

การสังเคราะห์มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนด้วยกระบวนการแบบสารละลายเพื่อใช้เป็นสารช่วยผสม
ในพอลิเมอร์ผสมพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6



นางสาวสุชาดา จงประกอบกิจ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-52-741

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SYNTHESIS OF MALEIC ANHYDRIDE GRAFTED POLYPROPYLENE BY SOLUTION PROCESS FOR
USING AS COMPATIBILIZER IN POLYPROPYLENE/POLYAMIDE 6 BLENDS

Miss Suchada Chongprakobkit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Applied Polymer Science and Textile Technology

Department of Materials Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-17-274-1

481987

สุชาดา จงประกอบกิจ : การสังเคราะห์มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนด้วยกระบวนการแบบสารละลายเพื่อใช้เป็นสารช่วยผสมในพอลิเมอร์ผสมพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 SYNTHESIS OF MALEIC ANHYDRIDE GRAFTED POLYPROPYLENE BY SOLUTION PROCESS FOR USING AS COMPATIBILIZER IN POLYPROPYLENE/POLYAMIDE 6 BLENDS) อ.ที่ปรึกษา: รศ.เสาวรณี ช่วยจุลจิตร, อ.ที่ปรึกษาร่วม : อ.ดร. มณฑนา โอภาประกาศิต 81 หน้า. ISBN 974-17-5274-1.

กราฟต์โคพอลิเมอร์ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์บนพอลิโพรพิลีนสามารถสังเคราะห์ได้จากกระบวนการแบบสารละลายที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสโดยใช้โทลูอีนและเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เป็นตัวทำละลายและสารเริ่มต้นปฏิกิริยาตามลำดับ พอลิโพรพิลีนที่ใช้ในการทดลองมีดัชนีการไหล 2.4 กรัม/10 นาที และ 10 กรัม/10 นาที ซึ่งการเกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์สามารถยืนยันได้จากการวิเคราะห์ผลผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเทคนิค FT-IR จากการศึกษาถึงผลของปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์ ปริมาณเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ เกรดของพอลิโพรพิลีนที่ใช้ และเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ด้วยเทคนิคการไทเทรต พบว่า ภาวะที่ใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 1.25 %w/v เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ 0.15 %w/v พอลิโพรพิลีนที่มีดัชนีการไหล 10 กรัม/10 นาที ปริมาณ 2.5 %w/v และเวลาในการทำปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์มากที่สุดเท่ากับ 0.87% นอกจากนี้ การใช้พอลิโพรพิลีนที่มีดัชนีการไหล 2.4 กรัม/10 นาที ภายใต้ภาวะการทดลองเดียวกันทำให้ได้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์เท่ากับ 0.76%

ชิ้นงานจากพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 ที่อัตราส่วนผสม 70:30 และ 30:70 สามารถเตรียมได้ด้วยกระบวนการฉีดแบบ โดยการใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนที่มีเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ 0.87% และ 0.76% เป็นสารช่วยผสม จากการทดสอบความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม พบว่าชิ้นงานที่ใส่สารช่วยผสมมีความทนแรงดึงสูงกว่าชิ้นงานที่ไม่ได้ใส่สารช่วยผสมอย่างเห็นได้ชัด ผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นว่าปริมาณสารช่วยผสมที่เหมาะสมในการปรับปรุงความทนแรงดึงของชิ้นงานคือ 5 phr อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์การยึดตัวและยังสัมมูล์ของพอลิเมอร์ผสมที่ใส่และไม่ใส่สารช่วยผสมมีค่าใกล้เคียงกัน

จากการตรวจสอบสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมด้วยเทคนิค SEM พบว่าพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสมทำให้ดิสเพอร์สเฟสมีขนาดเล็กลงอย่างมาก จากการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมด้วยเทคนิค TGA และ DSC พบว่าสารช่วยผสมช่วยเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อนและมีผลต่อพฤติกรรมการเกิดผลึกของพอลิโพรพิลีนเฟส

ภาควิชา.....วัสดุศาสตร์..... ลายมือชื่อนิสิต..... สุชาดา จงประกอบกิจ
 สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... เสาวรณี ช่วยจุลจิตร
 ปีการศึกษา.....2548..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... มณฑนา โอภาประกาศิต

467 25475 23: MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY

KEY WORD: MALEIC ANHYDRIDE GRAFTED POLYPROPYLENE / POLYPROPYLENE/ POLYAMIDE 6

SUCHADA CHONGPRAKOBKIT : SYNTHESIS OF MALEIC ANHYDRIDE GRAFTED POLYPROPYLENE BY SOLUTION PROCESS FOR USING AS COMPATIBILIZER IN POLYPROPYLENE/POLYAMIDE 6 BLENDS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SAOWAROJ CHUAYJULJIT, THESIS CO-ADVISOR : DR.MANTANA OPAPRAKASIT, 81 pp. ISBN 974-17-5274-1

Graft copolymers of maleic anhydride (MA) on polypropylene (PP) were synthesized by solution process at 100°C using toluene and benzoyl peroxide (BPO) as solvent and initiator, respectively. PPs with melt flow index 2.4 g/10 min and 10 g/10 min were used in this experiment. The formation of graft copolymers was confirmed by FT-IR technique. The effects of synthesis conditions, i.e. MA content, amount of BPO, PP grade and reaction time, on the degree of grafting were investigated by titration technique. It was found that the highest percent grafting at 0.87% was obtained when 1.25 %w/v of MA, 0.15 %w/v of BPO, 2.5 %w/v of PP with MFI 10 g/10 min, and the reaction time of 6 h were used. However, at the similar synthesis condition, graft copolymer obtained from PP with MFI 2.4 g/10 min exhibited percent grafting at 0.76%.

Polymer blends of polypropylene and polyamide 6 with weight ratio 70:30 and 30:70 were prepared by injection molding. PP-g-MA with percent grafting 0.87% and 0.76% were used as compatibilizer. It was found that the tensile strength of the polymer blends with compatibilizer were substantially higher than those without compatibilizer. The results also revealed that the optimum amount of compatibilizer for improving the tensile strength of the specimens was 5 phr. However, percent elongation and Young's modulus of polymer blends both with and without compatibilizer were comparable.

Morphology of the polymer blends was examined by SEM technique. The results showed that the blends with compatibilizers exhibited a remarkable decrease in size of the dispersed phase. TGA and DSC were employed to investigate thermal behaviors of the blends. It was investigated that the presence of PP-g-MA enhanced thermal stability of blends, as well as, crystallization behavior of the PP phase.

Department.....Materials Science.....	Student's signature	Suchada Chongprakobkit
Field of study Applied Polymer Science and Textile Technology	Advisor's signature	Assoc. Prof. Saowaroj Chuayjuljit
Academic year.....2005.....	Co-advisor's signature	Dr. Mantana Opaprasit

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้นั้น เป็นเพราะได้รับคำแนะนำทางด้านวิชาการ การเอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และวัสดุคิบสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งยังได้รับการช่วยเหลือและการแนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์จากผู้ทรงคุณวุฒิในด้านต่างๆเป็นอย่างดี ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณบุคคลหลายๆท่าน และหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายชื่อดังนี้

1. รศ. เสาวรจน์ช่วยจูลจิตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อ.ดร.มันทนา โอภาประกาศิต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาต่างๆในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
2. รศ.ไพพรรณ สันติสุข รศ.อรอุษา สรวารี และ ผศ.ดร.วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำ และช่วยตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
3. คุณชัยวัฒน์ นรกานต์กร ที่ให้คำปรึกษาและการแก้ปัญหาในการทำวิทยานิพนธ์
4. ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย รวมทั้งการติดต่อกับหน่วยงาน บริษัทต่างๆ
5. บริษัท Chemical Innovation Co., Ltd. บริษัท ไทยพอลิเอทิลีน จำกัด และบริษัท Thai Toray Synthetics Co., Ltd. ที่ให้ความอนุเคราะห์เม็ดพลาสติกในการทำวิจัย
6. บริษัท ฟาบริเนท จำกัด สำหรับความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือ FT-IR
7. ศูนย์วิจัยเครื่องมือวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือในการทำวิจัย
8. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณพระคุณบิดา มารดา พี่น้องที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจมาโดยตลอด อาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาการจนสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เป็นผลสำเร็จตามมุ่งหวังอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังมีบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลืออีกมากมายซึ่งมิได้กล่าวถึงในที่นี้ ข้าพเจ้าจึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ง
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
2 วารสารปริทัศน์.....	3
2.1 โพลีโพรพิลีน (Polypropylene).....	3
2.2 มาเลอิกแอนไฮไดรด์ (Maleic anhydride).....	4
2.2.1 การเตรียมมาเลอิกแอนไฮไดรด์.....	4
2.2.2 การนำไปใช้ประโยชน์.....	5
2.3 กราฟต์โคพอลิเมอร์ (Graft copolymer).....	5
2.3.1 การสังเคราะห์กราฟต์โคพอลิเมอร์.....	5
2.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์ที่กราฟต์บนโพลีโพรพิลีน.....	7
2.4 โพลีเอไมด์ (Polyamides).....	9
2.5 โพลีเมอร์ผสม (Polymer blends).....	12
2.6 สารช่วยผสม (Compatibilizers).....	14
2.6.1 เทอร์โมไดนามิกส์ของโพลีเมอร์ผสม.....	14
2.6.2 การใช้บล็อกและกราฟต์โคพอลิเมอร์เป็นสารช่วยผสม.....	16
2.6.3 สารช่วยผสมในโพลีเมอร์ผสมโพลีโพรพิลีน/โพลีเอไมด์.....	16
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18

บทที่	หน้า
3	วิธีการทดลอง 20
3.1	สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง..... 20
3.2	อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง..... 20
3.3	เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์..... 21
3.4	ขอบเขตการทดลอง 21
3.5	การเตรียมมาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีน 21
3.6	การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของมาเลอิกแอนไฮไดรด์บนพอลิโพรพิลีน ด้วยเทคนิค FT-IR 23
3.7	การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของมาเลอิกแอนไฮไดรด์บนพอลิโพรพิลีน ด้วยเทคนิคการไทเทรต..... 24
3.8	การเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 24
3.9	การทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 26
3.9.1	การทดสอบสมบัติความทนแรงดึง..... 26
3.9.2	การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA..... 26
3.9.3	การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC..... 27
3.9.4	การตรวจสอบลักษณะพื้นผิวด้วยเครื่อง SEM 28
4	ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 29
4.1	การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FT-IR 29
4.2	ผลของปัจจัยต่างๆต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ (percent grafting)..... 33
4.2.1	ปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์..... 33
4.2.2	ปริมาณสารเริ่มต้นปฏิกิริยา 34
4.2.3	เวลาในการทำปฏิกิริยา 36
4.3	การตรวจสอบสัญญาณวิทยาของพอลิเมอร์ผสม 37
4.4	สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสม 41
4.4.1	ความทนแรงดึง 41
4.4.2	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว..... 43
4.4.3	ยังสัมมอดูลัส 45

บทที่	หน้า
4.5 สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม	47
4.5.1 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA.....	47
4.5.2 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC	48
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	57
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	57
5.2 ข้อเสนอแนะ	58
รายการอ้างอิง	59
ภาคผนวก	61
ภาคผนวก ก.....	62
ภาคผนวก ข.....	65
ภาคผนวก ค.....	68
ภาคผนวก ง	72
ภาคผนวก จ	76
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	81

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 วิธีการเตรียมพอลิเมอร์ผสมชนิดต่าง	13
ตารางที่ 3.1 ภาวะในการสังเคราะห์มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีน	22
ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนของการผสมพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6.....	24
ตารางที่ 3.3 ภาวะในกระบวนการผสมด้วยเครื่องอัดรีดสกรูคู่.....	25
ตารางที่ 3.4 ภาวะในกระบวนการผสมด้วยกระบวนการฉีด	25
ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA	47

สารบัญรูป

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของมาเลอิกแอนไฮโดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีน	6
รูปที่ 2.2 สมมติฐานกลไกการเกิดมาเลอิกแอนไฮโดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีน	6
รูปที่ 2.3 อินฟราเรดสเปกตรัมของ ก) พอลิโพรพิลีน ข) มาเลอิกแอนไฮโดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีน	8
รูปที่ 2.4 กราฟมาตรฐานสำหรับหาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์มาเลอิกแอนไฮโดรด์บนพอลิโพรพิลีน .	9
รูปที่ 2.5 ปฏิกริยาการสังเคราะห์พอลิเอไมด์ 6	9
รูปที่ 2.6 ตำแหน่งของบล็อกและกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่พื้นผิวระหว่างเฟสของพอลิเมอร์ทั้งสอง ...	16
รูปที่ 2.7 โครงสร้างทางเคมีของวัสดุที่ใช้ในระบบพอลิเมอร์ผสม	17
รูปที่ 2.8 การเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างมาเลอิกแอนไฮโดรด์กราฟต์บน พอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์	18
รูปที่ 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์	22
รูปที่ 3.2 Soxhlet extraction.....	23
รูปที่ 3.3 เครื่อง FT-IR สเปกโตรมิเตอร์.....	23
รูปที่ 3.4 เครื่อง Universal Testing Machine รุ่น LLOYD LR 10K plus	26
รูปที่ 3.5 เครื่อง TGA รุ่น METTLER TOLEDO TGA/SDTA 851°	27
รูปที่ 3.6 เครื่อง DSC รุ่น Perkin Elmer Diamond DSC.....	28
รูปที่ 3.7 เครื่อง SEM.....	28
รูปที่ 4.1 FT-IR สเปกตรัมของพอลิโพรพิลีน.....	29
รูปที่ 4.2 FT-IR สเปกตรัมของมาเลอิกแอนไฮโดรด์	29
รูปที่ 4.3 FT-IR สเปกตรัมของมาเลอิกแอนไฮโดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีน ก) ทางการค้า ข) ที่เตรียมได้.....	30
รูปที่ 4.4 FT-IR สเปกตรัมของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนัก	31
รูปที่ 4.5 FT-IR สเปกตรัมของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนัก โดยมีสารช่วยผสม 5 phr ก) สารช่วยผสมทางการค้า ข) สารช่วยผสมที่เตรียมจากภาวะที่ 3	32

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.6 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างมาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนกับพอลิเอไมด์ 6....	33
รูปที่ 4.7 ผลของปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์ต่อระดับการกราฟต์บนพอลิโพรพิลีน ที่มีดัชนีการไหล 10 กรัม/10 นาที.....	33
รูปที่ 4.8 ผลของปริมาณสารเริ่มต้นปฏิกิริยาต่อระดับการกราฟต์มาเลอิกแอนไฮไดรด์ บนพอลิโพรพิลีนเมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ ก) 1.25 %w/v ข) 2.50 %w/v.....	35
รูปที่ 4.9 ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อระดับการกราฟต์มาเลอิกแอนไฮไดรด์ บนพอลิโพรพิลีน	36
รูปที่ 4.10 สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนัก	37
รูปที่ 4.11 สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก	38
รูปที่ 4.12 สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/สารช่วยผสม/พอลิเอไมด์ 6 ก) 70/0/30 ข) 70/5(ทางการค้า)/30 ค) 70/5(MFI 2.4)/30 ง) 70/5(MFI 10)/30 จ) 70/10(ทางการค้า)/5 ฉ) 70/10(MFI 2.4)/30 ช) 70/10(MFI 10)/30.....	39
รูปที่ 4.13 สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/สารช่วยผสม/พอลิเอไมด์ 6 ก) 30/0/70 ข) 30/5(ทางการค้า)/70 ค) 30/5(MFI 2.4)/70 ง) 30/5(MFI 10)/70	40
รูปที่ 4.14 ความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 ทั้งที่ใส่และไม่ใส่สารช่วยผสม.....	41
รูปที่ 4.15 ความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 30:70 ทั้งที่ใส่และไม่ใส่สารช่วยผสม.....	42
รูปที่ 4.16 เปอร์เซ็นต์การยืดตัวของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 ทั้งที่ใส่และไม่ใส่สารช่วยผสม.....	44
รูปที่ 4.17 เปอร์เซ็นต์การยืดตัวของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 30:70 ทั้งที่ใส่และไม่ใส่สารช่วยผสม.....	44
รูปที่ 4.18 ค่ายังสัมมูลีของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 ทั้งที่ใส่และไม่ใส่สารช่วยผสม	45
รูปที่ 4.19 ค่ายังสัมมูลีของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 30:70 ทั้งที่ใส่และไม่ใส่สารช่วยผสม	46

รูปประกอบ

หน้า

- รูปที่ 4.20 DSC thermogram จากช่วง cooling แสดงพฤติกรรมเกิดการเกิดผลึกของพอลิโพรพิลีน
เฟสในพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสม A) 5 phr และ B) 10 phr เมื่อ
ก) พอลิโพรพิลีน ข) ไม่มีสารช่วยผสม ค) สารช่วยผสมทางการค้า ง) สารช่วยผสม
ที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 10 กรัม/10 นาที จ) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีน
ที่มี MFI 2.4 กรัม/10 นาที..... 49
- รูปที่ 4.21 DSC thermogram จากช่วง cooling แสดงพฤติกรรมเกิดการเกิดผลึกของพอลิโพรพิลีน
เฟสในพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสม 5 phr เมื่อ ก) พอลิโพรพิลีน
ข) ไม่มีสารช่วยผสม ค) สารช่วยผสมทางการค้า ง) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีน
MFI 10 กรัม/10 นาที จ) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีน MFI 2.4 กรัม/10 นาที ... 50
- รูปที่ 4.22 DSC thermogram จากช่วง cooling แสดงพฤติกรรมเกิดการเกิดผลึกของพอลิเอไมด์ 6
เฟสในของพอลิเมอร์ที่ใส่สารช่วยผสม A) 5 phr และ B) 10 phr เมื่อ
ก) พอลิเอไมด์ 6 ข) ไม่มีสารช่วยผสม ค) สารช่วยผสมทางการค้า
ง) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 10 กรัม/ 10 นาที
จ) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 2.4 กรัม/10 นาที..... 51
- รูปที่ 4.23 DSC thermogram จากช่วง cooling แสดงพฤติกรรมเกิดการเกิดผลึกของพอลิเอไมด์ 6
เฟสในของพอลิเมอร์ที่ใส่สารช่วยผสม 5 phr เมื่อ ก) พอลิเอไมด์ 6
ข) ไม่มีสารช่วยผสม ค) สารช่วยผสมทางการค้า ง) สารช่วยผสมที่ได้จาก
พอลิโพรพิลีนที่มี MFI 10 กรัม/10 นาที จ) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี
MFI 2.4 กรัม/10 นาที..... 52
- รูปที่ 4.24 DSC thermogram จากช่วง heating ครั้งที่ 2 แสดงอุณหภูมิการหลอมเหลวของ
พอลิโพรพิลีนเฟสในพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสม A) 5 phr และ B) 10 phr เมื่อ
ก) พอลิโพรพิลีน ข) ไม่มีสารช่วยผสม ค) สารช่วยผสมทางการค้า
ง) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 10 กรัม/10 นาที
จ) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 2.4 กรัม/10 นาที..... 53

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.25 DSC thermogram จากช่วง heating ครั้งที่ 2 แสดงอุณหภูมิการหลอมเหลวของ พอลิโพรพิลีนเฟสในพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสม 5 phr เมื่อ ก) พอลิโพรพิลีน ข) ไม่มีสารช่วยผสม ค) สารช่วยผสมทางการค้า ง) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 10 กรัม/10 นาที จ) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 2.4 กรัม/10 นาที.....	54
รูปที่ 4.26 DSC thermogram จากช่วง heating ครั้งที่ 2 แสดงอุณหภูมิการหลอมเหลวของ พอลิเอไมด์ 6 เฟสในพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสม A) 5 phr และ B) 10 phr เมื่อ ก) พอลิโพรพิลีน 6 ข) ไม่มีสารช่วยผสม ค) สารช่วยผสมทางการค้า ง) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 10 กรัม/10 นาที จ) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 2.4 กรัม/10 นาที.....	55
รูปที่ 4.27 DSC thermogram จากช่วง heating ครั้งที่ 2 แสดงอุณหภูมิการหลอมเหลวของ พอลิเอไมด์ 6 เฟสในพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสม 5 phr เมื่อ ก) พอลิเอไมด์ 6 ข) ไม่มีสารช่วยผสม ค) สารช่วยผสมทางการค้า ง) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 10 กรัม/10 นาที จ) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 2.4 กรัม/10 นาที	56