

การเตรียมโพลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีคาร์บอเนตและโพลิคาร์บอเนตโอลิโกเมอร์

Preparation of Polymer Blend between Polycarbonate and its Oligomers

กมลพงศ์ วรสถิตบัณฑิต¹⁾ กุลณัย ตริยตรึงศ์สกุล¹⁾ ทศนัย ตั้งจิตทวีชัย¹⁾ สมหมาย ผิวสอาด²⁾ ขวาลิต แสงสวัสดิ์²⁾
วีรศักดิ์ หมูเจริญ²⁾

- 1) ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหะการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คลองหก อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี
- 2) ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหะการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คลองหก อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี
12110 โทรศัพท์ 0-2549-3485 โทรสาร 0-2549-3483

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการวิจัยการกระจายตัวของโพลิคาร์บอเนตโอลิโกเมอร์ในโพลิคาร์บอเนต สำหรับการผสมโพลิคาร์บอเนตโอลิโกเมอร์ในอัตราส่วน 5 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยที่มีสภาวะในการฉีดที่แตกต่างกัน เริ่มจากการนำชิ้นงานที่อยู่ในรูปแบบแผ่น CD ไปทำการสไลซ์ด้วยเครื่องสไลซ์ชิ้นงาน โดยให้ความหนา 100, 400 และ 200 ไมโครเมตร ตามลำดับจากผิวหน้าชิ้นงาน หลังจากนั้นนำชิ้นงานที่ได้ไปทดสอบด้วยเครื่อง DSC โดยใช้ค่าอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วในการอธิบายการกระจายตัวของโพลิคาร์บอเนตโอลิโกเมอร์ พบว่าทั้งปริมาณของโอลิโกเมอร์และสภาวะการขึ้นรูปมีผลต่อการกระจายตัวของโอลิโกเมอร์ในชิ้นงานผลิตภัณฑ์ ผลที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในงานอุตสาหกรรมพลาสติก

คำสำคัญ โพลิเมอร์ผสม, โพลิคาร์บอเนต, โอลิโกเมอร์, การขึ้นรูปแบบฉีด, มวลโมเลกุล

Abstract

This paper presents a study on distribution phenomena of polymer blends between Polycarbonate Oligomer (PC Oligomer) and Polycarbonate (PC) with different oligomer contents and fabrication conditions. The samples were prepared in CD form by injection molding and were then cut into 6 pieces with varies distance from its gate. Consequently, each cut samples was sliced with thickness of 100, 400 and 200 μm from its surface, respectively. The sliced samples were subjected to differential scanning calorimeter (DSC) analysis to confirm the oligomer contents distribution. It was found that both oligomer constitutions and injection conditions have significant influenced on the phenomena of injection products. The studied results are valuable for application to plastic industries.

Keyword (5 words): Polymer Blend, Polycarbonates, Polycarbonate oligomer, Injection molding, Molecular weight

1. บทนำ

โพลิคาร์บอเนต เป็นพลาสติกวิศวกรรมที่มีความสำคัญมากทางการค้า เป็นพลาสติกที่มีความเหนียวและทนแรงกระแทกดีเยี่ยม มีความโปร่งใส ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ มีเสถียรภาพของรูปร่างสูง สมบัติทางไฟฟ้าดีเยี่ยม จึงนิยมใช้ทำเลนส์ และอุปกรณ์เกี่ยวกับแสง ใช้ทำกระจกรถยนต์ ขวดนมทารก โคมไฟ เครื่องใช้สำนักงาน เครื่องใช้ไฟฟ้า หมวกกันน็อค กระบังลมมอเตอร์ไซด์ และแผ่น CD (Compact Disc)

ปัญหาหนึ่งของการประยุกต์ใช้โพลิคาร์บอเนต คือ ลักษณะผิวหน้าของชิ้นงานที่ไม่เป็นมัน จึงต้องเพิ่มกระบวนการในการขัดผิวมันและเคลือบด้วยวัสดุขัดมัน เป็นการเพิ่มขั้นตอนของการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์และเพิ่มค่าใช้จ่าย รวมทั้งส่งผลต่อปัญหาในการคงทนของการเกาะตัวของโพลิเมอร์กับวัสดุเคลือบผิวมัน แนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาคือการผสมสารที่ทำให้ผิวมันเงาลงไปในเม็ดพลาสติกก่อนกระบวนการขึ้นรูป แต่ปัญหาที่ตามมาคือการรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน (Compatibility) ของวัสดุทั้งสองชนิด ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน ส่งผลถึงความสวยงามของผลิตภัณฑ์และสมบัติเชิงกลที่ลดลง

โครงการวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปโพลิเมอร์ผสมระหว่างโพลิคาร์บอเนตและโอลิโกเมอร์ของโพลิคาร์บอเนต เพื่อเตรียมผลิตภัณฑ์ที่มีผิวเรียบมัน โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการขัดผิวหรือใส่สารเติมแต่งอื่น อีกทั้งศึกษาพฤติกรรมการกระจายตัวของโอลิโกเมอร์ในโพลิเมอร์ผสม เพื่อนำไปประยุกต์กับการขึ้นรูปพลาสติกชนิดอื่นอันจะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมพลาสติกในประเทศไทย

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปพลาสติกผสมของโพลิคาร์บอเนตและโพลิคาร์บอเนตโอลิโกเมอร์
- 2.2 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปโดยกระบวนการฉีดของพลาสติกผสมนี้
- 2.3 เพื่อนำผลจากการวิจัยมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกทางการค้าชนิดอื่น

3. ขอบเขตของการดำเนินการ

- 3.1 เตรียมโพลิเมอร์ผสมระหว่างโพลิคาร์บอเนตและโอลิโกเมอร์ของโพลิคาร์บอเนตในอัตราส่วน 5 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (wt%) ของโพลิคาร์บอเนตโอลิโกเมอร์ โดยการผสมแบบกายภาพ (Physical mixing)
- 3.2 นำโพลิเมอร์ผสมที่เตรียมไว้มาขึ้นรูปโดยกรรมวิธีการฉีดขึ้นรูป (Injection molding) โดยที่มีสภาวะการฉีด ได้แก่ อุณหภูมิกระบอกลัด อุณหภูมิแม่พิมพ์และความเร็วในการฉีด ที่แตกต่างกัน
- 3.3 ทำการทดสอบชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่อง DSC (Differential Scanning Calorimeter) เพื่อวิเคราะห์ผลและเปรียบเทียบสมบัติเชิงความร้อนและการเข้ากันได้ของโพลิเมอร์ผสมแต่ละสูตร

4. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

4.1 อุปกรณ์การทดลอง

- 4.1.1 เม็ดพลาสติกโพลิคาร์บอเนตของบริษัท ไทยโพลิคาร์บอเนต จำกัด เกรด S 3000
- 4.1.2 โพลิคาร์บอเนตโอลิโกเมอร์
- 4.1.3 เครื่องทดสอบคุณสมบัติเชิงความร้อน (Differential Scanning Calorimeter) ของ Perkin Elmer รุ่น DSC 7
- 4.1.4 เครื่องสไลซ์ชิ้นงาน (Microtome) รุ่น LEICA 2135
- 4.1.5 เครื่องฉีดขึ้นรูปของ SUMITOMO รุ่น SD-40 α

4.2 วิธีการทดลอง

- 4.2.1 สูตรที่ใช้ในการผสมและขึ้นรูปชิ้นงาน
สำหรับสูตรที่ใช้ในการผสมและขึ้นรูปชิ้นงานนั้น ได้ศึกษาอัตราส่วนโพลิคาร์บอเนตโอลิโกเมอร์ในโพลิคาร์บอเนต เท่ากับ 5 wt% และ 20 wt% ตามลำดับ และสภาวะการขึ้นรูปของโพลิคาร์บอเนตและโพลิคาร์บอเนตโอลิโกเมอร์ที่แตกต่างกันไปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงอัตราส่วนที่ใช้ในการผสมและสภาวะการขึ้นรูปของโพลิคาร์บอเนตและโพลิคาร์บอเนตโอลิโกเมอร์

Symbol	First Code	Second Code
A	AL 5	350-80-60
B	AL 5	350-80-120
C	AL 5	350-80-200
D	AL 20	350-80-60
E	AL 20	350-80-120
F	AL 20	350-80-200
G	AL 20	350-100-120
H	AL 20	370-80-120

หมายเหตุ

1. First Code: AL 5 และ AL 20 หมายถึง อัตราส่วนโพลิคาร์บอเนตโอลิโกเมอร์ในโพลิคาร์บอเนต เท่ากับ 5 wt% และ 20 wt% ตามลำดับ

2. Second Code: X-Y-Z หมายถึง อุณหภูมิ กระบอจืด อุณหภูมิของแม่พิมพ์ และ อัตราเร็วในการจืด ตามลำดับ

4.2.2 การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

- แบ่งส้อมตัวอย่างบนแผ่น CD 3 ส่วน โดยตัดให้มีความกว้างขนาด 8 มม. และใช้เครื่องมือตัดทำการตัดชิ้นงานที่มาร์คเอาไว้ จะได้ความยาวของชิ้นงานประมาณ 38 มม. จากนั้นแบ่งแผ่นตัวอย่างออกเป็น 6 ส่วนเท่าๆ กัน จะได้ขนาดพื้นที่ของชิ้นงานเป็น 6 X 8 มม². ดังนั้นในแต่ละแผ่นตัวอย่าง CD จะมีจำนวนชิ้นงานเป็นจำนวนเท่ากับ 18 ตัวอย่าง

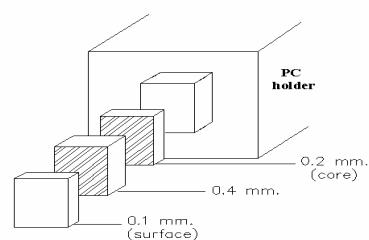
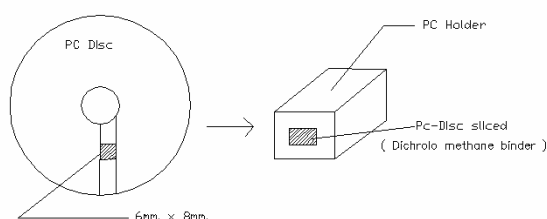
- นำชิ้นงานที่ได้มาติดกับ Holder ที่เป็นโพลิคาร์บอเนตมีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมโดยใช้ Dichloromethane เป็นตัวประสานให้ยึดติด (Solvent

Cement) เพื่อที่จะได้นำไปเป็นตัวอย่างในการจับยึดในการสไลซ์ชิ้นงานด้วยเครื่อง Microtome ต่อไป

- ทำการสไลซ์ชิ้นงาน โดยสไลซ์ที่ผิวหน้าชิ้นงานเป็นความหนา 100 ไมครอน แล้วให้สไลซ์ทั้งเป็นความหนา 400 ไมครอน หลังจากนั้นให้สไลซ์อีกเป็นความหนา 200 ไมครอน

*** ชิ้นงานที่สไลซ์มีความหนา 100 ไมครอน ให้เรียกว่า “ด้านหน้า” (front) , ชิ้นงานที่สไลซ์มีความหนา 400 ไมครอน ให้เรียกว่า “ด้านกลาง” (middle) ส่วนชิ้นงานที่สไลซ์มีความหนา 200 ไมครอน ให้เรียกว่า “ด้านหลัง” (back)

รูปที่ 1 แสดงการติดชิ้นงานกับ PC-Holder ด้วย Dichloromethane



รูปที่ 2 แสดงการสไลซ์ชิ้นงานด้วยเครื่อง Microtome

4.2.3 การทดสอบตัวอย่าง

จากชิ้นงานตัวอย่างที่ได้ให้นำมาทดสอบสมบัติที่ต้องการด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) เป็นการทดสอบการกระจายตัวของ PC Oligomer ใน PC disc ว่าชิ้นงานส่วนด้านของ

ผิวหน้า (surface) จะมีการกระจายตัวของ PC Oligomer เท่ากับส่วนกลาง (core) ของชิ้นงานหรือไม่ โดยพิสูจน์จากค่า T_g ของชิ้นงาน “ด้านหน้า” ว่ามีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับค่า T_g ของชิ้นงาน “ด้านหลัง” หรือไม่

5. ผลการทดลองและอภิปรายผล

5.1 ผลการทดสอบอุณหภูมิ T_g

5.1.1 สภาวะต่างๆ ที่ใช้กับเครื่องทดสอบ

Differential Scanning Calorimeter

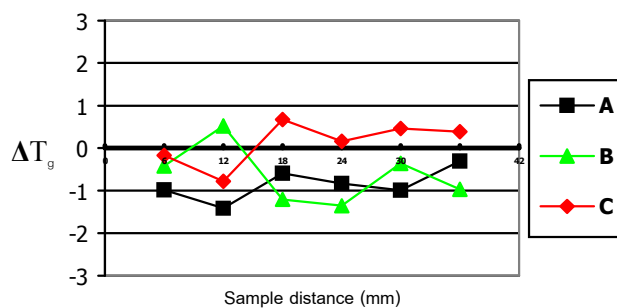
Scanning rate : 20 °C / minute

Start Temperature : 50 °C

Final Temperature : 180 °C

Sample weight : 3.5 – 5.5 mg

ผลการทดสอบได้นำมาอธิบายในกราฟ ดังนี้

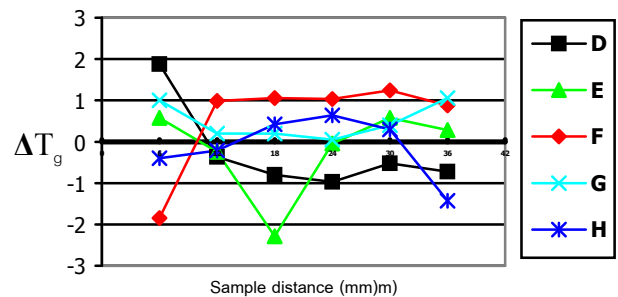


รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลต่างอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้ว (ΔT_g) จากเครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อนของวัสดุ (DSC) ของตัวอย่าง A, B, C (oligomer 5 wt%)

5.1.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบอุณหภูมิ T_g ของโพลิเมอร์ผสมแต่ละสูตรที่มีปริมาณ PC Oligomer ที่ผสมลงในโพลิเมอร์ผสมในอัตราส่วน 5 wt% (Symbols A,B,C)

จากการทดสอบหาค่าอุณหภูมิ T_g จะเห็นได้ว่าค่าผลต่างของอุณหภูมิ T_g (ΔT_g) ของโพลิเมอร์ผสมที่มีความเร็วในการฉีดที่เพิ่มขึ้น (60, 120, 200 mm/sec ตามลำดับ) มีแนวโน้มที่มีค่า ΔT_g จากค่าที่ติดลบ ($T_{g \text{ surface}}$ น้อยกว่า $T_{g \text{ core}}$) มีค่าที่เพิ่มขึ้นจนกลายเป็นค่า

บวก ($T_{g \text{ surface}}$ มากกว่า $T_{g \text{ core}}$) อธิบายได้ว่า ยิ่งเพิ่มความเร็วในการฉีดให้เร็วมากขึ้นจะทำให้ค่าอุณหภูมิ T_g เฉลี่ยบนผิวหน้ามีค่าที่มากกว่าค่าอุณหภูมิ T_g เฉลี่ยในแกนกลาง



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลต่างอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้ว (ΔT_g) จากเครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อนของวัสดุ (DSC) ของตัวอย่าง D, E, F, G, H (Oligomer 20 wt%)

5.1.3 วิเคราะห์ผลการทดสอบอุณหภูมิ T_g ของโพลิเมอร์ผสมแต่ละสูตรที่มีปริมาณ PC oligomer ที่ผสมลงในโพลิเมอร์ผสมในอัตราส่วน 20 wt% (Symbols D,E,F)

จากการทดสอบหาค่าอุณหภูมิ T_g จะเห็นได้ว่าค่าผลต่างของอุณหภูมิ T_g (ΔT_g) ของโพลิเมอร์ผสมที่มีความเร็วในการฉีดที่เพิ่มขึ้น (60, 120, 200 mm/sec ตามลำดับ) มีแนวโน้มที่เหมือนกันกับโพลิเมอร์ที่ผสม PC Oligomer ในอัตราส่วน 5 wt% ก็คือยิ่งเพิ่มความเร็วในการฉีดให้เร็วมากขึ้นจะทำให้ค่าอุณหภูมิ T_g เฉลี่ยบนผิวหน้า มีค่าที่มากกว่า ค่าอุณหภูมิ T_g เฉลี่ยในแกนกลาง

5.1.4 เปรียบเทียบสภาวะการฉีดเดียวกันแต่มีอุณหภูมิของแม่พิมพ์และอุณหภูมิของกระบอกฉีดที่มีค่าเพิ่มขึ้น (Comparison Symbols E, G, H)

จากการทดสอบหาค่าอุณหภูมิ T_g จะเห็นได้ว่าค่าผลต่างของอุณหภูมิ T_g (ΔT_g) ของโพลิเมอร์ผสมที่มีค่าของอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่เพิ่มขึ้น มีค่าผลต่างของอุณหภูมิ T_g เกิดการเปลี่ยนแปลงที่มากกว่า (เปลี่ยนจากค่าติดลบเป็นค่าบวก) โพลิเมอร์ผสมที่มีค่าของอุณหภูมิของกระบอกฉีดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอธิบายได้ว่าการที่เพิ่ม

อุณหภูมิในแม่พิมพ์จะมีผลต่ออุณหภูมิ T_g มากกว่า การเพิ่มอุณหภูมิของกระบอกฉีดของโพลิเมอร์ผสมชนิดนี้

6. สรุปผลการทดลอง

6.1 สรุปผลการทดสอบของโพลิเมอร์ผสมที่มีปริมาณ PC Oligomer ผสมลงในโพลิเมอร์ผสมในอัตราส่วน 5 wt% (Symbols A, B, C) โดยใช้ค่าผลต่างอุณหภูมิ T_g (ΔT_g)

จากรูปที่ 3 สามารถสรุปได้ว่าตัวอย่าง A (AL5-350-80-60) มีค่า T_g บนผิวหน้า (Surface) ต่ำกว่าค่า T_g ตรงแกนกลาง (Core) ในทุก ๆ จุดที่ทำการทดสอบ และยังมีค่า T_g ที่ค่อนข้างมีความแปรปรวนของข้อมูลที่ต่ำ ซึ่งหมายถึงมีการปรากฏของ PC Oligomer อยู่บนผิวหน้ามีอัตราส่วนที่มากกว่าแกนกลาง ซึ่งจะทำให้ค่า T_g ของผิวหน้ามีค่าที่ต่ำกว่า T_g ของแกนกลาง ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกับ ตัวอย่าง B และ C แล้วจะเห็นได้ว่าค่า ΔT_g ของทั้งสองตัวอย่างมีแนวโน้มไปในทางด้านบวก ซึ่งหมายถึงมีการปรากฏของ PC Oligomer อยู่บนผิวหน้ามีอัตราส่วนที่น้อยกว่าแกนกลาง

6.2 สรุปผลการทดสอบของโพลิเมอร์ผสมที่มีปริมาณ PC Oligomer ผสมลงในโพลิเมอร์ผสมในอัตราส่วน 20 wt% (Symbols D, E, F) โดยใช้ค่าผลต่างอุณหภูมิ T_g (ΔT_g)

จากรูปที่ 4 สามารถสรุปได้ว่าตัวอย่าง D (AL20-350-80-60) มีค่า T_g บนผิวหน้า (Surface) ต่ำกว่าค่า T_g ตรงแกนกลาง (Core) เกือบทุกจุดที่ทำการทดสอบ และยังมีค่า T_g ที่ค่อนข้างมีความแปรปรวนของข้อมูลที่ต่ำ ซึ่งหมายถึงมีการปรากฏของ PC Oligomer อยู่บนผิวหน้ามีอัตราส่วนที่มากกว่าแกนกลาง ซึ่งจะทำให้ค่า T_g ของผิวหน้ามีค่าที่ต่ำกว่า T_g ของแกนกลาง ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกับ ตัวอย่าง E และ F แล้วจะเห็นได้ว่าค่า ΔT_g ของทั้งสองตัวอย่างมีแนวโน้มไปในทางด้านบวก ซึ่งหมายถึงมีการปรากฏของ PC Oligomer อยู่บนผิวหน้ามีอัตราส่วนที่น้อยกว่าแกนกลาง

จากผลการสรุปของโพลิเมอร์ผสมที่มีปริมาณ PC Oligomer ผสมลงในโพลิเมอร์ผสมในอัตราส่วน 5 wt% และ 20 wt% ทำให้สามารถสรุปได้ว่าสภาวะในการฉีดที่มีอัตราเร็วในการฉีดที่มีค่าต่ำ (60 mm/sec) จะส่งผลทำให้มีการปรากฏตัวของ PC Oligomer บนผิวหน้ามากที่สุด (จากสภาวะของการทดสอบทั้งหมด) ซึ่งจะสอดคล้องกับทฤษฎีพฤติกรรมของพลาสติกขณะที่อยู่ในแม่พิมพ์ [8.3] ซึ่งอธิบายว่า เมื่อมีการเพิ่มอัตราเร็วของการฉีด จะส่งผลทำให้มีอัตราเฉือน (Shear rate) ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้การจัดเรียงตัวของโมเลกุล (Molecular orientation) ในแม่พิมพ์มีอัตราที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจุดนี้จะทำให้มีการแสดงสมบัติการลอยตัวบนผิวหน้าของ Oligomer ที่ด้อยลง [8.4] จึงทำให้การ ปรากฏตัวของ PC Oligomer บนผิวหน้า มีค่าน้อยกว่าแกนกลาง

6.3 สรุปผลการทดสอบของโพลิเมอร์ผสมที่มีสภาวะการฉีดเดียวกัน แต่มีอุณหภูมิของแม่พิมพ์และอุณหภูมิของกระบอกฉีดที่มีค่าเพิ่มขึ้น (symbol E, G, H)

จากรูปที่ 4 สามารถสรุปได้ว่าการที่มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแม่พิมพ์ จะมีผลทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของค่าผลต่างอุณหภูมิ T_g ที่มากกว่าการที่มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิกระบอกฉีด ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่าการที่อุณหภูมิแม่พิมพ์มีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้การปรากฏตัวของ PC Oligomer บนผิวหน้ามีปริมาณที่น้อยกว่าแกนกลาง ซึ่งตรงนี้สามารถให้เหตุผลได้ว่าถ้าอุณหภูมิแม่พิมพ์มีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราการเย็นตัวของชิ้นงาน (Cooling rate) มีค่าที่ต่ำลงมากกว่าการที่เพิ่มอุณหภูมิกระบอกฉีด ซึ่งจะมีผลต่อการจัดเรียงตัวของ PC Oligomer ได้

จากการทดสอบทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า โพลิเมอร์ผสมที่มีปริมาณของ PC Oligomer ผสมอยู่ในอัตราส่วน 5 wt% ควรเลือกใช้ตัวอย่าง A (AL5-350-80-60) และโพลิเมอร์ผสมที่มีปริมาณของ PC Oligomer ผสมอยู่ในอัตราส่วน 20 wt% ควรเลือกใช้ตัวอย่าง D (AL20-350-80-60) เนื่องจากมีการปรากฏของ PC Oligomer อยู่

บนผิวหน้าของโพลิเมอร์ผสมในอัตราส่วนที่มากกว่า
แกนกลาง

7. กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานนี้ผู้ทำโครงการได้รับทุนอุดหนุนจาก

7.1 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่าย
อุตสาหกรรม โครงการโครงงานอุตสาหกรรมสำหรับ
ปริญญาตรี ประจำปี 2546

7.2 บริษัท มิตรชุบิซิเอ็นจิเนียริงพลาสติกเทคนิคัล
เซ็นเตอร์ เอเชีย จำกัด 700/458 หมู่ 7 อมตะนคร
อินดัสเทรียลเอสเตท ต. ดอนหัวรอ อ. เมือง จ. ชลบุรี
โทรศัพท์ (038) 717-062-3

8. เอกสารอ้างอิง

- [8.1] Douglas A. Skoog and James J. Leary,
Principles of Instrumental Analysis,
Philadelphia: Saunders College Publishing,
1992.
- [8.2] Franksettle, *Handbook of Instrumental
Technique for Analytical Chemistry*,
New Jersey: Prentice Hall Inc., 1997.
- [8.3] J. A. Brydson., *Plastic Materials*, New York:
Butterwoekth Publishers. Inc., 1975.
- [8.4] John Scheirs, *Compositional and Failure
Analysis of Polymers*, England: John Wiley
and Sons Ltd., 2000.
- [8.5] R. V. Milbyl, *Plastics Technology*, New York:
McGrew-Hill, 1973.
- [8.6] Pravin L. Shah, *Handbook of Plastic
Materials and Technology*, New York: John
Wiley & Sons Inc., 1990.
- [8.7] Terry L. Richardson, *Industrial Plastics:
Theory and Application*, New York: Delmar
Publishers. Inc., 1989.