได้โค้ง 1.0 ซม. จากแนวระดับ และค่ามอดุลัสการโค้งงอ 352.4 MPa ชิ้นงานจากเม็ดพลาสติกมีค่าความเค้นการโค้งงอ 1.416 MPa และค่ามอดุลัสการโค้งงอ 416.0 MPa เมื่อเติมเม็ดพลาสติกลงไปมากขึ้นทำให้ชิ้นงานมีแนวโน้มความเค้นการโค้งงอ และมอดุลัสการโค้งงอเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูป 3.10 - 3.11

4.2.2 การศึกษาสมบัติเชิงกลของถุงพลาสติกเมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไปในปริมาณต่าง ๆ

4.2.2.1 การศึกษาผลของปริมาณเส้นใยแก้วที่เติมลงในถุงพลาสติกต่อความทนแรงดึง เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด และมอดุลัสของยัง

จากผลการทดลองพบว่าชิ้นงานจากถุงพลาสติกมีค่าความทนแรงดึง 16.2 MPa เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด 190.5 % ค่ามอดุลัสของยัง 121 MPa เมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไป 20 % พบว่าชิ้นงานมีค่าความทนแรงดึง 24.0 MPa เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด 22.7 % ค่ามอดุลัสของยัง 231 MPa

พบว่าเมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไปในชิ้นงานจนถึง 20 % ค่าความทนแรงดึงมีแนวโน้มสูงขึ้น เส้นแนวโน้มแสดงดังรูป 3.12 ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไป เนื้อพลาสติก (เมทริกซ์) จะยึดติดกับเส้นใยแก้ว (สารเสริมแรง) เพราะในเส้นใยแก้วมีสาร coupling agent ที่สามารถยึดติดกับเนื้อพลาสติกได้ดี เส้นใยแก้วทนแรงดึงได้สูงกว่าพอลิเมอร์ เมื่อชิ้นงานถูกดึงพอลิเมอร์จะถ่ายเทแรงสู่เส้นใยได้จึงทำให้ความทนแรงดึงสูงขึ้น และค่ามอดุลัสของยังมีแนวโน้มสูงขึ้น ดังแสดงในรูป 3.14 ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่ จุดขาดมีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในรูป 3.13 ซึ่งมีแนวโน้มลดลงมากเมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไป 5% จากนั้นมีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อย

4.2.2.2 การศึกษาผลของปริมาณเส้นใยแก้วที่เติมลงในถุงพลาสติกต่อค่าความแข็ง (Hardness)

จากผลการทดลองพบว่าชิ้นงานจากถุงพลาสติกมีค่าความแข็ง 70.8 HRR เมื่อเติมปริมาณเส้นใยแก้วลงไป 20 % ได้ค่าความแข็ง 87.1 HRR พบว่าเมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไปในชิ้นงานค่าความแข็งมีแนวโน้มสูงขึ้น ดังแสดงในรูป 3.15 เนื่องจากเส้นใยแก้วมีความแข็งมากกว่าพอลิพรอพิลีน เมื่อเส้นใยแก้วเข้าไปแทรกส่งผลให้จึงมีความแข็งแรงมากขึ้นกว่าเดิม

4.2.2.3 การศึกษาผลของปริมาณเส้นใยแก้วที่เติมลงในถุงพลาสติกต่อความทนแรงกระแทก (Impact Strength)

จากผลการทดลองพบว่าชิ้นงานจากถุงพลาสติกมีค่าความทนแรงกระแทก 5063 J/m^2 เมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไป 20 % ได้ค่าความทนแรงกระแทก 5342 J/m^2 เมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไปในชิ้นงานค่าความทนแรงกระแทกมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย ดังแสดงในรูป 3.16

4.2.2.4 การศึกษาผลของปริมาณเส้นใยแก้วที่เติมลงในถุงพลาสติกต่อความเค้นการโค้งงอ และมอดุลัสการโค้งงอ (Flexural Stress and Flexural Modulus)

จากผลการทดลองพบว่าชิ้นงานจากถุงพลาสติก มีค่าความเค้นการโค้งงอเมื่อกดโค้งงอ 1.0 ซม. จากแนวระดับ เท่ากับ 1.265 MPa มอดุลัสการโค้งงอ 352.4 MPa เมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไป 20 % ได้ค่าความเค้นการโค้งงอ 1.743 MPa มอดุลัสการโค้งงอ 862.7 MPa เมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไปในชิ้นงาน ค่าความเค้นการโค้งงอ และมอดุลัสการโค้งงอ มีแนวโน้มสูงขึ้น ดังแสดงในรูป 3.17 - 3.18

4.2.3 การศึกษาสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมเมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไปในปริมาณต่าง ๆ

4.2.3.1 การศึกษาผลของปริมาณเส้นใยแก้วที่เติมลงในวัสดุผสมต่อความทนแรงดึง เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด และมอดุลัสของยัง

ในการทดลองเลือกอัตราส่วนของวัสดุผสมของถุงและเม็ดที่ 60:40 เนื่องจากผลที่ได้จากการทดลองสมบัติเชิงกล พบว่าที่ 60:40 จะทำให้สมบัติเชิงกลสูงขึ้นจากของถุงพลาสติกและใช้ปริมาณเม็ดพลาสติกน้อยสุดแต่สมบัติเชิงกลไม่ด้อยไปจากเม็ดพลาสติกมากนัก เหมาะกับการนำถุงพลาสติกไปใช้ใหม่ในอัตราส่วนนี้มากที่สุด เพราะคุ้มทุนมากสุดและเป็นการรีไซเคิลด้วย

จากผลการทดลองพบว่าวัสดุผสมระหว่างถุงพลาสติกกับเม็ดพลาสติก ที่อัตราโดยน้ำหนัก 60:40 มีค่าความทนแรงดึง 18.3 MPa เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด 122.3 % ค่ามอดุลัสของยัง 137 MPa เมื่อเติมปริมาณเส้นใยแก้วลงไป 20 % พบว่าชิ้นงานมีค่าความทนแรงดึง 25.1 MPa เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด 22.0 % ค่ามอดุลัสของยัง 213 Mpa จากการทดลองพบว่าเมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไปในชิ้นงาน 20 % พบว่าค่าความทนแรงดึงมีแนวโน้มสูงขึ้น ดังแสดงในรูป 3.19 เนื่องจากเมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไป เนื้อพลาสติก (เมทริกซ์) จะยึดติดกับเส้นใยแก้ว (สารเสริมแรง) เพราะในเส้นใยแก้วมีสารประสานคู่ควบที่สามารถยึดติดกับเนื้อพลาสติกได้ดี เส้นใยแก้วมีความทนแรงดึงดีกว่าพอลิพรอพิลีนสามารถถ่ายแรงจากพอลิพรอพิลีนสู่เส้นใยได้ ทำให้ทนแรงดึงได้ดีกว่าของพอลิพรอพิลีนลำพัง และค่ามอดุลัสของยังก็มีแนวโน้มสูงขึ้น ดังแสดงในรูป 3.21 ส่วนเปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาดมีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในรูป 3.20 ซึ่งการลดลงจะมากในช่วงเส้นใยแก้ว 5% จากนั้นลดลงไม่มากนัก

4.2.3.2 การศึกษาผลของปริมาณเส้นใยแก้วที่เติมลงในวัสดุผสมต่อค่าความแข็ง (Hardness)

จากผลการทดลองพบว่าวัสดุผสมระหว่างถุงพลาสติกกับเม็ดพลาสติก ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนัก 60:40 มีค่าความแข็ง 75.6 HRR เมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไป 20 % ได้ค่าความแข็ง 91.7 HRR

พบว่าเมื่อเติมปริมาณเส้นใยแก้วลงไปค่าความแข็งมีแนวโน้มสูงขึ้น ดังแสดงในรูป 3.22 เนื่องจากเส้นใยแก้วมีความแข็งมากกว่าพอลิพรอพิลีน เมื่อเส้นใยแก้วเข้าไปแทรกส่งผลให้จึงมีความแข็งมากขึ้นกว่าเดิม

4.2.3.3 การศึกษาผลของปริมาณเส้นใยแก้วที่เติมลงในถุงพลาสติกต่อความทนแรงกระแทก (Impact Strength)

จากผลการทดลองพบว่าวัสดุผสมระหว่างถุงพลาสติกกับเม็ดพลาสติก ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนัก 60:40 มีค่าความทนแรงกระแทก 6103 J/m^2 เมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไป 20 % ค่าความทนแรงกระแทก 5065 J/m^2

พบว่าเมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไปค่าความทนแรงกระแทกมีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในรูป 3.23 ซึ่งการที่ค่าความทนแรงกระแทกมีค่าลดลง เนื่องจากเส้นใยมีความทนแรงกระแทกน้อยกว่าพอลิพรอพิลีนมีความเปราะมากกว่าพอลิพรอพิลีน

4.2.3.4 การศึกษาผลของปริมาณเส้นใยแก้วที่เติมลงในถุงพลาสติกต่อความเค้นการโค้งงอ และมอดุลัสการโค้งงอ (Flexural Stress and Flexural Modulus)

จากผลการทดลองพบว่าวัสดุผสมระหว่างถุงพลาสติกกับเม็ดพลาสติก ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนัก 60:40 มีค่าความเค้นการโค้งงอ 1.290 MPa และค่ามอดุลัสการโค้งงอ 374.3 MPa เมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไป 20 % ได้ค่าความเค้นการโค้งงอ 2.812 MPa และค่ามอดุลัสการโค้งงอ 1685 MPa พบว่าเมื่อเติมเส้นใยแก้วลงไปในชิ้นงานทำให้ค่าความทนแรงโค้งงอมีแนวโน้มสูงขึ้น ดังแสดงในรูป 3.24 และ 3.25 ซึ่งสอดคล้องกับค่ามอดุลัสที่สูงขึ้นดังได้กล่าวมาแล้ว

4.3 การหาค่าความยาววิกฤตของเส้นใยแก้วโดยวิธี Pull - out Test

การหาค่าความยาววิกฤตของเส้นใยแก้ว (l_c) นั้นเพื่อให้ทราบถึงค่าความยาวน้อยที่สุดที่เส้นใยสามารถรับแรงกระทำได้ ถ้าเส้นใยมีค่าความยาวน้อยกว่าค่าความยาววิกฤตจะทำให้การถ่ายเทแรงระหว่างเมทริกซ์กับเส้นใยไม่ดีเท่าที่ควร ส่งผลให้สมบัติเชิงกลด้อยลง แต่ถ้าความยาวของเส้นใยมีมากกว่าความยาววิกฤตสมบัติเชิงกลจะสูงขึ้น

จากผลการทดลองพบว่าความยาววิกฤต (l_c) ของเส้นใย มีค่ามากกว่าความยาวของเส้นใยในเมทริกซ์ โดยความยาวของเส้นใยวิกฤตมีค่า 4.81 mm ส่วนเส้นใยที่ใช้ทดลองมีความยาว 0.719 mm

โดยค่าความยาววิกฤต (l_c) ของเส้นใย สามารถหาได้จากสมการ $l_c = d\sigma_f^{TS}/2\tau_m$ เมื่อ d คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยได้จากการถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 50 เท่า, σ_f^{TS} คือ ค่าความทนแรงดึงสูงสุดของเส้นใยแก้ว และ τ_m คือค่าความเค้นเฉือนระหว่างเส้นใยกับเมทริกซ์ 0.189 kg_f/mm^2 โดย τ_m หาจากสมการ $\tau_m = F/A$ เมื่อ F คือแรงดึงสูงสุดที่ทำให้เส้นใยหลุดออกจากเมทริกซ์, A คือ พื้นที่ผิวสัมผัสโดยหาจาก $A = \pi dl$ เมื่อ l คือความยาวของเส้นใยในเมทริกซ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.00 mm

จากการทดลองหาค่าความทนแรงดึงของวัสดุผสม (60:40) ผสมกับเส้นใยแก้วในปริมาณต่าง ๆ 0, 5, 10, 15 และ 20% โดยใช้สมการ $\sigma_c = X_1X_2\sigma_fV_f + \sigma_mV_m$ เมื่อ σ_c คือ ค่าความทนแรงดึงของวัสดุผสม, X_1 คือปัจจัยเนื่องจากการเรียงตัวของเส้นใยในเมทริกซ์เท่ากับ 0.2 เนื่องจากมีการเรียงตัวไม่ต่อเนื่อง และไม่เป็นระเบียบ 3 มิติ โดยดูจากภาพถ่ายที่ได้จากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 10 เท่า, X_2 คือ ปัจจัยเนื่องจากความยาวของเส้นใย เท่ากับ 0.104, σ_f คือ ค่าความทนแรงดึงของเส้นใย เท่ากับ

140 kg_f/mm^2, V_f คือ สัดส่วนโดยปริมาตรของเส้นใย, σ_m คือ ค่าความทนแรงดึงของเมทริกซ์เท่ากับ 1.82 kg_f/mm^2 และ V_m คือสัดส่วนโดยปริมาตรของเมทริกซ์ พบว่าค่าความทนแรงดึงที่ได้มีค่ามากกว่าจากการคำนวณ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากเส้นใยแก้วมีการเคลือบผิวด้วยสารประสารคู่ควบ (Coupling Agent) จึงทำให้การยึดติดระหว่างเส้นใยแก้วและเมทริกซ์ดีขึ้น ทำให้เมื่อมีแรงมากระทำต่อวัสดุ เมทริกซ์จะสามารถถ่ายโอนแรงให้กับเส้นใยแก้วได้มากขึ้น ทำให้ทนแรงดึงได้มากขึ้น

4.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการทดสอบให้ดีว่าเป็นเกรดที่เหมาะสมกับการนำมาทดสอบไหม
2) ควรทดสอบหาสมบัติต่าง ๆ ของพอลิพรอพิลีน (PP) ที่ใช้ในการทดสอบ เช่น ขนาดและรูปร่างของสายโซ่โมเลกุลโดยการทำ Gel Permeation Chromatography (GPC) และควรศึกษาสมบัติทางด้านความเหนียว (toughness) ของชิ้นงาน
3) ควรหาปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ เช่น กระบวนการผลิตโดยเทคนิคต่างๆ และการเสื่อมสภาพของพลาสติก เป็นต้น
4) ควรหาปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของพอลิเมอร์ เช่น ความชื้นจากอากาศ, ความร้อนจากแสงแดดหรือพลังงานความร้อนต่าง ๆ และเวลาที่ทิ้งระยะไว้ก่อนทดสอบ
5) ควรปรับปรุงวิธีการขึ้นรูป เช่น ควรอบแม่แบบ (mold) ก่อนนำไปฉีดขึ้นรูปเพื่อลดการหดตัวของชิ้นงาน
6) ควรปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการขึ้นรูป ให้มีอุณหภูมิและความดันที่เหมาะสมต่อชิ้นงานที่นำไปทดสอบ
7) ควรเพิ่มจำนวนชิ้นงานที่นำไปทดสอบอย่างน้อยควรมากกว่า 5 ชิ้นงาน เพื่อให้มีความแม่นยำ และถูกต้องตามความเป็นจริงมากขึ้น
8) ควรหาปัจจัยอื่น ๆ ของเส้นใยแก้วที่มีต่อสมบัติเชิงกลต่าง ๆ เช่น แรงยึดเกาะระหว่างเส้นใยแก้วกับเมทริกซ์
9) ควรศึกษาสมบัติทางสัณฐานวิทยาของวัสดุผสมโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น SEM เพื่อดูการจัดเรียงตัวของวัสดุ และการยึดเกาะกันระหว่างสาร 2 ชนิด ให้มีความละเอียดมากขึ้น

10) ควรศึกษาโครงสร้างโมเลกุลของพอลิพรอพิลีน (PP) ที่ใช้ในการทดสอบ โดยเทคนิคต่าง ๆ ว่าเป็นแบบ Isotactic หรือ Atactic โดยอาจใช้วิธี X-ray diffraction เพื่อศึกษาความเป็นผลึก ถ้ามีความเป็นผลึกมากแสดงว่าการจัดเรียงตัวของโมเลกุลมีความเป็นระเบียบมาก โครงสร้างจะเป็นแบบ Isotactic

11) ควรศึกษาสารเสริมแรงชนิดอื่น ๆ ที่มีผลทำให้สมบัติเชิงกลของวัสดุผสมดีขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University