



บทที่ 5

วิเคราะห์การทดลอง

5.1 การเลือกสภาวะการขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว

สภาวะการขึ้นรูปโพลีโพรพิลีนด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว ที่เลือกใช้ในการทดลอง คือ อุณหภูมิสกรู 230 องศาเซลเซียส ทั้ง 2 ส่วน อุณหภูมิตายน์ 230 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบของสกรู 800 รอบ/นาที (ภาคผนวก ข. ตารางที่ ข.1)

สาเหตุที่เลือกสภาวะดังกล่าวในการทดลองครั้งนี้ เนื่องจากเป็นสภาวะที่โพลีโพรพิลีนออกจากตายน์แล้วหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันหมด มีความหนืดพอเหมาะไม่เหลวจนเกินไป เมื่อโพลีโพรพิลีนผ่านรางน้ำเพื่อให้เย็นตัวและมีรูปร่างที่คงที่ มีขนาดความกว้าง ประมาณ 30 มิลลิเมตร ความหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร สามารถตัดเป็นตัวอย่างสำหรับการทดสอบความต้านทานแรงดึง และร้อยละการยึดตัว ตามมาตรฐาน ASTM D 638M-81 ได้

5.2 เปรียบเทียบสมบัติทางความร้อนของโพลีโพรพิลีนที่ผ่านกระบวนการผลิตต่าง ๆ

เมื่อนำเม็ดโพลีโพรพิลีนและตัวอย่างโพลีโพรพิลีนที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูป ที่ต่างกัน มาวิเคราะห์หาจุดหลอมเหลวด้วยเครื่องเทอร์มัลดิฟเฟอเรนเชียล (หัวข้อ 4.5) ปรากฏว่าตัวอย่างทั้งหมดมีจุดหลอมเหลวที่ใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าสภาวะการผลิตที่ใช้ทุกขั้นตอนในการทดลองนี้ไม่มีอิทธิพลต่อโครงสร้างและสมบัติของโพลีโพรพิลีน สมบัติของโพลีโพรพิลีนผสมตัวเติมที่เปลี่ยนแปลงไป จึงขึ้นอยู่กับปริมาณของตัวเติมที่ผสมและสมบัติของตัวเติม เช่น ความบริสุทธิ์ การกระจายขนาดอนุภาค เป็นต้น

5.3 เปรียบเทียบความต้านทานแรงดึง และร้อยละการยึดตัวเมื่อขาดของ โพลีโพรพิลีนผสมทัลค์จาก 3 แหล่ง ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว

เมื่อพิจารณาความต้านทานแรงดึง ณ จุดคราก และความต้านทานแรงดึงเมื่อขาด ของโพลีโพรพิลีนผสมทัลค์จาก 3 แหล่ง คือ จีน ญี่ปุ่น และไทย ในอัตราส่วนผสมทัลค์ร้อยละ 0-10 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว (ตารางที่ 4.3 รูปที่ 4.16-4.17) ปรากฏว่าโพลีโพรพิลีนผสมทัลค์จากประเทศจีน มีค่าความต้านทานแรงดึง ณ จุดคราก และความต้านทานแรงดึงเมื่อขาด สูงกว่าโพลีโพรพิลีนผสมทัลค์อีก 2 แหล่ง และมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณทัลค์เพิ่มขึ้นเหมือนกัน โดยที่ความต้านทานแรงดึงของโพลีโพรพิลีนผสมทัลค์จากไทยจะลดลงอย่างรวดเร็วมาก

เมื่อพิจารณาตัวอย่างโพลีโพรพิลีนผสมทัลค์ที่ทำการขึ้นรูป ภาคผนวก ข (รูปที่ ข.1-ข.3) ปรากฏว่าทัลค์ทั้ง 3 แหล่งมีการรวมตัวเป็นกลุ่ม (จุดสีดำในรูป) และรวมตัวกันมากขึ้นเมื่อปริมาณทัลค์เพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานแรงดึงจึงลดลงเมื่อปริมาณทัลค์เพิ่มขึ้น แต่โพลีโพรพิลีนผสมทัลค์จากไทยจะมีฟองอากาศเกิดร่วมด้วย ซึ่งปริมาณฟองอากาศจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณทัลค์เพิ่มขึ้น ดังนั้นความต้านทานแรงดึงของโพลีโพรพิลีนผสมทัลค์จากไทยจึงมีค่าต่ำมาก

ร้อยละการยึดตัวเมื่อขาดของโพลีโพรพิลีนผสมทัลค์ทั้ง 3 แหล่ง มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ต่ำกว่าโพลีโพรพิลีนที่ไม่ได้ผสมทัลค์มาก (ตารางที่ 4.3 รูปที่ 4.18) เนื่องจากเมื่อทัลค์แทรกอยู่ในโพลีโพรพิลีน จะทำให้สายโซ่โมเลกุลของโพลีโพรพิลีนไม่สามารถจัดเรียงตัวตามปกติ โดยสายโซ่โมเลกุลบางส่วนจะยึดติดกับผิวของทัลค์ด้วยแรงอ่อน ๆ เช่น แวนเดอร์วาลส์ เป็นต้น ทำให้สายโซ่โมเลกุลข้างเคียงไม่สามารถเคลื่อนที่ การยึดตัวของโพลีโพรพิลีนผสมทัลค์จึงต่ำ (26)

สาเหตุที่ทัลค์เกิดการรวมตัวเป็นกลุ่ม เมื่อทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยวในการทดลองครั้งนี้ เนื่องจากตามปกติอนุภาคที่ละเอียดโดยเฉพาะสารอินทรีย์จะมีแนวโน้มในการรวมตัวกันเป็นกลุ่ม เนื่องจากพันธะต่าง ๆ ตามธรรมชาติ เช่น การประสานกันระหว่างอนุภาคที่มีลักษณะเป็นแผ่น เกล็ด หรือเส้นใย เกิดไฟฟ้าสถิตย์ ยึดกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ หรือเกิดปฏิกิริยาเคมีรวมตัวกัน เป็นต้น

ซึ่งการแก้ไขปัญหานี้ต้องใช้อุปกรณ์การผสมพลาสติกกับตัวเติม และอุปกรณ์การขึ้นรูปที่มีประสิทธิภาพสูง ที่สามารถทำให้พลาสติกหลอมละลายเคลือบผิวของกลุ่มอนุภาคได้อย่างสมบูรณ์ แล้วให้แรงเฉือน (shear stress) กับโพลิเมอร์ เพื่อทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคนั้น อุปกรณ์ที่นิยมใช้สำหรับการขึ้นรูปพลาสติกผสมตัวเติม เช่น เครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูคู่ (27) เป็นต้น

การวิจัยได้พยายามแก้ไขปัญหการรวมตัวเป็นกลุ่มของทลค์หลายวิธี ได้แก่

- ปรับปรุงเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว โดยการใส่ตะแกรงขนาด 100 เมช ระหว่างสกรูกับตายน์ เพื่อเพิ่มความดันย้อนกลับ (back pressure) ปรากฏว่าตัวอย่างยังคงมีการรวมตัวเป็นกลุ่มของทลค์ และความต้านทานแรงดึงของตัวอย่างที่ขึ้นรูปแตกต่างจากการใช้เครื่องรีดพลาสติกแบบไม่ใส่ตะแกรงน้อยมาก (หัวข้อ 4.3.3)

- ปรับความเร็วรอบของสกรู ปรากฏว่าความเร็วรอบของสกรูในเครื่องรีดพลาสติกที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ไม่มีส่วนช่วยในการกระจายตัวของทลค์ นอกจากเพิ่มอัตราการผลิตเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น (หัวข้อ 4.3.4)

- การผสมพาราฟินเหลว ซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน คาดว่าจะสามารถทำลายพันธะระหว่างอนุภาคที่รวมตัวเป็นกลุ่ม ปรากฏว่าโพลิโพรพิลีนผสมทลค์ และพาราฟินเหลวในสัดส่วนต่าง ๆ กัน ยังคงมีการรวมตัวเป็นกลุ่มของทลค์ และความต้านทานแรงดึงของตัวอย่างแตกต่างจากเมื่อไม่ผสมพาราฟินเหลวน้อยมาก (หัวข้อ 4.3.5)

- การใช้โพลิโพรพิลีนชนิดผง วิธีนี้อาจช่วยแก้ปัญหาได้ แต่เนื่องจากโพลิโพรพิลีนชนิดผงไม่มีจำหน่ายในประเทศไทย และโรงงานที่รับบดเม็ดโพลิโพรพิลีน ไม่สามารถบดเม็ดโพลิโพรพิลีนที่ใช้ในการวิจัยให้เป็นผงได้

สาเหตุที่โพลิโพรพิลีนผสมทลค์ เมื่อขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว เกิดเป็นฟองอากาศขึ้น ในเบื้องต้นคาดว่าอาจเกิดจากความชื้น หรือสารเจือปนในทลค์ พวกลอไลโมรท์และแคลไซต์เกิดการสลายตัว (28) รายละเอียดการวิเคราะห์สมบัติของทลค์ที่ใช้ในการทดลองแสดงในภาคผนวก ง

การวิจัยได้พยายามแก้ไขปัญหारेื่องฟองอากาศหลายวิธี ดังนี้ คือ

- ทำการอบทลค์ก่อนนำมาผสมกับโพลีโพรพิลีน เมื่อทำการขึ้นรูปปรากฏว่ายังคงมีฟองเกิดขึ้น และความต้านทานแรงดึงของ โพลีโพรพิลีนผสมทลค์ที่อบและไม่ได้อบมีค่าใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าความชื้นในทลค์ไม่ใช่ปัจจัยสำคัญในการเกิดฟอง (หัวข้อ 4.3.6)
- ปรับความเร็วรอบสกรู ปรากฏว่า โพลีโพรพิลีนผสมทลค์ยังคงมีฟองอากาศเกิดขึ้นเช่นเดิม

5.4 เปรียบเทียบความต้านทานแรงดึง และร้อยละการยึดตัวเมื่อขาดของ โพลีโพรพิลีนผสมทลค์และไมกา ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิก

เมื่อพิจารณาความต้านทานแรงดึง ณ จุดคราก ความต้านทานแรงดึงเมื่อขาด และร้อยละการยึดตัวเมื่อขาดของ โพลีโพรพิลีนผสมตัวเติมทลค์และไมกา ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิก (รูปที่ 4.28-4.30) ปรากฏว่าโพลีโพรพิลีนผสมทลค์ในเม็ดโพลีโพรพิลีนซึ่งผสมทลค์สำเร็จรูป มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงที่สุด ในขณะที่โพลีโพรพิลีนผสมทลค์จากไทยมีค่าต่ำที่สุด สำหรับโพลีโพรพิลีนผสมทลค์จากจีน ญี่ปุ่น และโพลีโพรพิลีนผสมไมกา มีความต้านทานแรงดึงอยู่ระหว่างความต้านทานแรงดึงของโพลีโพรพิลีนผสมตัวเติมดังกล่าวข้างต้น โดยที่โพลีโพรพิลีนผสมทลค์จากจีนและญี่ปุ่นมีค่าความต้านทานแรงดึงสูงกว่าโพลีโพรพิลีนผสมไมกา ความต้านทานแรงดึงของโพลีโพรพิลีนผสมตัวเติมทลค์และไมกา มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณตัวเติมเพิ่มขึ้น สำหรับร้อยละการยึดตัวเมื่อขาด ของโพลีโพรพิลีนผสมตัวเติมดังกล่าวทั้งหมดมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเหมือนกัน โดยที่ร้อยละการยึดตัวเมื่อขาด ของโพลีโพรพิลีนผสมทลค์ในเม็ดโพลีโพรพิลีนซึ่งผสมทลค์สำเร็จรูปมีค่าต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาจากลักษณะทางจุลภาคของโพลีโพรพิลีนผสมตัวเติมต่าง ๆ (หัวข้อ 4.4.3) โดยเปรียบเทียบ รูปที่ 4.32 กับรูปที่ 4.33 ปรากฏว่าเมื่อปริมาณตัวเติมเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก เป็นร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก ตัวเติมจะมีการรวมตัวเป็นกลุ่มมากขึ้น โดยที่โพลีโพรพิลีนผสมทลค์จากไทย มีการกระจายตัวของทลค์ต่ำที่สุด ในขณะที่โพลีโพรพิลีนผสมทลค์ในเม็ดโพลีโพรพิลีนซึ่งผสมทลค์สำเร็จรูป มีการกระจายตัว

ของทลค์ดีที่สุด และทลค์ไม่รวมตัวเป็นกลุ่ม และจากรูปที่ 4.34 ปรากฏว่าผิวสัมผัสระหว่างตัวเติมทลค์และไมกา มีพื้นที่ยึดเกาะกันน้อยมาก รูปที่ 4.35 แสดงลักษณะการรวมตัวเป็นกลุ่มของทลค์จากประเทศไทย ดังนั้น โพลีโพรพิลีนผสมทลค์ในเม็ดโพลีโพรพิลีนซึ่งผสมทลค์สำเร็จรูป จึงมีความต้านทานแรงดึงดีที่สุด

5.5 เปรียบเทียบความต้านทานแรงดึงของ โพลีโพรพิลีนผสมทลค์ในเม็ด โพลีโพรพิลีนซึ่งผสมทลค์สำเร็จรูป ที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว และเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮดรอลิก

เมื่อทำการเปรียบเทียบความต้านทานแรงดึง ของโพลีโพรพิลีนผสมทลค์ในเม็ดสำเร็จรูป ซึ่งทำการขึ้นรูปด้วยวิธีการรีดด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว และขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮดรอลิก ปรากฏว่าค่าความต้านทานแรงดึงของโพลีโพรพิลีนผสมทลค์ ที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อปริมาณทลค์ที่ผสมมากกว่าร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก เนื่องจากเกิดฟองอากาศขึ้นในตัวอย่าง (ตารางที่ ข.3 รูปที่ ข.4) ในขณะที่ค่าความต้านทานแรงดึงของโพลีโพรพิลีนผสมทลค์ที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮดรอลิก จะลดลงน้อยมาก (รูปที่ 4.37-4.38)

5.6 เปรียบเทียบความแข็งของโพลีโพรพิลีนผสมตัวเติม ที่ทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว และการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮดรอลิก

ความแข็งของตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดขึ้นรูป มีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการรีดด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว (หัวข้อ 4.6.2 และรูปที่ 4.39) เนื่องจากการขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดขึ้นรูปนั้น เม็ดโพลีโพรพิลีนและตัวเติม ได้ผ่านการผสมกันก่อนเข้าทำการอัดขึ้นรูป ด้วยเครื่องผสมพลาสติกแบบลูกกลิ้งคู่ ที่อุณหภูมิ 150-160 องศาเซลเซียส ดังนั้นความชื้นหรือแก๊สที่เกิดจากการสลายตัวของสารเจือปนในตัวเติม จะแยกตัวออกไป สายโซ่โมเลกุลของโพลีเมอร์มีการจัดเรียงตัวในทุกทิศทาง และโพลีโพรพิลีนผสมตัวเติมยังถูกทำให้เย็นตัว และคงรูปร่างภายใต้ความดันภายในแบบอัด ซึ่งแตกต่างจากการขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว ที่สายโซ่โมเลกุลมีการจัดเรียงตัวตามทิศทางกรีด (machine direction) ถูกทำให้เย็นตัวและคงรูปร่าง



โดยการผ่านรางน้ำที่อุณหภูมิห้องเท่านั้น โพลีโพรพิลีนผสมตัวเติมที่ขึ้นรูปโดยการอัด
จึงมีความแข็งแรงสูงกว่าตัวอย่างที่ขึ้นรูปโดยการรีด (ตารางที่ 4.8 และ ตารางที่ 4.14)

สำหรับการขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว ปรากฏว่าโพลีโพรพิลีน
ผสมทัลค์จากไทย และโพลีโพรพิลีนผสมทัลค์ในเม็ดโพลีโพรพิลีนซึ่งผสมทัลค์สำเร็จรูป มีค่า
ความแข็งแรงลดลง เมื่อปริมาณตัวเติมเพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.27) เนื่องจากเกิดฟองอากาศขึ้นใน
ตัวอย่าง ในขณะที่ตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดขึ้นรูป จะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเมื่อ
ปริมาณตัวเติมเพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.31) เนื่องจากการจัดเรียงตัวของโพลีโพรพิลีนและ
ตัวเติมในตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดขึ้นรูป มีความหนาแน่นสูงกว่าการขึ้นรูปด้วย
เครื่องรีดพลาสติก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย