

ผลของการทดสอบโพลิโพรพิลีนชนิดโโค โพลิเมอร์ที่มีต่อสมบัติเชิงกล  
และสมบัติทางกายภาพของโพลิโพรพิลีนชนิดไฮโน โพลิเมอร์



นายนักินทร์ สดสุชาติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-634-270-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF POLYPROPYLENE-COPOLYMER BLENDING ON MECHANICAL  
AND PHYSICAL PROPERTIES OF POLYPROPYLENE HOMOPOLYMER



Mr. Nakin Sodsuchart

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 974-634-270-3

# # C416686 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING  
KEY WORD: POLYPROPYLENE / POLYMER BLENDING / HOMOPOLYMER /COPOLYMER

NAKIN SODSUCHART : EFFECTS OF POLYPROPYLENE-COPOLYMER BLENDING ON  
MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF POLYPROPYLENE HOMOPOLYMER. THESIS  
ADVISOR : ASSO. PROF. URA PANCHAROEN, D.Eng.Sc. THESIS CO-ADVISOR : MR.CHAIWAT  
SIRIBENJAMAPORN. 84 PP. ISBN 974-634-270-3



The objective of this thesis was to evaluate the effects of Polypropylene-Copolymer blending on mechanical and physical properties of Polypropylene-Homopolymer i.e. :- Melt Flow Index, Melting Temperature, Izod Notched Impact Strength, Hardness, Tensile Strength at Yield, Flexural Strength, Flexural Modulus and Heat Deflection Temperature. Kinds of copolymer are Block copolymer and Random copolymer with the various composition 10-90 percent by weight. The specimens was fabricated by Injection Molding Machine. It was found that the properties of Polymer Blends lay between Homopolymer and Copolymer the better impact strength was found in the case of blending with Block copolymer and the lower Melting Temperature was found in the case of blending with Random copolymer.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2538

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



# # C416686 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING  
KEY WORD: POLYPROPYLENE / POLYMER BLENDING / HOMOPOLYMER /COPOLYMER

NAKIN SODSUCHART : EFFECTS OF POLYPROPYLENE-COPOLYMER BLENDING ON  
MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF POLYPROPYLENE HOMOPOLYMER. THESIS  
ADVISOR : ASSO. PROF. URA PANCHAROEN, D.Eng.Sc. THESIS CO-ADVISOR : MR.CHAIWAT  
SIRIBENJAMAPORN. 84 PP. ISBN 974-634-270-3

The objective of this thesis was to evaluate the effects of Polypropylene-Copolymer blending on mechanical and physical properties of Polypropylene-Homopolymer i.e. :- Melt Flow Index, Melting Temperature, Izod Notched Impact Strength, Hardness, Tensile Strength at Yield, Flexural Strength, Flexural Modulus and Heat Deflection Temperature. Kinds of copolymer are Block copolymer and Random copolymer with the various composition 10-90 percent by weight. The specimens was fabricated by Injection Molding Machine. It was found that the properties of Polymer Blends lay between Homopolymer and Copolymer the better impact strength was found in the case of blending with Block copolymer and the lower Melting Temperature was found in the case of blending with Random copolymer.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

ลายมือชื่อนิสิต *Janet*

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *Ton*

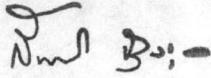
ปีการศึกษา 2538

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม *Dr. CHAIWAT*

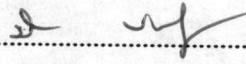
หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลงานการผสมโภลิโพรพลีนชนิดโโคโโพลิเมอร์ที่มีต่อสมบัติเชิงกล  
 และสมบัติทางกายภาพของโภลิโพรพลีนชนิดไฮโน่โโพลิเมอร์  
 โดย นายนาคินทร์ ศดสุชาติ  
 ภาควิชา วิศวกรรมเคมี  
 อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. อุรา ปานเจริญ  
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นายชัยวัฒน์ สิริเบญจนาครผด

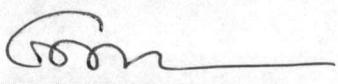


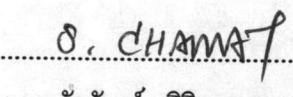
บันทึกวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิต

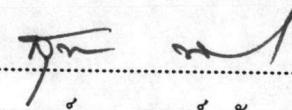
  
 ..... คณบดีบันทึกวิทยาลัย  
 (รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
 ..... ประธานกรรมการ  
 (ศาสตราจารย์ ดร. ปียะสาร ประเสริฐธรรม)

  
 ..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
 (รองศาสตราจารย์ ดร. อุรา ปานเจริญ)

  
 ..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
 (นายชัยวัฒน์ สิริเบญจนาครผด)

  
 ..... กรรมการ  
 (อาจารย์ ดร. สุพันน์ พัฒนาครี)



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจากองค์ศาสตราจารย์ ดร. อุรา ปานเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางการวิจัย และให้ข้อคิดเห็นดีๆ ในการแก้ไขปัญหา ตลอดจนช่วยแก้ไขและเพิ่มเติมวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ดังแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเป็นรูปเล่ม ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร.ปีระสาร ประเสริฐธรรม ประธานกรรมการ, อาจารย์ ดร.สุพจน์ พัฒนาศรี และ คุณชัยวัฒน์ ศิริเบญจรงค์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ของแผนกวิศวกรรมศาสตร์ บริษัท อุดสาหกรรมปิโตร เกมีกัล ไทย จำกัด (มหาชน) ที่ได้ให้ข้อมูลและสนับสนุนทางเครื่องมือ อุปกรณ์ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ คุณอัครพร สุทธิกุญชร และ คุณอนุวัชร โพธินาม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา ที่ให้กำลังใจมาโดยตลอด และขอขอบพระคุณท่านอาจารย์และอีกหลายท่านที่มีได้กล่าวนานในที่นี้ ที่ได้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำ จนทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

## สารบัญ



หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	๑
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๑
กิตติกรรมประกาศ.....	๒
สารบัญตาราง.....	๒
สารบัญภาพ.....	๓

### บทที่

1. บทนำ.....	๑
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย.....	๑
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	๕
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	๕
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย.....	๖
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	๖
2. ทฤษฎี.....	๗
2.1 โครงสร้างพื้นฐานของโพลิเมอร์.....	๗
2.2 การจัดเรียงตัวของโมเลกุล.....	๑๐
2.3 ความเป็นผลึก (Crystallinity).....	๑๔
2.4 อิทธิพลของความเป็นผลึกต่อสมบัติของโพลิเมอร์.....	๑๕
2.5 โพลิเมอร์แบบผสม.....	๑๕
2.6 โพลิไพรพิลีน.....	๑๖
2.7 โพลิไพรพิลีนชนิดไฮโนโพลิเมอร์.....	๑๗
2.8 โพลิไพรพิลีนชนิดโคลิโพลิเมอร์.....	๑๗
2.9 กระบวนการผลิตโพลิไพรพิลีนในชิงอุตสาหกรรม.....	๑๘

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
<b>3. การทดลอง</b>	<b>21</b>
3.1 วัตถุคินที่ใช้ในการทดลอง	21
3.2 สูตรที่ใช้ในการทดลอง	22
3.3 วิธีการทดลอง	22
3.4 การทดสอบค่าชนีการไอล	28
3.5 การทดสอบความต้านทานแรงกระแทก	30
3.6 การทดสอบความแข็ง	33
3.7 การทดสอบความต้านทานแรงดึง	36
3.8 การทดสอบความทนต่อการบิดงอและไม่คุลลักษณะของการบิดงอ	38
3.9 การทดสอบอุณหภูมิการบิดเบี้ยวคำชี้ความร้อน	41
3.10 การหาค่าอุณหภูมิหลอมเหลว	43
<b>4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง</b>	<b>44</b>
4.1 การทดสอบค่าชนีการไอล	44
4.1.1 ผลของการทดสอบโพลิไพรพลีนชนิดลีอคโโคโพลิเมอร์	44
4.1.2 ผลของการทดสอบโพลิไพรพลีนชนิดแรนดัมโโคโพลิเมอร์	44
4.2 การทดสอบค่าอุณหภูมิหลอมเหลว	45
4.2.1 ผลของการทดสอบโพลิไพรพลีนชนิดลีอคโโคโพลิเมอร์	45
4.2.2 ผลของการทดสอบโพลิไพรพลีนชนิดแรนดัมโโคโพลิเมอร์	46
4.3 การทดสอบค่าความต้านทานแรงกระแทก	47
4.3.1 ผลของการทดสอบโพลิไพรพลีนชนิดลีอคโโคโพลิเมอร์	47
4.3.2 ผลของการทดสอบโพลิไพรพลีนชนิดแรนดัมโโคโพลิเมอร์	47
4.4 การทดสอบค่าความต้านทานแรงดึง	48
4.4.1 ผลของการทดสอบโพลิไพรพลีนชนิดลีอคโโคโพลิเมอร์	48
4.4.2 ผลของการทดสอบโพลิไพรพลีนชนิดแรนดัมโโคโพลิเมอร์	48

## สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.5 การทดสอบค่าความหนาต่อการบิดงอ.....	49
4.5.1 ผลของการทดสอบโพลิไพรพีลีนชนิดบล็อกโคลีโคโพลิเมอร์.....	49
4.5.2 ผลของการทดสอบโพลิไพรพีลีนชนิดแรนดัมโคลีโคโพลิเมอร์.....	49
4.6 การทดสอบค่าโน้มดูดสูงของการบิดงอ.....	51
4.6.1 ผลของการทดสอบโพลิไพรพีลีนชนิดบล็อกโคลีโคโพลิเมอร์.....	51
4.6.2 ผลของการทดสอบโพลิไพรพีลีนชนิดแรนดัมโคลีโคโพลิเมอร์.....	51
4.7 การทดสอบค่าความแข็ง.....	52
4.7.1 ผลของการทดสอบโพลิไพรพีลีนชนิดบล็อกโคลีโคโพลิเมอร์.....	52
4.7.2 ผลของการทดสอบโพลิไพรพีลีนชนิดแรนดัมโคลีโคโพลิเมอร์.....	52
4.8 การทดสอบค่าอุณหภูมิการบิดเบี้ยวตัวความร้อน.....	53
4.8.1 ผลของการทดสอบโพลิไพรพีลีนชนิดบล็อกโคลีโคโพลิเมอร์.....	53
4.8.2 ผลของการทดสอบโพลิไพรพีลีนชนิดแรนดัมโคลีโคโพลิเมอร์.....	54
 5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	 56
5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	56
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	57
 รายการอ้างอิง.....	 58

## สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก รายละเอียดผลการทดลอง.....	62
ภาคผนวก ข การเลือกใช้ความเร็วฉีดและความดันฉีดแห่งแบบเป็นขั้น.....	73
ภาคผนวก ค ระยะเวลาในการฉีดพลาสติกต่อวัյจักร.....	75
ภาคผนวก ง อุณหภูมิสำหรับฉีดโพลิไพรพิลีน.....	78
ภาคผนวก จ ราคาเม็ดพลาสติกในประเทศไทย.....	79
ภาคผนวก ฉ ปริมาณการผลิตโพลิไพรพิลีนในประเทศไทย.....	80
ภาคผนวก ช การกระจายตัวของน้ำหนักไม่เลกุล.....	81
ภาคผนวก ซ การคำนวณดันทุน.....	83
ชี้ประวัติ.....	84

## สารบัญตาราง

หน้า

### ตารางที่

1.1 ปริมาณความต้องการใช้เม็ดพลาสติกในประเทศไทยช่วงปี 1989-2000 .....	3
1.2 จำนวนโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกที่จดทะเบียนต่อ กระทรวงอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2529-2536 .....	4
2.1 สมบัติทางกายภาพของโพลิไพรพีลิน .....	18
3.1 สมบัติโดยทั่วไปของโพลิไพรพีลิน .....	21
3.2 อัตราส่วนของสูตรผสมที่ใช้ในการทดลอง .....	22
ก.1 สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของโพลิไพรพีลิน .....	62
ก.2 สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของการผสมโพลิไพรพีลินชนิด บล็อก โโคโพลิเมอร์ลงในโพลิไพรพีลินชนิดโซโนโพลิเมอร์ .....	63
ก.3 สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของการผสมโพลิไพรพีลินชนิด แรนดัม โโคโพลิเมอร์ลงในโพลิไพรพีลินชนิดโซโนโพลิเมอร์ .....	64
ก.4 แสดงค่าดัชนีการไหล (Melt Flow Index) ของPolyblends ระหว่าง PP-Homopolymer กับ PP-Block Copolymer .....	65
ก.5 แสดงค่าดัชนีการไหล (Melt Flow Index) ของPolyblends ระหว่าง PP-Homopolymer กับ PP-Random Copolymer .....	65
ก.6 แสดงค่าอุณหภูมิหลอมเหลว (Melting Temperature) ของPolyblends ระหว่าง PP-Homopolymer กับ PP-Block Copolymer .....	66
ก.7 แสดงค่าอุณหภูมิหลอมเหลว (Melting Temperature) ของPolyblends ระหว่าง PP-Homopolymer กับ PP-Random Copolymer .....	66
ก.8 แสดงค่าความต้านทานแรงกระแทก (Izod Notched Impact Strength) ของPolyblends ระหว่าง PP-Homopolymer กับ PP-Block Copolymer .....	67
ก.9 แสดงค่าความต้านทานแรงกระแทก (Izod Notched Impact Strength) ของPolyblends ระหว่าง PP-Homopolymer กับ PP-Random Copolymer .....	67
ก.10 แสดงค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength at Yield) ของPolyblends ระหว่าง PP-Homopolymer กับ PP-Block Copolymer .....	68

## สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ก.11 ทดสอบค่าความด้านทานแรงดึง (Tensile Strength at Yield)	
ของPolyblends ระหว่าง PP-Homopolymer กับ PP-Random Copolymer	68
ก.12 ทดสอบค่าความทนต่อการบิดงอ (Flexural Strength)	
ของPolyblends ระหว่าง PP-Homopolymer กับ PP-Block Copolymer	69
ก.13 ทดสอบค่าความทนต่อการบิดงอ (Flexural Strength)	
ของPolyblends ระหว่าง PP-Homopolymer กับ PP-Random Copolymer	69
ก.14 ทดสอบค่าโมดูลัสของการบิดงอ (Flexural Modulus)	
ของPolyblends ระหว่าง PP-Homopolymer กับ PP-Block Copolymer	70
ก.15 ทดสอบค่าโมดูลัสของการบิดงอ (Flexural Modulus)	
ของPolyblends ระหว่าง PP-Homopolymer กับ PP-Random Copolymer	70
ก.16 ทดสอบค่าความแข็ง (Rockwell Hardness)	
ของPolyblends ระหว่าง PP-Homopolymer กับ PP-Block Copolymer	71
ก.17 ทดสอบค่าความแข็ง (Rockwell Hardness)	
ของPolyblends ระหว่าง PP-Homopolymer กับ PP-Random Copolymer	71
ก.18 ทดสอบค่าอุณหภูมิบิดเบี้ยวยความร้อน (Heat Deflection Temperature)	
ของPolyblends ระหว่าง PP-Homopolymer กับ PP-Block Copolymer	72
ก.19 ทดสอบค่าอุณหภูมิบิดเบี้ยวยความร้อน (Heat Deflection Temperature)	
ของPolyblends ระหว่าง PP-Homopolymer กับ PP-Random Copolymer	72
จ.1 สถิติราคามีเดพลาสติกในประเทศไทยปี 2538	79
จ.1 ประมาณการปริมาณการผลิตโพลิไพรพิลีนในประเทศไทย	80
ช.1 ค่า Mw/Mn ในโพลิเมอร์สังเคราะห์	82

## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 แนวโน้มการใช้เหล็กและพลาสติกของโลก	1
2.1 โพลิเมอร์แบบเส้น	8
2.2 โพลิเมอร์แบบกิ่ง	8
2.3 โพลิเมอร์แบบเชื่อมขาว	8
2.4 โพลิเมอร์แบบตาข่าย	9
2.5 โครงสร้างของโพลิเมอร์	11
2.6 โครงสร้างของโคโพลิเมอร์	13
2.7 แผนภูมิแสดงการผลิตโพลิไพรพีลินในเชิงอุตสาหกรรม	20
3.1 การเตรียมเม็ดพลาสติก (Polyblends Pellet)	24
3.2 Twin Screw Extruder “LEISTRITZ” และ Trumbler Mixer “BOSCO”	25
3.3 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ (Specimens)	26
3.4 Injection Molding Machine “JSW” Model J-101 SBS	27
3.5 Capillary Rheometer “KAYENESS”	29
3.6 ชิ้นงานที่จะนำมาวัดค่าความต้านทานแรงกระแทก	31
3.7 Izod Impact Tester “YASUDA”	32
3.8 ชิ้นงานที่จะนำมาวัดค่าความแข็ง	33
3.9 Hardness Tester “MATSUZAWA SEIKI” DXT-1	35
3.10 ชิ้นงานที่จะนำมาวัดค่าความต้านทานแรงดึง	36
3.11 Universal Testing Machine “INSTRON 4302”	37
3.12 การทดสอบค่าความต้านทานต่อการบิดงอและค่าโมดูลัสของการบิดงอ	40
3.13 การทดสอบอุณหภูมิการบิดเบี้ยงด้วยความร้อน	42
3.14 Differential Scanning Calorimeter “NETZSCH DSC 200”	43
4.1 แสดงการเปรียบเทียบ Melt Flow Index 230/2.16 ของ PP-Homopolymer ที่มีการเติม Random Copolymer และ Block Copolymer	44

## สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

### รูปที่

4.2 แสดงการเปรียบเทียบ Melting Temperature ของ PP-Homopolymer ที่มีการเติม Random Copolymer และ Block Copolymer.....	46
4.3 แสดงการเปรียบเทียบ Izod Notched Impact Strength ของ PP-Homopolymer ที่มีการเติม Random Copolymer และ Block Copolymer.....	47
4.4 แสดงการเปรียบเทียบ Tensile Strength at Yield ของ PP-Homopolymer ที่มีการเติม Random Copolymer และ Block Copolymer.....	48
4.5 แสดงการเปรียบเทียบ Flexural Strength ของ PP-Homopolymer ที่มีการเติม Random Copolymer และ Block Copolymer.....	50
4.6 แสดงการเปรียบเทียบ Flexural Modulus ของ PP-Homopolymer ที่มีการเติม Random Copolymer และ Block Copolymer.....	51
4.7 แสดงการเปรียบเทียบ Rockwell Hardness ของ PP-Homopolymer ที่มีการเติม Random Copolymer และ Block Copolymer.....	53
4.8 แสดงการเปรียบเทียบ Heat Deflection Temp. ของ PP-Homopolymer ที่มีการเติม Random Copolymer และ Block Copolymer.....	54
ก.1 ระยะเวลาในการนึดต่อวัฏจักร.....	75
ง.1 อุณหภูมิในช่วงต่างๆ สำหรับนឹดโพลิไพรพลีน.....	78
ช.1 การกระจายตัวของ Molecular Weight.....	81