สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การจำแนกลักษณะของการผสมเข้ากันได้ของ ไนลอน - 6 อะคริโลไนตริล บิวทาไดอีนสไตรีน และพอลิโอเลฟินส์ที่ใช้แล้ว

T033494

นางสาว ณัฐศิริ ศรีสิทธิพันธกุล

นางสาว สุชีวิน สงกะมิลินท์

เลขหมู่..............................
เลขทะเบียน 33494
วัน, เดือน, ปี 13 ส.ค. 2542

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Characterization of Compatibilization of Nylon - 6 ABS and Recycled Polyolefins

Miss Natsiri Srisitthipantakul
Miss Suchewin Songkamilin

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
For the Degree of Bachelor of Science
Department of Chemistry
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การจำแนกลักษณะการผสมเข้ากันได้ของไนลอน-6 อะคริโลไนตริล บิวทาไดอีนสไตรีน และพอลิโอเลฟินส์ ที่ใช้แล้ว
นักศึกษา	นางสาวณัฐศิริ ศรีสิทธิพันธกุล
	นางสาวสุชีวิน สงกะมิลินท์
ภาควิชา	เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

-------------------------------- หัวหน้าภาควิชาเคมี

(ผศ.นงนุช เภตรานุวัฒน์)

คณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ

-------------------------------- ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์)

-------------------------------- กรรมการ

(ดร.ต้องจิตต์ คิดชอบ)

-------------------------------- กรรมการ

(ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การจำแนกลักษณะการผสมเข้ากันได้ของไนลอน - 6 อะคริโลไนตริล บิวทาไดอีน สไตรีน และพอลิโอเลฟินส์ที่ใช้แล้ว
นักศึกษา นางสาวณัฐศิริ ศรีสิทธิพันธกุล
นางสาวสุชีวิน สงกะมิลินท์
ภาควิชา เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย
ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาการผสมเข้ากันได้ของ ไนลอน - 6 (Nylon - 6) อะคริโลไนตริล บิวทาไดอีน สไตรีน (ABS) และพอลิโอเลฟินส์ (Polyolefins) ที่ใช้แล้ว โดยศึกษาสมบัติทางความร้อน (Thermal Property) สัณฐานวิทยา (Morphology) และสมบัติการดูดซับน้ำ (Water Absorption) ของพอลิเมอร์ผสมทั้งที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสมและเติมสารช่วยผสม โดยมีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของพอลิโอเลฟินส์ อะคริโลไนตริล บิวทาไดอีนสไตรีน และไนลอน-6 เป็น 50:25:25 , 25:50:25 และ 25:25:50 ตามลำดับ และใช้กราฟท์โคพอลิเมอร์ระหว่างพอลิพรอพิลีนกับมาเลอิกแอนไฮไดรด์เป็นสารช่วยผสมเติมในปริมาณ 1 , 3 และ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้

จากการทดลองพบว่า พอลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสม ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันมีการแยกวัฏภาคอย่างชัดเจน ส่งผลให้สมบัติทางความร้อน สัณฐานวิทยา และสมบัติการดูดซับน้ำไม่ดี แต่เมื่อมีการเติมสารช่วยผสมทำให้เกิดการปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ดีขึ้น เนื่องจากสารช่วยผสมช่วยเพิ่มแรงยึดติดระหว่างผิวของพอลิเมอร์ผสม โดยความเข้มข้นของสารช่วยผสมที่เหมาะสมคือ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ส่วนที่ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักสมบัติต่าง ๆ ด้อยลง เนื่องจากสารช่วยผสมที่มากเกินพอไม่ได้ช่วยในการยึดติดระหว่างผิว แต่จะกระจายอยู่ในวัฏภาคใดวัฏภาคหนึ่งเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Characterization of Compatibilization of Nylon - 6 , ABS and Recycled Polyolefins
Name	Miss Natsiri Srisitthipantakul
	Miss Suchewin Songkamilin
Special Project Advisor	Dr.Somsak Woramongconchai
Department	Chemistry
Academic Year	1998

ABSTRACT

In this special project, The effect of compatibilization on Thermal properties, morphology and water absorption of Polyolefins (Po) / Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) / Nylon - 6 blends were studied with various ratio of Po/ABS/Nylon-6 ; 50/25/25 , 25/50/25 and 25/25/50 respectively. Propylene grafted Maleic anhydride (PP-g-MAH) was used as a compatibilizer and the concentration were 1 , 3 , and 5 wt % respectively.

The experiment showed that the non - compatibilizer blends were immiscibility and phase seperation resulted in poor thermal properties , morphology , and water absorption , but adding the compatibilizer improved all properties due to the better interfacial adhesion. The blends contained compatibilizer at 3 wt % was the effective concentration , but at 5 wt % concentration the properties decreased according to the excess compatibilizer did not help the interfacial adhesion between each surface but would only diffuse in any phase.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอบพระคุณ ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงงานพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ และ ดร.ต้องจิตต์ คิดชอบ อาจารย์คณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ ที่กรุณาช่วยตรวจทาน และแก้ไขโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายขอขอบคุณ พี่ ๆ น้อง ๆ เพื่อน ๆ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจให้ความช่วยเหลือ ทำให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงได้

นอกเหนือจากนี้หากยังมีบุคคลท่านอื่น ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ ซึ่งผู้จัดทำไม่ได้กล่าวถึงนาง ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นางสาว ณัฐศิริ ศรีสิทธิพันธกุล
นางสาว สุชีวิน สงกะมิลินท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อโครงงานพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อโครงงานพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	3
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	5
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน	5
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	6
2.1 พอลิเมอร์ผสม	6
2.2 ความสามารถในการเข้ากันได้	8
2.3 สารช่วยในการผสม	10
2.4 พอลิโอเลฟินส์	11
2.5 พอลิเอไมด์	15
2.6 อะคริโลไนตริล บิวตะไดอีน สไตรีน	16
2.7 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	16
บทที่ 3 การวิจัยและดำเนินงาน	19
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	19
3.2 อุปกรณ์	19
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	19
3.4 วิธีการทดลอง	20
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	24
4.1 การทดสอบสมบัติทางความร้อน	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา 29
4.3 การทดสอบสมบัติการดูดซับน้ำ 43
บทที่ 5 สรุปการดำเนินการวิจัยและข้อเสนอแนะ 46
5.1 สรุปผลการทดลอง 46
5.2 **ข้อเสนอแนะ** 47
ภาคผนวก 48
ภาคผนวก ก 49
ภาคผนวก ข 52
เอกสารอ้างอิง 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงความสามารถในการละลายของพอลิเมอร์ 10

ตารางที่ 2.2 แสดงสมบัติบางประการของพอลิโอเลฟินส์ 14

ตารางที่ 2.3 แสดงโครงสร้างทางเคมีที่สำคัญของพอลิเอไมด์ 15

ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนของ Po ABS และ Nylon 6 20

ตารางที่ 3.2 แสดงอุณหภูมิในการผสมและความเร็วรอบในการผสม 20

ตารางที่ 3.3 แสดงปริมาณและอัตราส่วนของพอลิเมอร์และสารช่วยผสม 22

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์บริสุทธิ์และสารช่วยผสม 24

ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสม 25

ตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมที่เติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 1 , 3 และ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก 25

ตารางที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิที่ชิ้นงานเกิดการเสียรูปภายใต้แรงกดด้วยเครื่อง DTUL 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 แสดงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อพอลิเมอร์ผสม 6
รูปที่ 2.2 แสดงความเป็นไปได้ทางสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมสองชนิด 7
รูปที่ 2.3 แสดงศักยภาพการตอบสนองทางสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสม 7
รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพอลิเมอร์ผสมกับอัตราส่วนขององค์ประกอบ
ในพอลิเมอร์ผสม 9
รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างทางเคมีของพอลิพรอพิลีน 11
รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างทางเคมีของไอโซแทคติคพอลิพรอพิลีน 12
รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างทางเคมีของซินดิโอแทคติคพอลิพรอพิลีน 12
รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างทางเคมีของอะแทคติคพอลิพรอพิลีน 12
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงอุณหภูมิที่ชิ้นงานเกิดการเสียรูปภายใต้แรงกด (DTUL)
ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25
โดยมีการเติมสารช่วยผสมปริมาณต่าง ๆ 27
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงอุณหภูมิที่ชิ้นงานเกิดการเสียรูปภายใต้แรงกด (DTUL)
ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25
โดยมีการเติมสารช่วยผสมปริมาณต่าง ๆ 28
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงอุณหภูมิที่ชิ้นงานเกิดการเสียรูปภายใต้แรงกด (DTUL)
ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50
โดยมีการเติมสารช่วยผสมปริมาณต่าง ๆ 28
รูปที่ 4.4 แสดง Scanning Electron Micrograph ของพอลิโอเลฟินส์บริสุทธิ์กำลังขยาย 1000 เท่า 29
รูปที่ 4.5 แสดง Scanning Electron Micrograph ของABSบริสุทธิ์ กำลังขยาย 1000 เท่า 30
รูปที่ 4.6 แสดง Scanning Electron Micrograph ของไนลอน 6 บริสุทธิ์กำลังขยาย 1000 เท่า 30
รูปที่ 4.7 แสดง Scanning Electron Micrograph ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6
อัตราส่วน 50 : 25 : 25 โดยไม่เติมสารช่วยผสมกำลังขยาย 1000 เท่า 31
รูปที่ 4.8 แสดง Scanning Electron Micrograph ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6
อัตราส่วน 25 : 50 : 25 โดยไม่เติมสารช่วยผสมกำลังขยาย 1000 เท่า 31
รูปที่ 4.9 แสดง Scanning Electron Micrograph ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6
อัตราส่วน 25 : 25 : 50 โดยไม่เติมสารช่วยผสม กำลังขยาย 1000 เท่า 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.10 แสดง Scanning Electron Micrograph ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 โดยเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก กำลังขยาย 1000 เท่า 32

รูปที่ 4.11 แสดง Scanning Electron Micrograph ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 โดยเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก กำลังขยาย 1000 เท่า 33

รูปที่ 4.12 แสดง Scanning Electron Micrograph ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25: 25 : 50 โดยเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักกำลังขยาย 1000 เท่า 33

รูปที่ 4.13 แสดง Scanning Electron Micrograph ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 โดยเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก กำลังขยาย 1000 เท่า 34

รูปที่ 4.14 แสดง Scanning Electron Micrograph ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 โดยเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก กำลังขยาย 1000 เท่า 34

รูปที่ 4.15 แสดง Scanning Electron Micrograph ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 โดยเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก กำลังขยาย 1000 เท่า 35

รูปที่ 4.16 แสดง Scanning Electron Micrograph ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 โดยเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก กำลังขยาย 1000 เท่า 35

รูปที่ 4.17 แสดง Scanning Electron Micrograph ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 โดยเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก กำลังขยาย 1000 เท่า 36

รูปที่ 4.18 แสดง Scanning Electron Micrograph ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 โดยเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักกำลังขยาย 1000 เท่า 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.19 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 อัตราส่วน 50 : 25 : 25 โดยกล้องโพลาไรซ์ไมโครสโครปกำลังขยาย 100 เท่า 37
รูปที่ 4.20 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 อัตราส่วน 25 : 50 : 25โดยกล้องโพลาไรซ์ไมโครสโครปกำลังขยาย 100 เท่า 38
รูปที่ 4.21 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 อัตราส่วน 25 : 25 : 50 โดยกล้องโพลาไรซ์ไมโครสโครปกำลังขยาย 100 เท่า 38
รูปที่ 4.22 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 อัตราส่วน 50 : 25 : 25 ที่เติมสารช่วยผสมปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก โดยกล้องโพลาไรซ์ไมโครสโครปกำลังขยาย 100 เท่า 39
รูปที่ 4.23 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 โดยเติมสารช่วยผสมปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก โดยกล้องโพลาไรซ์ไมโครสโครปกำลังขยาย 100 เท่า 39
รูปที่ 4.24 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 โดยเติมสารช่วยผสมปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก โดยกล้องโพลาไรซ์ไมโครสโครปกำลังขยาย 100 เท่า 40
รูปที่ 4.25 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 โดยเติมสารช่วยผสมปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก โดยกล้องโพลาไรซ์ไมโครสโครปกำลังขยาย 100 เท่า 40
รูปที่ 4.26 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 โดยเติมสารช่วยผสมปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก โดยกล้องโพลาไรซ์ไมโครสโครปกำลังขยาย 100 เท่า 41
รูปที่ 4.27 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 โดยเติมสารช่วยผสมปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก โดยกล้องโพลาไรซ์ไมโครสโครปกำลังขยาย 100 เท่า 41
รูปที่ 4.28 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 โดยเติมสารช่วยผสมปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก โดยกล้องโพลาไรซ์ไมโครสโครปกำลังขยาย 100 เท่า 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.29 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 โดยเติมสารช่วยผสมปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก โดยกล้องโพลาไรซ์ไมโครสโครปกำลังขยาย 100 เท่า 42

รูปที่ 4.30 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 โดยเติมสารช่วยผสมปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก โดยกล้องโพลาไรซ์ไมโครสโครปกำลังขยาย 100 เท่า 43

รูปที่ 4.31 กราฟแสดงเปอร์เซนต์การดูดซับน้ำของพอลิโอเลฟินส์บริสุทธิ์และพอลิเมอร์ผสม Po : ABS Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 โดยมีการเติมสารช่วยผสมในปริมาณต่าง ๆ 44

รูปที่ 4.32 กราฟแสดงเปอร์เซนต์การดูดซับน้ำของ ABS บริสุทธิ์และพอลิเมอร์ผสม Po : ABS Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 โดยมีการเติมสารช่วยผสมในปริมาณต่าง ๆ 44

รูปที่ 4.33 กราฟแสดงเปอร์เซนต์การดูดซับน้ำของไนลอนบริสุทธิ์และพอลิเมอร์ผสม Po : ABS Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 โดยมีการเติมสารช่วยผสมในปริมาณต่าง ๆ 45

รูปที่ 4.34 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิพรอพิลีน 53

รูปที่ 4.35 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง 54

รูปที่ 4.36 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ 55

รูปที่ 4.37 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิโอเลฟินส์ 56

รูปที่ 4.38 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของ ABS 57

รูปที่ 4.39 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของไนลอน 6 58

รูปที่ 4.40 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของสารช่วยผสม 59

รูปที่ 4.41 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 ที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสม 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.42 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 ที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสม 61

รูปที่ 4.43 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 ที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสม 62

รูปที่ 4.44 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 ที่มีการเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก 63

รูปที่ 4.45 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 ที่มีการเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก 64

รูปที่ 4.46 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 ที่มีการเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก 65

รูปที่ 4.47 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 ที่มีการเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก 66

รูปที่ 4.48 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 ที่มีการเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก 67

รูปที่ 4.49 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 ที่มีการเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก 68

รูปที่ 4.50 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 ที่มีการเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.51 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 ที่มีการเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก 70

รูปที่ 4.52 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 ที่มีการเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

พลาสติกนับเป็นวัสดุที่มีสมบัติที่ดีเด่นมากมาย จึงมีการใช้ปริมาณของพลาสติกเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและ จากปริมาณการใช้พลาสติกที่เพิ่มขึ้นอย่างมากมายนี้เอง ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งจะมีผลอย่างมากในอนาคตอันใกล้นี้ ด้วยเหตุนี้จึงมีการรณรงค์เพื่อแก้ปัญหาในเรื่องของขยะพลาสติกซึ่งมีวิธีการอยู่หลายวิธีดังนี้

1. การทำให้เสื่อมสลาย

    1.1 ถมที่

    1.2 เผาทิ้ง

    1.3 ผลิตพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้

2. การใช้วัสดุธรรมชาติทดแทน

3. การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่

    3.1 การนำกลับมาใช้ใหม่ขั้นปฐมภูมิ เป็นการนำพลาสติกที่ผลิตไม่ได้มาตรฐานหรือเศษพลาสติกส่วนเกินมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่

    3.2 การนำกลับมาใช้ใหม่ขั้นทุติยภูมิ เป็นการนำพลาสติกที่ผ่านการใช้แล้วมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่

    3.3 การนำกลับมาใช้ใหม่ขั้นตติยภูมิ เป็นการนำพลาสติกที่ใช้แล้วมาเผาจนเกิดการสลายตัวได้เป็นสารตั้งต้นจำพวกมอนอเมอร์ หรือ สารอินทรีย์อื่นที่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก

    3.4 การนำกลับมาใช้ใหม่ขั้นจตุรภูมิ เป็นการนำพลาสติกที่ใช้แล้วไปเผาโดยจำกัดปริมาณออกซิเจนทำให้ได้พลังงานออกมานำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อ

ในงานวิจัยนี้เป็นการนำพลาสติกผ่านกระบวนการเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่ ในขั้นทุติยภูมิและมีการใช้เทคนิคทางด้านการผลิตพอลิเมอร์ผสม มาจัดการกับปัญหาขยะพลาสติกที่เกิดขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อที่จะได้พอลิเมอร์ที่มีสมบัติพิเศษซึ่งเกิดจากการนำพอลิเมอร์มากกว่าหนึ่งชนิดมาผสมกัน โดยสมบัติของพอลิเมอร์ที่ได้จะขึ้นกับความสามารถในการผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (miscibility) และสัณฐานวิทยา (morphology) ของระบบนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในการเตรียมพอลิเมอร์ผสมคือไม่สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ (incompatible blend) จะเกิดการแยกวัฏภาคของพอลิเมอร์ที่ทำการผสมออกจากกันโดยพอลิเมอร์ต่างชนิดกัน เมื่อนำมาผสมกัน แรงยึดเหนี่ยว (interaction adhesion) ระหว่างพอลิเมอร์แต่ละชนิดจะมีน้อยมากเมื่อเทียบกับระบบพอลิเมอร์ผสมที่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน (compatible blend) ดังนั้น การปรับปรุงแรงยึดติดระหว่างผิวจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ในการเตรียมพอลิเมอร์ผสมที่มีคุณภาพดี ด้วยเหตุนี้จึงมีการวิจัยและพัฒนาในเรื่องดังกล่าวมาโดยลำดับ โดยเฉพาะการใช้สารที่สามารถทำให้พอลิเมอร์แต่ละชนิดละลายในตัวกลางที่ทำให้เกิดการเชื่อมของระบบพอลิเมอร์เข้าด้วยกัน สารดังกล่าวคือสารช่วยผสม หรือ Compatibilizer ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นพอลิเมอร์ร่วม (copolymer) ของพอลิเมอร์แต่ละชนิด สารช่วยผสมที่ใส่เข้าไปในพอลิเมอร์แต่ละระบบ จะมีหน้าที่ เพิ่มแรงยึดติดระหว่างผิว (interfacial adhesion) ให้กับระบบนั้น ๆ ซึ่งจะส่งผลให้สมบัติด้านอื่น ๆ เช่น สมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน และอายุการใช้งานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

พอลิเมอร์หลักที่เลือกทำการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ พอลิโอเลฟินส์ (Po) พอลิอะคริโลไนไตรล์ บิวทาไดอีน สไตรีน (ABS) และ ไนลอน 6 (Nylon 6) เนื่องจากเป็นพลาสติกที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน และด้วยเหตุที่พลาสติกทั้ง 3 ชนิดนี้ ไม่สามารถรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้ จึงได้มีการเลือกใช้สารช่วยผสมที่เหมาะสมกับระบบดังกล่าว ช่วยในการปรับปรุงแรงยึดติดระหว่างผิวของพอลิเมอร์ทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

การศึกษาระบบพอลิเมอร์ผสมได้มีมาเป็นลำดับ โดยในปี ค.ศ. 1986 BO - RUN LIANG และคณะ [1] ได้ทำการผสมพอลิเมอร์ พอลิพรอพิลีน (PP) กับ ไนลอน 6 (Nylon 6) โดยศึกษาการกระจายตัวของเฟส สัณฐานวิทยา และสมบัติการไหล พบว่าที่ shear rate ต่ำ ๆ PP จะมีความหนืดและ normal stress difference (N_1) สูงกว่า Nylon 6 ที่อัตราการฉีดต่ำๆ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นขนาดของเฟสจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า การจัดเรียงตัวดีขึ้นเมื่อ Draw down ratio (DR) เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ความต้านทานการเคลื่อนตัวระหว่างผิว จะขึ้นกับความหนืดของเฟสที่ต่อเนื่อง (continuous phase)

ค.ศ. 1991 C. CARROT และคณะ [2] ได้ทำการผสม พอลิ พรอพิลีน (PP) เข้ากับ พอลิอะคริโลไนไตรล บิวตะไดอีน สไตรีน (ABS) โดยใช้ สารช่วยผสม คือ กราฟท์โคพอลิเมอร์ระหว่าง ABS กับมาเลอิกแอซิด (ABS - g - MA) ทำการศึกษาผลสารช่วยผสมที่มีต่อแรงยึดติดระหว่างผิว (interfacial adhesion) สมบัติเชิงกล สัณฐานวิทยา และ สมบัติทางการไหล จากผลการทดสอบเชื่อได้ว่า ABS - g - MA จะทำปฏิกิริยากับ Nylon 6 ในสภาวะหลอมเหลว ทำให้เพิ่มแรงยึดติดระหว่างผิวของทั้งสองเฟส สมบัติต่าง ๆ จึงดีขึ้น

ค.ศ. 1992 S.S. DAGLI และคณะ [3] ทำการศึกษาพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PPและ Nylon 6 โดยใช้ กราฟท์โคพอลิเมอร์ของอะไครลิก แอซิด กับ PP (AA- g - PP) เป็นสารช่วยผสมทำการผสมโดยใช้กระบวนการแบบ Batch และ Extrusion compounding ซึ่งผลจากสารช่วยผสมทำให้สมบัติทางการไหล (Flow properties) สัณฐานวิทยา (Morphology) และสมบัติต่าง ๆ ของพอลิเมอร์ผสมดีขึ้น และตัวแปรในกระบวนการเช่น screw speed และ residence time มีผลเพียงเล็กน้อยต่อคุณสมบัติที่ได้

ค.ศ. 1995 JAE - DONG LEE และคณะ [4] ทำการผสมพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PP กับ Nylon 6 ซึ่งมีสารช่วยผสม คือ กราฟท์โคพอลิเมอร์ ระหว่าง PP กับ มาเลอิก แอนไฮไดรด์ (PP -g- MAH) โดยทำการเปรียบเทียบ กระบวนการในการผสมก่อนระหว่างแบบขั้นตอนเดียว และ สองขั้นตอน โดยในวิธีแบบสองขั้นตอน จะแบ่งเป็นแบบเกิดปฏิกิริยา และไม่เกิดปฏิกิริยา ในการผสมก่อน ผลที่ได้คือ พอลิเมอร์ผสมที่เตรียมโดยผ่านกระบวนการผสมแบบขั้นตอนเดียว จะมีการปรับปรุงสมบัติเชิงกล และสัณฐานวิทยาดีขึ้น ส่วนการผสมโดยกระบวนการผสมแบบสองขั้นตอนซึ่งมีการเกิดปฏิกิริยาในการผสมก่อน จะมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในด้านการต้านทานการดูดซับน้ำ และลดการสลายตัวซึ่งเกิดเนื่องจากการดูดซับน้ำ นอกจากนี้การเติมสารช่วยผสมยังช่วยลดสมบัติในการดูดซับน้ำ ซึ่งเกิดเนื่องจาก Nylon 6 ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.ศ. 1996 SACHIN N. SATHE และคณะ [5] ได้ทำการผสมไอโซแทคติคพอลิพรอพิลีน (IPP) กับ Nylon 6 โดยใช้ IPP - g - MAH เป็นสารช่วยผสม พบว่านอกจากจะช่วยให้สมบัติเชิงกล และสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมดีขึ้น ยังมีผลให้อุณหภูมิในการหลอมเหลว(T_m) และเปอร์เซนต์ความเป็นผลึกลดลงด้วย

ในปีเดียวกัน PIER LUIGI BELTRAME และคณะ [6] ทำการศึกษาถึงอิทธิพลของสารปรับปรุงแรงยึดติดระหว่างผิวต่อลักษณะทางกายภาพและเคมีของพอลิเมอร์ผสม PP/ Nylon 6 และ PE / PP / Nylon 6 ที่มี Poly (ethylene - co - buthylacrylate - co - maleic anhydride) และ Poly (ethylene - co - vinylacetate) - g - MAH เป็น สารปรับปรุงแรงยึดติดระหว่างผิว จากการศึกษาโดยใช้ เทคนิคทางไมโครสโคป สนับสนุนว่าเกิดแรงเกาะเกี่ยว (interaction) ที่แข็งแรงระหว่างผิวของพอลิเมอร์

ในโครงงานพิเศษนี้ได้ทำการศึกษาพอลิเมอร์ผสมระหว่าง พอลิโอเลฟินส์ (Po) พอลิ - อะคริโลไนไตรล์ บิวทาไดอีน สไตรีน (ABS) และ ไนลอน 6 (Nylon 6) เนื่องจากเป็นพลาสติกทั้งสามมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ทำให้เกิดปัญหาจากขยะพลาสติกเป็นจำนวนมาก แนวทางในการศึกษาการแก้ปัญหาดังกล่าวคือการนำขยะพลาสติกทั้งสามชนิดนี้มาทำการผสมกันเกิดเป็นพอลิเมอร์ผสมระบบใหม่ขึ้นซึ่งจะมีสมบัติของพลาสติกทั้งสามชนิดรวมกัน แต่การรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันของพอลิเมอร์ทั้งสามชนิดนี้จะเป็นไปได้ยาก เนื่องจากมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องใช้สารช่วยผสมในการรวมตัวให้เป็นเนื้อเดียวกัน ในโครงงานพิเศษนี้จึงเป็นการศึกษาผลของปริมาณสารช่วยผสม และผลของปริมาณพอลิเมอร์หลักที่มีต่อระบบพอลิเมอร์ผสม และปรับเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่าง Po / ABS / Nylon 6 เพื่อให้ได้อัตราส่วนที่เหมาะสม และพัฒนาสมบัติในด้านต่าง ๆ ของพอลิเมอร์ผสม ให้เหมาะสมกับการใช้งานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ ในการผลิตพอลิเมอร์ผสมที่ได้จาก ขยะพลาสติกจำพวก Po , ABS และ Nylon 6

2. เพื่อศึกษาผลของสารช่วยผสมที่มีต่อสมบัติทางความร้อน สัณฐานวิทยาและสมบัติการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาสมบัติทางความร้อน สัณฐานวิทยาและสมบัติการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ผสมที่ได้จากขยะพลาสติกจำพวก Po ABS และ Nylon 6 เพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่
2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างพอลิเมอร์ผสมและสารช่วยผสมที่ทำให้สมบัติทางความร้อน สัณฐานวิทยาและสมบัติการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ผสมดีที่สุด

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน

1. นำขยะพลาสติกประเภท HDPE LDPE และ PP มาหลอมรวมกันเพื่อให้ได้เป็น Po
2. ทำการผสมพอลิเมอร์ผสมระหว่าง Po ABS และ Nylon 6 ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ที่สภาวะที่ทำให้ชิ้นงานมีสมบัติเชิงกลดีที่สุด
3. นำพอลิเมอร์ที่ได้มาบดตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ โดยใช้เครื่องบดตัดเม็ดพลาสติก
4. นำพอลิเมอร์ไปขึ้นรูปเป็นดัมเบลล์ โดยใช้เครื่อง ฉีดขึ้นรูปพลาสติก
5. นำไปทดสอบสมบัติทางความร้อน (Thermal properties) สัณฐานวิทยา (Morphological properties)และสมบัติการดูดซับน้ำ (Water absorption)
6. ทำการผสมพอลิเมอร์กับสารช่วยผสมที่ปริมาณต่าง ๆ โดยใช้สภาวะเดียวกับการผสมพอลิเมอร์ที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสม
7. นำพอลิเมอร์ที่ได้มาบดเป็นชิ้นเล็ก ๆ โดยใช้เครื่องบดตัดพลาสติก
8. นำพอลิเมอร์ไปขึ้นรูปเป็นดัมเบลล์ โดยใช้เครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติก
9. นำไปทดสอบเช่นเดียวกับในกรณีไม่ได้เติมสารช่วยผสม
10. สรุปผลและวิจารณ์พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้น

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงความสามารถในการใช้สารช่วยผสม ในการปรับปรุงแรงยึดติดระหว่างผิวของระบบพอลิเมอร์ผสม
2. ทราบถึงความเป็นไปได้ที่จะนำพอลิเมอร์ผสมที่เตรียมได้ไปใช้งานตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ
3. ทราบถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมของพอลิเมอร์หลักและสารช่วยผสม ที่จะให้สมบัติทางความร้อน สัณฐานวิทยาและสมบัติการดูดซับน้ำที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

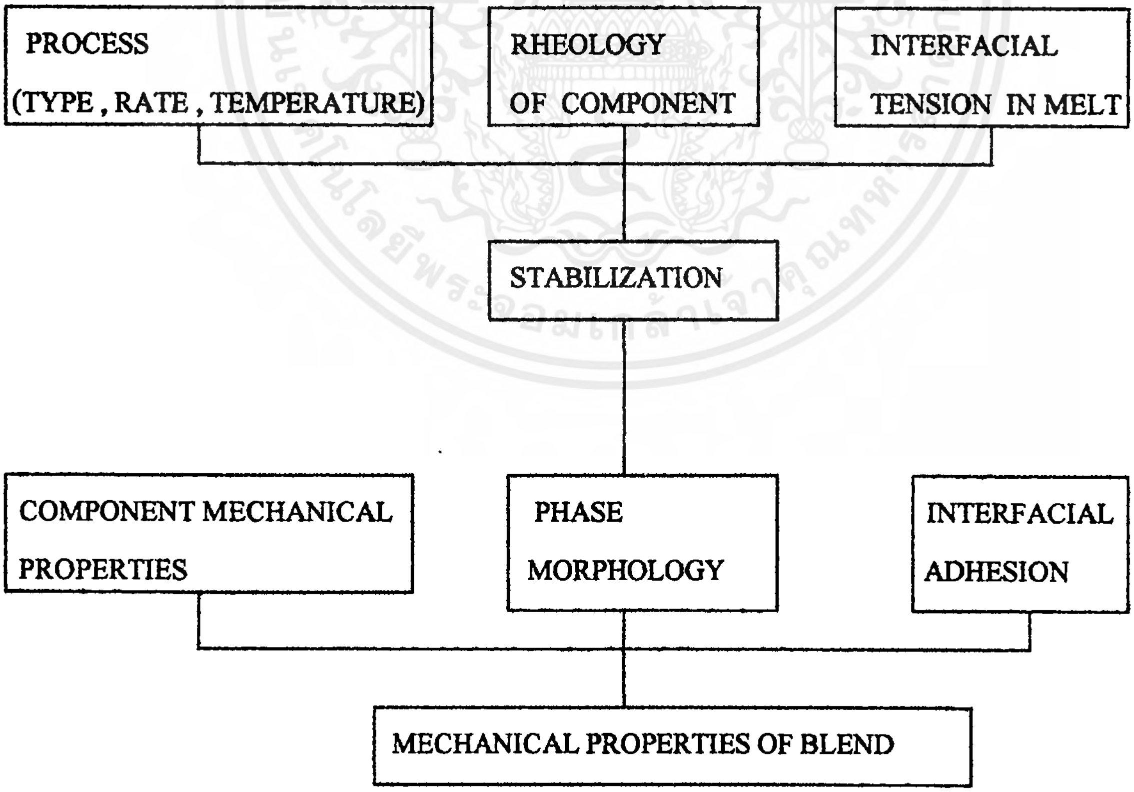
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

ปัจจุบันพอลิเมอร์ผสม (Polymer blend) ได้มีการวิจัยและพัฒนามาอย่างกว้างขวางเพื่อให้เกิดพอลิเมอร์ผสมระบบใหม่ที่สามารถนำไปใช้มากขึ้น โดยนำข้อดีของพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ มาผสมรวมกันเพื่อให้ได้พอลิเมอร์ที่มีสมบัติตามต้องการ

2.1 พอลิเมอร์ผสม (Polymer Blend)

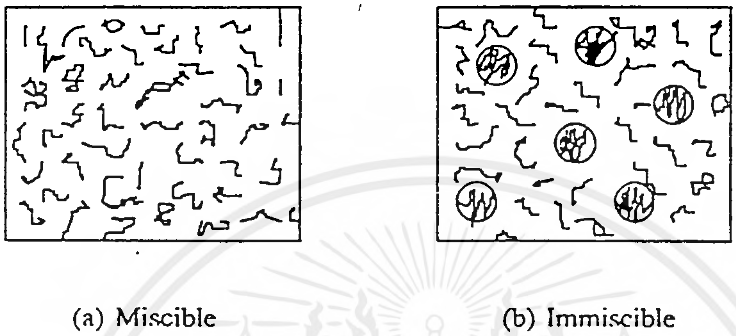
พอลิเมอร์ผสมเป็นการนำพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแตกต่างกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผสมเข้าด้วยกัน โดยโครงสร้างของพอลิเมอร์หลักทั้งสองชนิดที่นำมารวมกันนี้อยู่รวมกัน โดยไม่เกิดพันธะโควาเลนท์ระหว่างกัน ซึ่งสมบัติของพอลิเมอร์ที่ได้นี้จะแตกต่างจากสมบัติของพอลิเมอร์หลักที่นำมาผสมกัน โดยปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อสมบัติ (end – use properties) ของพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ แสดงได้ดังรูปที่2.1



รูปที่ 2.1 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของพอลิเมอร์ผสม [7]

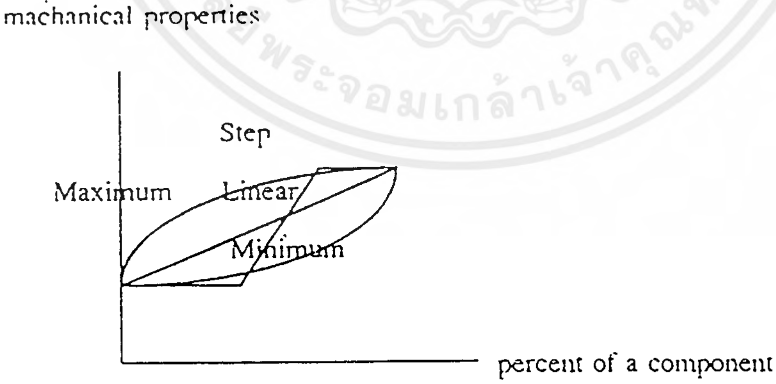
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปพอลิเมอร์ผสมจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ พอลิเมอร์ผสมที่สามารถรวมเข้ากันเป็นเนื้อเดียว (miscible blend) และพอลิเมอร์ผสมที่ไม่สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้ (immiscible blend) ซึ่งปรากฏให้เห็นเป็นหลายวัฏภาค ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงความเป็นไปได้ทางสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมสองชนิด [7]

พอลิเมอร์ที่สามารถรวมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ จะมีสมบัติที่ดีของพอลิเมอร์รวมกันซึ่งอาจแสดงได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงศักยภาพการตอบสนองทางสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสม [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของการผสมพอลิเมอร์

1. เพื่อปรับปรุงให้พอลิเมอร์มีสมบัติดีขึ้น ในราคาที่เหมาะสม
2. เป็นการขยายขีดความสามารถในการนำไปใช้ประโยชน์ของพอลิเมอร์ที่มีราคาแพง
3. เป็นการนำพลาสติกที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ให้เป็นประโยชน์
4. เพื่อสร้างวัสดุที่มีเอกลักษณ์พิเศษเหมาะที่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ

2.2. ความสามารถในการเข้ากันได้ (Compatibility)

Compatibillity หมายถึง ความสามารถในการละลายเข้ากันได้ (miscibility) ของพอลิเมอร์ที่นำมาผสมกัน โดยสมบัติของพอลิเมอร์ผสมชนิดใหม่นี้ จะมาจากสมบัติของพอลิเมอร์หลักรวมกัน ซึ่งทราบได้จากการศึกษา และทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของพอลิเมอร์ผสม

สาเหตุและปัญหาที่ทำให้พอลิเมอร์ไม่สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ได้แก่

1. พลังงานอิสระในการผสม (free energy of mixing) มีค่าเป็นบวก ทำให้เกิดการแยกชั้นระหว่างพอลิเมอร์

Thermodynamic miscibility เป็นสิ่งแรกที่ต้องพิจารณาในการผลิตพอลิเมอร์ผสม ซึ่งความเข้ากันได้ (miscibility) ของพอลิเมอร์ผสมนี้ ถูกกำหนดโดยสมดุลเอนโทรปี (entropy) ซึ่งมีผลต่อค่าพลังงานอิสระของการผสม สารโมเลกุลเล็ก ๆ เอนโทรปีจะมีค่าสูงพอที่จะเกิด miscibility ได้ แต่สำหรับพอลิเมอร์เอนโทรปีจะมีค่าต่ำจนเกือบศูนย์ จึงทำให้ miscibility ของพอลิเมอร์ผสม ถูกกำหนดโดยเอนทาลปีเพียงอย่างเดียว การเปลี่ยนแปลงของพลังงานอิสระในการผสมเป็นดังสมการที่ 2.1

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \qquad \text{........(2.1)}$$

G = พลังงานอิสระในการผสม (free energy of mixing)

H = เอนทาลปี (enthalpy)

S = เอนโทรปี (entropy)

T = อุณหภูมิ (Temperature)

การที่พอลิเมอร์จะสามารถผสมเข้ากันได้ พลังงานอิสระในการผสมจะต้องตรงตามเงื่อนไขดังสมการ 2.2 และ 2.3

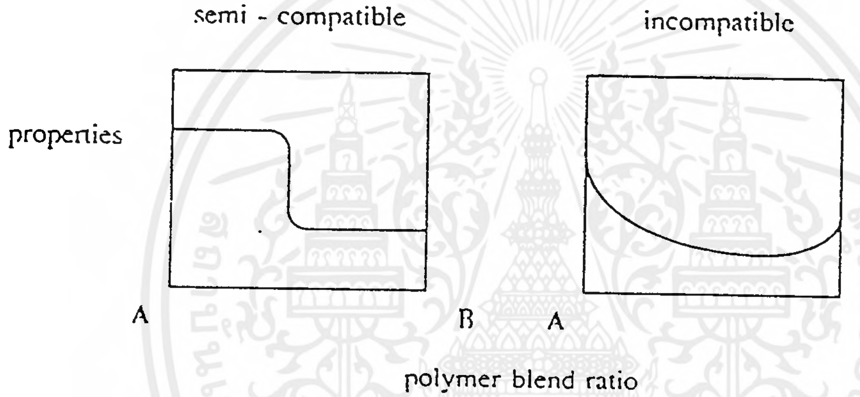
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\Delta G < 0 \qquad \text{........(2.2)}$$

$$\partial^2 (\Delta G / \partial \phi^2)_{P,T} > 0 \qquad \text{........(2.3)}$$

เมื่อ ϕ เป็นเศษส่วนโมล (molar fraction) ของพอลิเมอร์หนึ่งองค์ประกอบ

เมื่อนำสมบัติและอัตราส่วนระหว่างพอลิเมอร์ทั้งสองมาเขียนกราฟจะได้กราฟลักษณะรูปตัวเอส ในกรณีที่สามารถเข้ากันได้บ้าง และได้กราฟรูปตัวยู ในกรณีที่ไม่สามารถเข้ากันได้ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพอลิเมอร์ผสมกับอัตราส่วนขององค์ประกอบในพอลิเมอร์ผสม [7]

2.ไม่สามารถอธิบายได้ว่า ความสัมพันธ์ที่ทำให้พอลิเมอร์ทั้งสองผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น แรงดึงดูดระหว่างขั้ว และพันธะไฮโดรเจนเกิดขึ้นทั้งโมเลกุลของสายโซ่หรือเกิดขึ้นระหว่างกลุ่มที่เฉพาะเจาะจงในสายโซ่พอลิเมอร์เท่านั้น

3. ส่วนผสมของพอลิเมอร์ที่นำมาผสม ส่งผลให้สมบัติของพอลิเมอร์ผสมเปลี่ยนแปลงไป

4.ในการเขียนกราฟระหว่างสมบัติกับอัตราส่วนของพอลิเมอร์ที่ใช้ (ดังรูปที่2.4) สมบัติที่ทดสอบจะต้องได้จากแต่ละเฟสที่แยกกัน ซึ่งในบางครั้งพอลิเมอร์ที่ได้มิได้แยกเฟสอย่างชัดเจน

5.พบว่าการผสมพอลิเมอร์ต่างชนิดกันอาจทำให้กระบวนการตกผลึกของพอลิเมอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้ได้สมบัติบางอย่างที่ไม่ต้องการออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิเมอร์ผสมที่ไม่สามารถเข้ากัน (incompatible blend) ได้นั้น จำเป็นต้องนำมาปรับปรุงแรงยึดติดระหว่างผิวที่อยู่ระหว่างเฟสของพอลิเมอร์ทั้งสองโดยแยกกันอยู่อย่างชัดเจนทั้งนี้เพื่อให้สมบัติดีขึ้น ส่วนของสัณฐานวิทยา(morphology)ของพอลิเมอร์ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญสองประการ ได้แก่

1. องศาการกระจายตัวของเฟสพอลิเมอร์หลักทั้งสองชนิด

2. รูปร่างและขนาดอนุภาคของเฟสที่กระจายตัวอยู่ในพอลิเมอร์ผสม ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับสมบัติเทอร์โมไดนามิกส์และลักษณะการไหลของพอลิเมอร์หลักที่เป็นองค์ประกอบทั้งสองชนิด รวมถึงวิธีการผสม สภาวะในการผสม และกระบวนการในการขึ้นรูปด้วย

โครงสร้างของพอลิเมอร์ผสมที่ไม่สามารถเข้ากันได้นั้น เรียกว่า heterogeneous ซึ่งจะมีลักษณะเป็น continuous phase ของพอลิเมอร์หลักชนิดหนึ่ง และมี disperse phase ของพอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่งกระจายตัวอยู่ภายใน โดยจะแยกกันอยู่อย่างชัดเจน และมีลักษณะเป็น phase boundary จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่า รูปร่างและขนาดของเฟสที่กระจายตัว และองศาการกระจายนั้นจะขึ้นอยู่กับ สมบัติการไหลของพอลิเมอร์หลัก ซึ่งสามารถปรับปรุงลักษณะสัณฐานวิทยานี้ได้โดยใช้สารช่วยในการผสม (compatibilizer)

การผสมเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ผสมดูได้จากค่าความสามารถในการละลาย (Solubility parameter) ซึ่งเป็นตัวแปรทางเทอร์โมไดนามิกส์ มีหน่วยเป็น $J^{2/3}cm^{-3/2}$ ซึ่งอาจหาได้จากการคำนวนหรือการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความสามารถในการละลายของพอลิเมอร์ (Solubility)[10]

พอลิเมอร์	ค่าความสามารถในการละลาย (J/m^3)$^{1/2}$
PP	18.8
PE	16.2
Nylon 6	24.3 – 29.7
Polybutadiene	17.2 –17.6
Polystyrene	17.6 – 19.8
Polyacrylonitrile	25.27 – 23.07

2.3 สารช่วยในการผสม (compatibilizer)

สารช่วยในการผสมใช้ผสมลงในพอลิเมอร์เพื่อช่วยในการละลายและลดแรงตึงผิว (surface tension) ซึ่งกันและกัน ระหว่างเฟสที่แยกกันอยู่ของพอลิเมอร์หลักทั้งสองชนิด ทำให้ขนาดของอนุภาคเฟสที่กระจายลดลง และเป็นการเพิ่มแรงยึดติดระหว่างผิว (interfacial adhesion) ของแต่ละเฟสด้วย ทำให้พอลิเมอร์ผสมสามารถรับและกระจายแรงมากขึ้น (improved stress transfer) นอกจากนี้สารช่วยผสมจะเพิ่มโครงสร้างที่เป็นเส้นตรงในพอลิเมอร์ผสม ทำให้พอลิเมอร์ผสมทั้งสองชนิดสามารถผสมเข้ากันได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารช่วยผสมที่ใช้กันอยู่เป็นพอลิเมอร์ร่วม (copolymer) ที่มีองค์ประกอบของพอลิเมอร์หลักทั้งสองชนิด ทำให้สามารถละลายได้ทั้งสองเฟสและทำตัวเป็นสะพานเชื่อมทั้งสองเฟส พอลิเมอร์ผสมที่ใช้สารช่วยผสมจะมีสมบัติดีกว่าพอลิเมอร์ที่ไม่ได้ใช้สารช่วยผสม ซึ่งการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ผสมโดยวิธีนี้ จะขึ้นอยู่กับค่าองศาการเข้ากันได้ที่ได้จากสารช่วยผสม

สารช่วยผสมที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ Polybond 3150 ซึ่งเป็น Maleic anhydride modified homopolymer polypropylene มีสมบัติดังนี้

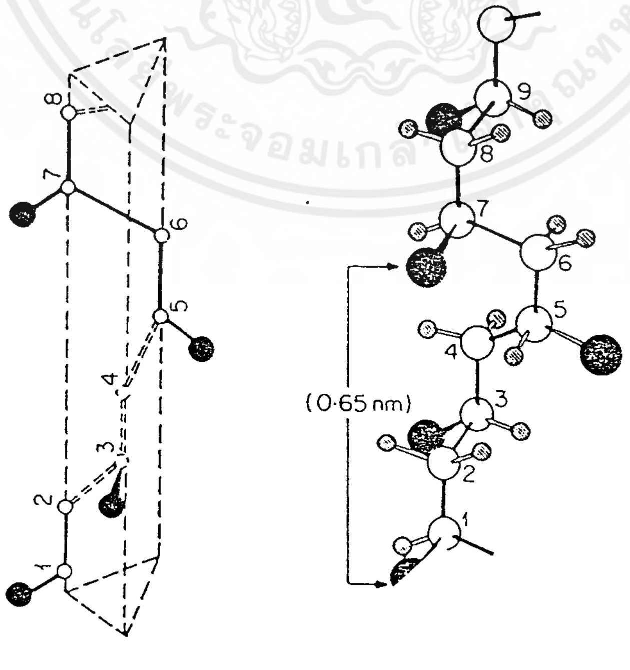
- Melt Flow Rate 50 g / 10 min
- Density at 23 °c 0.91 g / cc.
- Melting Point 157 °c

โดยสารช่วยผสมนี้นิยมใช้ในการผสมพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอไมด์ และพอลิ - พรอพิลีนกับไวนิลแอลกอฮอล์ เพื่อช่วยปรับปรุงความสามารถในการผลิต และสมบัติเชิงกลตลอดจนความเสถียรภาพทางความร้อน

2.4 พอลิโอเลฟินส์

2.4.1 พอลิพรอพิลีน (PP)

พอลิพรอพิลีน เป็นเทอร์โมพลาสติกชนิดหนึ่งที่มีสูตรโครงสร้างดังนี้

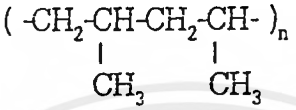


รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างทางเคมีของพอลิพรอพิลีน [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

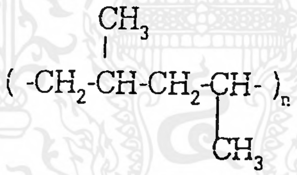
พอลิพรอพิลีนสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ตามลักษณะการเกาะของหมู่เมทิลบนโซ่โมเลกุลหลักได้แก่

1. ไอโซแทคติกพอลิพรอพิลีน (Isotactic polypropylene) โครงสร้างแบบนี้มีลักษณะการเกาะของหมู่เมทิล ด้านเดียวกันบนโซ่โมเลกุลหลัก ลักษณะเช่นนี้โครงสร้างโมเลกุลมีความเป็นระเบียบสูง ส่งผลให้การตกผลึกดีที่สุด แสดงสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 2.6



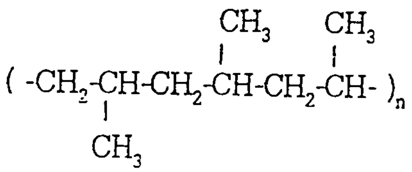
รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างทางเคมีของไอโซแทคติคพอลิพรอพิลีน

2. ซินดิโอแทคติกพอลิพรอพิลีน (Syndiotactic polypropylene) โครงสร้างแบบนี้มีลักษณะการเกาะของหมู่เมทิล สลับกันบนโซ่พอลิเมอร์หลักอย่างเป็นระเบียบ ลักษณะเช่นนี้ทำให้โครงสร้างมีความเป็นระเบียบลดลง ซึ่งส่งผลให้การตกผลึกลดลงด้วย โดยโครงสร้างของซินดิโอแทคติกพอลิพรอพิลีน แสดงสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างทางเคมีของซินดิโอแทคติคพอลิพรอพิลีน

3. อะแทคติกพอลิพรอพิลีน (Atactic polypropylene) โครงสร้างแบบนี้มีลักษณะการเกาะของหมู่เมทิลบนโซ่พอลิเมอร์หลักอย่างเป็นระเบียบ ลักษณะเช่นนี้ทำให้มีการตกผลึกน้อยที่สุด โดยโครงสร้างของอะแทคติกพอลิพรอพิลีนแสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างทางเคมีของอะแทคติคพอลิพรอพิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของพอลิพรอพิลีน

ข้อดี

1. สัมประสิทธ์ความเสียดทานต่ำ
2. ฉนวนไฟฟ้าที่ดี
3. ทนความชื้น
4. ทนต่อแรงเค้น
5. ทนสารเคมี
6. มีความโค้งงอดีเยี่ยม

ข้อเสีย

1. สลายตัวต่อรังสี UV
2. ไม่ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ
3. ติดไฟ
4. ละลายในตัวทำละลายที่มีคลอรีนหรืออะโรมาติก
5. ทำการเชื่อมได้ยาก
6. โลหะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกริยาออกซิเดชัน

2.4.2 พอลิเอทิลีน (PE)

เกิดจากพอลิเมอร์ไรเซชันของเอทิลีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมีลักษณะเป็นไขจนถึงน้ำหนักโมเลกุลสูงและความเป็นผลึกสูง

พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) พอลิเมอไรเซชันผ่านกลไกอนุมูลอิสระมีออกซิเจนหรือเปอร์ออกไซค์เป็นตัวริเริ่ม อุณหภูมิใกล้ 250 °C ความดัน 3000 บรรยากาศ ความร้อนที่คายออกมาทำให้ได้ผลิตผลต่ำ หากเติมมอนอเมอร์ที่มีขั้ว เช่น acrylate vinyl ester และ vinyl ether ระหว่างกระบวนการสังเคราะห์ทำให้พอลิเมอร์ที่ได้มีสมบัติเปลี่ยนไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งมีปริมาณผลึกลดลงช่วยให้พอลิเมอร์มีสภาพดัดโค้งได้ที่อุณหภูมิต่ำ LDPE มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 6,000 – 40,000

กลไกอนุมูลอิสระที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเอทิลีนจากเอทิลีนมอนอเมอร์ทำให้เกิดโซ่กิ่งมากขึ้น โซ่กิ่งโดยมากเป็นหมู่อัลคิลสั้น ๆ ที่ความดันต่ำและการเปลี่ยนแปลงสูง โซ่กิ่งเหล่านี้เป็นจุดบกพร่องทำให้ปริมาณผลึกลดลง ความหนาแน่น และจุดหลอมเหลวของ LDPE จึงต่ำเมื่อเทียบกับ HDPE พอลิเอทิลีนแบ่งตามความหนาแน่นได้หลายชนิด แต่ในที่นี้จะขอกล่าวเพียง LDPE และ HDPE ซึ่งมีสมบัติดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LDPE โครงสร้างมีโซ่กิ่งสาขายาว มีความหนาแน่นต่ำ (0.91 – 0.92 g /cm^3) ส่วน HDPE มีโซ่กิ่งสาขาน้อย มีความเป็นผลึกสูงกว่า ความหนาแน่นสูงกว่า LDPE (0.941 – 0.965 g/cm^3) ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาพิเศษในการสังเคราะห์

เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของพอลิเอทิลีน

ข้อดี

1. ราคาถูก
2. เป็นฉนวน
3. ทนความชื้น
4. ทนสารเคมี
5. ใช้บรรจุอาหารได้ดี
6. ขึ้นรูปใช้งานได้โดยกระบวนการทั่วไป

ข้อเสีย

1. ขยายตัวมากเมื่อได้รับความร้อน
2. ไม่ทนสภาพดินฟ้าอากาศ
3. แตกหัก ยากที่จะเชื่อมต่อ
4. ติดไฟได้

สมบัติบางประการของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ความหนาแน่นสูงและพอลิพรอพิลีน แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงสมบัติบางประการของพอลิโอเลฟีนส์ [9]

สมบัติ	LDPE	HDPE	PP
Specific Gravity	0.91-0.93	0.94-0.97	0.90-0.91
Crystallinity %	50-70	80-95	82
Melt Temperature °C	98-120	127-135	165-171
Tensile Strength Mpa	4.1-16	21-38	31-41
Tensile Modulus Gpa	0.10-0.26	0.41-1.24	1.10-1.55
Elongation to break %	90-800	20-130	100-600
Impact Strength	no break	27-1068	21-53
Heat Deflection Temperature °C	38-49	60-88	225-250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 พอลิเอไมด์ (Polyamides , PA)

เตรียมจากกรดอะมิโนหรือไดเอมีน ทำปฏิกิริยากับไดแอสิด พอลิเมอร์ในกลุ่มนี้เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดผลึกได้จึงทึบแสง ความเป็นผลึกทำให้พอลิเอไมด์มีสมบัติต้านความแข็งแกร่ง ความแข็งแรง ความทนต่อความร้อน ไนลอนทุกตัวดูดน้ำได้ มีลักษณะใสในขณะหลอมอยู่ ขึ้นรูปยากกว่าเทอร์โมพลาสติกชนิดอื่น ๆ (ตารางที่ 2.3)

เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของพอลิเอไมด์

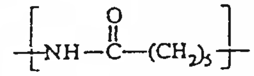
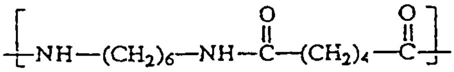
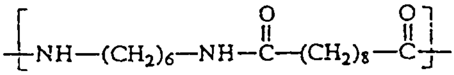
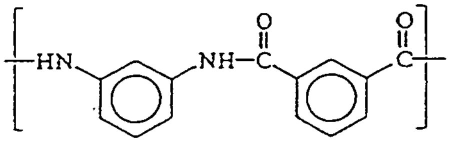
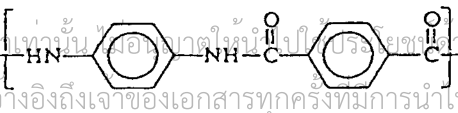
ข้อดี

1. เหนียว แข็งแรง ความต้านทานแรงกระแทกสูง
2. สัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่ำ
3. ทนต่อการขีดข่วน
4. ใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้
5. ทนทานต่อสารเคมี

ข้อเสีย

1. ดูดความชื้น
2. ไม่ทนต่อกรดแก่ด่างแก่
3. ไม่ทนรังสี UV
4. หดตัวมากในแม่พิมพ์
5. มีสมบัตินำไฟฟ้าได้เนื่องจากความชื้นที่ดูดซับไว้

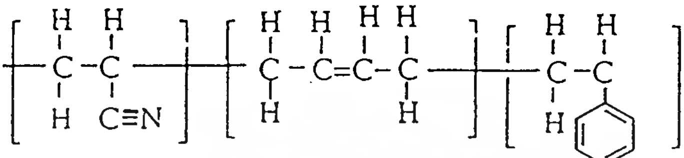
ตารางที่ 2.3 แสดงโครงสร้างทางเคมีที่สำคัญของพอลิเอไมด์[9]

มอนอเมอร์	พอลิเมอร์	โครงสร้าง
Caprolactam	Poly(ε-caprolactam) (nylon-6)	
Hexamethylene diamine adipic acid	Poly(hexamethylene adipamide) (nylon-6,6)	
Hexamethylene diamine sebasic acid	Poly(hexamethylene sebacamide) (nylon-6,10)	
Isophthaloyl chloride *m*-phenylenediamine	Poly(*m*-phenylene isophthalamide) (Nomex™)	
Terephthaloyl chloride *p*-phenylenediamine	Poly(*p*-phenylene terephthalamide) (Kevlar™)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 อะคริโลไนตริล บิวทาไดอีน สไตรีน (ABS)

สมบัติของโคพอลิเมอร์ขึ้นอยู่กับเปอร์เซนต์มอนอเมอร์แต่ละชนิดที่อยู่ในโค-พอลิเมอร์ อะคริโลไนไตรทนน้ำมัน บิวทาไดอีนทนแรงกระแทก และสไตรีนทำให้โครงสร้างแข็งแรงขึ้น ซึ่งสามารถผ่านกรรมวิธีต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น



acrylonitrile butadiene styrene

ประโยชน์ใช้ทำอุปกรณ์ที่ใช้ภายในบ้าน กล้องถ่ายรูป ท่อ กล่องแบตเตอรี่ กล่องเครื่องมือ ทำชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ เพราะมีน้ำหนักเบานิยมใช้ผสมในพอลิเมอร์อื่นเช่น

ABS / PA ทนทานต่อสารเคมีดีเยี่ยมและทนต่ออุณหภูมิสูงใช้ทำชิ้นส่วนรถยนต์

ABS / PC ใช้ทำอุปกรณ์เครื่องใช้ภายในบ้าน

ABS / PVC ใช้ทำใบพัดในเครื่องทำความเย็น ตัวคอมพิวเตอร์เพราะมีความ-เหนียว และ ความต้านทานแรงกระแทกสูง

ABS / EPDM ปรับปรุงความสามารถรับแรงกระแทกที่อุณหภูมิต่ำและมอดุลัสต่ำ

2.7 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

2.7.1 เครื่อง Differential Scanning Calorimetry (DSC)

เทคนิค DSC เป็นเทคนิคการวิเคราะห์สารด้วยความร้อนที่นิยมใช้อย่างกว้างขวาง เครื่อง DSC-50 ที่ใช้วิเคราะห์ในโครงงานนี้เป็นชนิด Heat Flux DSC ที่มีหลักการทำงานเดียวกันกับ Differential Thermal Analysis (DTA) สารตัวอย่างและสารอ้างอิงจะอยู่บนเทอร์โมคัพเพิลที่ต่อกับเตาเผา เมื่อให้ความร้อนแก่สารตัวอย่างและสารอ้างอิงที่เฉื่อยหรือทำให้เย็นลง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงในสารตัวอย่างทำให้อุณหภูมิของสารตัวอย่าง (Ts) และสารอ้างอิง (Tr) แตกต่างกัน เมื่อวัดความแตกต่างของอุณหภูมิ แล้วพล็อตเทียบกับเวลาหรืออุณหภูมิ จะได้เส้นกราฟของ DSC ค่าความแตกต่างของอุณหภูมินี้จะเป็น สัดส่วน กับความแตกต่างของความร้อนที่ไหลสู่ตัวอย่างและสารอ้างอิง เมื่อพล็อตค่าความร้อนในหน่วย mW (mJ/sec ; 1 mJ/sec = 0.21 mCal/sec) กับอุณหภูมิ พีกที่อยู่เหนือแกนแสดงถึงการคายความร้อน และพีกที่อยู่ใต้แกนแสดงถึงการดูดกลืนความร้อน โดยปริมาณความร้อนคำนวนได้จากพื้นที่ใต้พีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.7.2 เครื่องทดสอบการเบี่ยงเบนทางความร้อน (DTUL)

เป็นการทดสอบสมบัติทางความร้อน ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ โดยจะให้แท่งชิ้นงานที่จมอยู่ในตัวกลางที่นำความร้อน (heat tranfer medium) ได้รับแรงกดที่จุดศูนย์กลางพร้อมกันนั้นจะทำการวัดอุณหภูมิของตัวกลางที่นำความร้อนโดยทำการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งชิ้นงานเกิดการเสียรูป อุณหภูมิที่จุดดังกล่าวคือ อุณหภูมิที่ชิ้นงานเกิดการเสียรูปภายใต้แรงกด (Deflection temperature under flexural load of the test specimen)

ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิที่ชิ้นงานเกิดการเสียรูปภายใต้แรงกดคือ

1. โครงสร้างของพอลิเมอร์
2. การรับแรงของสารตัวเติมและชนิดของสารตัวเติม
3. ความเสถียรของการเกิดออกซิเดชัน
4. ความเค้นภายในแม่พิมพ์
5. ลักษณะของชิ้นงาน

2.7.3 เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

เป็นเทคนิคที่ใช้ลำแสงอิเลคตรอน (electron beam) ในการตรวจวัดโครงสร้างขนาดเล็กของวัสดุทางวิศวกรรม โดยทำการยิงอิเลคตรอนเข้าชนพื้นผิวที่มีการนำไฟฟ้า ทำให้เกิดการสะท้อนกลับของอิเลคตรอน (back scattering) เนื่องจากการชนกับนิวเคลียส หรือการเกิด X – ray photon และจากการที่ อิเลคตรอนในระดับพลังงานที่สูงกว่า คายพลังงานเข้าแทนที่อิเลคตรอนที่หลุดออกไป

ในการใช้เทคนิคนี้กับวัสดุพวกพอลิเมอร์ซึ่งไม่นำไฟฟ้าจึงต้องมีการเคลือบผิวด้วยวัสดุที่นำไฟฟ้า ที่นิยมใช้เช่น ทอง ทอง – พัลลาเดียม โดยใช้เทคนิค Sputter coating ในการเคลือบผิว eleectron beam ที่มีพลังงานสูงอาจทำให้สัณฐานวิทยาของพื้นผิวเสียไป เช่นการสูญเสียมวลบางส่วน เกิดการแตกพองหรือหัก

ความแตกต่างของภาพ SEM เกิดขึ้นเมื่อมีการขจัดผิวหน้าของวัสดุออกซึ่งทำได้หลายวิธี เช่นการตัด (cutting) การหัก (fracturing) การทำแม่พิมพ์ (etching) หรือการทำให้บวม (swelling)

การสกัดด้วยตัวทำละลายจะทำให้ได้ภาพ SEM ที่สับสนได้เนื่องจากการสกัด อาจมีบางส่วนที่สกัดออกไม่หมดเกิดเป็นเจลหรือการระเหยตัวทำละลายจะทำให้เกิดฟองอากาศขึ้น

การทำให้บวมโดยใช้ตัวทำละลาย (solvent swelling) เป็นวิธีที่เชื่อถือได้ ควบคุมอัตราการบวมตัวโดยอัตราการแพร่ของตัวทำละลายซึ่งขึ้นกับรากที่สองของเวลา ส่วนปริมาณของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบวมตัวขึ้นกับอุณหภูมิ การแยกเฟสจะต้องให้เฟสหนึ่งละลายด้วยตัวทำละลาย ส่วนอีกเฟสหนึ่งไม่เกิดการละลาย การใช้เทคนิคนี้จะให้พื้นผิวที่ราบเรียบ ภาพที่คมชัดและแยกเฟสได้ถึงขนาด 100 nm

2.7.4 เครื่อง Optical Microscopy

เป็นเทคนิคที่ใช้ศึกษาพอลิเมอร์ที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันที่ง่าย ราคาถูก และไม่ทำลายสมบัติของชิ้นงาน สามารถแยกวัตถุที่มีขนาด 1 μm ออกจากกันได้ เมื่อชิ้นงานมีขนาดเท่ากัน ชิ้นงานที่นำมาตรวจสอบควรมีลักษณะบาง ความหนาที่จะใช้จะอยู่ในช่วง 5 – 10 μm ซึ่งเตรียมได้ค่อนข้างยากชิ้นงานจะถูกปิดทับด้วยตัวกลางที่แสงผ่านได้ เช่น แก้ว เป็นต้น ลักษณะของชิ้นงานควรจัดให้มีความสมดุลย์ระหว่างความคมชัดของภาพและความแตกต่างของสี

เทคนิคที่ใช้ในการแยกเฟส

1. Polalize light contrast สามารถใช้แยกเฟสที่มีการจัดเรียงตัวต่างกัน เช่น อสัณฐาน หรือความเป็นผลึก แต่ไม่เหมาะกับระบบที่มีการจัดเรียงตัวมากกว่า 1 เฟส ใช้ได้ดีกับพวกไฟเบอร์ และใช้ร่วมกับเทคนิคอื่น ๆ ได้

2. Phase contrast เหมาะกับชิ้นงานที่มีความบาง น้อยกว่า 10 nm และการเปรียบเทียบต่ำ โดยความแตกต่างของสีปรากฏที่บริเวณขอบ

3. Differential interference contrast ใช้การเปรียบเทียบระหว่างเฟส มีความสามารถในการแยกได้ดีเหมาะกับวัตถุที่เป็น birefringent

4. Fluoresconce เป็นเทคนิคที่มีความว่องไวใช้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีได้ เช่น เกิดการเปลี่ยนสภาพ ทำให้เกิดโครงสร้างที่เป็นคอนจูเกต จึงทำให้อิเลคตรอนเคลื่อนที่ได้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การวิจัยและดำเนินงาน

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 เม็ดพลาสติกพอลิพรอพีลีนของบริษัท HMC

3.1.2 เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ของ TPI

3.1.3 เม็ดพลาสติกอะคริโลไนไตรล์ บิวทาไดอีน สไตรีน ของ TPI

3.1.4 เม็ดพลาสติกพอลิเอไมด์ 6 ของ TPI

3.1.5 ขวดพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

3.1.6 สารช่วยผสม Polybond ของ Uniroyal Chemical

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single Screw Extruder)

3.2.2 เครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อน (Differential Scanning Calorimeter, DSC)

3.2.3 เครื่อง Deflection Temperature Under Load (DTUL)

3.2.4 เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

3.2.5 เครื่อง Optical Microscopy

3.2.6 เครื่องตัดพลาสติก

3.2.7 เครื่องชั่งแบบดิจิตอล

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.3.1 เตรียมพอลิเมอร์ผสมแต่ละระบบที่มีอัตราส่วนของพอลิเมอร์หลักและสารช่วยผสม ในปริมาณที่แตกต่างกันไปตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้

3.3.2 นำมาขึ้นรูปโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูป

3.3.3 ทำการทดสอบสมบัติทางความร้อน สัณฐานวิทยาและสมบัติการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ผสมแต่ละอัตราส่วน

3.3.4 สรุปผลและนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

ในการทดลองจะแบ่งพอลิเมอร์ผสมออกเป็น 2 ระบบ ดังนี้

ก) ระบบพอลิเมอร์ผสมก่อนการเติมสารช่วยผสม

1. เตรียมพอลิโอเลฟิน (Polyolefin , Po)

1.1 นำขวดน้ำดื่มพลาสติก HDPE มาล้างทำความสะอาด ตากให้แห้ง จากนั้นนำเข้าเครื่องตัดพลาสติก เพื่อทำการย่อยพลาสติกให้มีขนาดเล็กลง

1.2 นำพลาสติกที่ได้จากข้อ 1.1 มาผสมกับเม็ดพลาสติก LDPE และเม็ดพลาสติก PP ในอัตราส่วนที่เท่ากัน ในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว โดยใช้อุณหภูมิแต่ละโซน 140 150 160 170 องศาเซลเซียส

2. เตรียมพอลิเมอร์ผสม

2.1 ทำการชั่งน้ำหนักเพื่อทำการผสม โดยปริมาณ และอัตราส่วนของ Po ,ABS และ Nylon 6 เป็นไปตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนของ Po , ABS และNylon 6

สูตร	อัตราส่วนระหว่าง Po : ABS : Nylon 6	Po (g)	ABS (g)	Nylon 6 (g)
A	50 : 25 :25	3600	1800	1800
B	25 : 50 : 25	1800	3600	1800
C	25 : 25 :50	1800	1800	3600

2.2 ทำการผสมในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว โดยใช้อุณหภูมิในการผสมและความเร็วรอบในการผสมที่ทำให้พอลิเมอร์ผสมมีสมบัติเชิงกลดีที่สุด ตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงอุณหภูมิในการผสมและความเร็วรอบในการผสม

อัตราส่วนระหว่าง Po : ABS : Nylon 6	Po (g)	ABS (g)	Nylon 6 (g)	อุณหภูมิในการผสม (องศาเซลเซียส)	ความเร็วรอบ รอบ /นาที
50 : 25 : 25	400	200	200	180	40
25 : 50 : 25	200	400	200	200	60
25 : 25 : 50	200	200	400	190	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำมาขึ้นรูปชิ้นงาน เพื่อเตรียมวัดสมบัติทางความร้อน สัณฐานวิทยา และสมบัติการดูดซับน้ำ

4. การทดสอบ

4.1 สมบัติทางความร้อน (Thermal properties)

4.1.1 Differential Scanning Calorimeter (DSC)

ชั่งพลาสติกใน pan สำหรับทดสอบด้วยเครื่อง DSC จำนวน 5 – 10 mg ให้ทราบปริมาณสารที่แน่นอน แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC โดยใช้อัตราการให้ความร้อน 10 องศาเซลเซียส / นาที อุณหภูมิสูงสุด 270 องศาเซลเซียส และอัตราให้ความเย็น 10 องศาเซลเซียส /นาที

จากนั้นทำการศึกษาอุณหภูมิการตกผลึก (T_c) อุณหภูมิการหลอมเหลว (T_m) และ พื้นที่ใต้กราฟ การคำนวนหา Heat of crystallization (H_c) และ Heat of fusion (H_f) ต่อน้ำหนักสารตัวอย่าง ดังนี้

$$\Delta H = \frac{\text{พื้นที่ใต้กราฟ (mj)}}{\text{น.น.สารตัวอย่าง (mg)}}$$

4.1.2 Deflection Temperature Under Load (DTUL)

ทำการทดสอบโดยใช้ชิ้นงานขนาดความยาว 127 มม. ความกว้าง 13 มม. จุ่มในตัวกลางที่นำความร้อนพร้อมกับได้รับแรงกดขนาด 1820 kPa (264 psi) ทำการเพิ่มอุณหภูมิของตัวกลางในอัตรา 2 ± 0.2 องศาเซลเซียส /นาที บันทึกอุณหภูมิที่ชิ้นงานเสียรูปไป 0.25 มม. (0.010 นิ้ว)

4.2 สัณฐานวิทยา (Morphology)

4.2.1 Scanning Electron Microscopy (SEM)

นำชิ้นงานแบบ Izod ไปแช่ในไนโตรเจนเหลวเป็นเวลา 10 นาที หักชิ้นงานที่ได้ จากนั้นเฉือนผิวหน้าของชิ้นงาน และเคลือบผิวด้วยทอง เพื่อนำไปตรวจดูโครงสร้าง

4.2.2 Optical microscopy

เป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจสอบวิเคราะห์รูปร่างและขนาดของสเฟียรูไลท์ของพอลิเมอร์ โดยใช้อุณหภูมิของ hot plate 220 องศาเซลเซียส นำแผ่นพอลิเมอร์บาง ๆที่ตัดไว้ วางลงบนแผ่นสไลด์ที่ปิดทับด้วย cover slip รอจนกระทั่งพอลิเมอร์หลอมตัว ใช้ปลายนิ้วแตะบน แผ่น cover slip ทิ้งไว้ให้เกิดการเย็นตัวแล้วถ่ายภาพโดยปรับเปลี่ยนระยะเพื่อให้ภาพคมชัดที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สมบัติการดูดซับน้ำ (water absorption)

1. นำชิ้นงานอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 83 องศาเซลเซียสนาน 24 ชั่วโมง

2. ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์แล้วชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักที่คงที่ บันทึกผลที่ได้

3. นำชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส นาน 1 เดือน

4. ทำการชั่งน้ำหนัก หลังจากการเช็ดให้แห้ง แล้วคำนวนเปอร์เซนต์การดูดซับน้ำตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 570 – 81

$$\text{เปอร์เซนต์การดูดซับน้ำ} = \frac{(Y - X)}{X} \times 100$$

เมื่อ X = น้ำหนักของชิ้นงานก่อนการแช่น้ำ (g)

Y = น้ำหนักของชิ้นงานหลังการแช่น้ำ (g)

ข.) ระบบพอลิเมอร์ผสมที่มีการเติมสารช่วยผสม

1.ทำการชั่งน้ำหนักพอลิเมอร์เพื่อทำการผสมโดยปริมาณและอัตราส่วนพอลิเมอร์และสารช่วยผสม แตกต่างกันตามตารางที่3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงปริมาณและอัตราส่วนพอลิเมอร์และสารช่วยผสม

สูตร	Compatibilizer %	อัตราส่วนระหว่าง PO:ABS: Nylon 6	PO (g)	ABS (g)	Nylon 6 (g)	compatibilizer (g)
A1	1	50 : 25 : 25	400	200	200	8
B1		25 : 50 : 25	200	400	200	8
C1		25 : 25 : 50	200	200	400	8
A3	3	50 : 25 : 25	400	200	200	24
B3		25 : 50 : 25	200	400	200	24
C3		25 : 25 : 50	200	200	400	24
A5	5	50 : 25 : 25	400	200	200	40
B5		25 : 50 : 25	200	400	200	40
C5		25 : 25 : 50	200	200	400	40

2. ทำการผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว โดยใช้อุณหภูมิและความเร็วรอบในการผสมที่ทำให้พอลิเมอร์มีสมบัติเชิงกลดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำมาขึ้นรูปชิ้นงานเพื่อเตรียมวัดสมบัติทางความร้อน สัณฐานวิทยา และสมบัติการดูดซับน้ำ
4. ทำการทดสอบเช่นเดียวกับในกรณีของพอลิเมอร์ที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบสมบัติทางความร้อน

4.1.1 การทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC

จากผลของ DSC พบว่าอุณหภูมิการหลอมเหลว อุณหภูมิการตกผลึก และ H_c มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในทุกระบบที่ทำการทดสอบ และ H_f ของพอลิเมอร์ผสมที่เติมสารช่วยผสมมีค่ามากกว่ากรณีที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสม โดยเฉพาะในสูตรที่มีปริมาณของไนลอน 6 มาก แสดงว่าสารช่วยผสมช่วยเพิ่มการยึดติดระหว่างผิวของพอลิเมอร์แต่ละชนิด ทำให้ต้องใช้ความร้อนในการหลอมเหลวมากขึ้น ในพอลิเมอร์ผสมที่มีการเติมสารช่วยผสมปริมาณ 1 และ3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก พบว่าพีกของ PP หายไป เนื่องมาจากสารช่วยผสมช่วยทำให้ PP รวมตัวกับ Nylon 6 ได้ แต่เมื่อเติมสารช่วยผสมปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก จะพบพีกของ PP เนื่องมาจากปริมาณสารช่วยผสมมากเกินพอ ทำให้ไม่สามารถช่วยเพิ่มแรงยึดติดระหว่างผิวของ PP กับไนลอน 6 ได้ดีพอ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3

4.1.2 การทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเครื่อง DTUL

จากรูปที่ 4.1 4.2 และ 4.3 แสดงถึงผลของสารช่วยผสมที่มีต่อความทนทานต่อความร้อน พบว่า สารช่วยผสม 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักให้ผลดีที่สุดและเมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนผสม พบว่า อัตราส่วนผสมที่มีไนลอน 6 อยู่มาก (Po : ABS : Nylon 6 = 25 : 25 : 50) จะให้พอลิเมอร์ผสมที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นของการอ่อนตัว (DTUL) เท่ากับ 84 $^{\circ}$C ซึ่งสอดคล้องกับค่า DTUL ของ ABS บริสุทธิ์ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากสารช่วยผสมไปกราฟท์พอลิพรอพิลีนในพอลิโอเลฟินส์กับไนลอน- 6 ทำให้เกิดเป็นสารผสม ค่า DTUL จึงเป็นค่าเฉลี่ยระหว่างพอลิเมอร์บริสุทธิ์ทั้งสองชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์บริสุทธิ์และสารช่วยผสม

ตัวอย่าง	T_m(°c)	ΔH_f(J/g)	T_c(°C)	ΔH_c(J/g)
PP	172.7	-69.309	115.9	82.552
HDPE	144.9	-150.826	119.6	161.014
Po	109.8	-14.014	119.7	69.913
	135.6	-40.371	-	-
	167.6	-18.473	-	-
ABS	*	*	*	*
Nylon 6	222.4	-60.864	189.7	63.1869
สารช่วยผสม	167.4	-60.997	119.7	74.132

หมายเหตุ * =ไม่เกิดพีก

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมที่ยังไม่ได้เติมสารช่วยผสม

สูตร	T_m(°c)	ΔH_f(J/g)	T_c(°C)	ΔH_c(J/g)
A	131.1	-12.401	190.8	11.898
	166.3	-5.565	119.8	14.643
	180.1	-4.301	-	-
	222.2	-11.806	-	-
B	130.2	-11.169	190.2	12.082
	165.5	-4.764	119.8	13.322
	188.7	-3.796	-	-
	221.7	-10.575	-	-
C	131.2	-12.618	192.3	30.639
	166.8	-4.782	120.0	14.114
	185.1	-0.291	-	-
	223.6	-32.274	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

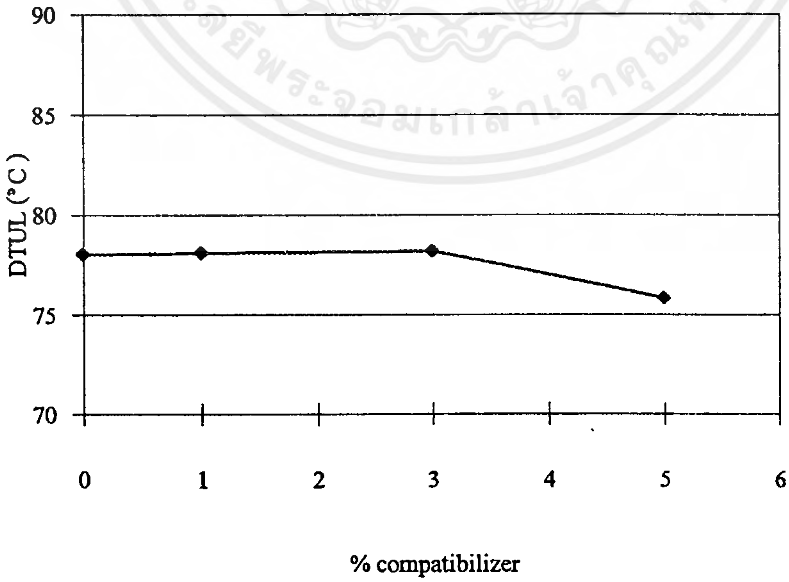
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมที่เติมสารช่วยผสมปริมาณ 1 3 และ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

สูตร	T_M(°c)	ΔH_f(J/g)	T_c(°C)	ΔH_c(J/g)
	130.9	-16.020	191.6	11.209
A1	166.0	-11.336	123.9	6.078
	218.3	-16.021	119.9	13.026
	130.7	-8.386	189.7	7.769
B1	165.5	-5.246	124.8	2.160
	220.0	-21.099	119.5	9.318
	130.8	-8.898	191.7	31.319
C1	169.9	-15.975	124.4	6.152
	222.8	-22.073	119.4	10.530
	131.7	-21.099	189.4	11.172
A3	166.1	-12.994	124.4	8.614
	222.1	-8.3858	119.7	15.976
	130.9	-7.449	189.4	5.517
B3	165.4	-7.498	124.5	3.698
	219.1	-7.449	119.7	6.323
	130.7	-12.639	191.6	34.9044
C3	159.6	-24.545	125.1	3.841
	222.8	-9.078	119.8	11.281
	130.0	-22.073	190.3	11.167
A5	165.8	-18.869	124.6	12.498
	222.3	-15.245	120.2	20.828
	130.5	-9.078	189.9	5.309
B5	166.1	-12.754	125.0	9.936
	222.2	-11.412	119.8	9.635
	130.7	-8.649	191.6	25.146
C5	167.2	-13.759	124.7	3.814
	222.5	-27.373	119.5	8.787

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

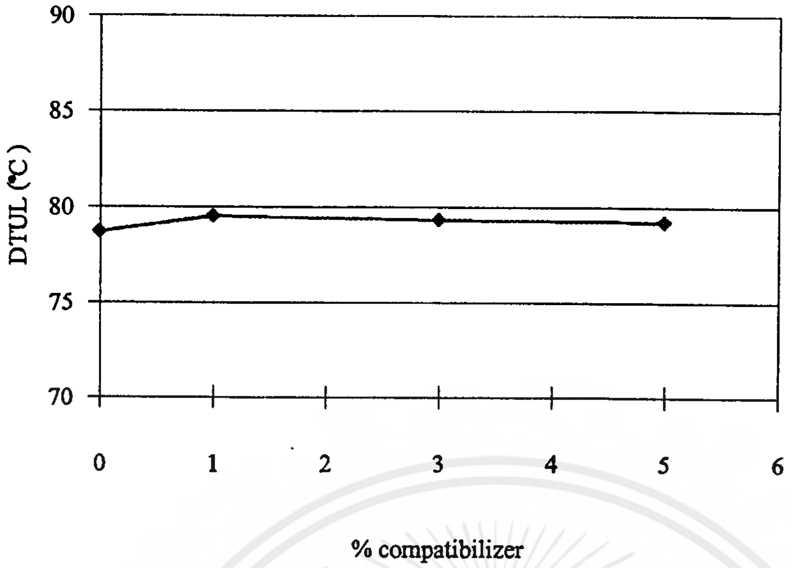
ตารางที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิที่ชิ้นงานเกิดการเสียรูปภายใต้แรงกดด้วยเครื่อง DTUL

สูตร	DTUL (°C)
PURE Po	67.20
PURE ABS	84.60
PURE Nylon 6	104.15
A	78.00
B	78.70
C	76.75
A1	78.05
B1	79.50
C1	76.40
A3	78.15
B3	79.30
C3	83.50
A5	75.80
B5	79.20
C5	76.85

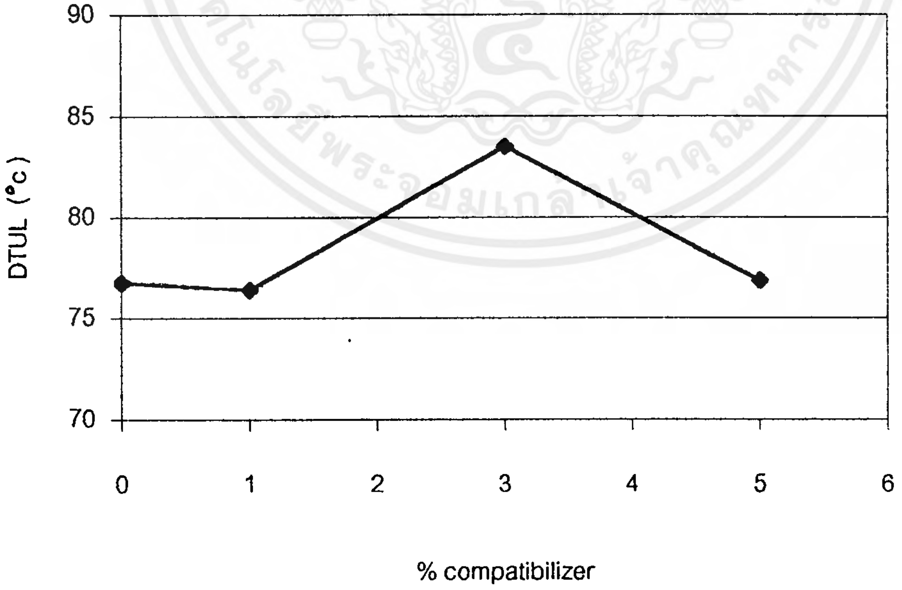


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงอุณหภูมิที่ชิ้นงานเกิดการเสียรูปภายใต้แรงกด (DTUL)ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 :25 : 25 โดยมีการเติมสารช่วยผสมปริมาณต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงอุณหภูมิที่ชิ้นงานเกิดการเสียรูปภายใต้แรงกด (DTUL)ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 โดยมีการเติมสารช่วยผสมปริมาณต่าง ๆ



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงอุณหภูมิที่ชิ้นงานเกิดการเสียรูปภายใต้แรงกด (DTUL)ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25: 25 : 50 โดยมีการเติมสารช่วยผสมปริมาณต่าง ๆ

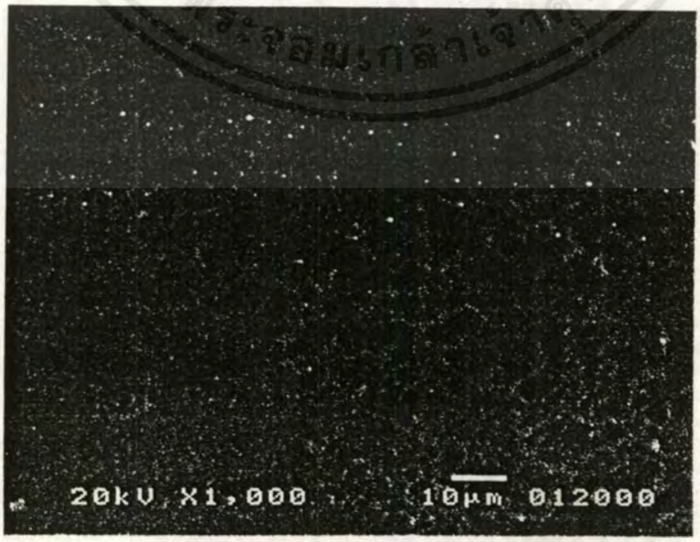
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบสมบัติทางด้านความร้อนโดยใช้ DSC และ DTUL ให้ผลที่คลายคลึงกัน โดยพบว่า พอลิเมอร์ที่มีการเติมสารช่วยผสม ช่วยเพิ่มแรงยึดติดระหว่างผิวของพอลิเมอร์ ทำให้พอลิเมอร์ผสมสามารถทนทานต่อความร้อนมากขึ้น และพบว่าปริมาณสารช่วยผสม 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ช่วยปรับปรุงสมบัติทางความร้อนได้ดีที่สุด

4.2 การตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา

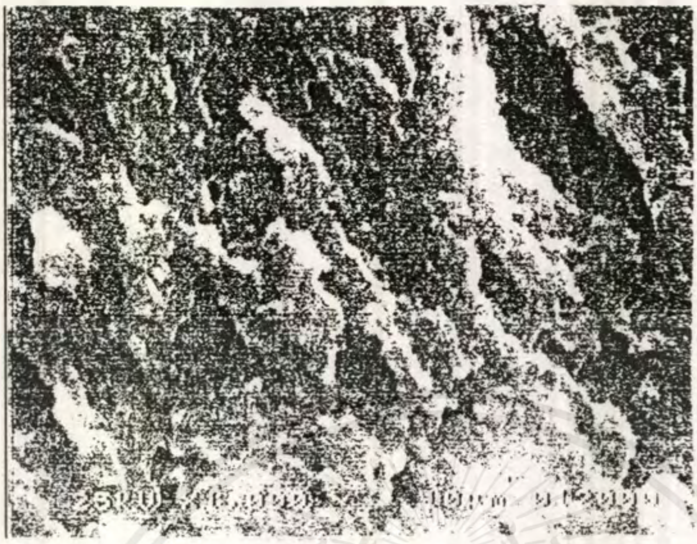
4.2.1 การตรวจสอบลักษณะพื้นผิวด้วยเครื่อง SEM

จากการตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของพอลิเมอร์ผสม Po ABS และNylon 6 บริสุทธิ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.4-4.6 และเปรียบเทียบกับพื้นผิวของพอลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสมในรูปที่ 4.7-4.9 พบว่าพอลิเมอร์ผสมไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน มีการแยกวัฏภาคเป็นส่วนเมตริกส์และส่วนกระจายวัฏภาค โดยส่วนที่เป็นเมตริกส์ คือ Nylon 6 และ ABS [5] และส่วนที่เป็นส่วนกระจายวัฏภาค คือ PP และPE ส่วนในรูปที่ 4.10 –4.18 เป็นพื้นผิวของพอลิเมอร์ผสมที่มีการเติมสารช่วยผสม พบว่า พอลิเมอร์ผสมสามารถรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้มากขึ้น โดยปริมาณสารช่วยผสมที่ 1และ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก มีขนาดของส่วนกระจายวัฏภาคเล็กลงตามลำดับ ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับส่วนเมตริกส์ได้มากขึ้นเป็นผลให้เพิ่มแรงยึดติดระหว่างส่วนเมตริกส์กับส่วนกระจายวัฏภาค และที่ปริมาณสารช่วยผสม 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก พบว่า ขนาดของส่วนกระจายวัฏภาคใหญ่ขึ้นกว่าที่ปริมาณสารช่วยผสม 1และ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก เนื่องจากมีปริมาณสารช่วยผสมที่มากเกินพอ แต่ไม่สามารถเพิ่มการยึดติดระหว่างผิวได้ดี โดยจะอยู่รวมอยู่กับ PP หรือ Nylon 6 เพียงวัฏภาคเดียว



รูปที่ 4.4 แสดง Scanning Electron Micrograph ของพอลิโอฟินส์บริสุทธิ์กำลังขยาย 1000 เท่า

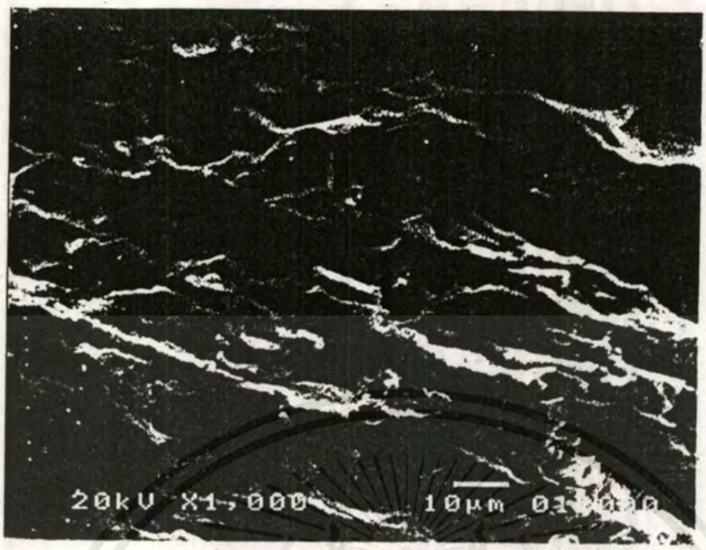
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดง Scanning Electron Micrograph ของABSบริสุทธิ์ กำลังขยาย 1000 เท่า

รูปที่ 4.6 แสดง Scanning Electron Micrograph ของ Nylon 6 บริสุทธิ์ กำลังขยาย 1000 เท่า

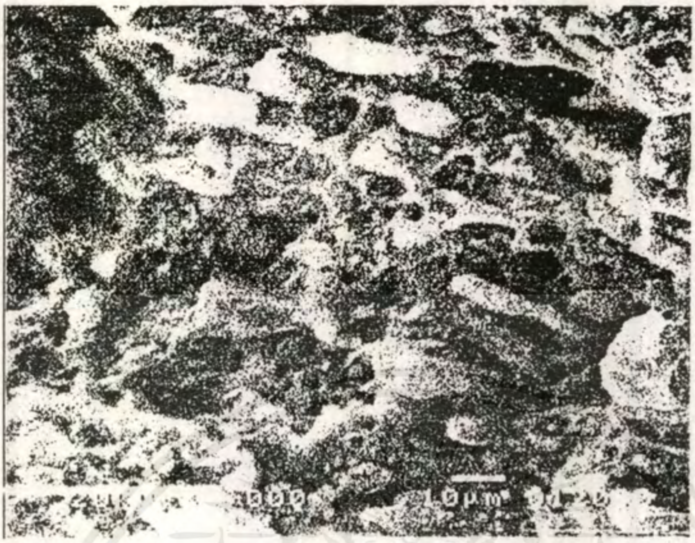
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



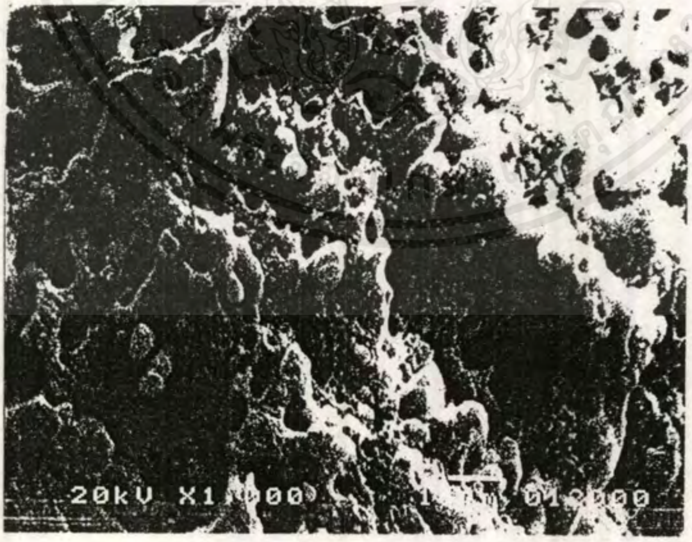
รูปที่ 4.7 แสดง Scanning Electron Micrograph ของ พอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 :25 : 25 โดยไม่มีการเติมสารช่วยผสม กำลังขยาย 1000 เท่า

รูปที่ 4.8 แสดง Scanning Electron Micrograph ของ พอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 :50 : 25 โดยไม่มีการเติมสารช่วยผสม กำลังขยาย 1000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

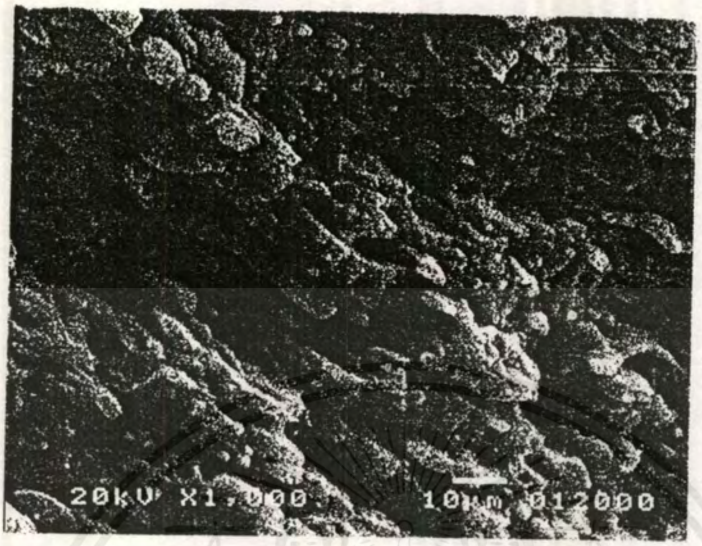


รูปที่ 4.9 แสดง Scanning Electron Micrograph ของ พอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 :25 : 50โดยไม่มีการเติมสารช่วยผสม กำลังขยาย 1000 เท่า



รูปที่ 4.10 แสดง Scanning Electron Micrograph ของ พอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 :25 : 25 โดยเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก กำลังขยาย 1000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

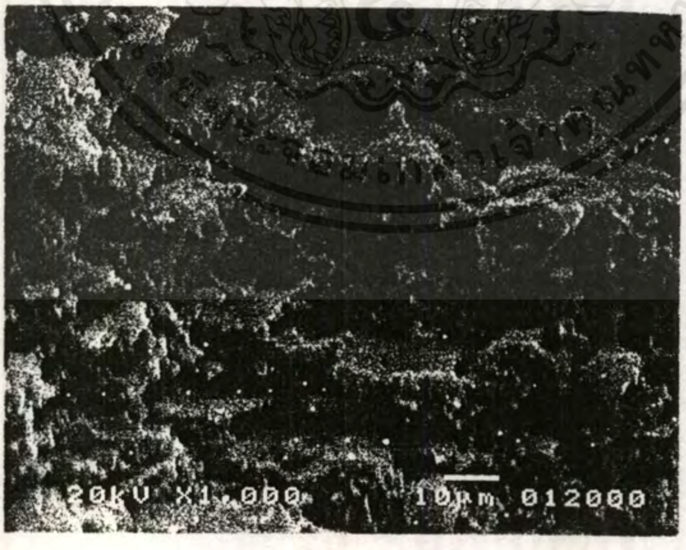


รูปที่ 4.11 แสดง Scanning Electron Micrograph ของ พอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 :50 : 25 โดยเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก กำลังขยาย 1000 เท่า

รูปที่ 4.12 แสดง Scanning Electron Micrograph ของ พอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 :25 : 50 โดยเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก กำลังขยาย 1000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

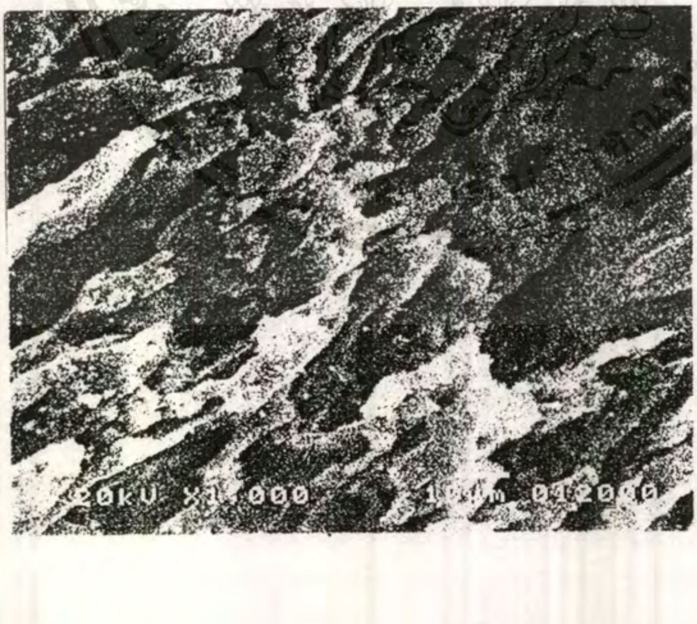
รูปที่ 4.13 แสดง Scanning Electron Micrograph ของ พอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 :25 : 25 โดยเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก กำลังขยาย 1000 เท่า



รูปที่ 4.14 แสดง Scanning Electron Micrograph ของ พอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 :50 : 25 โดยเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก กำลังขยาย 1000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.15 แสดง Scanning Electron Micrograph ของ พอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 :25 : 50 โดยเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก กำลังขยาย 1000 เท่า



รูปที่ 4.16 แสดง Scanning Electron Micrograph ของ พอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 :25 : 25 โดยเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักกำลังขยาย 1000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

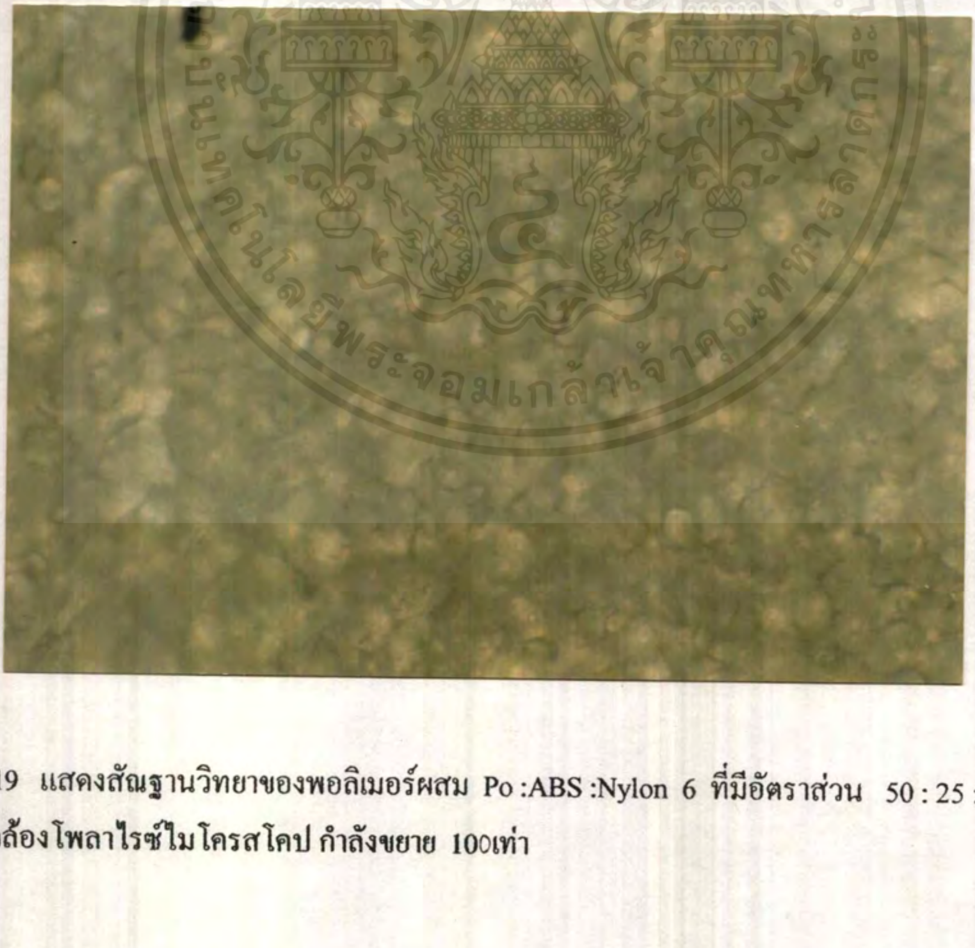
รูปที่ 4.17 แสดง Scanning Electron Micrograph ของ พอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 :50 : 25 โดยเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก กำลังขยาย 1000 เท่า

รูปที่ 4.18 แสดง Scanning Electron Micrograph ของ พอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 :25 : 50 โดยเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก กำลังขยาย 1000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

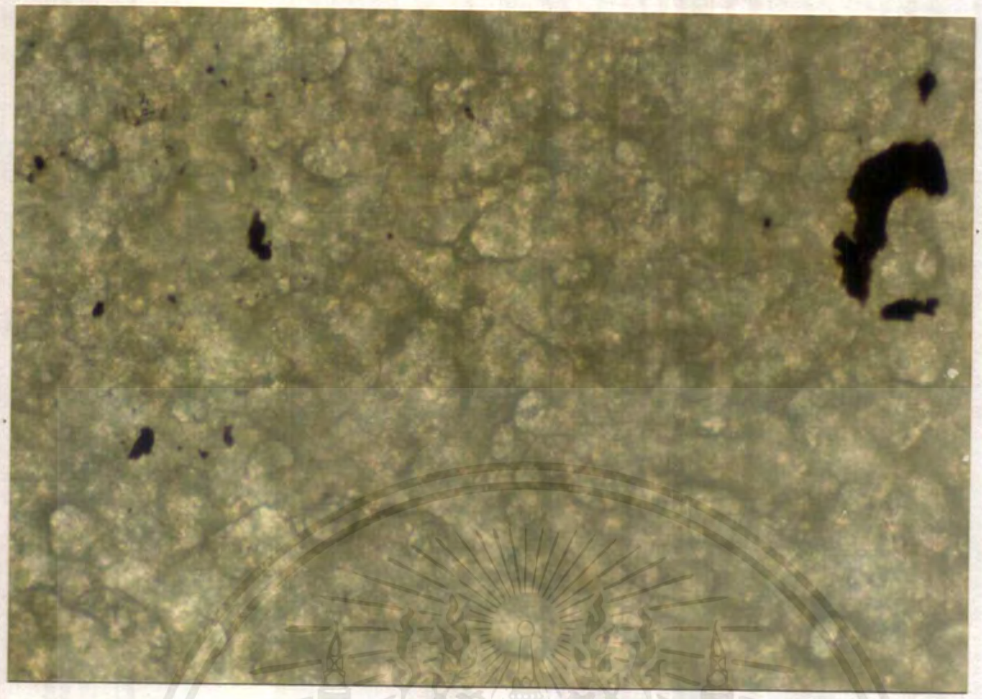
4.2.2 การศึกษาสภาพสัณฐานวิทยา โดยใช้กล้อง โพลาไรซ์ไมโครสโคป

จากภาพถ่ายพบว่า พอลิเมอร์ผสมจะมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน(รูปที่ 4.19 – 4.21) ซึ่งจะเห็นเส้นใยของไนลอน 6 ได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในรูปที่ 4.21 , 4.24 , 4.27 และ 4.30 ซึ่งมีปริมาณของไนลอน 6 มาก เมื่อมีการเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักพบว่าพอลิเมอร์ผสมยังคงไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (รูปที่ 4.22-4.24) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณสารช่วยผสมเป็น 3 และ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับพบว่าพอลิเมอร์ผสมมีแนวโน้มจะรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้มากขึ้นคือปริมาณเส้นใยไนลอน 6 มีขนาดเล็กลง และมีปริมาณน้อยลง (รูปที่ 4.25-4.30)

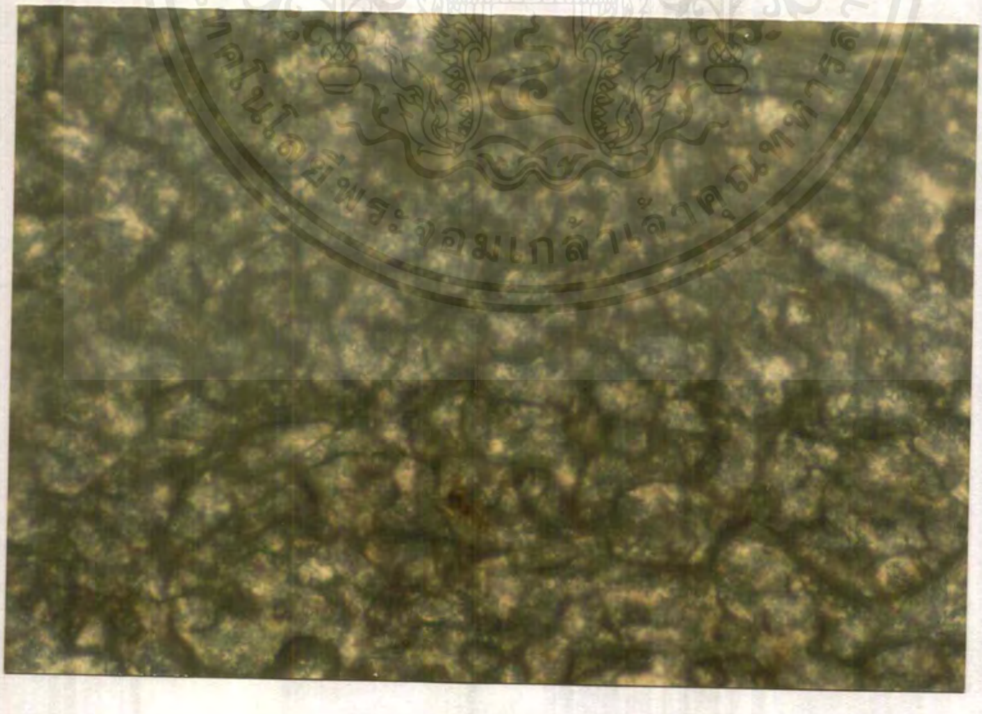


รูปที่ 4.19 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po :ABS :Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 โดยใช้กล้องโพลาไรซ์ไมโครสโคป กำลังขยาย 100เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

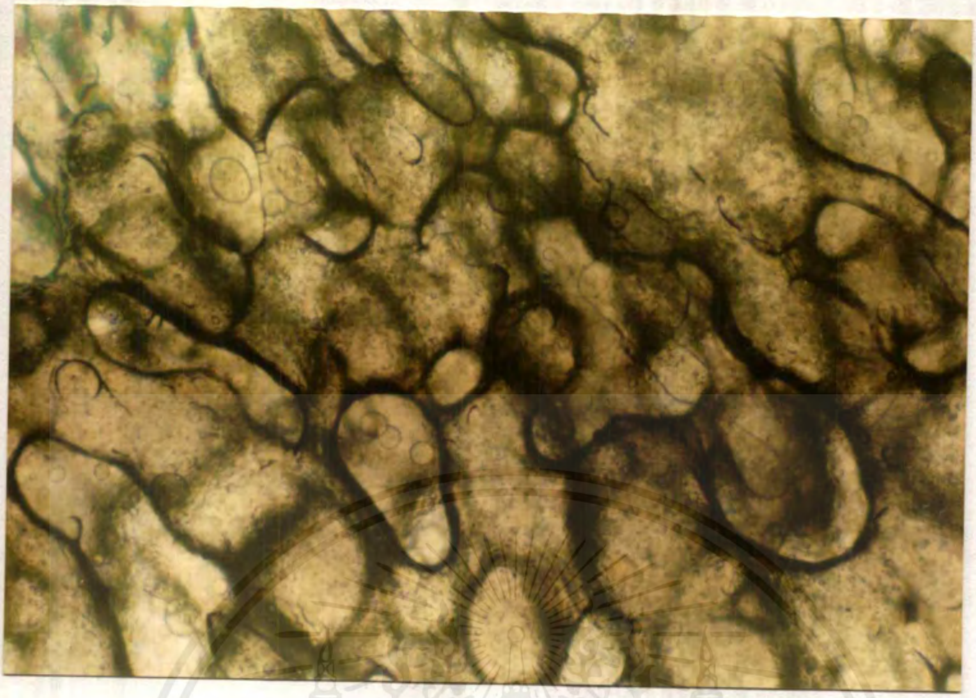


รูปที่ 4.20 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 โดยใช้กล้องโพลาไรซ์ไมโครสโคป กำลังขยาย 100เท่า



รูปที่ 4.21 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 โดยใช้กล้องโพลาไรซ์ไมโครสโคป กำลังขยาย 100เท่า

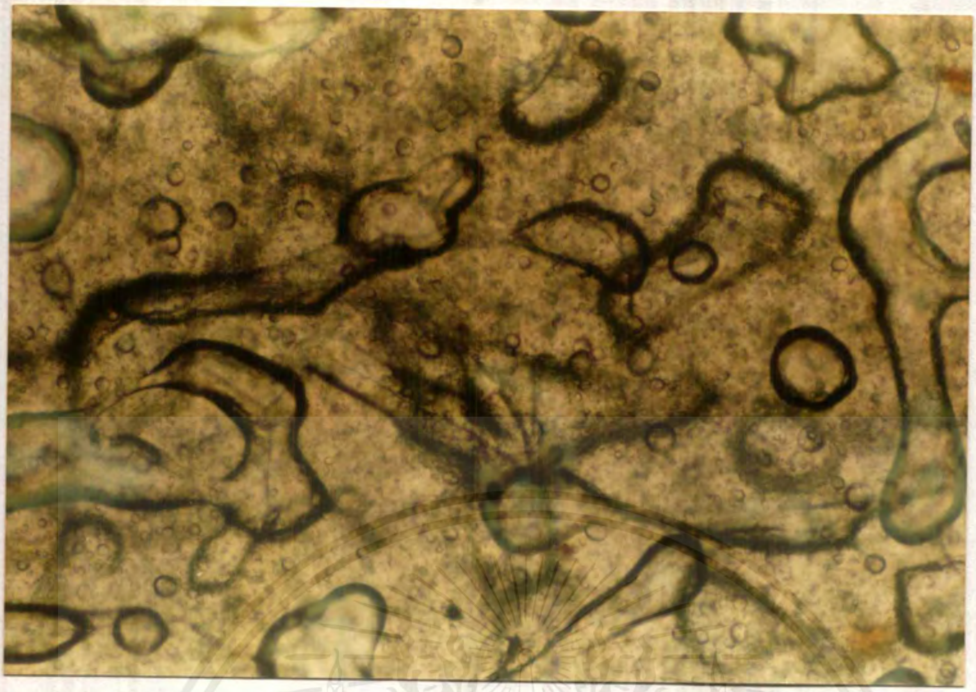
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



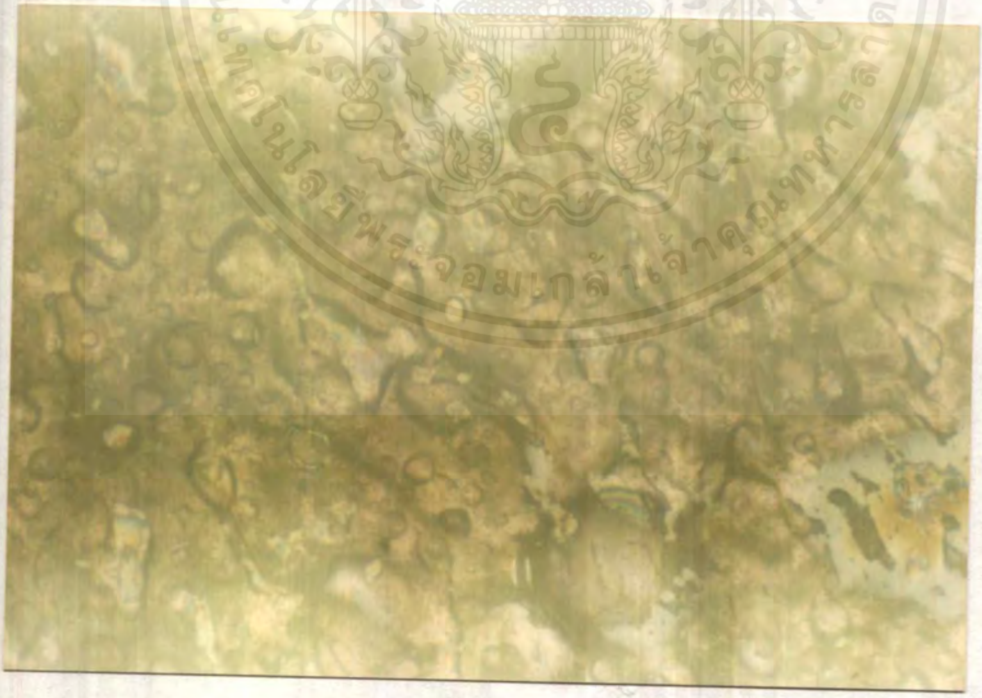
รูปที่ 4.22 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 เมื่อเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักโดยใช้กล้องโพลาไรซ์ไมโครสโคป กำลังขยาย 100เท่า

รูปที่ 4.23 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 เมื่อเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักโดยใช้กล้องโพลาไรซ์ไมโครสโคป กำลังขยาย 100เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

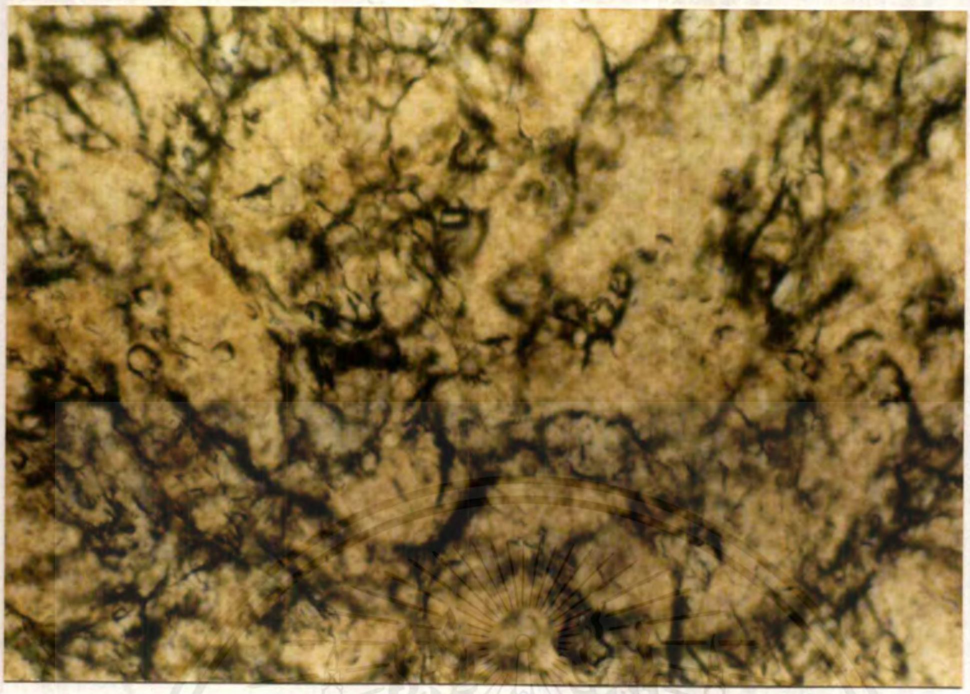


รูปที่ 4.24 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 เมื่อเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักโดยใช้กล้องโพลาไรซ์ไมโครสโคป กำลังขยาย 100เท่า

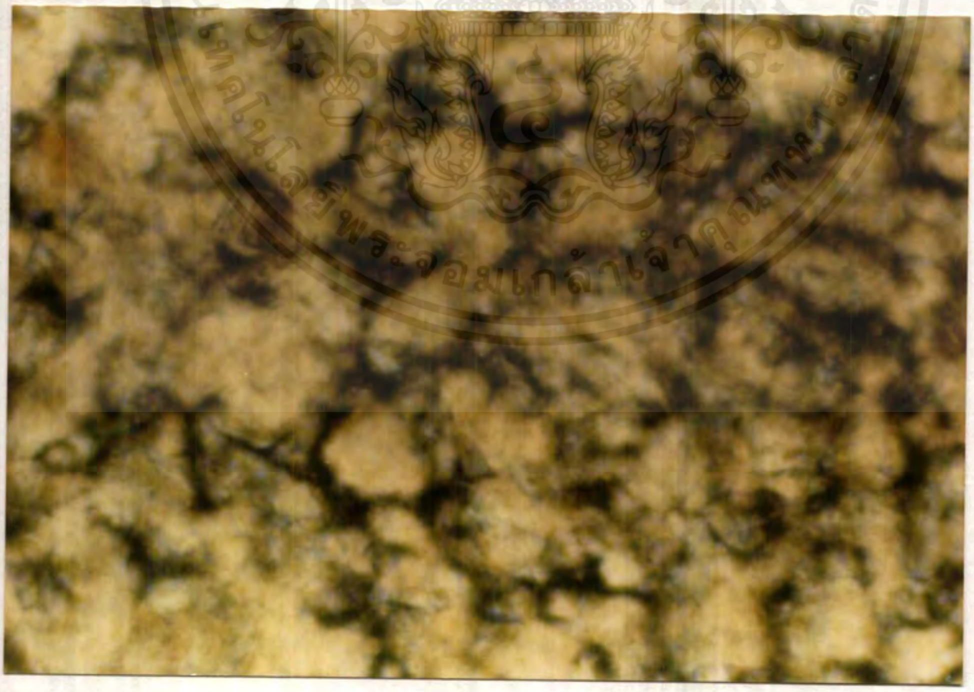


รูปที่ 4.25 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 เมื่อเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักโดยใช้กล้องโพลาไรซ์ไมโครสโคป กำลังขยาย 100เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

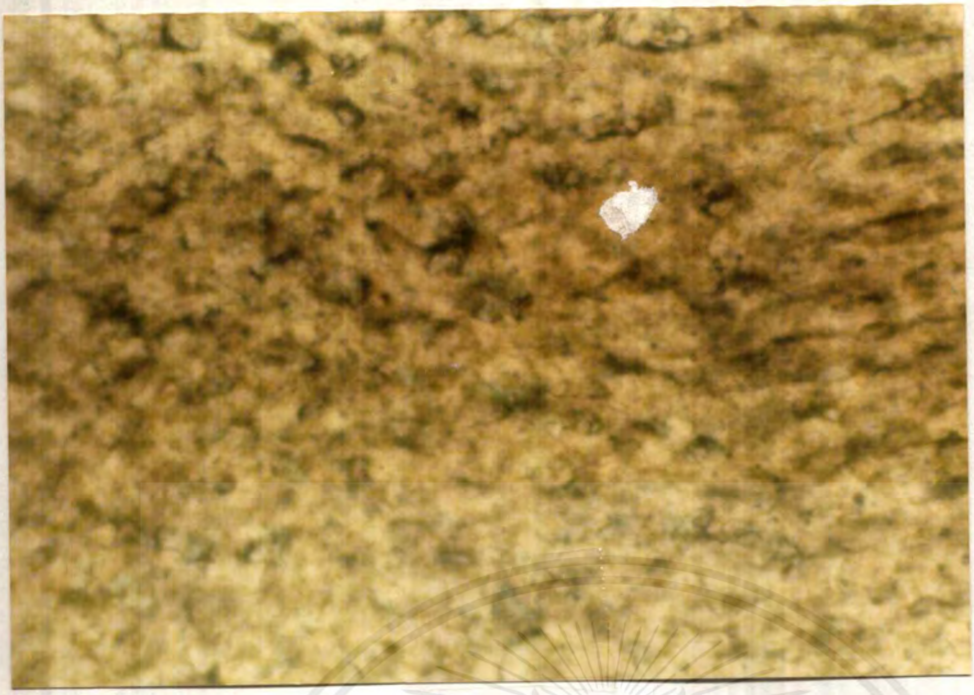


รูปที่ 4.26 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 เมื่อเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักโดยใช้กล้องโพลาไรซ์ไมโครสโคป กำลังขยาย 100เท่า



รูปที่ 4.27 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 เมื่อเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักโดยใช้กล้องโพลาไรซ์ไมโครสโคป กำลังขยาย 100เท่า

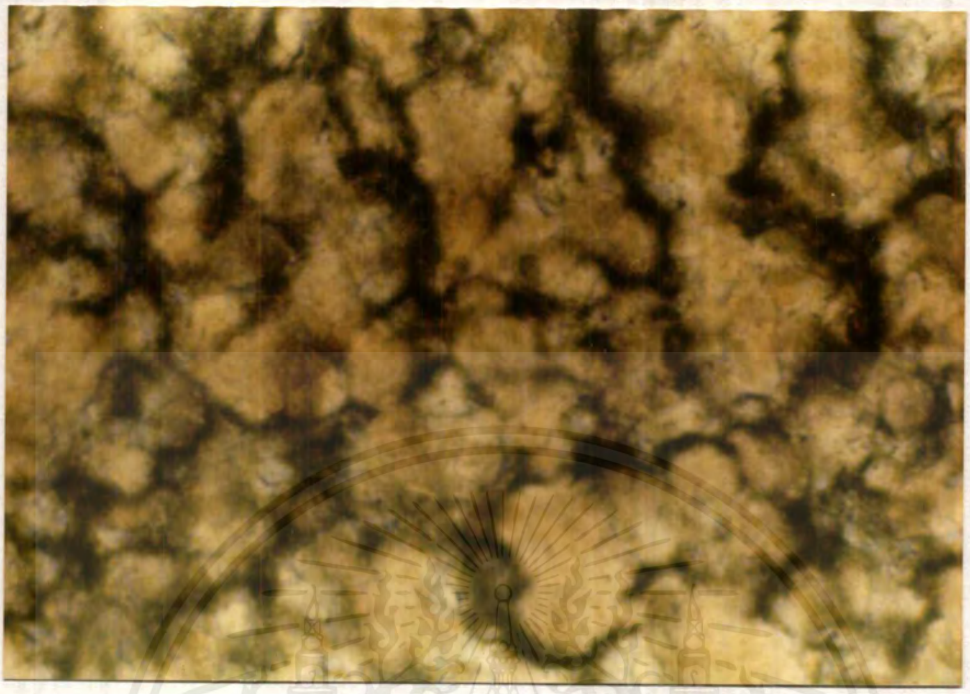
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 เมื่อเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักโดยใช้กล้องโพลาไรซ์ไมโครสโคป กำลังขยาย 100เท่า

รูปที่ 4.29 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 เมื่อเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักโดยใช้กล้องโพลาไรซ์ไมโครสโคป กำลังขยาย 100เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

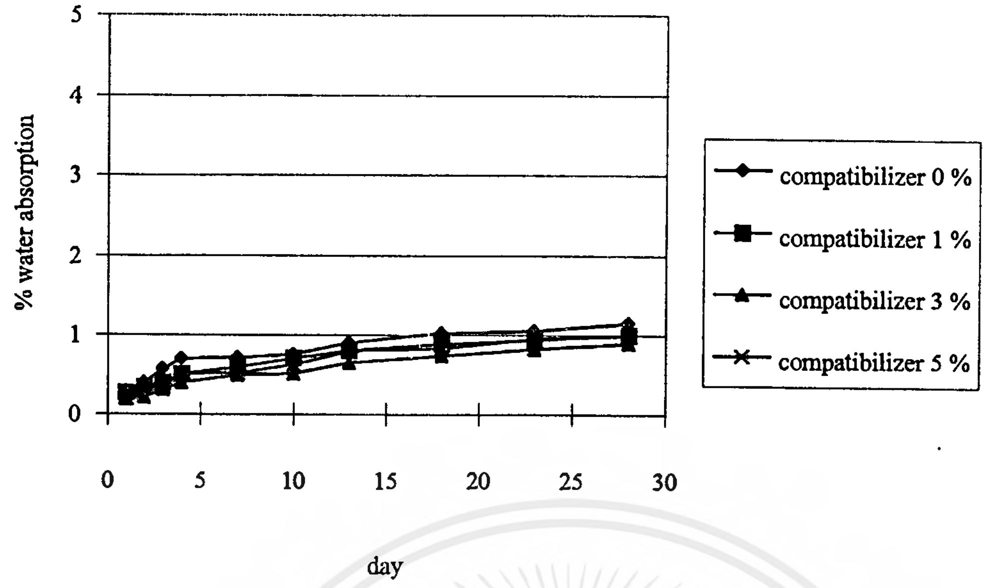


รูปที่ 4.30 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 เมื่อเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักโดยใช้กล้องโพลาไรซ์ไมโครสโคป กำลังขยาย 100เท่า

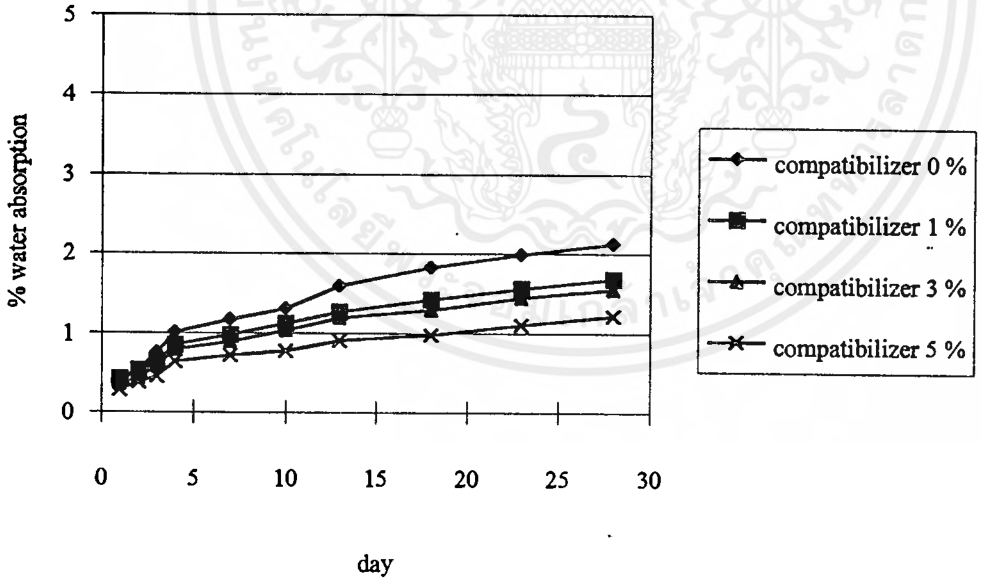
4.3 การทดสอบสมบัติการดูดซับน้ำ

จากผลการทดสอบพบว่า เปอร์เซนต์การดูดซับน้ำมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป โดยเฉพาะในสูตรที่มีไนลอน 6 อยู่มาก เนื่องจากไนลอน 6 จัดเป็นสารที่ดูดความชื้นได้ดี นอกจากนี้ปริมาณสารช่วยผสมยังมีผลต่อเปอร์เซนต์การดูดซับน้ำเนื่องจากสารช่วยผสมจะก่อให้เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างผิวของพอลิโอเลฟินส์และ ไนลอน 6 ทำให้โมเลกุลของน้ำไม่สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับไนลอน 6 ได้ ปริมาณน้ำในพอลิเมอร์ผสมจึงมีน้อยดังแสดงในรูป 4.31 – 4.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

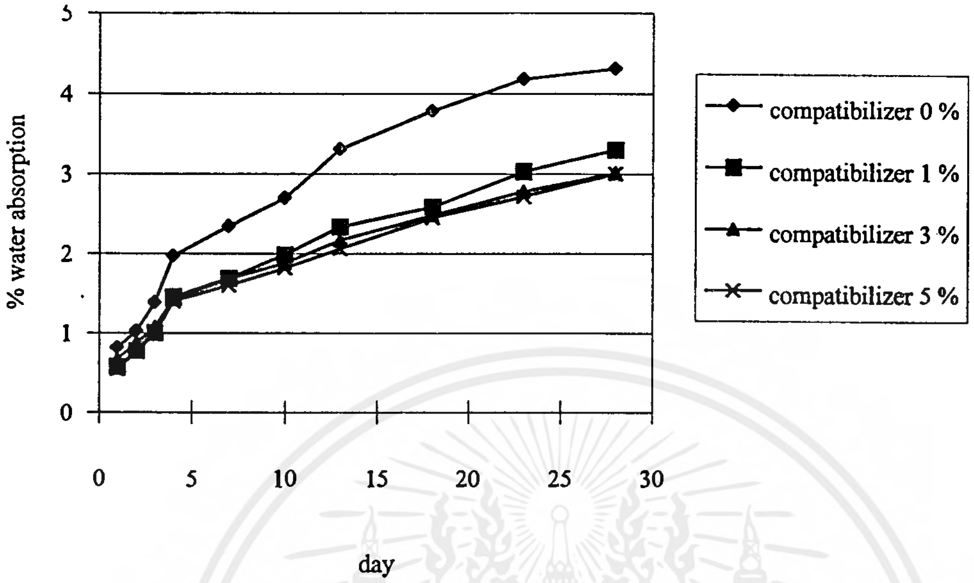


รูปที่ 4.31 กราฟแสดงเปอร์เซนต์การดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 โดยมีการเติมสารช่วยผสมในปริมาณต่าง ๆ



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงเปอร์เซนต์การดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 โดยมีการเติมสารช่วยผสมในปริมาณต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.33 **กราฟแสดงเปอร์เซนต์การดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ผสม** Po : ABS : Nylon 6 **ที่มีอัตราส่วน** 25 : 25 : 50 **โดยมีการเติมสารช่วยผสมในปริมาณต่าง ๆ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปการดำเนินการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการจำแนกลักษณะของการผสมเข้ากันได้ของพอลิโอเลฟินส์ อะคริโลไนตริล บิวทาไดอีนสไตรีน และไนลอน 6 โดยการทดสอบสมบัติทางความร้อน สัณฐานวิทยา และการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ผสมที่มีอัตราส่วนแตกต่างกัน และมีการเติมสารช่วยผสมในปริมาณต่าง ๆ กัน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. สมบัติทางความร้อน

จากการทดสอบผลที่ได้จาก DSC และ DTUL พบว่า สารช่วยผสมมีผลช่วยเพิ่มแรงยึดติดระหว่างผิวของพอลิเมอร์ผสมได้ดียิ่งขึ้น ทำให้สมบัติทางความร้อนดีขึ้น โดยเฉพาะในกรณีที่เติมสารช่วยผสมในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก แต่จะลดลงเมื่อมีการเติมสารช่วยผสม 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก เนื่องจากปริมาณสารช่วยผสมที่มากเกินพอก่อให้เกิดการรบกวนต่อระบบพอลิเมอร์ผสม ทำให้การยึดติดระหว่างผิวลดลง

2. สัณฐานวิทยา

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบจากภาพถ่ายทางโพลาไรซ์ไมโครสโคป และ SEM ทั้งหมดแล้วสามารถสรุปโดยรวมได้ดังนี้คือ พอลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้มีการเติมสารช่วยผสม จะไม่สามารถรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน มีการแยกวัฏภาคกันอย่างชัดเจน ส่วนพอลิเมอร์ผสมที่มีการเติมสารช่วยผสมสามารถเข้ากันได้ดีขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักในแต่ละอัตราส่วนผสม

3. เปอร์เซนต์การดูดซับน้ำ

จากผลการทดสอบ เมื่อเวลาผ่านไปเปอร์เซนต์การดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสม มีค่ามากขึ้น โดยเฉพาะในพอลิเมอร์ผสมที่มีปริมาณไนลอน 6 มาก แต่เมื่อมีการเติมสารช่วยผสม เปอร์เซนต์การดูดซับน้ำ ต่ำกว่าที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสม ทั้งนี้เนื่องจากสารช่วยผสมมีผลก่อให้เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างผิวของพอลิโอเลฟินส์ และไนลอน 6 ทำให้โมเลกุลของน้ำไม่สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับไนลอน 6 ได้ โดยเฉพาะเมื่อมีการเติมสารช่วยผสมในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก เปอร์เซนต์การดูดซับน้ำมีค่าต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ศึกษาถึงบทบาทของสารช่วยผสมอื่น ๆ ที่มีผลในการทำให้ระบบของพอลิเมอร์ผสมดีที่สุด พร้อมทั้งเปรียบเทียบสมบัติที่ได้กับสารช่วยผสมพอลิพรอพิลีนกราฟท์มาเลอิคแอนไฮ-ไดร์ดที่ใช้ในการทดลองนี้

5.2.2 ศึกษาถึงสมบัติของการไหลโดยใช้เครื่องคะปิลลารี รีโอมิเตอร์ และเครื่องวิเคราะห์พลวัตทางกล เป็นต้น

5.2.3 ศึกษาถึงบทบาทของขนาดอนุภาคที่เหมาะสมในระบบพอลิเมอร์ผสมที่มีผลต่อการกระจายตัวและเมตริกซ์ที่สมบูรณ์แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก สภาวะที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปด้วยเครื่อง Injection Molding Machine

ภาคผนวก ข DSC เทอร์โมแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

สภาวะที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปด้วยเครื่อง Injection molding machine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปด้วยเครื่อง Injection molding machine

TIME PROGRAMMING

DIE CLS/OPN TIME	: 30	MELTING TIME	: 100
STD COR ACT TIME	: 20	DECOMPRS TIME	: 2
1 ST STG INJ TIME	: 20	COOLING TIME	: 200
2 ND STG INJ TIME	: 15	EJECTOR COUNT	: 2
3 RD STG INJ TIME	: 10	SCW FWD TIME	: 0
EJE FWD DLY	: 0	SCW BWD TIME1	: 0
MELTING DLY	: 0	SCW BWD TIME2	: 0
EJE BKD DLY	: 0	ALARM TIME	: 350

PRESSURE PROGRAMMING

DIE CLS PRESR	: 40	DECOMP PRESR	: 40
CLS LOW PRESR	: 20	PLUNGER PRESR	: 25
CLS HI PRESR	: 20	EJECTOR PRESR	: 20
DIE OPN PRESR	: 40	SCW - IN PRESR	: 0
1 ST INJ PRESR	: 40	DIE ADJ PRESR	: 60
2 ND INJ PRESR	: 30		
3 RD INJ PRESR	: 20		
MELTING PRESR	: 50		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROGRAMMING FLOW SPEED

RAPID CLS SPD	: 40	1 ST STG INJ SPD	: 10
HIGH CLS SPD	: 25	2 ND STG INJ SPD	: 10
CLAMPING SPD	: 25	3 RD STG INJ SPD	: 10
DIE OPN SLW 1	: 13	MELTIMG SPD	: 50
RAPID OPN SPD	: 30	DECOMP SPD	: 40
DIE OPN SWL 2	: 20	EJECTOR SPD	: 15
PLUNGER SPD	: 50	SCREW - IN	: 0
DIE ADJ SPD	: 40	DIE CHANGE SPD	: 10

PROGRAMMING TEMPERATURE

PROGRAMED TEMP		CURRENT TEMP
NOZZLE	:	220
ZONE 1	:	210
ZONE 2	:	200
ZONE 3	:	0
ZONE 4	:	0
ZONE 5	:	0
ZONE 6	:	0

PROGRAMME OPTIONS

DIE CLS SPD	: 1	1 = HI SPD	2 = FAST SPD	
PLUNGER SPD	: 2	1 = USE	2 = NO USE	
ROBOTS	: 2	1 = USE	2 = NO USE	
SCRW	: 2	1 = USE	2 = NO USE	3 = SID-COR
EJECTOR	: 1	1 = STAL	2 = MULTI	3 = FIXD NB
SID - COR	: 2	1 = TIME	2 = TRAVEL	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

DSC เทอร์โมแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

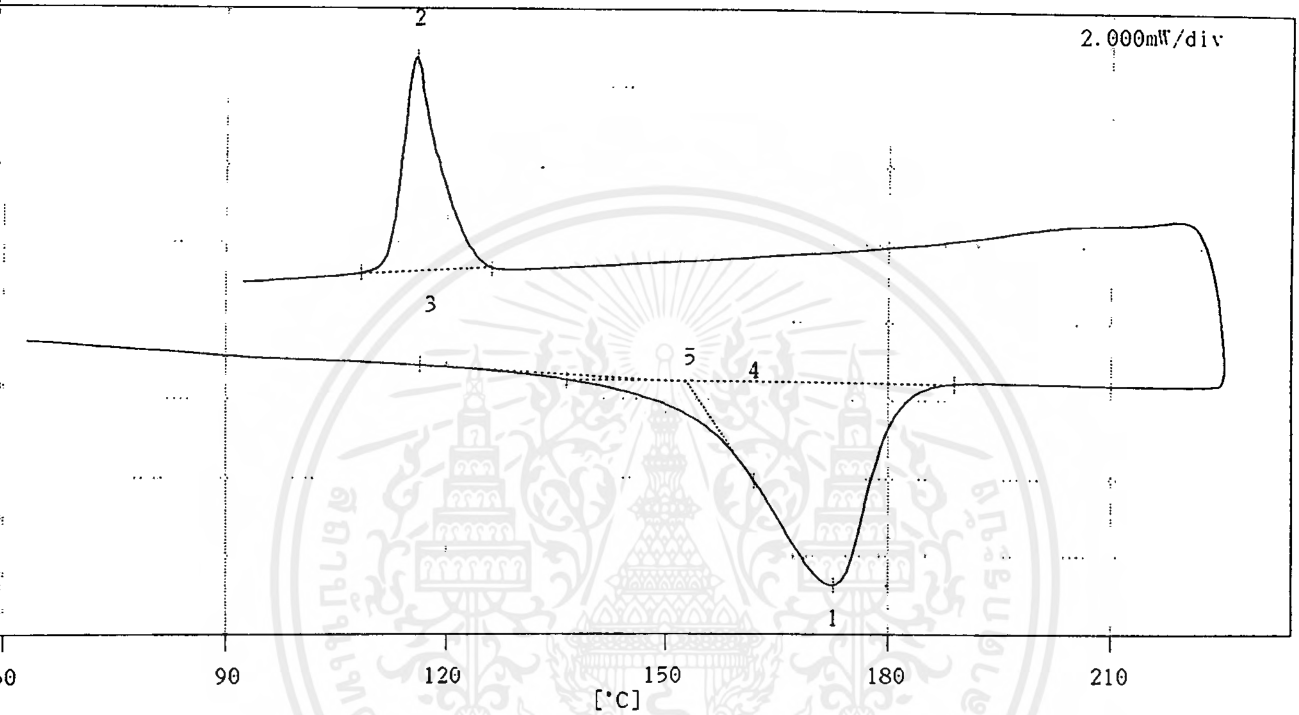
29/01/99

FILE NAME <<KAN2.000>>

DATE (y/m/d) : 17/11/41
SAMPLE NAME : PP
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY: 7.8 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT. : 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●

	dT/dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	230	0	0	0
2:	-10	35	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



[TEMP.] ----------TEMP(°C)---Heat Flow(mW)----------

	TEMP(°C)	Heat Flow(mW)
1	172.7	-5.4016
2	115.9	8.0761

[HEAT] ------Ti(°C)----Tf(°C)------Heat(mJ)---

	Ti(°C)	Tf(°C)	Heat(mJ)
3	108.3	126.2	643.907
4	189	136.5	-540.611

[TANGENT] ----Ti(°C)----Tf(°C)-Intersection(°C)---

	Ti(°C)	Tf(°C)	Intersection(°C)
5	116.4	162	152.8
8	75.6	101.7	95.5

รูปที่ 4.34 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิพรอพิลีน

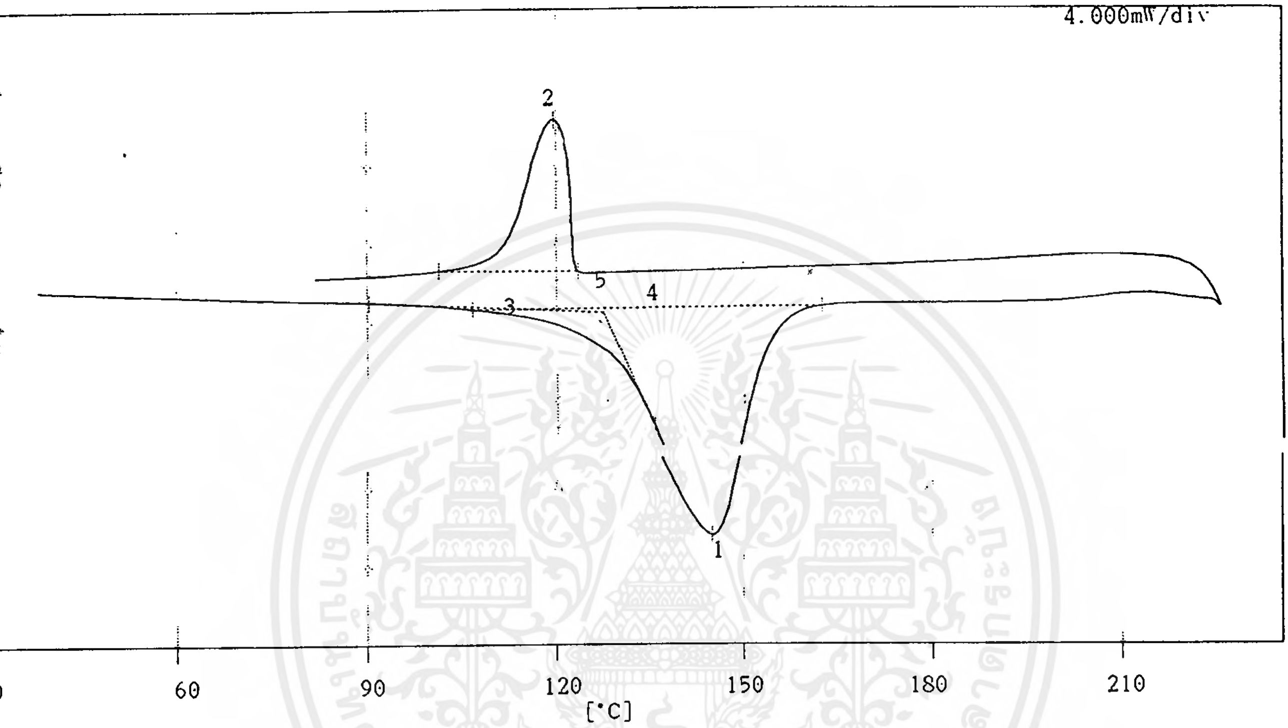
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FILE NAME <<DART.000>>

DATE(y/m/d) : 19.11 98
SAMPLE NAME : HDPE
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY: 7.7 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT.: 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●

	dT/dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	230	0	0	0
2:	-10	35	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



[TEMP.] ----------TEMP(°C)---Heat Flow(mW)----------

	TEMP(°C)	Heat Flow(mW)
1	144.9	-12.8553
2	119.6	7.8946

[HEAT] ------Ti(°C)----Tf(°C)-----Heat(mJ)---

	Ti(°C)	Tf(°C)	Heat(mJ)
3	101.4	123.6	1239.814
4	162.4	106.8	-1161.36

[TANGENT] ----Ti(°C)----Tf(°C)-Intersection(°C)---

	Ti(°C)	Tf(°C)	Intersection(°C)
5	90.2	135.7	127.6

[HEAT] -----Ti(°C)----Tf(°C)-----Heat(mJ)---

	Ti(°C)	Tf(°C)	Heat(mJ)
6	85.5	97.5	301.25
7	122.1	79.2	-387.971

[TANGENT] ----Ti(°C)----Tf(°C)-Intersection(°C)---

	Ti(°C)	Tf(°C)	Intersection(°C)
8	75.6	101.7	95.5

รูปที่ 4.35 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

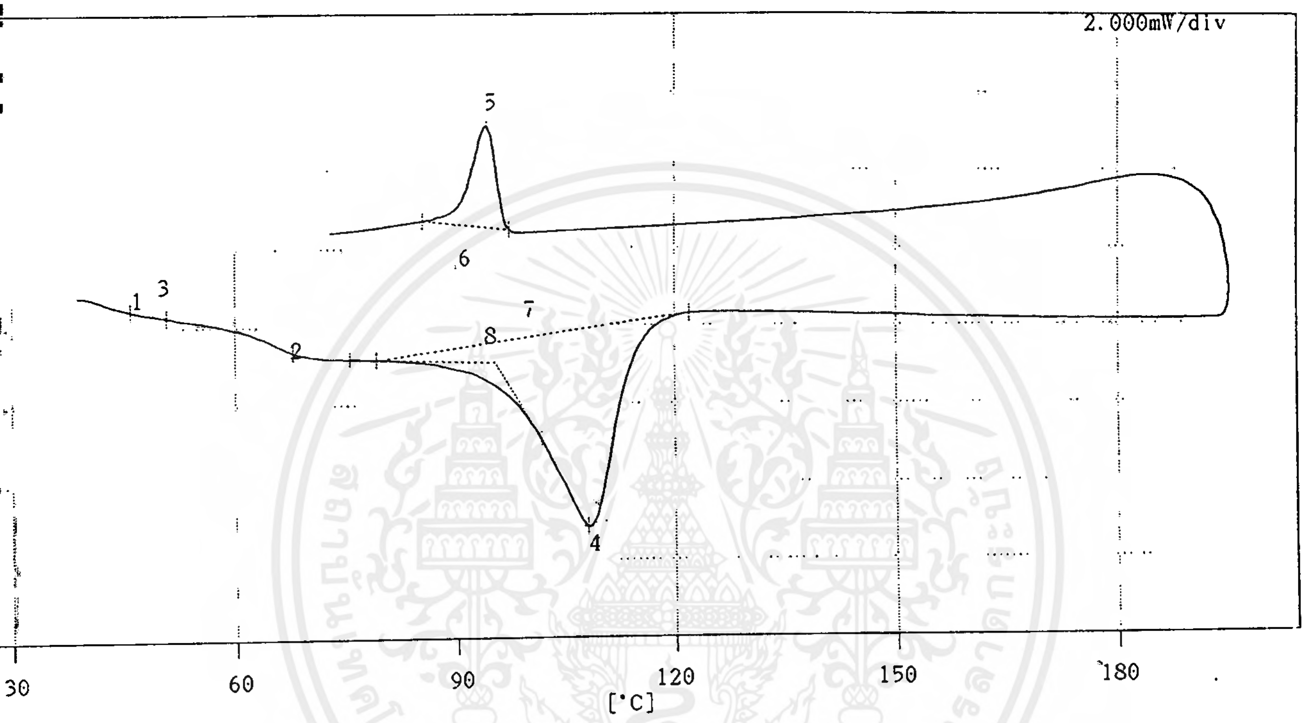
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FILE NAME <<PURE5.000>>

DATE(y/m/d) : 99/01/27
SAMPLE NAME : LDPE
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY: 7.8 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT.: 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●

	dT/dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	200	0	0	0
2:	-10	40	0	0	0.
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



[TEMP.] ----------TEMP(°C)---Heat Flow(mW)----------

	TEMP(°C)	Heat Flow(mW)
1	46.1	-1.4584
2	67.9	-2.5552
3	51	-1.6269
4	108	-7.0436
5	94.4	3.2338

[HEAT] ------Ti(°C)-----Tf(°C)------Heat(mJ)----

	Ti(°C)	Tf(°C)	Heat(mJ)
6	85.5	97.5	301.25
7	122.1	79.2	-387.971

[TANGENT] ----Ti(°C)-----Tf(°C)-Intersection(°C)---

	Ti(°C)	Tf(°C)	Intersection(°C)
8	75.6	101.7	95.5

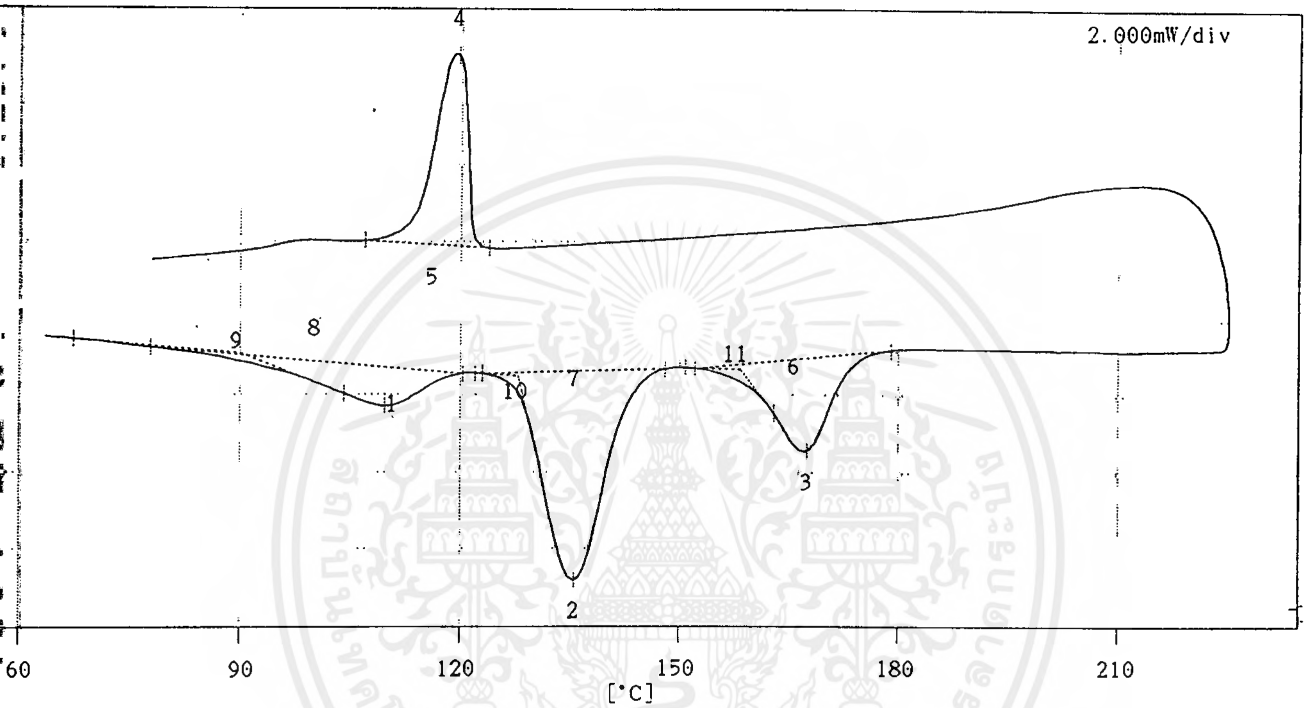
รูปที่ 4.36 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATE(y/m/d) : 99/01/27
SAMPLE NAME : PO
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY: 7.5 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT.: 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●

	dT/dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	230	0	0	0
2:	-10	40	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



[TEMP.] ---------TEMP(°C)---Heat Flow(mW)---------

	TEMP(°C)	Heat Flow(mW)
1	109.8	-3.3439
2	135.6	-7.8753
3	167.6	-4.4965
4	119.7	5.7246

[HEAT] -----Ti(°C)----Tf(°C)-----Heat(mJ)---

	Ti(°C)	Tf(°C)	Heat(mJ)
5	107	123.9	524.347
6	179	152.1	-138.546
7	148.1	123	-302.783
8	120.4	77.9	-105.103

[TANGENT] -----Ti(°C)----Tf(°C)-Intersection(°C)---

	Ti(°C)	Tf(°C)	Intersection(°C)
9	67.5	104.2	89.9
10	122	131	127.9
11	150.8	163	158.3

รูปที่ 4.37 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิโอเลฟินส์

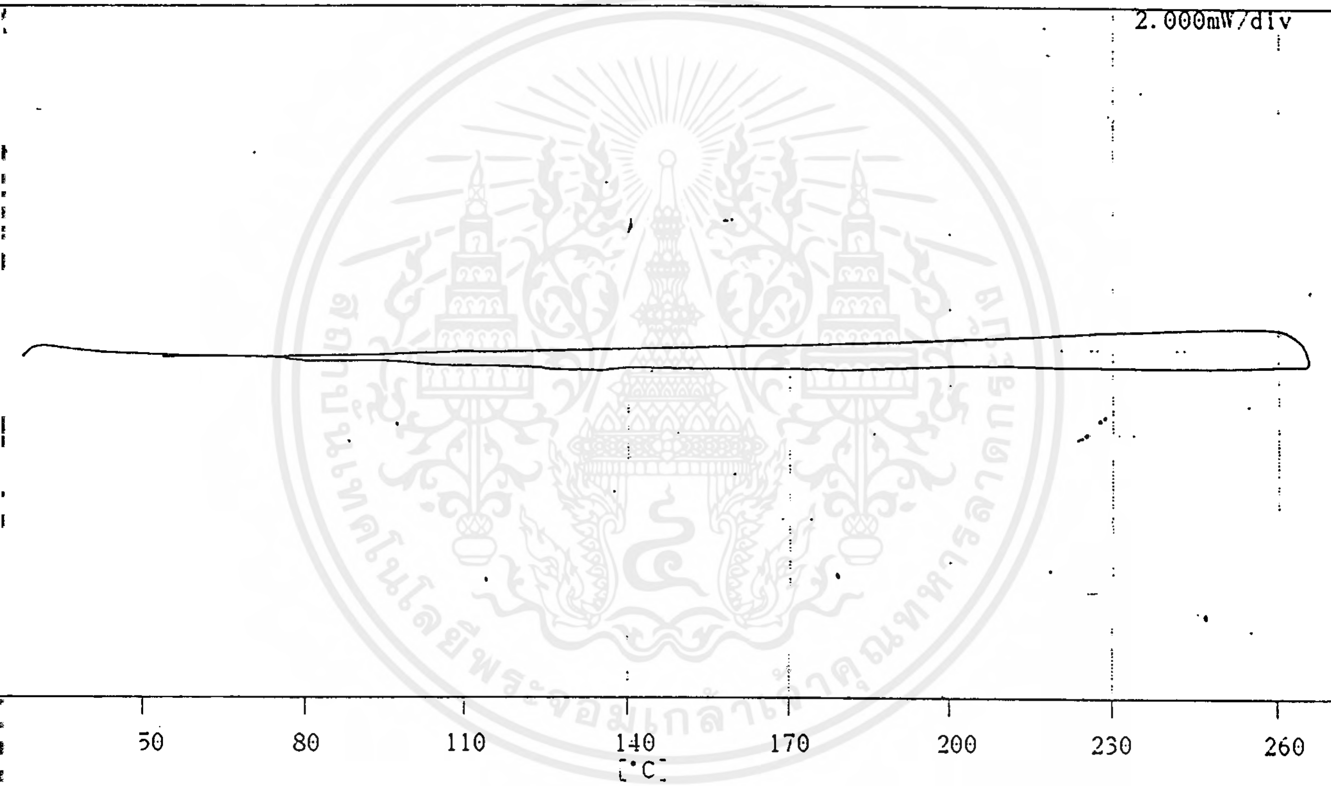
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FILE NAME <<ABS.000>>

DATE (y/m/d) : 03/12/98
SAMPLE NAME : ABS
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY : 5.5 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT. : 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●

	dT/dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	200	0	0	0
2:	-10	35	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



รูปที่ 4.38 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของ ABS

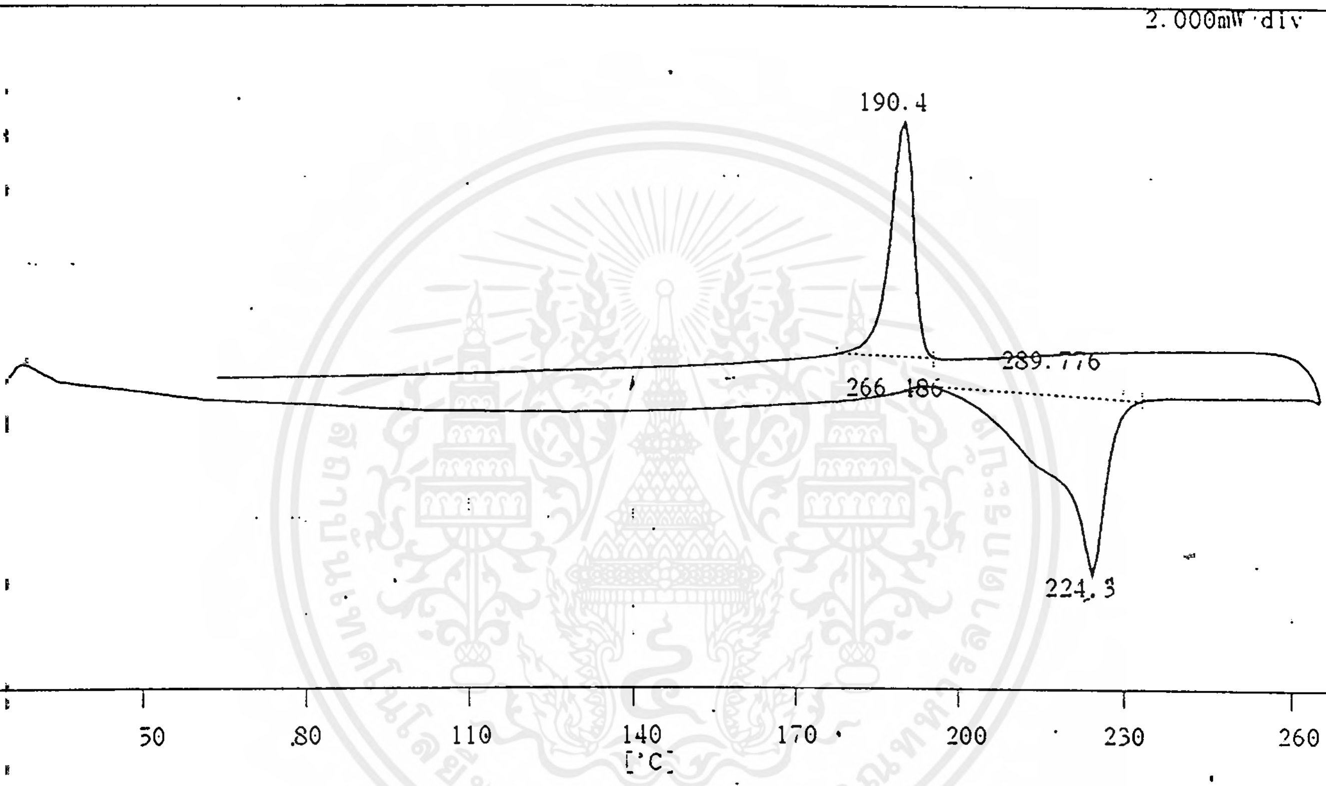
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FILE NAME <<NYLON.000>>

DATE (y/m/d) : 00/00/00
SAMPLE NAME : NYLON
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY : 5.5 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT. : 1 sec

◆ TEMPERATURE PROGRAM ◆

	dT/dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	270	0	0	0
2:	-10	40	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



[TEMP.] ---------TEMP(°C)---Heat Flow(mW)---------

	TEMP(°C)	Heat Flow(mW)
1	224.3	-4.5269
2	190.4	6.0731

[HEAT] -----Ti(°C)----Tf(°C)------Heat(mJ)---

	Ti(°C)	Tf(°C)	Heat(mJ)
1	177.7	195.6	266.486
2	233.5	193.6	-289.776

รูปที่ 4.39 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของไนลอน 6

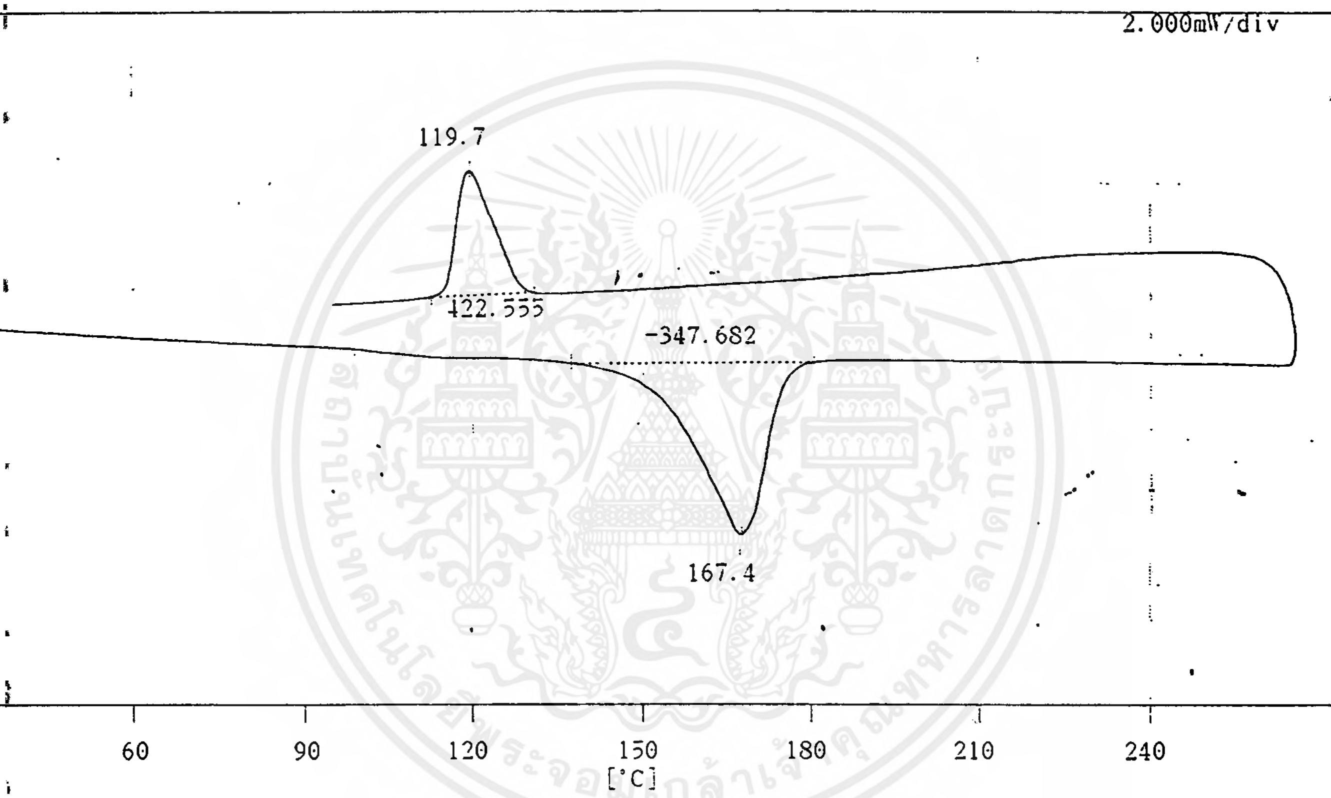
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LE NAME <<COMPAT.000>>

DATE(y/m/d) : 00/00/00
SAMPLE NAME : COMPAT
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY: 5.7 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT.: 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●

	dT/dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	270	0	0	0
2:	-10	40	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



[TEMP.] ----------TEMP(°C)---Heat Flow(mW)---------

	TEMP(°C)	Heat Flow(mW)
1	167.4	-5.2233
2	119.7	3.3633

[HEAT] -----Ti(°C)----Tf(°C)-----Heat(mJ)---

	Ti(°C)	Tf(°C)	Heat(mJ)
1	112.8	131	422.555
2	180.5	137.4	-347.682

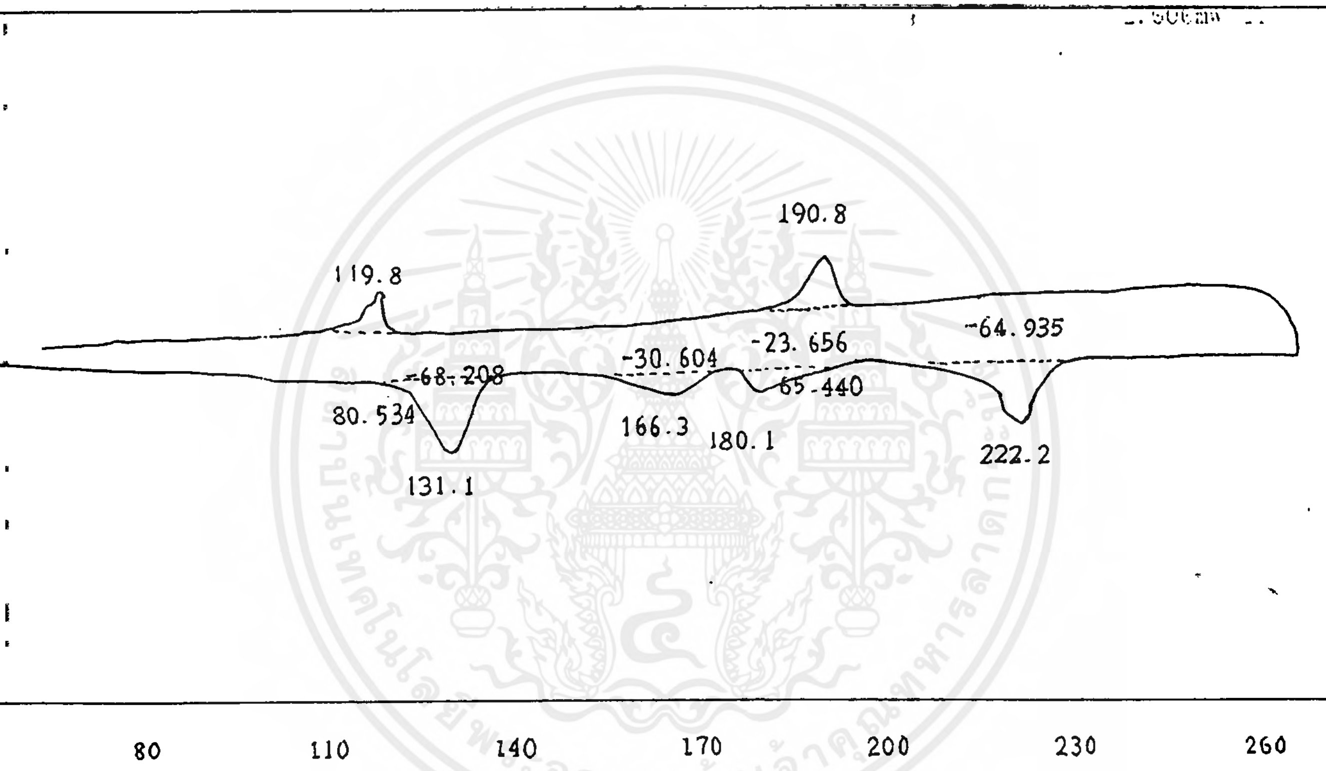
รูปที่ 4.40 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของสารช่วยผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NAME <<LE..1.000>>

ATE(y m d) : .. 11 .6
AMPLE NAME : SF9
OMMENT :
AMPLE Q'TITY: 5.5 mg
ODULE TYPE : DSC
AMPLING INT. : 1 sec

	dT dt	TEMP (hold)	ld	dT add)x	n(repeat)
1:	10	270	0		0
2:	-10	40	0		
	0	0	0		0
4:	0	0	0		0
5:	0		0		0



TEMP	--	TEMP (°C)	
	1	131.1	2
	2	130.1	0.9281
	3	166.3	0.9993
	4	222.2	1.3999
	5	190.8	1.
	6		1.

รูปที่ 4.41 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 ที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสม

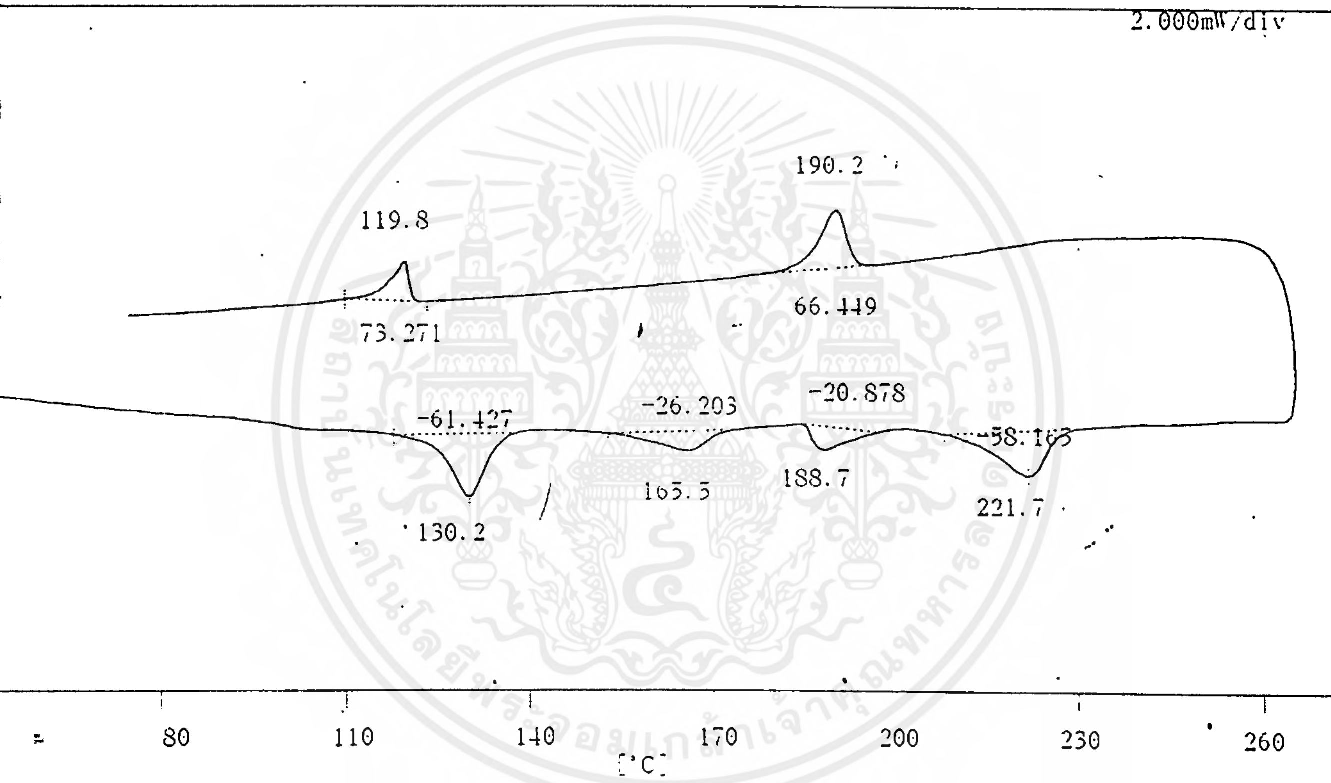
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FILE NAME <<17.000>>

DATE(y/m/d) : 00/00 00
SAMPLE NAME : SS17
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY: 5.5 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT. : 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●

	dT dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	270	0	0	0
2:	-10	40	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



[TEMP.]	TEMP(°C)	Heat Flow(mW)
1	130.2	-3.9158
2	165.5	-2.8037
3	188.7	-2.7691
4	221.7	-3.3448
5	190.2	2.8501
6	119.8	1.5685

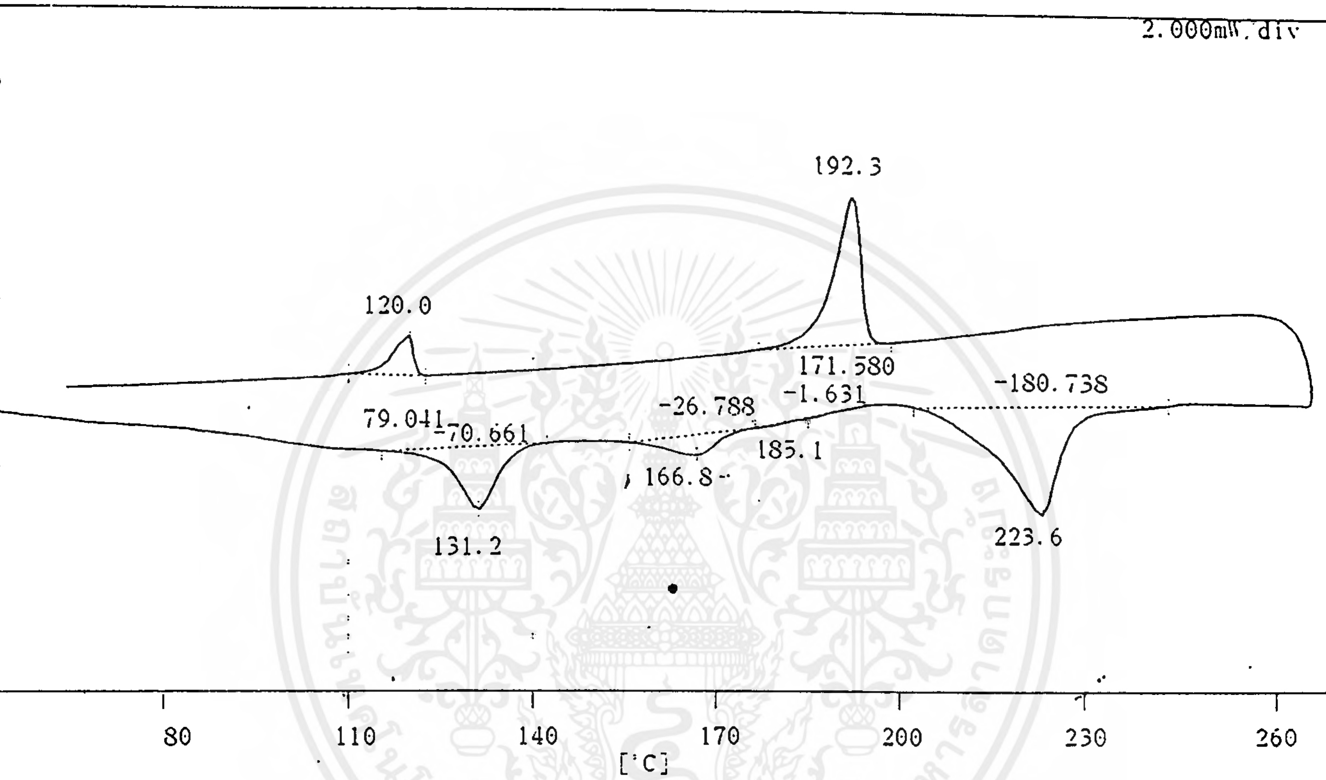
รูปที่ 4.42 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 ที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATE(y/m/d) : 20.11.'98
SAMPLE NAME : 26
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY : 5.6 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT. : 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●

	dT.dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	230	0	0	0
2:	-10	35	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



[TEMP.] ----------TEMP(°C)---Heat Flow(mW)----------

	TEMP(°C)	Heat Flow(mW)
1	131.2	-2.7868
2	166.8	-1.4814
3	185.1	-0.5927
4	223.6	-2.7884
5	192.3	4.6135
6	120	1.2452

[HEAT] -----Ti(°C)-----Tf(°C)-----Heat(mJ)---

	Ti(°C)	Tf(°C)	Heat(mJ)
1	142.3	[illegible]	-70.661

รูปที่ 4.43 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 ที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสม

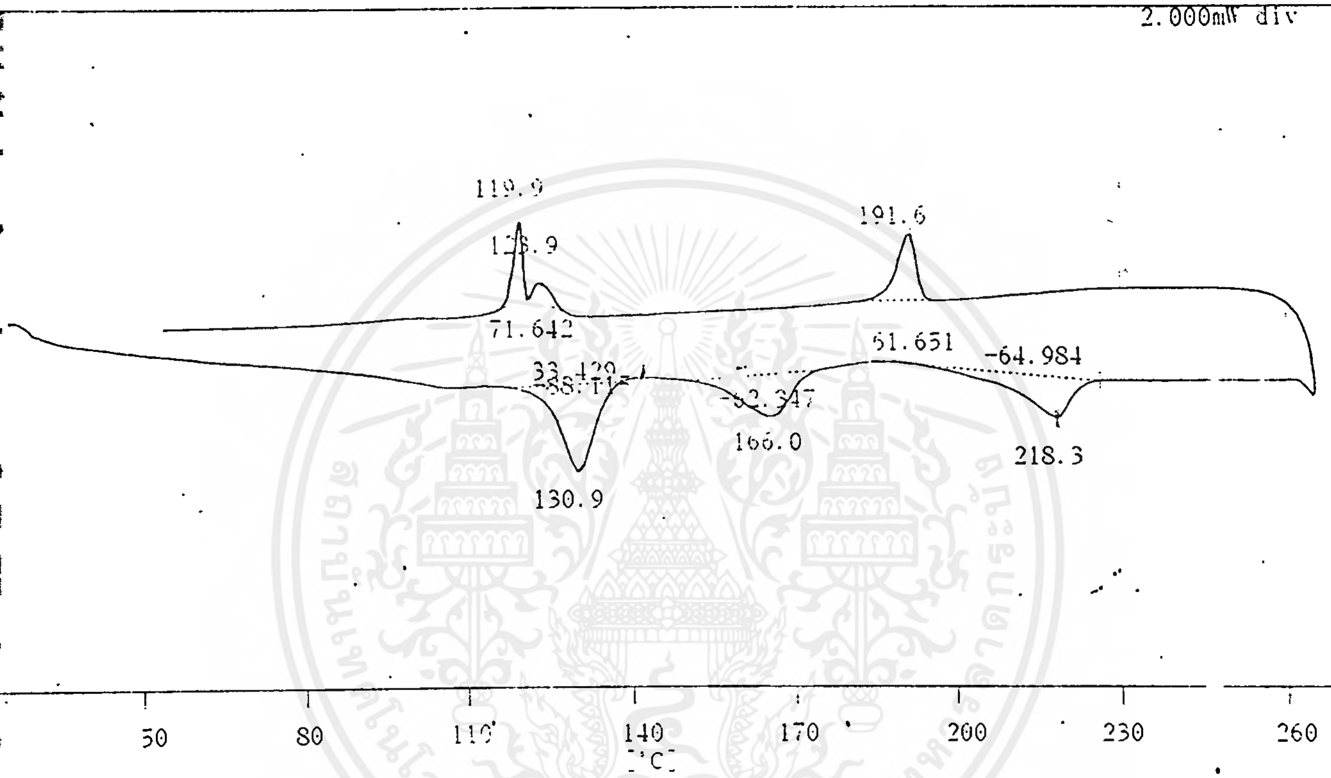
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ILE NAME <<000002.000>>

DATE(y m d) : 00 00 00
SAMPLE NAME : P[illegible]
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY: 5.5 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT. : 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●

	dT dt	T(h[illegible])	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	[illegible]	0	0	0
2:	-10	[illegible]	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



[TEMP.] ---------TEMP(°C)---Heat F[illegible]---------

	TEMP(°C)	Heat F
1	130.9	-3.2[illegible]
2	166	-1.9744
3	218.3	-1.9969
4	191.6	2.3179
5	123.9	1.181
6	119.9	2.6299

[HEAT] ----T[illegible](°C)----[illegible] ---Heat(mJ)---

T(°C)		Heat(mJ)
[illegible]38.3	[illegible]	-88.115

รูปที่ 4.44 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 ที่มีการเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

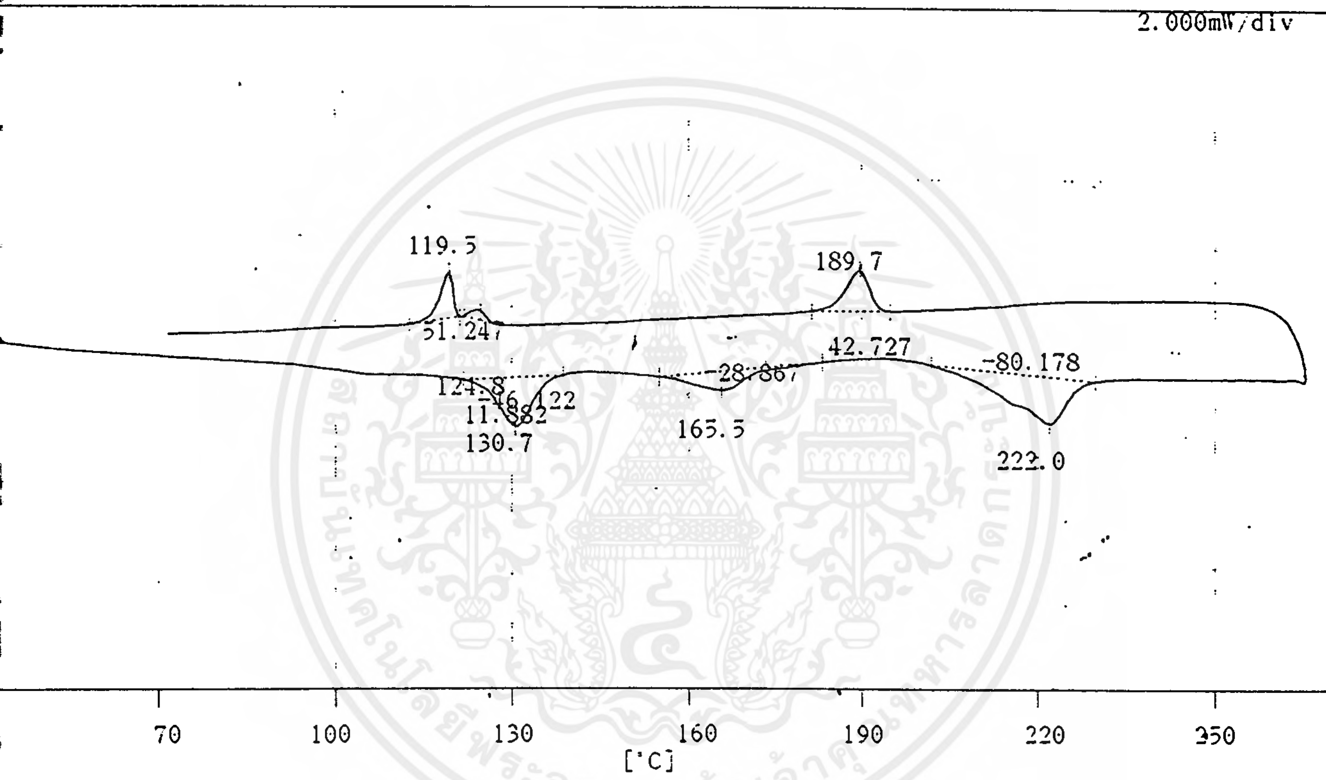
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FILE NAME <<ABS01.000>>

● TEMPERATURE PROGRAM ●

DATE(y/m/d) : 00/00 00
SAMPLE NAME : 501
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY: 5.5 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT. : 1 sec

	dT/dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	270	0	0	0
2:	-10	40	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



TEMP.	TEMP('C)	Heat Flow(mW)
1	130.7	-2.0722
2	165.5	-1.2141
3	222	-1.9553
4	189.7	1.6422
5	124.8	0.6812
6	119.5	1.5595

HEAT	Ti('C)	Tf('C)	Heat(mJ)
1	138.7	121.8	-46.122

รูปที่ 4.45 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 ที่มีการเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

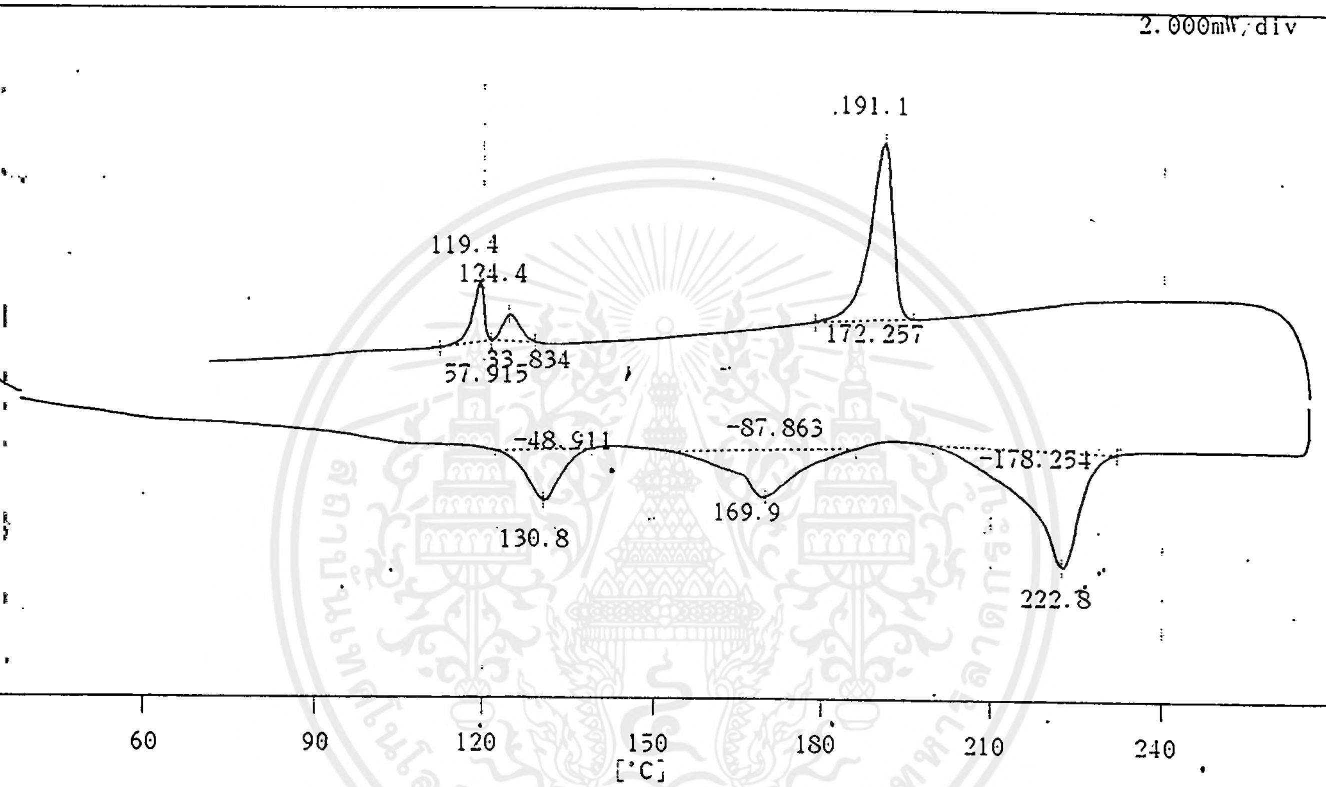
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FILE NAME <<NY501.000>>

DATE(y m/d) : 00/00/00
SAMPLE NAME : NY501
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY: 5.5 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT. : 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●

	dT dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	270	0	0	0
2:	-10	40	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



[TEMP.]	TEMP(°C)	Heat Flow(mW)
1	130.8	-2.7716
2	169.9	-2.6566
3	222.8	-4.2714
4	191.1	5.4379
5	124.4	1.3706
6	119.4	2.1051

[HEAT]	Ti(°C)	Tf(°C)	Heat(mJ)
1	139.1	122.2	-48.911

รูปที่ 4.46 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 ที่มีการเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

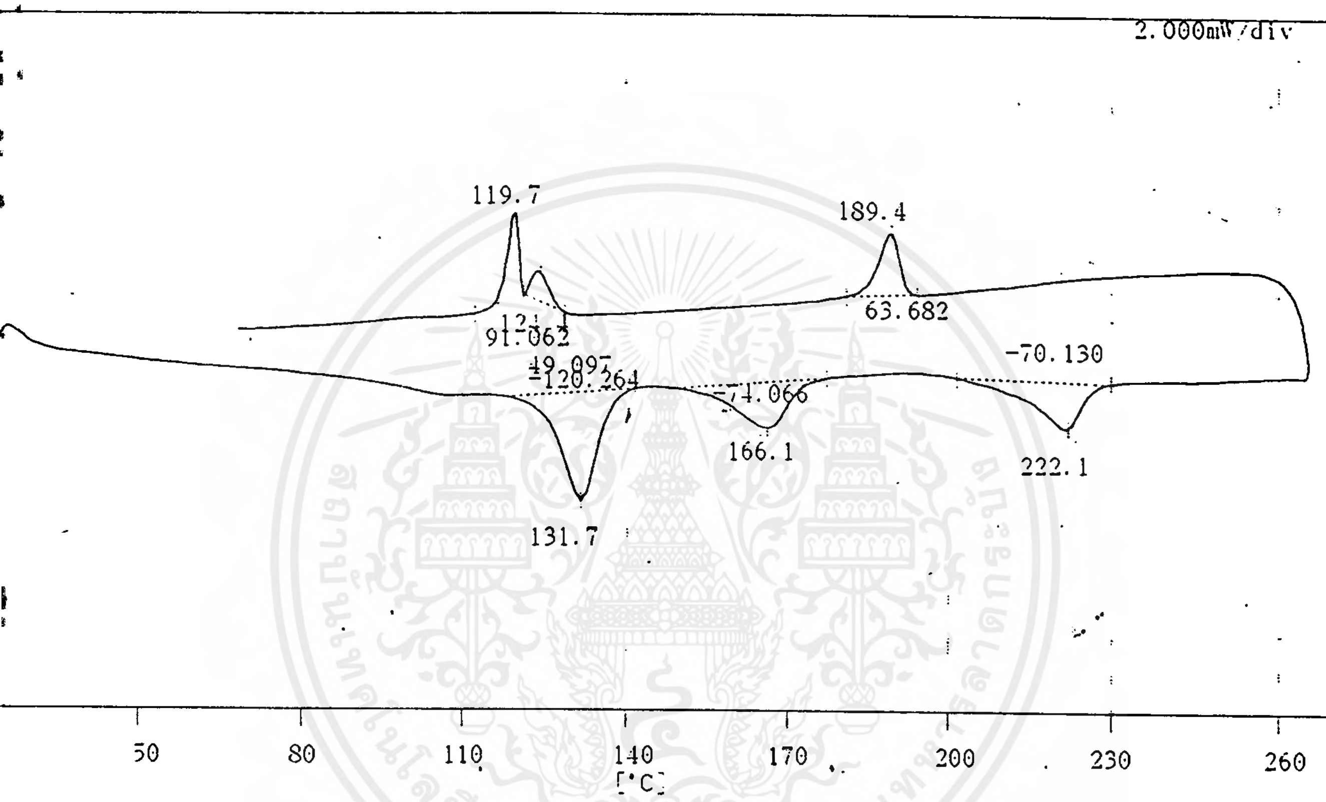
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FILE NAME <<00.000>>

DATE(y/m/d) : 00 00/00
SAMPLE NAME : PO503
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY: 5.7 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT. : 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●

	dT/dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	270	0	0	0
2:	-10	40	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



[TEMP.]	TEMP(°C)	Heat Flow(mW)
1	131.7	-3.8618
2	166.1	-2.1548
3	222.1	-2.1774
4	189.4	2.4599
5	124.4	1.4906
6	119.7	2.8863

[HEAT]	Ti(°C)	Tf(°C)	Heat(mJ)
1	141.6	117.6	-120.264

รูปที่ 4.47 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 ที่มีการเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

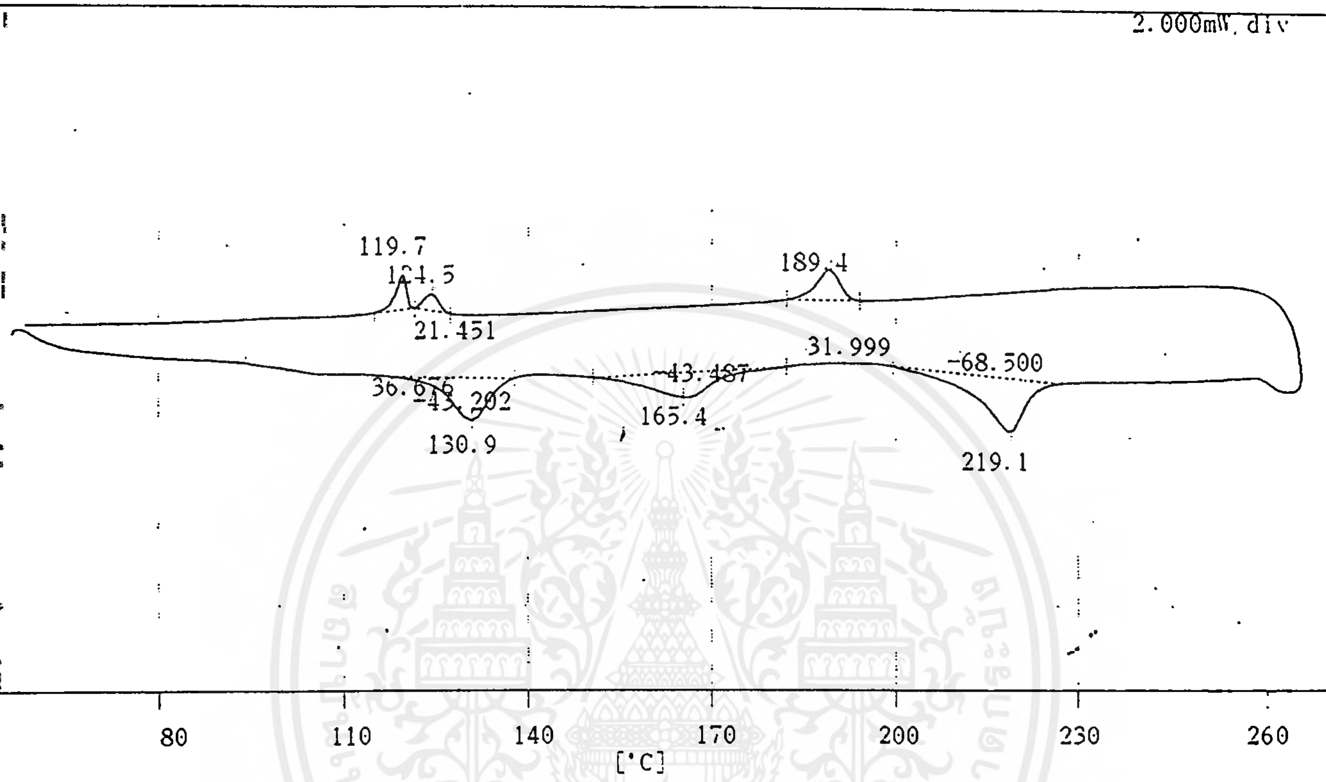
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ILE NAME <<ABS503.000>>

DATE (y/m/d) : 00/00 00
SAMPLE NAME : ABS503
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY: 5.8 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT.: 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●

	dT dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	270	0	0	0
2:	-10	40	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



[TEMP.]	TEMP(°C)	Heat Flow(mW)
1	130.9	-2.1338
2	165.4	-1.5754
3	219.1	-2.3212
4	189.4	1.4752
5	124.5	0.8415
6	119.7	1.3247

[HEAT]	Ti(°C)	Tf(°C)	Heat(mJ)
1	137.8	118	-43.202

รูปที่ 4.48 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 ที่มีการเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

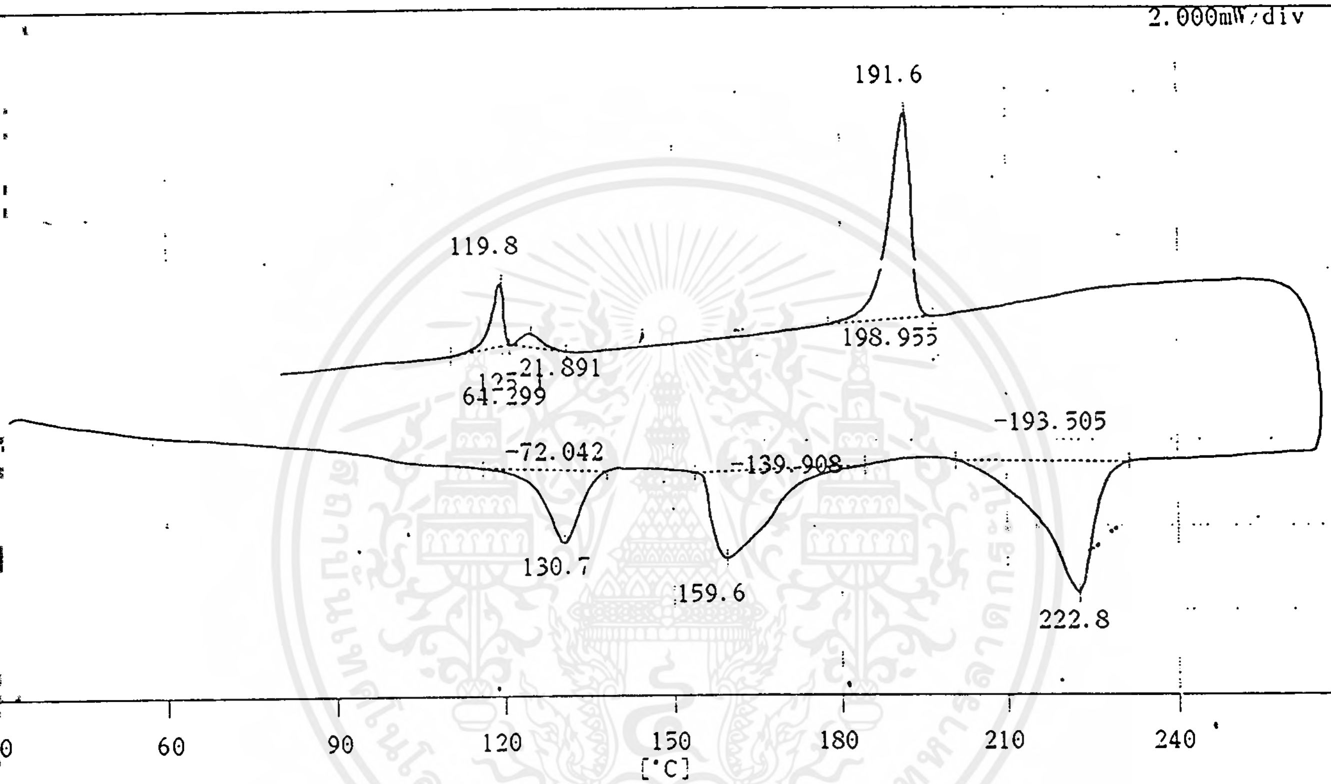
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FILE NAME <<FUN.000>>

DATE(y/m/d) : 00/00.00
SAMPLE NAME : NY503
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY: 5.7 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT.: 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●

	dT/dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	270	0	0	0
2:	-10	40	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



[TEMP.]	TEMP(°C)	Heat Flow(mW)
1	130.7	-3.6569
2	159.6	-4.032
3	222.8	-4.8805
4	191.6	6.2576
5	125.1	1.2612
6	119.8	2.4283

[HEAT]	Ti(°C)	Tf(°C)	Heat(mJ)
1	138.4	116.5	-72.042

รูปที่ 4.49 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 ที่มีการเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

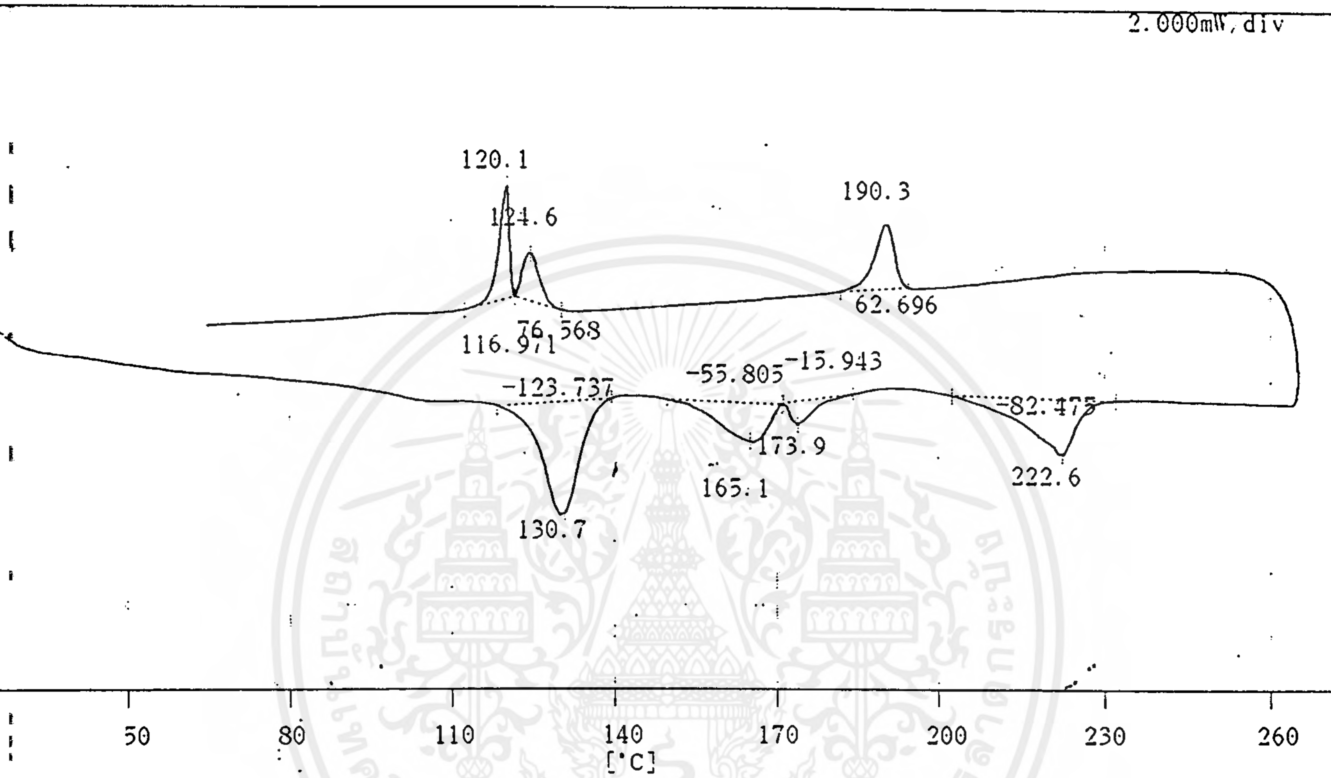
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ILE NAME <<PO505.000>>

DATE(y/m/d) : 00 00 00
SAMPLE NAME : PO505
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY: 5.6 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT. : 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●

	dT/dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	270	0	0	0
2:	-10	40	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



TEMP.	TEMP('C)	Heat Flow(mW)
1	130.7	-4.3948
2	165.1	-2.6492
3	173.9	-2.231
4	222.6	-2.9425
5	190.3	2.49
6	124.6	1.7536
7	120.1	3.3255

HEAT	Ti('C)	Tf('C)	Heat(mJ)
1	171	149.8	-55.805
2	139.6	118.3	-123.737

รูปที่ 4.50 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 50 : 25 : 25 ที่มีการเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

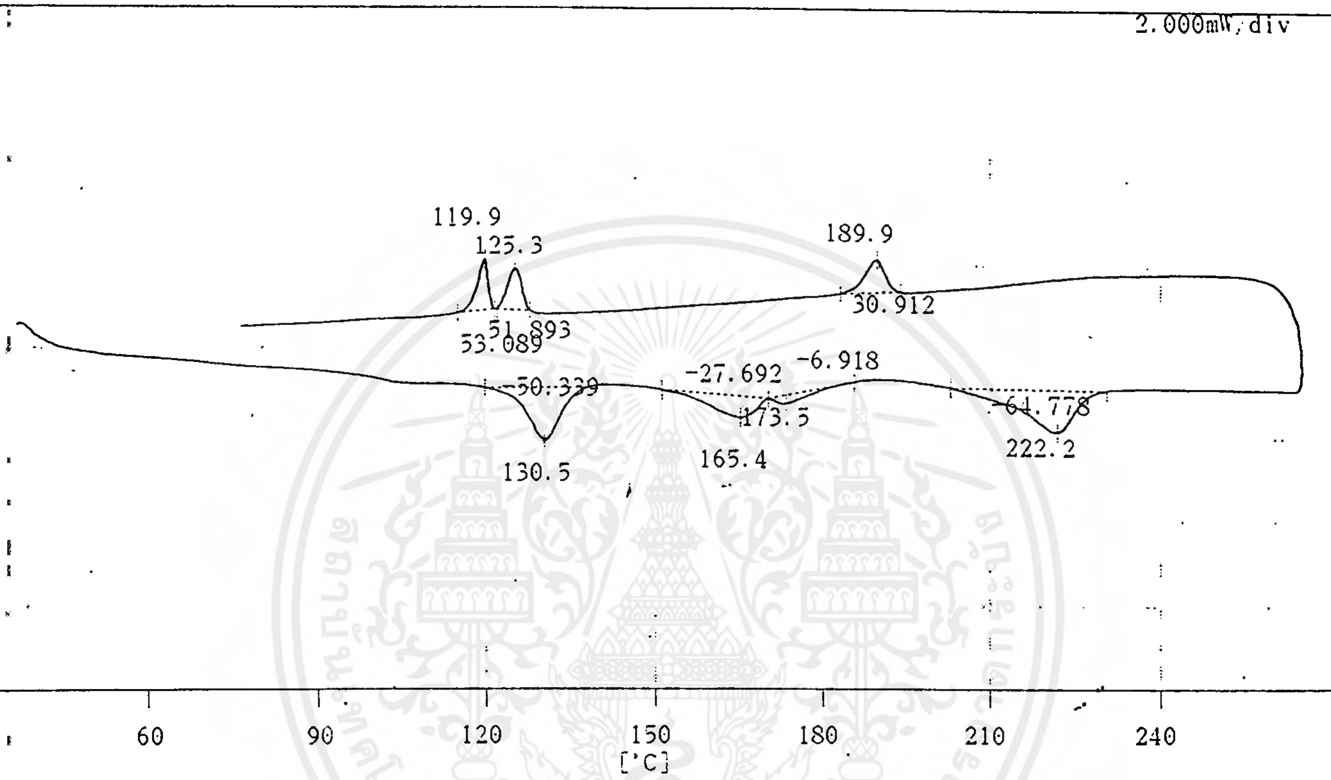
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FILE NAME <<ABS505.000>>

DATE(y m d) : 00/00/00
SAMPLE NAME : ABS505
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY: 5.5 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT.: 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●

	dT/dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	270	0	0	0
2:	-10	40	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



[TEMP.] ----------TEMP(°C)---Heat Flow(mW)----------

1	130.5	-2.4167
2	165.4	-1.8708
3	173.5	-1.5386
4	222.2	-2.1622
5	189.9	1.8361
6	125.3	1.6045
7	119.9	1.8152

[HEAT] -----Ti(°C)----Tf(°C)-----Heat(mJ)---

1	170.5	151.4	-27.692

รูปที่ 4.51 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 50 : 25 ที่มีการเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

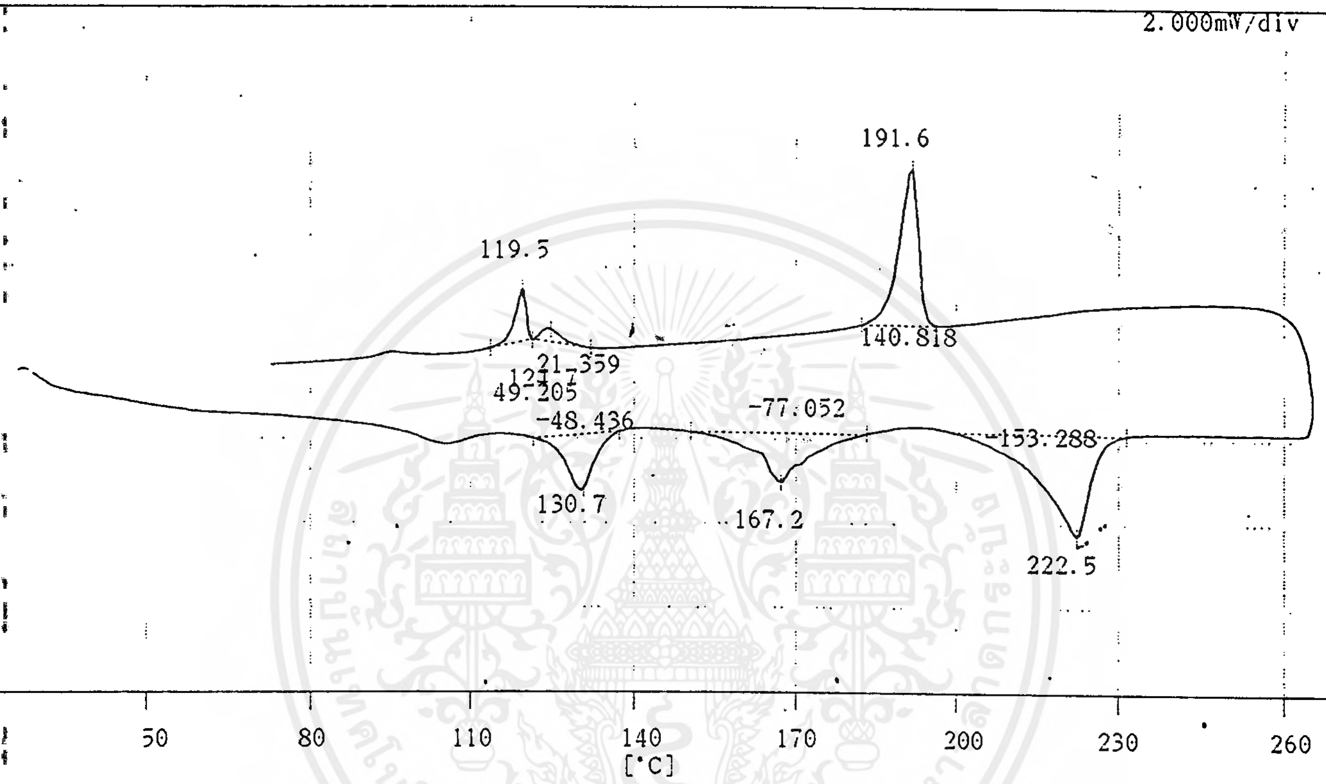
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FILE NAME <<NY505.000>>

DATE(y m d) : 00/00/00
SAMPLE NAME : NY505
COMMENT :
SAMPLE Q'TITY: 5.6 mg
MODULE TYPE : DSC
SAMPLING INT. : 1 sec

● TEMPERATURE PROGRAM ●

	dT/dt	T(hold)	τ(hold)	δT(add)x	n(repeat)
1:	10	270	0	0	0
2:	-10	40	0	0	0
3:	0	0	0	0	0
4:	0	0	0	0	0
5:	0	0	0	0	0



[TEMP.]	TEMP(°C)	Heat Flow(mW)
1	130.7	-2.714
2	167.2	-2.5318
3	222.5	-3.7803
4	191.6	4.8488
5	124.7	1.0655
6	119.5	1.9778

HEAT]	Ti(°C)	Tf(°C)	Heat(mJ)
1	137.3	121.5	8.436

รูปที่ 4.52 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของพอลิเมอร์ผสม Po : ABS : Nylon 6 ที่มีอัตราส่วน 25 : 25 : 50 ที่มีการเติมสารช่วยผสม ในปริมาณ 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Bo-RunLing.,White,J.L.,Spruiell,J.E.andGoswani,B.C.,*J.appl.polym.sci.* **1983**,28,2011-2032.

2. Carrot,C.,Guillep,J.andMay,J.F.*Plastic,Rubber and Composites Processing and Applications.* **1991**,16(1),61-66.

3. Dagli,S.Xanthos,M.andBiesenberger,J.A.*Emerging Technologies in Plastics Recycling.* **1992**,241-256.

4. Jae-DoneLee.andSeung-ManYang*Polym.Eng.Sci.***1995**,35(23),1821-1832.

5. Sathe,S.N.,D.S.R.,G.S.andRao,K.V *J.appl.polym.sci.***1996**,60,579-590.

6. Beltrime,P.L.Castelli,A.,Pasquantonio,M.D.,Canetti,M.andSeves,A.*J.appl.polym.sci.* **1996**,60,579-590.

7. จิราภรณ์ เมฆบริสุทธิ์และคณะ "การใช้สารช่วยผสมในการปรับปรุงแรงยึดติดระหว่างผิวของพอลิเมอร์ผสม"โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,**2539**

8. นันทพร พันธุ์ภักดี และ เรวดี สกุลอริยะ "วัสดุคอมพอสิตจากพอลิพรอพิลีนและเส้นใยอ้อย" โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,**2540**

9. ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ "เคมีพอลิเมอร์"พิมพ์ครั้งที่3,**2540**,254.

10.UlrichEisele*Introduction to polymer physics*,**1990**,158.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้