สมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกล ของ โพรพิลีน โคโพลิเมอร์ ที่ถูกเติมด้วยสารก่อตัวคริสตัลไลน์

นางสาว ดวงสุดา ธีรอนันต์

วิทยานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-634-043-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF NUCLEATED PROPYLENE COPOLYMER

Miss Duangsuda Teeraanan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1996

ISBN 974-634-043-3

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University

I17009662

หัวข้อวิทยานิพนธ์	สมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของโพรพิลีน โคโพลิเมอร์ ที่ถูกเติมด้วยสารก่อตัวคริสตัลไลน์
โดย	นางสาวดวงสุดา ธีรอนันต์
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.อุรา ปานเจริญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นายชัยวัฒน์ สิริเบญจมาภรณ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วน หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

---------- คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการวิทยานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. อุรา ปานเจริญ)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(นายชัยวัฒน์ สิริเบญจมาภรณ์)

---------- กรรมการ

(อาจารย์ ดร. สุพจน์ พัฒนะศรี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ดวงสุดา ธีรอนันต์ : สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของโพรพิลีนโคโพลิเมอร์ ที่ถูกเติมด้วยสารก่อตัวคริสตัลไลน์ (PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF NUCLEATED PROPYLENE COPOLYMER), อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.อุรา ปานเจริญ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : นายชัยวัฒน์ สิริเบญจมาภรณ์, 103 หน้า. ISBN 974-634-043-3

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของโพรพิลีนโคโพลิเมอร์ที่ถูกเติมด้วยสารก่อตัวคริสตัลไลน์ โดยโพรพิลีนโคโพลิเมอร์ที่ใช้ ในการศึกษานี้ คือ แรนดัมโคโพลิเมอร์ และบล็อคโคโพลิเมอร์ และเติมสารก่อตัวคริสตัลไลน์ 3 ประเภท อันได้แก่ ประเภท Mineral, Organic base ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของซอบิทอล (sorbitol) และ Organic Metallic ในอัตราผสมตั้งแต่ 0.13 - 0.31 %

ในการศึกษาผลของการเติมสารก่อตัวคริสตัลไลน์ทั้ง 3 ประเภท ได้วิเคราะห์ทางความร้อนโดยใช้เครื่อง DSC ผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิหลอมเหลว, อุณหภูมิการเกิดผลึก และองศาของความเป็นผลึกของโพรพิลีนโคโพลิเมอร์ ทั้ง 2 ประเภทเพิ่มขึ้น จากการทดสอบสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ได้แก่ ความต้านทานแรงกระแทก ความต้านทานแรงดึง ความแข็ง อุณหภูมิการบิดเบี้ยวด้วยความร้อน ความทนต่อการบิดงอ และโมดูลัสของการบิดงอ มีค่าเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาพบว่า ประเภทของสารก่อตัวคริสตัลไลน์ ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด สำหรับแรนดัมโคโพลิเมอร์ คือ Organic base ที่อัตราผสม 0.25 % และสำหรับบล็อคโคโพลิเมอร์ คือ Organic Metallic ที่อัตราผสม 0.15%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

#C517136 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: : NUCLEATED PROPYLENE COPOLYMER/ CRYSTALLINITY

DUANGSUDA TEERAANAN : PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF NUCLEATED PROPYLENE COPOLYMER,
THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. URA PANCHAROEN,D.Eng.,c.,
THESIS CO-ADVISOR : MR.CHAIWAT SIRIBENJAMAPORN

103 pp. ISBN 974-634-043-3

The addition of various nucleating agents to a polymer led to the modification of its crystalline structure and also effected the physical and mechanical properties. Random and block copolymer of propylene were used in formulations with 0.13 - 0.31% ratio of nucleating agents. This study used three types of nucleating agents, mineral, organic based on derivatives of sorbital and organic metallic.

Physical and mechanical properties of nucleated propylene copolymer had been characterized by differential scanning calorimetry (DSC) and mechanical property testing. The following changes of nucleated propylene copolymers were observed : (a) an increase in the melting and crystallization temperature; (b) an increase on the level of crystallinity; (c) an increase in izod notch impact, tensile strength at yield, hardness, heat deflection temperature, flexural strength and flexural modulus.

In addition, the most efficient nucleating agent for random copolymer was 0.25% organic base and for block copolymer was 0.15% organic metallic base.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา CHEMICAL ENGINEERING ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา CHEMICAL ENGINEERING ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม S. CHAIWAT

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนได้รับความกรุณาอย่างยิ่ง จากรองศาสตราจารย์ ดร. อุรา ปานเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนว ทางการวิจัย และให้ข้อคิดเห็นในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ตลอดจนช่วยแก้ไข และ เพิ่มเติมวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย ศาสตราจารย์ดร.ปิยะสาร ประเสริฐธรรม ประธานกรรมการ, อาจารย์ ดร.สุพจน์ พัฒนะศรี และคุณชัยวัฒน์ สิริเบญจมาภรณ์ ซึ่งได้ให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณโชคชัย โตเจริญธนาผล และคุณพรศักดิ์ คูชัยยานนท์ ที่ได้ เอื้อเฟื้อข้อมูลสารเคมีในการวิจัย และข้อเสนอแนะ ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย และขอขอบคุณ คุณเบญจางค์ มงคลเลิศสิริสุข และคุณไพลิน จิวประกอบวงศ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บิดา และมารดา ที่เป็นกำลังใจ มาโดยตลอด และขอขอบพระคุณอาจารย์ และเพื่อนอีกหลายท่าน ที่ไม่ได้กล่าวนาม ในครั้งนี้ ที่ได้ช่วยเหลือ และให้คำแนะนำในการทำวิจัยนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญรูป.....ฎ

บทที่.....1

1 บทนำ.....1

- วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....3
- ขอบเขตของการวิจัย.....3

2 ทฤษฎี.....4

- พลาสติกโพลีโพรพิลีน.....4
- กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกโพลีโพรพิลีน.....4
- การจัดเรียงตัวของโมเลกุลโพลิเมอร์.....6
- โพรพิลีนโคโพลิเมอร์กับการใช้งาน.....9
- ความเป็นผลึกของโพลิเมอร์.....10
- แบบจำลองโครงสร้างความเป็นผลึกของโพลิเมอร์.....11
- การหาค่าองศาของความเป็นผลึก.....14
- สารก่อตัวคริสตัวไลน์.....15
- อิทธิพลของความเป็นผลึกต่อสมบัติของโพลิเมอร์.....15

3 การทดลอง.....17

- สารที่ใช้.....17
- เครื่องมือที่ใช้.....18
- วิธีการทดลอง.....25

4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....35

- ผลต่อค่าอุณหภูมิหลอมเหลวและอุณหภูมิการเกิดผลึก.....38
- ผลต่อค่าองศาของความเป็นผลึก.....45
- ผลต่อสมบัติเชิงกล.....51

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ....90

- สรุปผลการทดลอง....90

- ข้อเสนอแนะ....91

รายการอ้างอิง....92

ภาคผนวก....94

ก. การคำนวณค่าองศาของความเป็นผลึก....94

ข. การเลือกใช้ความเร็วฉีด และความดันฉีดแช่แบบเป็นขั้น....95

ค. ระยะเวลาในการฉีดพลาสติกต่อวัฏจักร....97

ง. อุณหภูมิในช่วงเวลา ต่างๆ สำหรับการฉีดโพลีโพรพิลีน (PP) ที่แนะนำให้ใช้....100

จ. ราคาของสารที่ใช้....101

ฉ ประมาณการปริมาณการผลิตโพลิโพรพิลีนในประเทศไทย (หน่วย พันตัน / ปี)....102

ประวัติผู้เขียน....103

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ความต้องการใช้เม็ดพลาสติกโพลีโพรพิลีนของไทยในช่วง ปี ค.ศ. 1985-2000	2
2.1	สมบัติโดยทั่วไปของโพรพิลีนโคโพลิเมอร์	8
2.2	แสดงปริมาณการใช้โพรพิลีน โคโพลิเมอร์ตามประเภทการใช้งาน	9
2.3	แสดงการเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของโพลิเมอร์ที่มีโครงสร้างผลึกและโครงสร้างอสัณฐาน	15
4.1	แสดงผลการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของโพรพิลีนแรนดัมโคโพลิเมอร์ที่ถูกเติมด้วยสารก่อตัวคริสตัลไลน์ประเภท Mineral base ที่อัตราส่วนต่าง ๆ	35
4.2	แสดงผลการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของโพรพิลีนแรนดัมโคโพลิเมอร์ที่ถูกเติมด้วยสารก่อตัวคริสตัลไลน์ประเภท Organic base ที่อัตราส่วนต่าง ๆ	36
4.3	แสดงผลการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของโพรพิลีนแรนดัมโคโพลิเมอร์ที่ถูกเติมด้วยสารก่อตัวคริสตัลไลน์ประเภท Metallic Organic base ที่อัตราส่วนต่าง ๆ	36
4.4	แสดงผลการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของโพรพิลีนบล็อคโคโพลิเมอร์ที่ถูกเติมด้วยสารก่อตัวคริสตัลไลน์ประเภท Mineral base ที่อัตราส่วนต่าง ๆ	37
4.5	แสดงผลการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของโพรพิลีนบล็อคโคโพลิเมอร์ที่ถูกเติมด้วยสารก่อตัวคริสตัลไลน์ประเภท Organic base ที่อัตราส่วนต่าง ๆ	37
4.6	แสดงผลการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC ของโพรพิลีนบล็อคโคโพลิเมอร์ที่ถูกเติมด้วยสารก่อตัวคริสตัลไลน์ประเภท Metallic Organic base ที่อัตราส่วนต่าง ๆ	38
4.7	แสดงผลของการเติมสารก่อตัวคริสตัลไลน์ ทั้ง 3 ประเภทในโพรพิลีนโคโพลิเมอร์ ทั้ง 2 ประเภท ต่อค่าอุณหภูมิหลอมเหลว (Tm) และอุณหภูมิการเกิดผลึก (Tcr) ที่เพิ่มขึ้น	39

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

4.8 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าองศาของความเป็นผลึก เมื่อเติมสารก่อตัวคริสตัลไลน์ทั้ง 3 ประเภท ในโพรพิลีนโคโพลิเมอร์ ประเภทแรนดัม และประเภทบล็อค....48

4.9 แสดงผลการทดลองวัดค่าสมบัติเชิงกลของแรนดัม โคโพลิเมอร์ที่ถูกเติมด้วย สารก่อตัวคริสตัลไลน์ ประเภท Mineral base ที่อัตราผสมต่าง ๆ....51

4.10 แสดงผลการทดลองวัดค่าสมบัติเชิงกลของแรนดัม โคโพลิเมอร์ที่ถูกเติมด้วย สารก่อตัวคริสตัลไลน์ ประเภท Organic base ที่อัตราผสมต่าง ๆ....52

4.11 แสดงผลการทดลองวัดค่าสมบัติเชิงกลของแรนดัม โคโพลิเมอร์ที่ถูกเติมด้วย สารก่อตัวคริสตัลไลน์ ประเภท Metallic Organic base ที่อัตราผสมต่าง ๆ....53

4.12 แสดงผลการทดลองวัดค่าสมบัติเชิงกลของบล็อคโคโพลิเมอร์ ที่ถูกเติมด้วย สารก่อตัวคริสตัลไลน์ ประเภท Mineral base ที่อัตราผสมต่าง ๆ....54

4.13 แสดงผลการทดลองวัดค่าสมบัติเชิงกลของบล็อคโคโพลิเมอร์ ที่ถูกเติมด้วย สารก่อตัวคริสตัลไลน์ ประเภท Organic base ที่อัตราผสมต่าง ๆ....55

4.14 แสดงผลการทดลองวัดค่าสมบัติเชิงกลของบล็อคโคโพลิเมอร์ ที่ถูกเติมด้วย สารก่อตัวคริสตัลไลน์ ประเภท Metallic Organic base ที่อัตราผสมต่าง ๆ....56

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงขั้นตอนการผลิต โพลีโพรพิลีน	5
2.2	โครงสร้างโคโพลิเมอร์โมเลกุล	7
2.3	แสดงการปรับโครงสร้างของโพลิเมอร์จากสภาวะของเหลว เป็นสภาวะของแข็ง	10
2.4	แสดงถึงโครงสร้างของโพลิเมอร์	11
2.5	แสดงแบบจำลองโครงสร้าง Fringed micelle	11
2.6	แสดงแบบจำลองโครงสร้าง Folded chain Crystalline ที่รูปผลึกเป็นลาเมลลา	12
2.7	ไมโครกราฟของลาเมลลา	12
2.8	โครงสร้างแบบ Spherulites	13
3.1	เครื่องผสมที่ใช้	19
3.2	Twin Screw Extruder	20
3.3	Injection Molding Machine	20
3.4	Differential Scanning Calorimeter	21
3.5	Universal Testing Machine	21
3.6	Capillary Rheometer	22
3.7	เครื่อง Hardness Tester	22
3.8	Izod Impact Tester	23
3.9	แผนการทดลอง	24
3.10	รูปร่างลักษณะชิ้นงานที่เตรียมได้	26
3.11	ลักษณะชิ้นงานที่ใช้วัดความต้านทานแรงกระแทก	28
3.12	ลักษณะชิ้นงานที่ใช้วัดค่าความแข็ง	30
3.13	ชิ้นงานที่ใช้วัดค่าความทนต่อแรงดึง	31
3.14	การทดสอบค่าความทนต่อการบิดงอ และโมดูลัสของการบิดงอ	33
3.15	การทดสอบอุณหภูมิของการบิดงอด้วยความร้อน	34

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

4.1 แสดงการเปรียบเทียบ Crystallization Temperature ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Mineral base nucleating agent....40

4.2 แสดงการเปรียบเทียบ Crystallization Temperature ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Organic base nucleating agent....41

4.3 แสดงการเปรียบเทียบ Crystallization Temperature ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Organic metallic base nucleating agent....42

4.4 แสดงการเปรียบเทียบ Crystallization Temperature โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Random Copolymer....43

4.5 แสดงการเปรียบเทียบ Crystallization Temperature โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Block Copolymer....44

4.6 แสดงการเปรียบเทียบ ΔT โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Random Copolymer....46

4.7 แสดงการเปรียบเทียบ ΔT โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Block Copolymer....47

4.8 แสดงการเปรียบเทียบ Degree of Crystallinity โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Random Copolymer....49

4.9 แสดงการเปรียบเทียบ Degree of Crystallinity โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Block Copolymer....50

4.10 แสดงการเปรียบเทียบ Melt flow index โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Random Copolymer....58

4.11 แสดงการเปรียบเทียบ Melt flow index โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Block Copolymer....59

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

4.12 แสดงการเปรียบเทียบ Izod Notch Impact ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Mineral base nucleating agent....60

4.13 แสดงการเปรียบเทียบ Izod Notch Impact ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Organic base nucleating agent....61

4.14 แสดงการเปรียบเทียบ Izod Notch Impact ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Organic metallic base nucleating agent....62

4.15 แสดงการเปรียบเทียบ Izod Notch Impact โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Random Copolymer....63

4.16 แสดงการเปรียบเทียบ Izod Notch Impact โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Block Copolymer....64

4.17 แสดงการเปรียบเทียบ Tensile strength at yield ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Mineral base nucleating agent....65

4.18 แสดงการเปรียบเทียบ Tensile strength at yield ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Organic base nucleating agent....66

4.19 แสดงการเปรียบเทียบ Tensile strength at yield ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Organic metallic base nucleating agent....67

4.20 แสดงการเปรียบเทียบ Tensile Strength at yield โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Random Copolymer....68

4.21 แสดงการเปรียบเทียบ Tensile Strength at yield โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Block Copolymer....69

4.22 แสดงการเปรียบเทียบ Hardness ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Mineral base nucleating agent....71

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

4.23 แสดงการเปรียบเทียบ Hardness ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Organic base nucleating agent....71
4.24 แสดงการเปรียบเทียบ Hardness ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้Organic metallic base nucleating agent....72
4.25 แสดงการเปรียบเทียบ Hardness โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Random Copolymer....73
4.26 แสดงการเปรียบเทียบ Hardness โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Block Copolymer....74
4.27 แสดงการเปรียบเทียบ Flexural Strength ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Mineral base nucleating agent....75
4.28 แสดงการเปรียบเทียบ Flexural Strength ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Organic base nucleating agent....76
4.29 แสดงการเปรียบเทียบ Flexural Strength ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Organic metallic base nucleating agent....77
4.30 แสดงการเปรียบเทียบ Flexural Strength โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Random Copolymer....78
4.31 แสดงการเปรียบเทียบ Flexural Strength โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Block Copolymer....79
4.32 แสดงการเปรียบเทียบ Flexural Modulus ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Mineral base nucleating agent....80
4.33 แสดงการเปรียบเทียบ Flexural Modulus ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Organic base nucleating agent....81
4.34 แสดงการเปรียบเทียบ Flexural Modulus ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Organic metallic base nucleating agent....82

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

4.35 แสดงการเปรียบเทียบ Flexural Modulus โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Random Copolymer....83

4.36 แสดงการเปรียบเทียบ Flexural Modulus โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Block Copolymer....84

4.37 แสดงการเปรียบเทียบ Heat Deflection Temperature ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Mineral base nucleating agent....85

4.38 แสดงการเปรียบเทียบ Heat Deflection Temperature ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Organic base nucleating agent....86

4.39 แสดงการเปรียบเทียบ Heat Deflection Temperature ของ PP Random Copolymer และ Block Copolymer โดยใช้ Organic metallic base nucleating agent....87

4.40 แสดงการเปรียบเทียบ Heat Flexural Modulus โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Random Copolymer....88

4.41 แสดงการเปรียบเทียบ Heat Flexural Modulus โดยใช้ Nucleating agent 3 ประเภท สำหรับ PP Block Copolymer....89

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย