

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 9
2-3 พฤษภาคม 2554

**การศึกษาสมบัติเชิงกลของพลาสติกผสม 3 ชนิด ระหว่าง
พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง(HDPE),
พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ(LDPE) และพอลิโพรพิลีน(PP)
MECHANICAL PROPERTIES OF PLASTIC TERTIARY BLENDS OF
HIGH DENSITY POLYETHYLENE, LOW DENSITY POLYETHYLENE
AND POLYPROPYLENE**

ประทุมมา สุโส¹ และ ศิริชัย ต่อสกุล¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12120

E-mail: ying.plastic@hotmail.com

Pratumba Suso¹ Sirichai Torsakul¹

¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 12110

E-mail: ying.plastic@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติเชิงกลของพลาสติกผสม 3 ชนิด ระหว่าง HDPE, LDPE, และ PP โดย ขั้นตอนที่ 1 ผสมพลาสติก 2 ชนิด ระหว่าง HDPE กับ LDPE ผสมตามอัตราส่วนที่กำหนด เพื่อ นำไปทดสอบสมบัติเชิงกลและเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมของ พลาสติกผสม ใน ขั้นตอนที่ 2 อัตราส่วนที่เหมาะสมคือ HDPE20% : LDPE 80% นำพลาสติกผสมดังกล่าวไปผสมกับ PP ตาม อัตราส่วนที่กำหนด ทดสอบสมบัติเชิงกล ทดสอบสมบัติทาง กายภาพ ซึ่งจะได้ อัตรา ส่วน ของ พลาสติก ผสม คือ (HDPE+LDPE)50% + PP50% เนื่องจากเมื่อนำพลาสติกผสมไป ดูโครงสร้างผลึกด้วยเครื่อง X-Ray Diffraction จะมีโครงสร้างผลึก แบบ Hexagonal ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีความสมมาตรสูง ขั้นตอน ที่ 3 นำพลาสติกผสม (HDPE+LDPE)50% + PP50% ผสมกับ Nucleating Agent ตามอัตราส่วนที่กำหนด อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ (HDPE+LDPE)50% + PP50% ผสมกับ Nucleating Agent 0.2%wt เนื่องจากทดสอบสมบัติทางกายภาพดูโครงสร้างผลึกด้วย เครื่อง X-Ray Diffraction พบว่ามีโครงสร้างผลึกแบบ Hexagonal นำพลาสติกผสม ทดสอบสมบัติเชิงกลเพื่อเปรียบเทียบผลการ เปลี่ยนแปลงระหว่างการเติมสารก่อผลึก (Nucleating Agent) จะ พบได้ว่าค่า Resistance, Hardness, Tensile Strength มีค่าสูง กว่า HDPE+LDPE+PP ที่ไม่เติม Nucleating Agent คำหลัก สารก่อผลึก, เซกเซโกนอล, พลาสติกผสม, เทคนิคการ เลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์

Abstract

This research presents experimental results of the mechanical properties study of 3 types of plastic mixtures such as HDPE, LDPE and PP. The processes for mixing of plastic are as follows. Step 1, the mixing of HDPE and LDPE was performed by a given ratio and then the specimens of the mixed plastic were prepared and mechanically tested, respectively. The optimum ratio of the Step 1 was 20%HDPE by 80%LDPE. Step 2, the mixed ratio of optimum ratio of step 1 was mixed with PP by various ratios and found that the optimum ratio was 50%PP because the XRD result showed the hexagonal crystal structure that was higher symmetrical structure. Step 3, the optimum ratio of step 2 was mixed with a nucleating agent by various ratios and found that the optimum ratio of this step was 0.2%wt nucleating agent. The XRD result of the plastic mixture reported that the crystal structure of the mixed plastic of step 3 was also hexagonal type. The addition of nucleating agent also increased a hardness and tensile strength of the mixture reported when compared to the mixture of HDPE+LDPE+PP with no nucleating agent.

Keywords: Nucleating Agents, Hexagonal, Polymer Blend, X-Ray Diffraction

1. บทนำ

การพัฒนาสมบัติของผลิตภัณฑ์พลาสติกวิธีหนึ่งที่ยอมรับกันคือการทำพลาสติกผสมซึ่งสามารถทำให้พลาสติกมีสมบัติหลากหลายขึ้นได้ประโยชน์ของการทำพลาสติกผสมก็คือ สามารถนำพลาสติกชนิดใดก็ได้ที่เราต้องการสมบัติเด่นของพลาสติกตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป มาผสมกันเพื่อให้ได้สมบัติตามต้องการ ในงานวิจัยนี้เพื่อให้ได้พลาสติกที่มีสมบัติด้านความแข็ง น้ำหนักเบา และมีความสามารถในการคงรูปแต่สมบัติเด่นของพลาสติกแต่ละตัวที่นำมาผสมกันอาจลดลงไปตามอัตราส่วนของการผสม [1] ในบางกรณีพลาสติกที่นำมาทำ พลาสติกผสม กันอาจมีสมบัติที่หักล้างกันเองก็ได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติไม่ตรงกับความต้องการเท่าที่ควรจึงต้องมีการศึกษาการใช้สารเติมแต่งเพื่อให้ได้สมบัติตามต้องการเพื่อพัฒนาสมบัติพลาสติกผสมได้ตามต้องการ [2] โดยในงานวิจัยนี้ใช้พลาสติกชนิด HDPE ผสมกับ LDPE และ PP โดยการเติมสาร Nucleating Agent (NU-100) เป็นการเติมเพื่อกระตุ้นให้ Copolymer เกิดโครงสร้างผลึกและการจัดเรียงตัวได้ดีขึ้นและมีการทนแรงกระแทกของพลาสติกสูงขึ้น[3] จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้เพื่อต้องการศึกษาว่าพลาสติกที่ได้จากการ Copolymer ดังกล่าวจะมีสมบัติเชิงกลดีกว่าพลาสติกชนิด HDPE ผสม LDPE และ PP ที่ไม่ได้ผ่านการทำ Copolymer

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบและสารเคมี

เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: Polene HDPE R1760; IRPC Public Co., Ltd.) เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene: Polene LDPE JJ4324; IRPC Public Co., Ltd.). เม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP: Polene PP 1100NK; IRPC Public Co., Ltd.) และสารก่อผลึก (Nucleating Agents): NU-100

2.2 อุปกรณ์

- 1) เครื่องอัดรีดแบบเกลียวทวนคู่ (Twin screw extruder) ยี่ห้อ BRABENDER
- 2) เครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติก (Compression molding) ยี่ห้อ MACHINE
- 3) เครื่องบากชิ้นงาน (Notching Machine) ยี่ห้อ CEAST
- 4) เครื่องทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง ใช้เครื่องทดสอบ ยี่ห้อ Hounsfield Serial 120 รุ่น Model H 50 KS
- 5) เครื่องทดสอบสมบัติการทนต่อแรงกระแทก (Impact-pendulum) ยี่ห้อ CEAST
- 6) เครื่องทดสอบความแข็งแบบ (Rockwell Hardness) ยี่ห้อ MATSUZAWA
- 7) เครื่องทดสอบความแข็งแบบ (Shore Hardness) ยี่ห้อ PTC INSTRUMENTS

8) เครื่องทดสอบการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเทคนิค

Differential scanning calorimetry (DSC) ยี่ห้อ PERKIN ELMER

9) เครื่องทดสอบเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ X-Ray Diffractions

2.3 ขั้นตอนการทดลอง [6]

- 1) การเตรียมพลาสติกสมระหว่าง พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) กับ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE)
 - นำอัตราส่วนผสมระหว่าง HDPE กับ LDPE ตามตารางที่ 2 ไปผสมผ่านเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ โดยใช้อุณหภูมิสภาวะของเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ ในการขึ้นรูปเม็ดพลาสติกผสมดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สภาวะการขึ้นรูปพลาสติกผสมของเครื่องอัดรีดสกรูคู่ ความเร็วรอบ 60 รอบ/นาที

ช่วงของสกรู	1	2	3	4	5	6
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	165	170	175	180	185	190

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมระหว่าง HDPE กับ LDPE

สูตร	พลาสติกผสม A (%wt)	
	HDPE	LDPE
A1	0	100
A 2	10	90
A 3	20	80
A 4	30	70
A 5	40	60

- นำพลาสติกผสมที่ตัดได้ไป ขึ้นรูปเป็นชิ้นงานด้วยเครื่องฉีด (Injection molding)
 - เตรียมตัวอย่างแต่ละสูตรเพื่อนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล
 - การทดสอบสมบัติเชิงกล ทางด้านการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง การทดสอบการทนต่อแรงกระแทก การทดสอบความแข็ง และการทดสอบสมบัติทางกายภาพ Differential Scanning Calorimetry (DSC) วัดอุณหภูมิ และ heat flow จากการเปลี่ยนแปลงความร้อน
 - วิเคราะห์ผลการทดสอบในแต่ละสูตร โดยดูค่าการทดสอบความแข็ง และการทดสอบการทนต่อแรงกระแทก เพื่อหาสูตรที่มีความคงรูปมากที่สุด จากนั้นนำสูตรที่ได้ไปผสมกับพลาสติกพอลิโพรพิลีน ตามตารางที่ 3
- 2) การทำงานของขั้นตอนที่ 2
- นำพลาสติกผสมโดยเลือกสูตรที่เหมาะสม จากขั้นตอนที่ 1 (HDPE+LDPE) ที่มีค่าการทดสอบความแข็ง และการทดสอบ

การทนต่อแรงกระแทกที่ดี โดยเทียบอัตราส่วนดังตารางที่ 3 จากนั้นทำตามข้อ 2-5 เหมือนในขั้นตอนที่ 1

ตารางที่ 3 แสดงอัตราส่วนผสมระหว่างสูตรที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 กับ PP

สูตร	พลาสติกผสม B	
	HDPE + LDPE (สูตรที่เหมาะสม)	PP
B1	0	100
B2	10	90
B3	20	80
B4	30	70
B5	40	60
B6	50	50
B7	60	40
B8	70	30
B9	80	20
B10	90	10

เลือกสูตรที่เหมาะสมและนำสูตรที่ได้ไปทำต่อในขั้นตอนที่ 3 โดยอาศัย การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของสารประกอบให้มีโครงสร้างเป็นแอกซะโคเนล ทดสอบ DSC ดูลักษณะของการเข้ากันโดยดูจากค่าอุณหภูมิการละลาย (T_m) และทดสอบสมบัติเชิงกลทางด้าน การทนต่อแรงดึง การทนต่อแรงกระแทก และ การทดสอบความแข็ง [6]

3) การทำงานของขั้นตอนที่ 3

เลือกสูตรจากขั้นตอนที่ 2 มา ซึ่งมีการผสมระหว่าง HDPE+LDPE+PP

- นำสูตรที่เลือกได้จากขั้นตอนที่ 2 (HDPE+LDPE)+PP มาผสมกันโดยที่ต้องผสม HDPE+LDPE ก่อน แล้วจึงนำไปผสมกับ PP ตามอัตราของสูตรที่เลือกด้วยเครื่อง twin screws

ตารางที่ 4 แสดงอัตราส่วนโดยการเลือกสูตรจากขั้นตอนที่ 2 ผสมกับ Nucleating Agents

สูตร	อัตราส่วนผสม(%wt)	
	HDPE + LDPE + PP	Nucleating Agents
C1	สูตร B ที่เหมาะสม	0 %
C2	สูตร B ที่เหมาะสม	0.1 %
C3	สูตร B ที่เหมาะสม	0.2 %
C4	สูตร B ที่เหมาะสม	0.3 %
C5	สูตร B ที่เหมาะสม	0.4 %
C6	สูตร B ที่เหมาะสม	0.5 %

- นำสูตร (HDPE+LDPE)+PP มาผสมกับ Nucleating Agent ตามอัตราส่วนที่กำหนด ดังตารางที่ 4 โดยการใช้เครื่องบดสองลูกกลิ้ง (Two Rolls Mill) ให้อุณหภูมิที่ 180 องศาเซลเซียส

- ขึ้นรูปด้วยการ Compression molding ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ความหนา 1 มิลลิเมตร 3 มิลลิเมตร และ 6 มิลลิเมตร

- เตรียมชิ้นงานทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล

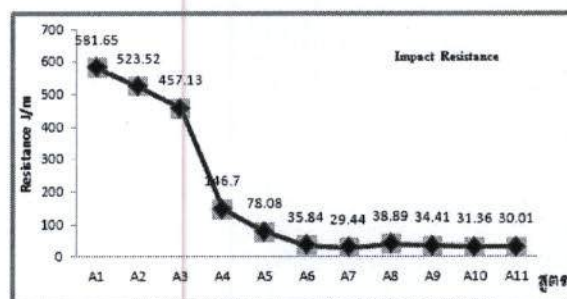
- วิเคราะห์ผลการทดลอง

**หมายเหตุ สูตร A คือ อัตราส่วนผสมระหว่าง HDPE กับ LDPE สูตร B คือ อัตราส่วนที่เหมาะสมสูตร A ผสมกับ PP

3. ผลการทดลองและการวิจารณ์

3.1 ผลของการเตรียมพลาสติกผสมระหว่าง HDPE กับ LDPE

1) ผลการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก (Impact Resistance)



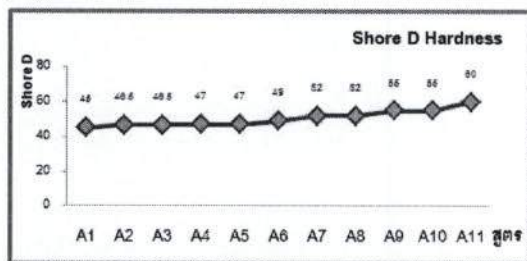
รูปที่ 1 แสดงผลการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก

จากผลการทดสอบจะพบว่า LDPE 100% มีความทนแรงกระแทก 531.65 J/m และ HDPE 100% มีความทนแรงกระแทก 30.01 J/m ในระยะแรกจนถึง A5 พบว่าการเพิ่มอัตราส่วน HDPE มีอิทธิพลต่อสมบัติการทนแรงกระแทกของพลาสติกผสมให้ตกลงมากขึ้นตามอัตราส่วน HDPE ที่มากขึ้น จนกระทั่งที่อัตราส่วน HDPE 50% คือ A 6 จนถึง HDPE เป็น 100% พบว่าค่าการทนแรงกระแทกมีความแตกต่างกันน้อยมากถือได้ว่าคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากอัตราส่วนของ HDPE เพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่ทำให้โครงสร้างของพลาสติกผสมมีความใกล้เคียงกับโครงสร้างของ HDPE มาก จึงทำให้การเพิ่มอัตราส่วน HDPE ตั้งแต่ 50% ขึ้นไป ไม่ส่งผลต่อสมบัติการทนแรงกระแทกของพลาสติกผสม

2) ผลการทดสอบค่าความแข็งแบบ (Shore D Hardness)

จากผลการทดลองพบว่าที่อัตราส่วน LDPE 100% ได้ค่าความแข็ง 45 Shore D และ HDPE 100% ได้ค่าความแข็ง 60 Shore D และค่าความแข็งเพิ่มขึ้นตามปริมาณของ HDPE ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากโครงสร้างของ LDPE มีการจัดเรียงตัวแบบไม่เป็นระเบียบจึงทำให้มีค่าความแข็งน้อยกว่า HDPE ที่โครงสร้างจัดเรียงตัวแบบเป็นระเบียบ เมื่อนำวัสดุทั้งสองมาผสมกัน การจัดเรียงตัว

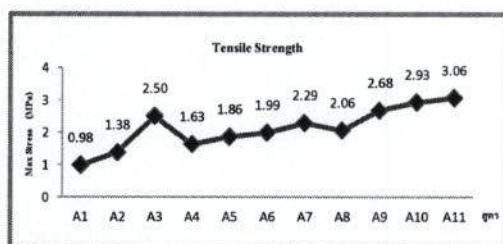
จะมีความเป็นระเบียบมากกว่า LDPE 100% เมื่อปริมาณของ HDPE เพิ่มขึ้น โครงสร้างก็จะเป็นระเบียบมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2 แสดงผลการทดสอบค่าความแข็งแบบ Shore D Hardness

3) ผลการทดสอบการทนต่อแรงดึง (Tensile Properties)

จากการทดลองพบว่า เมื่อพิจารณาจากกราฟโดยรวมตั้งแต่สูตร A1-A11 ค่า Max Stress จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจาก 0.98 MPa ไปจนถึง 3.06 MPa ที่เป็นเช่นนี้เพราะในสูตร A1 เป็น LDPE 100% ค่าการทนแรงดึงจึงต่ำเนื่องจาก LDPE มีการจัดเรียงตัวแบบ Amorphouse สูตรถัดไปจำนวนของ LDPE จะลดลงตามอัตราส่วนและจำนวนเปอร์เซ็นต์ของ HDPE จะเพิ่มขึ้นกราฟ Tensile Strength จะค่อยๆ สูงขึ้นเพราะ HDPE จะมีโครงสร้างที่เป็น Semi-Crystalline จึงสามารถทนแรงดึงได้มากกว่า LDPE ที่มีโครงสร้างแบบ Amorphous ยิ่งเปอร์เซ็นต์ของ HDPE เพิ่มขึ้น การทนต่อแรงดึงก็เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แต่สำหรับค่าในสูตร A3 ที่เป็น HDPE 20% และ LDPE 80 % ค่าการทนแรงดึงสูงถึง 2.50 MPa เนื่องจากการทดสอบ DSC จะพบว่าในสูตร A3 ลักษณะของ Peak เป็น 2 Peak ซึ่งแสดงว่าในสูตรนี้เกิดการแยกเฟสของพลาสติกผสม ทำให้อิทธิพลของเปอร์เซ็นต์ HDPE ส่งผลให้ค่าการทนแรงดึงสูงขึ้น



รูปที่ 3 แสดงผลการทดสอบการทนต่อแรงดึง

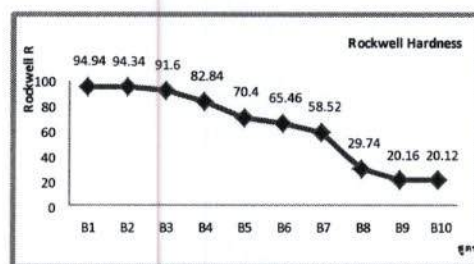
3.2 ผลของการเตรียมพลาสติกผสมจาก LDPE กับ HDPE ที่เหมาะสมกับ PP

1) เมื่อได้พลาสติกผสมระหว่าง HDPE กับ LDPE ที่เหมาะสมจากขั้นตอนที่ 1 โดยเลือกสูตร A3 มาผสมกับ PP โดย

ผ่านเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ ผลจากการทดลองเมื่อสังเกตด้วยสายตาพบว่าไม่มีสีขาวขุ่น มันวาว ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อนำไปผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบแฟลชดีกรอบ ขนาด 20x20 ซม. ความหนา 1 มม. , 3 มม. และ 6 มม. ลักษณะชิ้นงานที่ได้ สังเกตได้พบว่าเป็นเนื้อเดียวกันก่อนนำไปเตรียมชิ้นงานทดสอบสมบัติเชิงกล โดยทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก ความแข็ง การทนต่อแรงดึง และสมบัติทางกายภาพโดยวัด DSC และ XRD โดยค่าการทดสอบ XRD [5]

2) ผลการทดสอบค่าความแข็งแบบ Rockwell Hardness

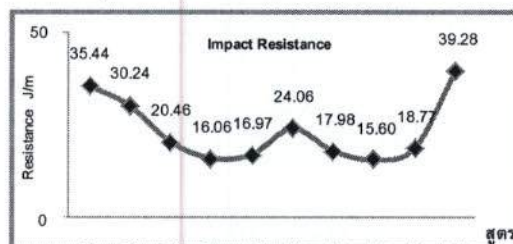
การทดสอบค่าความแข็งในขั้นตอนที่ 2 ใช้การทดสอบแบบ Rockwell Hardness เนื่องจาก เมื่อวัดการค่าความแข็งแบบ Shore D Hardness ค่าความแข็งสูงเกินที่กำหนดจึงเปลี่ยนเป็นการทดสอบความแข็งแบบ Rockwell Hardness



รูปที่ 4 แสดงผลการทดสอบค่าความแข็ง

จากการทดลองจะพบได้ว่า สูตร B1 (PP 100%) จะมีค่าความแข็งมากเพราะ PP มีโครงสร้างเป็นแบบเชิงเส้น ปราศจากกิ่งก้านสาขาแยกจากสายโซ่หลักของโมเลกุลและมีหมู่เมทิล (-CH₃) ต่อกับอะตอมของคาร์บอนจึงทำให้ความแข็งสูง ดังนั้นผิวจึงมีความแข็งมากกว่า HDPE+LDPE เมื่อนำ HDPE+LDPE ไปผสมกับ PP ในเปอร์เซ็นต์ของ HDPE+LDPE ที่มากขึ้นจึงทำให้ค่าความแข็งของพลาสติกผสมลดลง เพราะ HDPE+LDPE มีค่าการยึดตัวที่สูง แต่ความแข็งต่ำจึงทำให้ความแข็งแรงของ PP ลดลงแต่การยึดตัวของ PP ผสมกับ HDPE+LDPE จะเพิ่มมากขึ้น

3) ผลการทดสอบการทนต่อแรงกระแทก (Impact Resistance)

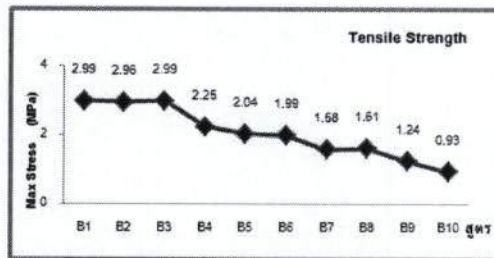


รูปที่ 5 แสดงผลการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก

จากรูปแสดงให้เห็นว่าในสูตร B1 ถึง B5 มีค่าการทนต่อแรงกระแทกแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เพราะว่าปริมาณของ PP มากกว่า

A3 ทำให้อิทธิพลของ PP ส่งผลต่อค่าการทนแรงกระแทกเมื่อ PP ลดลง ค่าการทนต่อแรงกระแทกก็ลดลง ที่สูตร B6 ค่าการทนต่อแรงกระแทก สูงขึ้นเนื่องจาก ปริมาณของ สูตร A3 เท่ากับ ปริมาณของ PP จากผลการทดสอบ XRD พบว่าสูตร B6 มีโครงสร้างผลึกแบบเอกซะโกนอลที่พบในสูตร B6 ซึ่งเป็นโครงสร้างผลึกที่มีความสมมาตรมากส่งผลให้สมบัติความทนแรงกระแทกของพลาสติกผสมอิทธิพลของ สูตร A3 เริ่มมีบทบาทมากขึ้น

4) ผลการทดสอบการทนต่อแรงดึง (Tensile Properties)



รูปที่ 6 ผลการทดสอบการทนต่อแรงดึง

จากการทดลองจะพบได้ว่า B1 มีค่าการทนแรงดึงสูงเนื่องจากโครงสร้าง PP เป็นลักษณะเชิงเส้นปราศจากกิ่งก้าน มีหมู่เมทิลอยู่ภายในโครงสร้างจึงทนแรงดึงสูง ในสูตรของ B2 และ B3 PP ยังมีอิทธิพลเหนือกว่าจึงทำให้ค่าใกล้เคียงกัน เมื่อ เปรอ์เซ็นของ A3 เพิ่มขึ้นเป็น 30% ขึ้นไปอิทธิพลของ A3 มีบทบาทเข้ามาเพิ่มขึ้นทั้งนี้เพราะ โครงสร้างเริ่มอยู่กันอย่างหลวมๆ เพราะสายโซ่โมเลกุลจาก A3 ที่มีกิ่งก้านสาขาจึงทำให้ค่าการทนแรงดึงลดลง

3.3 ผลของการเตรียมพลาสติกผสมระหว่าง LDPE, HDPE และ PP ที่เหมาะสมเมื่อเติมสารก่อผลึก

1) อัตราส่วนของพลาสติกผสมระหว่าง LDPE, HDPE และ PP โดยการเติมสารก่อผลึก (Nucleating Agent) ตามอัตราส่วนดังตารางที่ 3.5 โดยการผสมพลาสติกทั้ง 3 ชนิดด้วยเครื่องอัดรีดสองลูกกลิ้งจะได้พลาสติกผสมมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน เป็นขาวขุ่นทึบแสง เมื่อนำไปผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบแฟลชดีกรอบ ขนาด 20x20 ซม. ความหนา 1 มม., 3 มม. และ 6 มม. ลักษณะชิ้นงานที่ได้ สังเกตได้พบว่าเป็นเนื้อเดียวกันก่อนแบบสกรูอยู่ ผลจากการทดลองเมื่อสังเกตด้วยสายตาพบว่าไม่มีขาวขุ่นมันวาว ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก จากนั้นนำพลาสติกผสมมาเติมสารก่อผลึก (Nucleating Agent) โดยวิธีการใช้เครื่องผสมนำไปเตรียมชิ้นงานทดสอบสมบัติเชิงกล โดยทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก ความแข็ง การทนต่อแรงดึง และสมบัติทางกายภาพโดยวัด XRD

2) ผลการทดสอบเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffraction)

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบ XRD

สูตร	โครงสร้างผลึก
C1	Hexagonal
C2	Orthorhombic
C3	Hexagonal
C4	Orthorhombic
C5	Orthorhombic
C6	Orthorhombic

หมายเหตุ สูตร C1 คือสูตร B6 ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 เพื่อนำมาเปรียบเทียบ

จากการทดสอบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffraction) พบว่า สูตร C3 คือการสารก่อผลึก ในปริมาณ 0.2% มีโครงสร้าง แบบ Hexagonal จึงเลือกสูตรนี้มาทำทดสอบสมบัติเชิงกลเพื่อเปรียบเทียบกับสูตร C1

3) ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสมบัติระหว่างสูตร C1 (HDLD+LDPE+PP) กับ สูตรC3(HDPE+LDPE+PP) + Nucleating Agent 0.2 %

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง (HDLD+LDPE+PP) กับ (HDPE+LDPE+PP) + Nucleating Agent 0.2 %

สมบัติพลาสติกผสม	HDLD+LDPE+PP	(HDLD+LDPE+PP) + Nucleating Agent 0.2%
Notched izod at room temp.(J/m)	24.06	32.19
Hardness Rockwell R	58.52	70.4
tensile strength σ (Mpa)	1.58	15.75
Volume of cell 10^6 pm^3	143.42	1492.17

จากตารางที่ 6 พบว่าค่าที่ได้จากการเติม สารก่อผลึก (Nucleating Agent) 2% สมบัติของพลาสติกผสมจะเพิ่มขึ้น ดังตาราง

4. สรุป

จากการศึกษาพัฒนาสมบัติของพลาสติกผสม ให้มีสมบัติที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับ HDPE, LDPE และ PP โดยอาศัยทฤษฎีทางด้านสมบัติของพลาสติกทั้งสามชนิดที่เป็นพลาสติกในกลุ่มโพลิเอทิลีนที่มีไฮโดรคาร์บอน ที่จะเกิดการสร้างพันธะกันเองได้และมี

การเติมสารก่อผลึก เพื่อเพิ่มความเป็นผลึกที่จะส่งผลให้สมบัติของพลาสติกดีขึ้น ซึ่งจากการทดลองสามารถสรุปผลได้ว่า ในขั้นตอนของการเลือกพลาสติกผสมระหว่าง HDPE กับ LDPE ของขั้นตอนที่ 1 สามารถเลือกสูตร A3 (HDPE 20% + LDPE 80%) เนื่องจากเมื่อได้พิจารณาจากพลาสติกผสมของแต่ละสูตรพบว่าสูตร A3 มีสมบัติที่เหมาะสมโดยที่ค่าการทนต่อแรงกระแทก การทนต่อแรงดึง และค่าความแข็ง มีความเหมาะสมกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่นๆ ผลของการเตรียมพลาสติกผสมระหว่าง LDPE กับ HDPE ที่เหมาะสมกับ PP ของขั้นตอนที่ 2 สามารถเลือกสูตร B6 (HDPE + LDPE) 50% + PP 50%) เมื่อพิจารณาจากการทดสอบ X-Ray Diffraction ดูโครงสร้างผลึกที่เป็น Hexagonal ซึ่งมีความสมมาตรมากจึงส่งผลให้สมบัติการทนแรงกระแทกของพลาสติกผสมสูงขึ้น ด้วย ผลของการเตรียมพลาสติกผสมระหว่าง LDPE, HDPE และ PP ที่เหมาะสมเมื่อเติมสารก่อผลึก ของขั้นตอนที่ 3 สามารถเลือกสูตร C3 (HDPE + LDPE) 50% + PP 50%) + Nucleating Agent 0.2% ทั้งนี้เพราะว่า ในการเติมสารก่อผลึกที่ 0.2% พลาสติกผสมจะมีลักษณะโครงสร้างผลึกแบบ Hexagonal เมื่อพิจารณาจากการทดสอบ X-Ray Diffraction

ในการเลือกโครงสร้างผลึก จากนั้นนำสูตรที่เลือกทดสอบสมบัติเชิงกลเพื่อเปรียบเทียบค่าของสมบัติเชิงกลของพลาสติกผสมระหว่าง (HDPE + LDPE) 50% + PP 50%) และ (HDPE + LDPE) 50% + PP 50%) + Nucleating Agent จะพบว่าในการเติมสารก่อผลึกมีผลทำให้สมบัติเชิงกลสูงขึ้น [7]

เอกสารอ้างอิง

- [1] บรรเลง ศรีนิล, 2546. เทคโนโลยีพลาสติก. พิมพ์ครั้งที่ 19. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี
- [2] ชลธิชา นุ่มหอม, 2538. พอลิเมอร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : พรศิวิการพิมพ์.
- [3] อรุษา สรวารี, 2546. สารเติมแต่งพอลิเมอร์. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [4] มานพ ตันตระกูล, 2548. วัสดุวิศวกรรม (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ : สสท. ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)
- [5] แม้น อมรสิทธิ์, 2552. หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ. ม.ป.ท.
- [6] J. González, et al. "Effects of Coupling Agents on Mechanical and Morphological Behavior of the PP/HDPE Blend with Two Different CaCO₃." Polymer. 38 (2002) : 2465-2475.
- [7] S. Kwon, et al. "Tensile Property and Interfacial Dewetting in the Calcite filled HDPE, LDPE, and LLDPE Composites." Polymer. 43 (2002) : 6901-6909.