บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

6.1.1 ความต้านทานแรงดึงและร้อยละการยืดตัวเมื่อขาด ของโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์ ที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว

เมื่อเปรียบเทียบความต้านทานแรงดึงของโพลิโพรพิลีน ผสมทัลค์จากประเทศจีน ญี่ปุ่น และไทย ที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว ปรากฏว่าโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์จากประเทศจีน มีความต้านทานแรงดึงสูงที่สุด ในขณะที่โพลิโพรพิลีนผสมทัลค์จากไทย มีความต้านทานแรงดึงต่ำที่สุด (รูปที่ 4.16-4.17) ร้อยละการยืดตัวเมื่อขาดของตัวอย่างทั้งหมดใกล้เคียงกัน (รูปที่ 4.18)

ในการทดลองปรากฏว่าตัวอย่างที่ขึ้นรูป มีการรวมตัวเป็นกลุ่มของทัลค์อยู่ทั่วไป ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการกระจายขนาดอนุภาคของทัลค์กว้างเกินไป และเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยวมีประสิทธิภาพต่ำเกินไป ไม่สามารถทำให้ทัลค์ที่รวมตัวเป็นกลุ่มอยู่ เกิดการกระจายตัวได้

6.1.2 ความต้านทานแรงดึงและร้อยละการยืดตัวเมื่อขาด ของโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์และไมกา ที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิก

เมื่อเปรียบเทียบความต้านทานแรงดึง ของโพลิโพรพิลีนผสมตัวเติมทัลค์และไมกา ที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิก ปรากฏว่าโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์ในเม็ดโพลิโพรพิลีนซึ่งผสมทัลค์สำเร็จรูป มีความต้านทานแรงดึงสูงที่สุด ในขณะที่โพลิโพรพิลีนผสมทัลค์จากไทย มีความต้านทานแรงดึงต่ำที่สุด (รูปที่ 4.28-4.29) โพลิโพรพิลีนผสมทัลค์จากจีน ญี่ปุ่น และไมกา มีความต้านทานแรงดึงอยู่ระหว่างความ

ต้านทานแรงดึงของโพลิโพรพิลีนผสมตัวเติมดังกล่าวข้างต้น โดยที่โพลิโพรพิลีนผสมทัลค์จากจีน และ ญี่ปุ่น มีความต้านทานแรงดึงสูงกว่าโพลิโพรพิลีนผสมไมกา สำหรับค่าร้อยละการยืดตัวเมื่อขาดใกล้เคียงกัน (รูปที่ 4.30)

เมื่อพิจารณาจากลักษณะทางจุลภาคของตัวอย่างทั้งหมด(หัวข้อ 4.4.3 รูปที่ 4.32-4.35) ปรากฏว่าโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์จากเม็ดโพลิโพรพิลีนซึ่งผสมทัลค์สำเร็จรูป มีการผสมระหว่างโพลิโพรพิลีนกับทัลค์เป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด และทัลค์ไม่รวมตัวเป็นกลุ่ม โดยทั่วไปการยึดเกาะระหว่างผิวสัมผัสของตัวเติมทุกชนิดกับโพลิโพรพิลีนมีน้อยมาก (รูปที่ 4.34) สังเกตได้จากช่องว่างระหว่างตัวเติมและพลาสติก

6.1.3 สมบัติทางความร้อนของโพลิโพรพิลีนที่ผ่านขั้นตอนการขึ้นรูปแตกต่างกัน

ขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ ในการทดลองนี้ ไม่ทำให้โครงสร้างและสมบัติของโพลิโพรพิลีนเปลี่ยนแปลง เนื่องจากจุดหลอมเหลวของโพลิโพรพิลีนที่ผ่านขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกัน ยังคงมีค่าใกล้เคียงกันมาก (หัวข้อ 4.5)

6.1.4 เปรียบเทียบความต้านทานแรงดึงของโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์ ที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว และเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิก

ความต้านทานแรงดึงของโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์จากเม็ดโพลิโพรพิลีนซึ่งผสมทัลค์สำเร็จรูป ซึ่งขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิก มีค่าสูงกว่าความต้านทานแรงดึงของตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว เนื่องจากการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิกนั้น แก๊สและฟองอากาศที่เกิดขึ้นสามารถแยกตัวออกไปเมื่อทำการผสมด้วยเครื่องผสมพลาสติกแบบลูกกลิ้งคู่ได้ ก่อนที่จะนำมาทำการอัดขึ้นรูป

6.1.5 ความแข็งของโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์ ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว และเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิก

ความแข็งของโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์ ที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิก (หัวข้อ 4.6.2) โดยที่โพลิโพรพิลีนผสมทัลค์จากเม็ดโพลิโพรพิลีนซึ่งผสมทัลค์สำเร็จรูปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิกมีความแข็งสูงที่สุด เนื่องจากทัลค์กระจายตัวได้ดี ทำให้สายโซ่โมเลกุลของโพลิเมอร์สามารถเกิดพันธะอย่างอ่อน ๆ กับผิวตัวเติมได้มาก

สามารถเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงดึง ณ จุดคราก และร้อยละการยืดตัวเมื่อขาดของโพลิโพรพิลีนที่ทำการทดลอง กับค่าจากการคำนวณได้ ดังแสดงในภาคผนวก จ

6.1.6 สรุป

ทัลค์ จากประเทศจีน ประเทศญี่ปุ่น และประเทศไทย ที่มีการใช้งานในประเทศไทย เมื่อนำมาใช้เป็นตัวเติมในโพลิโพรพิลีน ชนิดโฮโมโพลิเมอร์ โดยไม่มีการตกแต่ง เช่น คัดขนาด เคลือบผิว ฟอกสี เป็นต้น ก่อนล่วงหน้า ปรากฏว่าโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์จากประเทศจีนและญี่ปุ่น มีความต้านทานแรงดึงสูงกว่าโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์จากประเทศไทย เนื่องจากทัลค์ของไทยที่ใช้ในการวิจัยนี้ มีสารเจือปนสูง ขนาดใหญ่ การกระจายขนาดอนุภาคกว้าง (ตารางที่ 4.1) เมื่อนำมาผสมกับโพลิโพรพิลีนตัวอย่างที่ได้จึงมีความต้านทานแรงดึง และความแข็ง ต่ำที่สุด

สำหรับโพลิโพรพิลีนผสมไมกา ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิก มีความต้านทานแรงดึงต่ำกว่าโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์จากจีนและญี่ปุ่นเล็กน้อย (รูปที่ 4.27-4.28) เนื่องจากไมกามีลักษณะอนุภาคและความละเอียดใกล้เคียงกับทัลค์ แต่การกระจายขนาดอนุภาคกว้างกว่า (ตารางที่ 3.2)

เมื่อทำการเปรียบเทียบความต้านทานแรงดึง ของโพลิโพรพิลีนผสมตัวเติมทั้งหมด ปรากฏว่าโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์ในเม็ดโพลิโพรพิลีนซึ่งผสมทัลค์สำเร็จรูป

มีความต้านทานแรงดึงสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์ในเม็ดโพลิโพรพิลีนซึ่งผสมทัลค์สำเร็จรูปมีการกระจายตัวของทัลค์ตัวดีที่สุด

การขึ้นรูปตัวอย่าง โดยผสมโพลิโพรพิลีนกับตัวเติมให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนด้วยเครื่องผสมแบบลูกกลิ้งคู่ แล้วจึงขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิกนั้น จะได้ตัวอย่างที่มีความต้านทานแรงดึงและความแข็งสูงกว่าตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว เนื่องจากวิธีการแรกสามารถผสมตัวเติมและโพลิโพรพิลีนให้เป็นเนื้อเดียวกันได้มากกว่า โดยไม่สามารถสังเกตเห็นการรวมตัวเป็นกลุ่มของตัวเติมด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้องสแกนนิงอิเล็กตรอนไมโครสโคปกำลังขยายสูง จึงจะสามารถเห็นอนุภาคของตัวเติมได้ (รูปที่ 4.32-4.35) ซึ่งแตกต่างจากการขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว ที่สามารถเห็นการรวมตัวเป็นกลุ่มของทัลค์ได้ทั่วไปด้วยตาเปล่า (รูปที่ ข.1-ข.3)

ดังนั้นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดขั้นตอนหนึ่ง ในการขึ้นรูปโพลิโพรพิลีนผสมตัวเติม คือ การผสมโพลิโพรพิลีนและตัวเติมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

6.2 ข้อเสนอแนะ และอุปสรรคในการวิจัย

การวิจัยในหัวข้อนี้ ผู้ดำเนินการวิจัยได้ประสบอุปสรรคด้านอุปกรณ์เป็นอันมาก และพบประเด็นที่น่าสนใจหลายประการ พอสรุป ได้ คือ

6.2.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

จากการสำรวจตัวเติมทัลค์ และไมกา เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกภายในประเทศ ปรากฏว่าไม่มีการนำเข้า หรือผลิตตัวเติมทั้ง 2 ชนิด นี้ เพื่อใช้สำหรับอุตสาหกรรมพลาสติกโดยเฉพาะเลย สำหรับตัวเติมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ปกติใช้ในอุตสาหกรรมอื่น เช่น ลวดเชื่อม เซรามิกส์ เป็นต้น จึงมีสมบัติไม่เหมาะสมหลายประการ เช่น สารเจือปนสูง การกระจายอนุภาคกว้างมาก ไม่มีการเคลือบผิวตัวเติมด้วยสารเคมีเพื่อช่วยการยึดเกาะระหว่างโพลิเมอร์ และตัวเติม เป็นต้น

การวิจัยครั้งนี้ ได้นำตัวเติมทัลค์และไมกา ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมาใช้โดยไม่ได้ผ่านการตกแต่งใด ๆ เช่น การเคลือบผิว การคัดขนาด การแยกความบริสุทธิ์ เป็นต้น ค่าความต้านทานแรงดึงของโพลิโพรพิลีนผสมตัวเติม จึงมีค่าต่ำมาก โดยเฉพาะโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์ของไทย

สำหรับพลาสติกผสมตัวเติม ที่มีการขึ้นรูปและใช้งานในอุตสาหกรรมภายในประเทศขณะนี้ เป็นการใช้เม็ดโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์สำเร็จรูป ซึ่งนำเข้าจากต่างประเทศ ในราคาจำหน่ายค่อนข้างสูง เช่น โพลิโพรพิลีนผสมทัลค์ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก มีราคาประมาณ 200 บาท/กิโลกรัม ในขณะที่เม็ดโพลิโพรพิลีนชนิดโฮโมโพลิเมอร์ มีราคาประมาณ 40 บาท/กิโลกรัม ทัลค์ ราคา ประมาณ 3-35 บาท/กิโลกรัม และไมกา ราคาประมาณ 20 บาท/กิโลกรัม เป็นต้น

6.2.2 ประสิทธิภาพของเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว

เครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยวที่ใช้ในการขึ้นรูป ในการทดลองครั้งนี้ ไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการขึ้นรูปพลาสติกผสมตัวเติมหลายประการ คือ

6.2.2.1 สกรู

สกรูมีขนาดสัดส่วนความยาว/เส้นผ่านศูนย์กลาง 17:1 ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถใช้ในการขึ้นรูปโพลิโอลิฟิน (โพลิเอทิลีน และโพลิโพรพิลีน) ได้ โดยทั่วไปสกรูที่ใช้ในการขึ้นรูปพลาสติกประเภทนี้ จะมีสัดส่วนความยาว/เส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 16:1 ถึง 20:1 อย่างไรก็ตามขนาดสกรูที่ยาว จะช่วยให้การผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีกว่าสกรูสั้น (8)

ในการทดลองนี้ ทำการขึ้นรูปโพลิโพรพิลีนผสมตัวเติมซึ่งมีความหนืดสูง ดังนั้นสัดส่วนความยาว/เส้นผ่านศูนย์กลาง 17:1 ของสกรู จึงไม่เหมาะสมและไม่สามารถทำให้ทัลค์ที่รวมตัวกันเป็นกลุ่มเกิดการกระจายตัว และผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับโพลิโพรพิลีนได้ ซึ่งในปัจจุบัน การขึ้นรูปพลาสติกผสมตัวเติม จะใช้สกรูที่มีการออกแบบเป็นพิเศษ สามารถทำให้ตัวเติมที่รวมตัวเป็นกลุ่มกระจายตัวได้ดี เช่น สกรูคู่

(co-rotating twin screw) เป็นต้น (27)

6.2.2.2 กระบอกสกรู

ในการขึ้นรูปพลาสติก โดยเฉพาะพลาสติกผสมตัวเติมและสารตกแต่งต่าง ๆ นั้น อาจเกิดแก๊สจากการสลายตัวของสารต่าง ๆ ในระบบได้ เครื่องรีดพลาสติกโดยทั่วไป จึงควรมีระบบระบายแก๊สออกจากกระบอกสกรู ซึ่งเครื่องที่ใช้ในการวิจัยนี้ไม่มีระบบระบายแก๊สดังกล่าว

6.2.2.3 ระบบการผสมภายนอกเครื่องรีดพลาสติก

ในการขึ้นรูปควรจะทำการผสมเม็ดพลาสติก กับตัวเติมให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อน แล้วจึงทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว แต่ในการวิจัยนี้ ไม่สามารถหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมดังกล่าวเพื่อใช้ในการวิจัยได้

6.2.3 ความพร้อมด้านอุปกรณ์การวิจัย

อุปกรณ์การวิจัย และวิเคราะห์ ทดสอบ ในประเทศไทยอยู่กระจายทั่วไป ตามแหล่งการศึกษา และหน่วยงานต่าง ๆ จึงเป็นอุปสรรคต่อการวิจัยมาก เช่น การวิจัยในหัวข้อ อิทธิพลของตัวเติม ทัลค์และไมกา ที่มีต่อสมบัติของโพลิโพรพิลีน ซึ่งเป็นการวิจัยด้านกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกนี้ ต้องขอความร่วมมือจากหน่วยงานต่าง ๆ เป็นอันมาก ดังที่ระบุในกิตติกรรมประกาศ

ดังนั้นหากจะมีการส่งเสริมการวิจัย พัฒนาด้านเทคโนโลยีพลาสติกนี้ ควรมีความพร้อมด้านอุปกรณ์ให้มากขึ้น และเนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยสามารถผลิตเม็ดพลาสติกขึ้นเองได้แล้ว หากสามารถปรับปรุงวัตถุดิบภายในประเทศให้มีสมบัติดี พัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตเครื่องจักร อุปกรณ์ ต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพ งานวิจัยพัฒนาด้านอุตสาหกรรมพลาสติกภายในประเทศไทยจะเจริญรุดหน้าไปได้รวดเร็วขึ้น