บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 โครงสร้างจุลภาคของโพลิเมอร์ผสม

5.1.1 โครงสร้างจุลภาคของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM

โครงสร้างของ HDPE และ PPนั้นจะมีลักษณะเป็นพื้นเรียบ ส่วนโครงสร้างของโพลิเมอร์ผสมระหว่าง HDPE และ PP นั้นจะมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Heterogeneous) ซึ่งมีสองเฟส โดยที่เฟสหนึ่งกระจายอยู่บนอีกเฟสหนึ่ง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kim *et al.*(1994) และ Noel III *et al.*(1984) โพลิเมอร์ผสมที่มี HDPE เป็น 25 %wt HDPE จะฟอร์มตัวเป็นเฟสที่มีลักษณะเป็นผลึกกลมกระจายอย่างสม่ำเสมออยู่บนพื้นของ PP สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhu-W *et al.* (1996) นอกจากนี้ยังใกล้เคียงกับผลงานวิจัยของ Fujiyama และ Kawasaki (1991) ที่พบว่า HDPE ที่น้อยกว่า 30%wt จะฟอร์มตัวเป็นเฟสที่กระจายอยู่บนเนื้อพื้นของ PP โพลิเมอร์ผสมที่มี HDPE เป็น 50 %wt HDPE ยังฟอร์มตัวเป็นเฟสที่กระจายอยู่บนพื้นของ PP โพลิเมอร์ผสมนี้จะเกิดการกลับเฟสเมื่อมี PP เป็น 25%wt โดย PP จะฟอร์มตัวเป็นเฟสที่มีลักษณะเป็นผลึกกลมกระจายอยู่บนเนื้อพื้นของ HDPE สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Fujiyama และ Kawasaki (1991) ที่พบว่าโพลิเมอร์ผสมที่มี HDPE ที่มากกว่า 70%wt HDPE จะฟอร์มตัวเป็นเนื้อพื้นโดยมีผลึกของ PP กระจายอยู่ บนเนื้อพื้นนั้น ลักษณะผลึกกลมของ PP จะมีขนาดใหญ่กว่าของ HDPE โดยมีขนาด 2-8 μ m ส่วน HDPE มีขนาด 0.1-0.5 μ m เนื่องจากว่า HDPE มีอัตราการเกิดและโตเป็นนิวเคลียสสูงกว่า PP เช่นเดียวกับผลงานวิจัยของ Lovinger and William(1980).

เมื่อเติม EPDM เข้าไปทำให้โพลิเมอร์ทั้งสองชนิดเข้ากันได้ดีขึ้น โดยจะทำให้การกระจายและการยึดเกาะระหว่างเฟสสองเฟสดีขึ้น นอกจากนี้แล้ว EPDM จะทำให้โพลิเมอร์ที่ฟอร์มตัวเป็นเฟสที่กระจายอยู่บนอีกเฟสหนึ่งมีขนาดเล็กลงละมีจำนวนน้อยลง และเมื่อ %EPDM เพิ่มขึ้นทำให้โพลิเมอร์ทั้งสองชนิดเข้ากันได้ดีมากขึ้น สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Vaccaru *et al.*(1997) และ Zhu-W *et al.*(1995) ที่พบว่าตัวที่ทำให้เข้ากันทำให้เฟสสองเฟสกระจายและยึดเกาะกันได้ดีขึ้น

ส่งผลให้เฟสที่กระจายบนพื้นมีขนาดเล็กลง

5.1.2 โครงสร้างของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

เมื่ออุณหภูมิในการฉีดขึ้นรูปเป็น 190°C และ 230°C โครงสร้างจุลภาคจะมีลักษณะใกล้เคียงกับโพลิเมอร์ผสมที่ขึ้นรูปที่ 210°C โดยโครงสร้างจุลภาคของ HDPE และ PP จะมีลักษณะเป็นพื้นเรียบ ส่วนโครงสร้างของโพลิเมอร์ผสมที่มี HDPE และ PP นั้นจะมีลักษณะเป็นแบบสองเฟส โดยที่มีเฟสหนึ่งกระจายอยู่บนอีกเฟสหนึ่ง แต่ลักษณะของเฟสที่กระจายบนเนื้อพื้นของโพลิเมอร์ผสมที่ขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 190°C และ 230°C นั้นจะมีขนาดไม่สม่ำเสมอ โดยเฉลี่ยแล้วมีขนาดใหญ่กว่า การที่โครงสร้างของโพลิเมอร์แตกต่างกันนี้อาจเนื่องมาจาก อุณหภูมิในการขึ้นรูปต่างกันทำให้โพลิเมอร์มีอัตราการไหลที่ต่างกัน จึงส่งผลให้มีโครงสร้างที่ต่างกันดัง Guo และ Bowman(1983) ได้กล่าวไว้ในงานวิจัยของเขาว่าในการฉีดขึ้นรูปชิ้นงาน การไหลและความร้อนมีผลต่อโครงสร้างของชิ้นงานอย่างมาก

5.2 คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

5.2.1 อัตราการไหลตัว

ผลกระทบของ HDPE, PP, EPDM และอุณหภูมิ ที่มีต่อค่าอัตราการไหลคือ เมื่อสัดส่วนทั้งสามและอุณหภูมิเปลี่ยนไปทำให้ค่าอัตราการไหลของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โพลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติม EPDM อัตราการไหลจะเปลี่ยนไปตามโพลิเมอร์ที่มีปริมาณมากกว่า เช่นเดียวกับผลงานวิจัยของสุมาลีและคณะ (2534) เมื่อเติม EPDM เข้าไปทำให้ค่าอัตราการไหลลดลง ผลที่เกิดขึ้นนี้สำหรับโพลิเมอร์ผสมที่ไม่มี EPDM อธิบายได้ด้วยค่าอัตราการไหลของ HDPE และ PP ที่วัดที่สภาวะเดียวกันนั้น HDPE จะมีอัตราการไหลน้อยกว่า PP เมื่อ HDPE เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าอัตราการไหลลดลง เมื่อ HDPE ลดลง ทำให้ค่าอัตราการไหลเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่ม EPDM เข้าไปทำให้ค่าอัตราการไหลของ HDPE/PP ที่ทุกส่วนผสมมีค่าลดลง เนื่องจากว่าโครงสร้างของ EPDM เป็นแบบ กราฟโคโพลิเมอร์ ที่ในแต่ละโมเลกุลจะมีส่วนที่เป็นเฟสของเหลว (Liquid Phase) เมื่อเกิดการเปลี่ยนรูป (Deformation) โครงสร้างในส่วนนี้จะไปดึง (Pull) ส่วนอื่นๆทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นหรืออัตราการไหลลดลงนั่นเอง

เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอัตราการไหลของโพลิเมอร์ผสมที่ทุกส่วนผสมมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะไปลดพลังงานกระตุ้นทำให้โพลิเมอร์เกิดการเคลื่อนตัวได้ดีขึ้น

จากการพิจารณาอุณหภูมิที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปนั้นได้ใช้หลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้ในการพิจารณา คือ 1.) การเสื่อมของโพลิเมอร์ เนื่องจากการเสื่อมของโพลิเมอร์ทำให้คุณสมบัติเคมีกายภาพ เปลี่ยนไป และทำให้คุณสมบัติเชิงกลด้อยลง ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว 2.) อัตราการไหลตัว โพลิเมอร์ที่มีอัตราการไหลตัวที่ดีจะทำให้มีการฉีดขึ้นรูปได้ง่ายขึ้น

ดังนั้นการฉีดขึ้นรูปจึงต้องฉีดขึ้นรูป ณ อุณหภูมิที่ไม่เกิดการเสื่อมของโพลิเมอร์ และในขณะเดียวกันต้องมีการไหลตัวที่ดีเพื่อให้ง่ายต่อการฉีดขึ้นรูป จากการทดสอบอัตราการไหลตัว พบว่าโพลิเมอร์เกิดการเสื่อมที่อุณหภูมิ 250°C และจากหลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปควรต่ำกว่า 250°C แต่ในการทดลองได้ทำการฉีดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 230°C และ 220°C ปรากฏว่าเกิดการเสื่อมของ HDPE การที่โพลิเมอร์เสื่อมอาจเนื่องมาจากมีการสะสมความร้อนภายในเครื่องฉีดขึ้นรูปซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าเครื่องทดสอบอัตราการไหล หรือโพลิเมอร์ในเครื่องฉีดขึ้นรูปมีการสะสมความร้อนที่มากกว่า ในงานวิจัยนี้จึงได้ฉีดขึ้นรูปโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ที่อุณหภูมิ 210 °C

5.2.2 ค่าความถ่วงจำเพาะ

5.2.2.1 ผลของ HDPE, PP และ EPDM ที่มีต่อค่าความถ่วงจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM

ผลกระทบของ HDPE, PP และ EPDM ที่มีต่อค่าความถ่วงจำเพาะคือ เมื่อสัดส่วนทั้งสามเปลี่ยนไปทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โพลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติม EPDM คุณสมบัติจะเปลี่ยนไปตามโพลิเมอร์ที่มีปริมาณมากกว่า เมื่อเติม EPDM เข้าไปทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะน้อยลง

ผลที่เกิดขึ้นนี้อธิบายได้ด้วยค่าความถ่วงจำเพาะของ HDPE, PP และ EPDM ซึ่งเท่ากับ 0.951, 0.912 และ 0.86 ตามลำดับ คือ ในโพลิเมอร์ผสมที่ไม่มี EPDM เมื่อ HDPE เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้น เมื่อ HDPE ลดลง ทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะลดลง และเมื่อเพิ่ม EPDM เข้าไปทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ที่ทุกส่วนผสมมีค่าลดลง

5.1.2.2 ผลของ HDPE, PP และ อุณหภูมิ ที่มีต่อค่าความถ่วงจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

ผลกระทบของ HDPE PP และอุณหภูมิ ที่มีต่อค่าความถ่วงจำเพาะคือ เมื่อสัดส่วนของ HDPE , PP และ อุณหภูมิ เปลี่ยนไปทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าความถ่วงจำเพาะที่เปลี่ยนไปเนื่องจากสัดส่วนของ HDPE และ PP เปลี่ยนไป อธิบายได้เช่นเดียวกับหัวข้อ 5.2.2.1 ที่อุณหภูมิในการฉีดขึ้นรูปเป็น 230 °C เนื่องจากโพลิเมอร์ผสมเกิดการเสื่อมทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะลดลง

5.2.3 ความทนต่อแรงดึง

5.2.3.1 ผลของ HDPE, PP และ EPDM ที่มีต่อค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM

ผลกระทบของ HDPE PP และ EPDM ที่มีต่อค่าความทนต่อแรงดึงคือ เมื่อสัดส่วนทั้งสามเปลี่ยนไปทำให้ค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โพลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติม EPDM คุณสมบัติจะเปลี่ยนไปตามโพลิเมอร์ที่มีปริมาณมากกว่า สอดคล้องกับผลงานวิจัยของสุมาลีและคณะ(2534) เมื่อเติม EPDM เข้าไปทำให้ค่าความทนต่อแรงดึงลดลง

ในโพลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติม EPDM ผลที่เกิดขึ้นนี้อธิบายได้ด้วยค่าความทนต่อแรงดึงของ HDPE, PP ซึ่งเท่ากับ 199.17, 331.92 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อ HDPE เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความทนต่อแรงดึงลดลง เมื่อ HDPE ลดลง ทำให้ค่าความความทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้น และ เมื่อเพิ่มEPDMเข้าไปทำให้ค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ที่ทุกส่วนผสมลดลง ผลที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chouhary *et al.*(1991) ที่พบว่า EPDM ทำให้ความทนต่อแรงดึงที่จุดยีลด์ของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP (10/90) ลดลง

5.4.3.2 ผลของ HDPE, PP และ อุณหภูมิ ที่มีต่อค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

ผลกระทบของ HDPE PP และอุณหภูมิ ที่มีต่อค่าความทนต่อแรงดึงคือ

เมื่อสัดส่วนของ HDPE , PP และ อุณหภูมิ เปลี่ยนไปทำให้ค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าความทนต่อแรงดึงที่เปลี่ยนไปเนื่องจากสัดส่วนของ HDPE และ PP เปลี่ยนไป อธิบายได้เช่นเดียวกับหัวข้อ 5.4.2.1 ส่วนค่าความทนต่อแรงดึงที่ลดลงเนื่องจากอุณหภูมิในการฉีดเป็น 190°C อธิบายได้โดยโครงสร้าง คือ ที่อุณหภูมินี้ลักษณะเฟสที่กระจายบนพื้นโดยเฉลี่ยมีขนาดใหญ่กว่าและการกระจายมีความสม่ำเสมอน้อยกว่า ส่งผลให้คุณสมบัติด้อยลง ดังที่ผลงานวิจัยของ Lovinger และ William (1980) พบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างเช่น ขนาดผลึกกลม ที่กระจายบนเนื้อพื้นมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางด้านแรงดึง เมื่อขนาดผลึกกลมเล็กลงทำให้ความทนต่อแรงดึงที่จุดขาดดีขึ้น นอกจากนี้ Kim *et al.* ยังพบว่าขนาดของผลึกกลมสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางแรงดึง (ความทนต่อแรงดึงและโมดูลัสของความยืดหยุ่น) และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 230 °C เนื่องจากที่อุณหภูมินี้เกิดการเสื่อมของโพลิเมอร์ทำให้ค่าความทนต่อแรงดึงลดลง

5.2.4 ค่า 100%โมดูลัสของความยืดหยุ่น

5.2.4.1 ผลของ HDPE, PP และ EPDM ที่มีต่อค่า100%โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM

ผลกระทบของ HDPE PP และ EPDM ที่มีต่อค่า100%โมดูลัสของความยืดหยุ่นคือเมื่อสัดส่วนทั้งสามเปลี่ยนไปทำให้ค่า100%โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โพลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติม EPDM คุณสมบัติจะเปลี่ยนไปตามโพลิเมอร์ที่มีปริมาณมากกว่า สอดคล้องกับผลงานวิจัยของสุมาลีและคณะ(2534) เมื่อเติม EPDM เข้าไปทำให้ค่า100%โมดูลัสของความยืดหยุ่นลดลง

ในโพลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติม EPDM ผลที่เกิดขึ้นนี้อธิบายได้ด้วยค่า100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของ HDPE, PP ซึ่งเท่ากับ 136.12 และ 188.08 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อHDPE เพิ่มขึ้น ทำให้ค่า100%โมดูลัสของความยืดหยุ่นลดลง เมื่อ HDPE ลดลง ทำให้ค่า100%โมดูลัสของความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่ม EPDM เข้าไปทำให้ค่า100%โมดูลัสของความยืดหยุ่นของ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ที่ทุกส่วนผสมมีค่าลดลง ผลที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Choudhary *et al.*(1991) ที่พบว่า EPDM ทำให้ค่า 100%โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP (10/90) ลดลง

5.2.4.2 ผลของ HDPE, PP และ อุณหภูมิ ที่มีต่อค่า100%โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

ผลกระทบของ HDPE PP และอุณหภูมิ ที่มีต่อค่า100%โมดูลัสของความยืดหยุ่น คือ เมื่อสัดส่วนของ HDPE , PP และ อุณหภูมิ เปลี่ยนไปทำให้ค่า 100%โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่น ที่เปลี่ยนไปเนื่องจากสัดส่วนของ HDPE และ PP เปลี่ยนไป อธิบายได้เช่นเดียวกับหัวข้อ 5.4.3.1 ส่วนค่า100%โมดูลัสของความยืดหยุ่นที่ลดลงเนื่องจากอุณหภูมิในการฉีดเป็น 190°C และ 230°C นั้นเหตุผลเดียวกับค่าความทนต่อแรงดึง สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Lovinger และ William(1980) และ Kim *et al.*(1994) พบความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของผลึกกลมกับโมดูลัสของความยืดหยุ่น

5.2.5 ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น

5.2.5.1 ผลของ HDPE, PP และ EPDM ที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM

ผลกระทบของ HDPE PP และ EPDM ที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นคือ เมื่อสัดส่วนทั้งสามเปลี่ยนไปทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โพลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติม EPDM คุณสมบัติจะเปลี่ยนไปตามโพลิเมอร์ที่มีปริมาณมากกว่า แต่พบว่าที่สัดส่วน HDPE/PP(75/25) โพลิเมอร์ได้มีการเสริมคุณสมบัติซึ่งกันและกัน โดยจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นมากกว่าที่ทุกส่วนผสมของ HDPE และ PP เมื่อเติม EPDM เข้าไปทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น

ในโพลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติม EPDM ผลที่เกิดขึ้นนี้อธิบายได้ด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของ HDPE และ PP ซึ่งเท่ากับ 389.23 % และ 154.42 % ตามลำดับ เมื่อ HDPE เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น เมื่อ HDPE ลดลงค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นจะลดลง ยกเว้นที่ HDPE/PP (75/25) จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นมากที่สุด การไม่เสริมคุณสมบัติซึ่งกันและกันในส่วนผสมอื่นอาจอธิบายได้โดยโครงสร้างที่แยกเฟสกันทำให้คุณสมบัตินี้ด้อยลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Lovinger *et al.*(1980) เมื่อเติม EPDM เข้าไปทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น เนื่องจากว่า EPDM ที่ทำหน้าที่เป็นตัวที่ทำให้ HDPE และ PP เข้ากันนั้นเป็นยางที่มีความ

ยืดหยุ่นสูง เมื่อมี EPDM อยู่ในโพลิเมอร์ผสมจึงทำให้คุณสมบัตินี้เพิ่มขึ้นหรืออธิบายได้โดยโครงสร้างคือ EPDM ทำให้ HDPE และ PP เข้ากันได้มากขึ้นโดยทำให้การแยกเฟสจากกันของโพลิเมอร์ทั้งสองน้อยลง อย่างไรก็ตามพบว่าโพลิเมอร์ผสมที่มี EPDM 5%wt ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นลดลง สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Choudhary *et al.*(1991) ที่พบว่า EPDM 5%wt ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP(10/90) ลดลง แต่ผลนี้ตรงกันข้ามกับงานวิจัยของ Zhu *et al.*(1995) ที่พบว่า EPDM 5%wt จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสมดีขึ้น

5.2.5.2 ผลของ HDPE, PP และ อุณหภูมิ ที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

ผลกระทบของ HDPE PP และอุณหภูมิ ที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น คือ เมื่อสัดส่วนของ HDPE, PP และ อุณหภูมิ เปลี่ยนไปทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นที่เปลี่ยนไปเนื่องจากสัดส่วนของ HDPE และ PP เปลี่ยนไป อธิบายได้เช่นเดียวกับหัวข้อ 5.4.4.1 ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น ที่ลดลงเนื่องจากอุณหภูมิในการฉีดเป็น 190°C และ 230°C เหตุผลเช่นเดียวกับค่าความทนต่อแรงดึง และงานวิจัยของ Zhu *et al.* พบว่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นขึ้นกับขนาดของเฟสที่กระจายบนพื้นเป็นอย่างมาก

5.2.6 ค่าความแข็ง

5.2.6.1 ผลของ HDPE, PP และ EPDM ที่มีต่อค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM

ผลกระทบของ HDPE PP และ EPDM ที่มีต่อค่าความแข็งคือ เมื่อสัดส่วนทั้งสามเปลี่ยนไปทำให้ค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โพลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติม EPDM คุณสมบัติจะเปลี่ยนไปตามโพลิเมอร์ที่มีมากกว่า เมื่อเติม EPDM เข้าไปทำให้ค่าความแข็งลดลง

ในโพลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติม EPDM ผลที่เกิดขึ้นนี้อธิบายได้ด้วยค่าความแข็งของ HDPE และ PP ซึ่งเท่ากับ 63.73 และ 75.80 ตามลำดับ เมื่อของ HDPE เพิ่มขึ้น ทำให้ค่า

ความแข็งลดลง เมื่อ HDPE ลดลง ทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่ม EPDM เข้าไปทำให้ค่าความทนต่อแรงดึงของ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ลดลง เนื่องจาก EPDM เป็นยางที่มีความยืดหยุ่น และอ่อนนุ่ม จึงทำให้ความแข็งลดลง

5.2.6.2 ผลของ HDPE, PP และ อุณหภูมิ ที่มีต่อค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

ผลกระทบของ HDPE PP และอุณหภูมิ ที่มีต่อค่าความแข็ง คือ เมื่อสัดส่วนของ HDPE , PP และ อุณหภูมิ เปลี่ยนไปทำให้ค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าความแข็งที่เปลี่ยนไปเนื่องจากสัดส่วนของ HDPE และ PP เปลี่ยนไป อธิบายได้เช่นเดียวกับหัวข้อ 5.4.5.1

5.2.6 ค่าความทนต่อแรงกระแทก

5.2.6.1 ผลของ HDPE, PP และ EPDM ที่มีต่อค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM

ผลกระทบของ HDPE PP และ EPDM ที่มีต่อค่าความทนต่อแรงกระแทก คือ เมื่อสัดส่วนทั้งสามเปลี่ยนไปทำให้ค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โพลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติม EPDM คุณสมบัติจะเปลี่ยนไปตามโพลิเมอร์ที่มีมากกว่า สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ สุมาลีและคณะ เมื่อเติม EPDM เข้าไปทำให้ค่าความทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้น

ในโพลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติม EPDM ผลที่เกิดขึ้นนี้อธิบายได้ด้วยค่าความทนต่อแรงกระแทกของ HDPE และ PP ซึ่งเท่ากับ 17.71 และ 1.29 กิโลกรัม/เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อ HDPE เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้น อีกนัยหนึ่งก็คือ HDPE สามารถปรับปรุงคุณสมบัติในการรับแรงกระแทกให้กับ PP เช่นเดียวกับผลงานวิจัยของ Kim *et al.*(1994) , Blom *et al.*(1995) และ Wang(1996) เมื่อ HDPE-ลดลง ทำให้ค่าความความทนต่อแรงกระแทกลดลง และเมื่อเพิ่ม EPDM เข้าไปทำให้ค่าความทนต่อแรงกระแทกของ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM เพิ่มขึ้น เนื่องจาก EPDM นอกจากจะทำหน้าที่เป็นตัวที่ทำให้ HDPE และ PP เข้ากันแล้ว EPDM ยังทำหน้าที่เป็นตัวปรับสภาพแรงกระแทก (Impact Modifier) ให้โพลิเมอร์ผสมมีค่า

ความทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Blom *et al.*(1995) และ Choudhary *et al.*(1991) ที่พบว่า EPDM มีผลต่อการปรับปรุงความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP (10/90) และเมื่อ %EPDM เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้น

5.4.6.2 ผลของ HDPE, PP และ อุณหภูมิ ที่มีต่อค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

ผลกระทบของ HDPE PP และอุณหภูมิ ที่มีต่อค่าความทนต่อแรงกระแทก คือ เมื่อสัดส่วนของ HDPE , PP และ อุณหภูมิ เปลี่ยนไปทำให้ค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าความทนต่อแรงกระแทกที่เปลี่ยนไปเนื่องจากสัดส่วนของ HDPE และ PP เปลี่ยนไป อธิบายได้เช่นเดียวกับหัวข้อ 5.4.6.1 ส่วนค่าความทนต่อแรงกระแทกที่ขึ้นรูปที่อุณหภูมิทั้งสามมีค่าใกล้เคียงกันมาก แต่จะเห็นความแตกต่างได้ชัดที่ HDPE/PP (100/0) ที่อุณภูมิ 230 °C มีค่าต่ำมากนั้นอาจเนื่องมาจากโพลิเมอร์เกิดการเสื่อม ทำให้คุณสมบัตินี้ด้อยลง

5.3 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ได้กล่าวมาแล้ว เพื่อหารูปแบบที่แน่นอนของความคุณสมบัติดังกล่าวดังกล่าวกับตัวแปร จึงได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS Version 7.5.1 มาช่วยในการวิเคราะห์ ได้ทำการประมาณรูปแบบของสมการเป็นแบบโพลิโนเมียล และลดจำนวนตัวแปรที่อยู่ในสมการที่ไม่มีความจำเป็นต่อการทำนายคุณสมบัติออกไป โดยใช้วิธี Stepwise ซึ่งเป็นวิธีการเลือกตัวแปรเข้าออกจากสมการ โดยกำหนดให้ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ (Probabilty F) เพื่อนำตัวแปรอิสระเข้า(Enter)เป็น 0.05 และ ขณะเดียวกันจะพิจารณาตัวแปรที่อยู่ในสมการว่าสมควรที่จะถูกตัดออก หรือไม่โดยกำหนดให้ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ(Remove)เป็น 0.10

5.3.1 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM กับสัดส่วนของ HDPE,PP, EPDM ประมาณรูปแบบของสมการเป็นแบบโพลิโนเมียลดีกรี 3

5.3.3 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP กับสัดส่วนของ HDPE,PP และอุณหภูมิ ประมาณรูปแบบของสมการเป็นแบบโพลิโนเมียลดีกรี 3

ได้ผลสรุปของสมการดังแสดงในตารางที่ 4.49 และ 4.50 ค่า R^2 ของสมการที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับผลงานวิจัยของกาญจนา(2539) ซึ่งได้หารูปแบบความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล กับตัวแปร โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล เช่นกัน

5.4 สัดส่วนของโพลิเมอร์ผสมให้ค่าคุณสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุด

จากการทดสอบค่าคุณสมบัติเชิงกลต่างๆ ของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C พบสัดส่วนของโพลิเมอร์ผสมที่ให้ค่าคุณสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุด สรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปสัดส่วนของโพลิเมอร์ผสมที่ให้ค่าคุณสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุด

สัดส่วนผสม	คุณสมบัติเชิงกล	หน่วย	ค่าของคุณสมบัติเชิงกล
HDPE/PP(25/75)	ความทนต่อแรงดึง	Kg/cm^2	305.22
	100%โมดูลัสของความยืดหยุ่น	Kg/cm^2	177.31
	ความแข็ง	Shore D	73.23
HDPE/PP(75/25)	เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น	%	565.53
EPDM 15%	ความทนต่อแรงกระแทก	Kg/cm	42.65

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย