

การปรับปรุงสมบัติของโพลีสไตรีนที่ได้จากกระบวนการหลอมโฟมเพื่อใช้ในงานฉีด  
An improvement of polystyrene properties form the foam recycling process for  
the injection molding

นางสาววรุณศิริ จักรบุตร<sup>1</sup>, นางสาวพรรณราย รักษ์งาร<sup>2</sup>, นายอำนวยการ ลากเกษมสุข<sup>1</sup>, ผศ.ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์<sup>2</sup>

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาสมบัติของเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีนที่ได้จากกระบวนการหลอมโฟมและนำมาผสมกับยาง SBR โดยกำหนดสภาวะการหลอมและกระบวนการหลอมโฟมในทุกขั้นตอน จากนั้นจึงนำมาผสมกับยาง SBR ในสัดส่วนต่างๆ โดยจำกัดเปอร์เซ็นต์ยางไม่เกิน 20

เปอร์เซ็นต์ แล้วทดลองฉีดขึ้นรูปชิ้นงาน จากการศึกษาการกระจายตัวของเฟสยางในวัสดุผสมด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน พบว่าที่ปริมาณยางเปอร์เซ็นต์ต่างๆ ยางจะมีการกระจายตัวได้ดี แต่ที่เปอร์เซ็นต์ยางมากขึ้นมีโอกาสที่ยางจะจับตัวกันเองและแยกเฟสได้ และเมื่อทดสอบสมบัติต่างๆ ของพลาสติกผสมพบว่า พลาสติกผสมมีค่าความหนาแน่นต่ำ และค่าครรชนีการไหลลดลง แต่ค่าการทนต่อแรงกระแทกมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของยางที่เพิ่มขึ้น การทดสอบการทนต่อแรงดึงของพลาสติกผสมพบว่า มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามปริมาณของยาง SBR ที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าต่ำสุดที่ 15.21 MPa และค่าความแข็งที่ผิวมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามปริมาณของยางที่เพิ่มขึ้นและมีค่าต่ำสุดที่ 55.51 ที่อัตราส่วนของโพลีสไตรีนและยาง SBR ที่ อัตราส่วน 80 : 20 %

### 1. บทนำ

พลาสติกเป็นวัสดุประเภทหนึ่งที่น่ามาใช้งานทดแทนวัสดุธรรมชาติและเข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวัน เนื่องจากสามารถผลิตให้มีสมบัติและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ตามที่ต้องการได้ โดยขึ้นกับการเลือกใช้วัตถุดิบในการผลิต กระบวนการผลิตและสารปรับแต่งสมบัติ เป็นต้น การที่พลาสติกมีการใช้งานอย่างแพร่หลายเป็นเหตุให้แนวโน้มของขยะพลาสติกเพิ่มขึ้นตลอดเวลา การกำจัดขยะพลาสติกจึงเป็นเรื่องสำคัญและสามารถทำได้หลายวิธี เช่นการฝัง (Burial) การนำไปถมดิน (Landfill) การนำไปเป็นเชื้อเพลิง (Incineration) และการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) อย่างไรก็ตาม การนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดทางหนึ่ง

โพลีสไตรีนเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งของพลาสติกที่นิยมนำมาใช้ในงานประดิษฐ์ งานป้องกันการกระแทก งานบรรจุภัณฑ์อาหาร ลักษณะการใช้งานมักนิยมใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง ดังนั้นโพลีจึงกลายเป็นขยะถาวรที่ไม่สามารถกำจัดได้ คณะวิจัยจึงเกิดแนวความคิดที่จะนำโพลีกลับมาใช้ใหม่เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์เชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบยั่งยืน ปัจจุบันมีบริษัทในประเทศไทย ผลิตเครื่องรีไซเคิลโพลี สไตรีน และได้

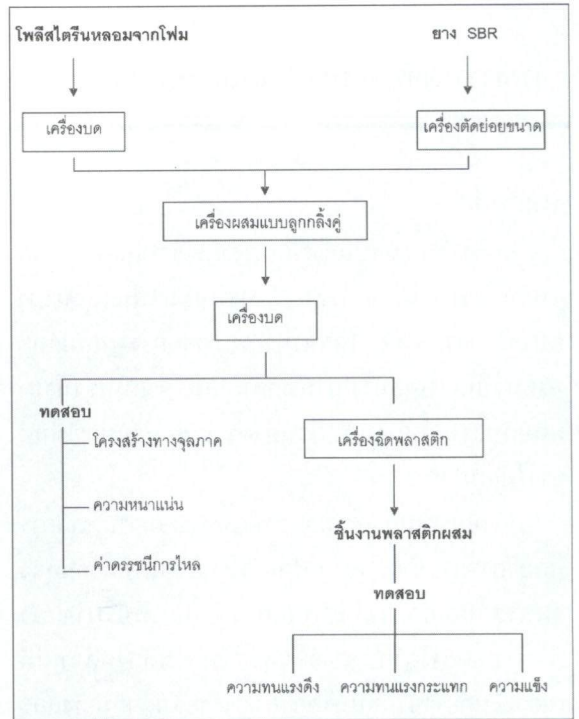
มีการทดลองประสิทธิภาพเครื่องแล้วจนเป็นที่ยอมรับของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กรมควบคุมมลพิษ โดยมีขั้นตอนของการนำโฟมกลับมาใช้ใหม่ คือ นำโฟมเข้าเครื่องหลอมโฟม จากนั้นอัดขึ้นรูปตามแบบที่กำหนด และนำเข้าเครื่องบดพลาสติก เพื่อบดให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วจึงนำไปใช้งานใหม่ แต่ปัญหาที่พบคือสมบัติของพลาสติกจากโฟมรีไซเคิลไม่คงที่ มีสมบัติเชิงกลในการใช้งานต่ำ ค่าความเสถียรต่ำ เกิดปัญหาจุดไหม้ในชิ้นงาน จึงไม่เหมาะที่จะนำมาผลิตขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาสมบัติของเศษบดที่ได้จากเครื่องหลอมโฟม และแนวทางในการพัฒนาสมบัติเชิงกลด้านการทนแรงกระแทกของเศษบดโดยการผสมกับ SBR เพื่อพัฒนาให้สามารถนำไปผลิตขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้โดยจะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมพลาสติกและลดปริมาณการใช้พลาสติกโพลีสไตรีน การจ้างงาน ลดการจ้างงานทรัพยากรธรรมชาติ การลดต้นทุนในกระบวนการผลิตสินค้ารีไซเคิล และลดปริมาณขยะและปัญหาที่คืนสู่สิ่งแวดล้อม โดยการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงอุตสาหกรรม ดังนั้นในการศึกษาต่างๆ จึงพยายามใช้สภาวะ กระบวนการผลิต และศึกษาเรียนแบบการปฏิบัติงานจริงในอุตสาหกรรม ทั้งนี้เพื่อให้ผลจากการวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงอย่างเป็นรูปธรรมได้มากยิ่งขึ้น

## 2. วิธีการการดำเนินการทดลองและผลการทดลอง

### 2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

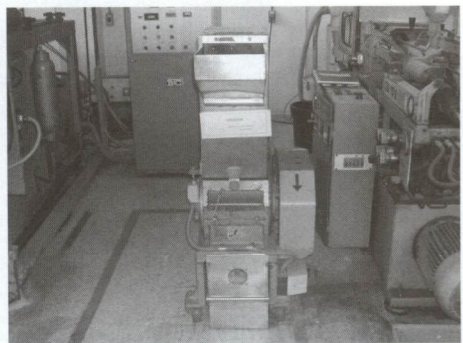
1. เม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน ใช้เม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน ของบริษัท แชลแนล จำกัด เกรดงานฉีดทั่วไป
2. โฟมที่ใช้ในงานวิจัยเป็นโฟมที่ใช้ในการรับแรงในงานบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการการทนแรงกระแทกทั่วไปจากบริษัท อินเตอร์เนชั่นแนล แมนเทนแนนซ์ เอ็นจิเนียริง จำกัด นำมาย่อยให้สามารถเข้าเครื่องหลอมของ บริษัท อินเตอร์เนชั่นแนล แมนเทนแนนซ์ เอ็นจิเนียริง จำกัด โดยใช้อุณหภูมิหลอมโฟมที่ 190°C โฟมหลอมที่ได้จะมีลักษณะเป็นก้อนใส สีน้ำตาลอ่อน และมีฟองอากาศแทรก

ตัวอยู่ในเนื้อโฟมหลอม จากนั้นนำมาย่อยขนาดด้วยเครื่องบดพลาสติก และคัดแยกขนาดด้วยตะแกรงให้มีขนาดใกล้เคียงกับเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน (เม็ดใหม่)



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

3. การเตรียมยาง SBR (Styrene-Butadiene Rubber) ใช้ยาง SBR ของบริษัท แปซิฟิก รีบเบอร์ จำกัด นำมาเข้าเครื่องตัดยางให้มีขนาดกว้างประมาณ 2 เซนติเมตร ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร จากนั้นนำยางที่ได้จากการตัดมาทำการย่อยให้มีขนาดเล็กลงไม่เกิน 1 เซนติเมตร



ภาพที่ 2 แสดงเครื่องย่อยขนาดพลาสติก (Crusher)

4. การเตรียมพลาสติกผสม

อัตราส่วนการผสมพลาสติกโพลีไสตรีนที่ได้จากกระบวนการหลอมโฟมและยาง SBR ใช้อัตราส่วนผสมตามตารางที่ 1

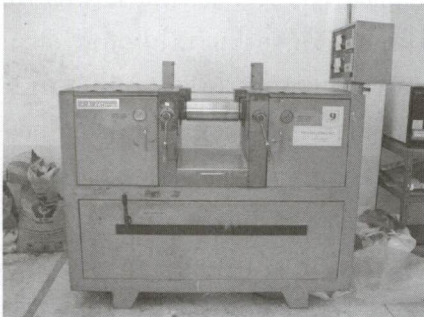
ตารางที่ 1 แสดงอัตราส่วนผสมของโพลีไสตรีน : ยาง SBR

|                          |     |    |    |    |    |    |
|--------------------------|-----|----|----|----|----|----|
| โพลีไสตรีนหลอมจากโฟม (%) | 100 | 96 | 92 | 88 | 84 | 80 |
| ยาง SBR (%)              | 0   | 4  | 8  | 12 | 16 | 20 |

จากนั้นทำการผสมด้วยเครื่องผสมแบบลูกกลิ้งคู่ โดยการเติมโพลีไสตรีนหลอมจากโฟมที่ อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส นาน 4 นาที สังเกตการหลอมจนกว่าพลาสติกจะใส จากนั้นจึงใส่ยาง SBR และผสมต่ออีก 8 นาที แล้วนำออกจากเครื่อง ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง จึงนำไปเข้าเครื่องบดพลาสติกให้พลาสติกผสมมีขนาดเล็กใกล้เคียงเม็ดพลาสติกโพลีไสตรีนใหม่ แล้วจึงนำไปขึ้นรูปขึ้นงานทดสอบด้วยเครื่องฉีดพลาสติก (Injection molding)

2.2 การปรับตั้งสถานะการฉีดพลาสติกผสม

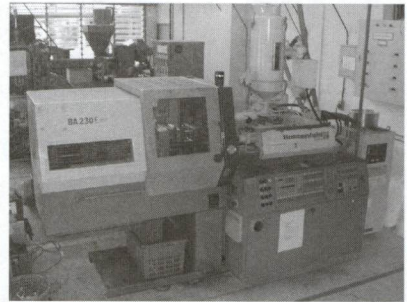
กระบวนการฉีดพลาสติก (Injection Molding) เป็นกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก โดยวิธีการนี้จะนำพลาสติกผสมที่ผ่านการบด ใส่ในกรวยเติมเม็ด (Hopper) พลาสติกผสมจะไหลเข้าสู่กระบอกลัด ที่ได้รับความร้อนจากขดลวดความร้อน โดยการเคลื่อนที่ของสกรูที่เพื่อทำการหลอม และป้อนไปเก็บไว้ยังด้านหน้าของสกรู เมื่อได้เนื้อพลาสติกหลอมตามที่กำหนดไว้ สกรูจะทำหน้าที่ฉีดพลาสติกผ่านหัวฉีด(Nozzle) เข้าสู่แม่พิมพ์ จากนั้นแม่พิมพ์จะทำการหล่อเย็นขึ้นงาน เมื่อขึ้นงานแข็งตัวแล้วแม่พิมพ์จะเปิดและปลดชิ้นงานออก



ภาพที่ 3 เครื่องผสมพลาสติกแบบสองลูกกลิ้ง (Two Row Mill)

ตารางที่ 2 แสดงการตั้งอุณหภูมิการฉีดพลาสติกผสม

|                         |        |        |        |        |                |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|
| การให้ความร้อนกระบอกลัด | โซน 1  | โซน 2  | โซน 3  | โซน 4  | แรงดันในการฉีด |
| อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | 210 °C | 220 °C | 220 °C | 230 °C | 45 psi.        |



ภาพที่ 4 เครื่องฉีดพลาสติก (Injection molding)

2.3 การศึกษาโครงสร้างผิวจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscopy ; SEM)

การทดสอบนี้เป็นการวิเคราะห์ลักษณะของโครงสร้างพื้นผิวของพลาสติกผสมจากการถ่ายภาพกล้องจุลทรรศน์แบบสแกน เพื่อศึกษาลักษณะการผสมของพลาสติกและยาง โดยการวิเคราะห์การกระจายตัวและขนาดของยางที่อยู่ในพลาสติก

วิธีทดลอง เตรียมพลาสติกผสมให้มีขนาด 0.5 x 0.5 เซนติเมตร ตัดบนสตัป (stub) แล้วฉาบผิวด้วยทองถ้าขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่เกินสตัป จะต้องตัดให้เล็กลงและคำนึงถึงความสูงด้วย เมื่อนำไปส่องดูแล้วตัวอย่างจะต้องไม่ไปสัมผัสกับอุปกรณ์วัดสัญญาณ จากนั้นก็นำเข้าเครื่องสแกนแล้วทำการหาจุดโฟกัสเพื่อส่องหาบริเวณที่ต้องการวิเคราะห์

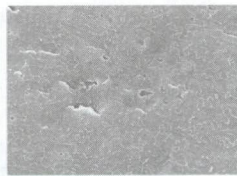
ผลการทดลอง



ภาพตัดตามขวาง (Cross-section)      ภาพพื้นผิว (Surface)

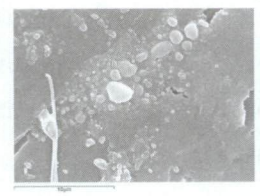
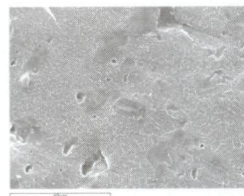
ภาพที่ 5 ภาพแสดงการขยายทางกล้องจุลทรรศน์แบบสแกน (SEM) กำลังขยาย 5,000 เท่าของ PS : SBR ในอัตราส่วน 100 : 0 (%w/w)

#### 4 วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏธนบุรี



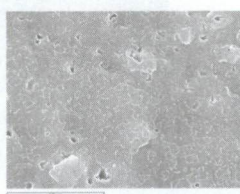
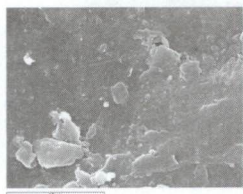
ภาพตัดตามขวาง (Cross-section)      ภาพพื้นผิว (Surface)

**ภาพที่ 6** ภาพแสดงการขยายทางกล้องจุลทรรศน์แบบสแกน (SEM) กำลังขยาย 5,000 เท่าของ PS : SBR ในอัตราส่วน 96 : 4 (%w/w )



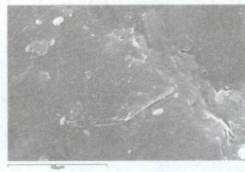
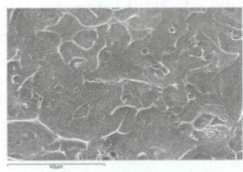
ภาพตัดตามขวาง(Cross-section)      ภาพพื้นผิว (Surface)

**ภาพที่ 10** ภาพแสดงการขยายทางกล้องจุลทรรศน์แบบสแกน (SEM) กำลังขยาย 5,000 เท่า ของ PS : SBR ในอัตราส่วน 80 : 20 (%w/w )



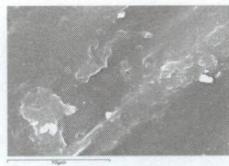
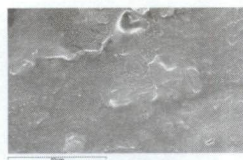
ภาพตัดตามขวาง (Cross-section)      ภาพพื้นผิว (Surface)

**ภาพที่ 7** ภาพแสดงการขยายทางกล้องจุลทรรศน์แบบสแกน (SEM) กำลังขยาย 5,000 เท่า ของ PS : SBR ในอัตราส่วน 92 : 8 (%w/w )



ภาพตัดตามขวาง (Cross-section)      ภาพพื้นผิว (Surface)

**ภาพที่ 8** ภาพแสดงการขยายทางกล้องจุลทรรศน์แบบสแกน (SEM) กำลังขยาย 5,000 เท่า ของ PS : SBR ในอัตราส่วน 88 : 12 (%w/w )



ภาพตัดตามขวาง (Cross-section)      ภาพพื้นผิว (Surface)

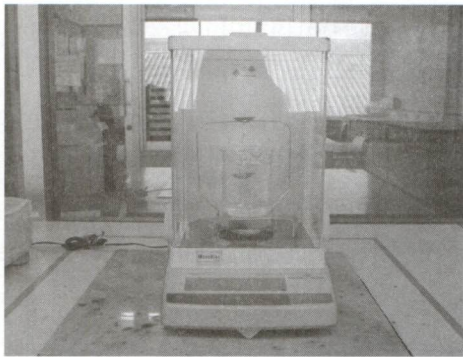
**ภาพที่ 9** ภาพแสดงการขยายทางกล้องจุลทรรศน์แบบสแกน (SEM) กำลังขยาย 5,000 เท่า ของ PS : SBR ในอัตราส่วน 84 : 16 (%w/w )

จากภาพแสดงผลจากการกระจายตัวของยางที่เติมลงไปในพลาสติกโพลีสไตรีนหลอมจากโคม ในอัตราส่วนต่างๆ เปรียบเทียบกับพลาสติกโพลีสไตรีนที่ไม่มีการเติมยาง SBR ซึ่งจากสมมุติฐานแล้วคาดว่าในกรณีของวัสดุทั้งสองชนิดนี้มีโอกาสที่จะเกิดการเข้ากันได้ (Compatible) เนื่องจากมีสไตรีนเป็นองค์ประกอบร่วม จากผลการศึกษาพบว่าที่ปริมาณ SBR มีการกระจายตัวในพลาสติกโพลีสไตรีนหลอมได้ดีซึ่งจะส่งผลต่อสมบัติเชิงกลของพลาสติก แต่ที่ปริมาณยาง SBR ที่ 20% จะพบว่าอาจมีการแยกเฟสของยาง SBR ขึ้น เมื่อมีการเพิ่มปริมาณของยางจะทำให้ยางมีการเกาะตัวกันทำให้ขนาดของเฟสยางใหญ่ขึ้นเมื่อเทียบกับปริมาณยางที่ 4 เปอร์เซ็นต์ การกระจายตัวจะดีกว่า แต่ขนาดของเฟสยางจะเล็กกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณยางที่ 20 เปอร์เซ็นต์

#### 2.4 การทดสอบหาความหนาแน่น (Density)

หลักการการทดสอบนี้เป็นการหาค่าความหนาแน่นของพลาสติกอย่างง่าย ซึ่งมีหลักการคือจะใช้วิธีการคำนวณจากค่าน้ำหนักที่ชั่งได้ของชิ้นงานในอากาศ และน้ำหนักของชิ้นงานของชิ้นงานที่ชั่งได้โดยการแทนที่น้ำ

วิธีทดลอง เลือกชิ้นงานที่มีขนาดเล็กใกล้เคียงกัน จากนั้นก็นำไปวางบนภาชนะสำหรับวัดซึ่งเป็นที่ชั่งอากาศแล้วทำการบันทึกผลจะได้ค่า ต่อมานำมาชั่งในน้ำโดยการหย่อนชิ้นงานลงในสารที่นำมาทดสอบคือ 2- โพรพานอล ( 2- propanol ) ซึ่งมีความหนาแน่นเท่ากับ 0.785 ทำการบันทึกผล และคำนวณ



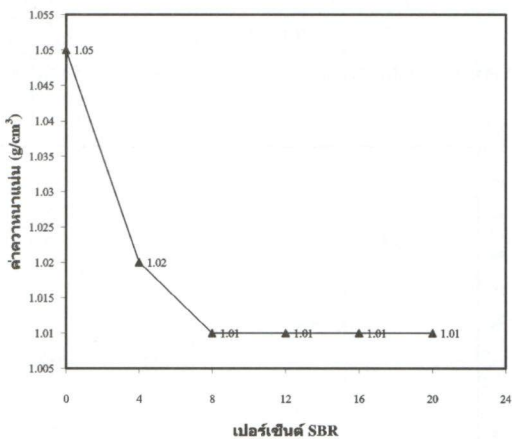
ภาพที่ 11 การทดสอบความหนาแน่น

**ผลการทดลอง**

จากการทดลองความหนาแน่นของเม็ดพลาสติกผสม ได้ผลการทดลองดังตารางที่

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น

|                                  |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| SBR (wt%)                        | 0    | 4    | 8    | 12   | 16   | 20   |
| ความหนาแน่น (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.05 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 |



ภาพที่ 12 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของพลาสติกผสม

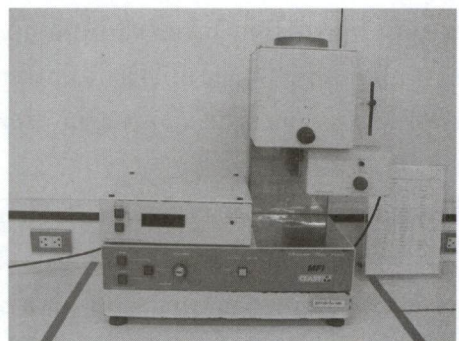
จากกราฟที่ได้พบว่าเมื่อค่าความหนาแน่นของพลาสติกโพลีสไตรีนหลอมจากโฟม มีค่า 1.05 กรัมต่อลูกบาศก์ตารางเมตร และจะลดลงเมื่อเติมยาง SBR 4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าความหนาแน่น 1.02 กรัมต่อลูกบาศก์ตารางเมตร และเมื่อเติมยาง SBR ที่อัตราส่วน 8, 12, 16, 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่าความหนาแน่นเท่ากัน ทั้งนี้

เนื่องจากค่าความหนาแน่นเป็นสมบัติเฉพาะตัวของวัสดุ นั้นๆ และยาง SBR มีค่าความหนาแน่นต่ำกว่า โพลีสไตรีน ดังนั้นในการเติมที่เปอร์เซ็นต์น้อยๆ ยาง SBR จะมีอิทธิพลต่อค่าความหนาแน่นของโพลีสไตรีนที่เป็นเนื้อหลักเพียงเล็กน้อย ทำให้มีการลดลงของค่าความหนาแน่นของพลาสติกผสมไม่มาก แต่เมื่อมีปริมาณยางเพิ่มขึ้น อิทธิพลของยางที่ผสมก็จะมีน้อยลงและเริ่มคงที่ที่ค่าความหนาแน่นของพลาสติกผสม ที่ 1.01 กรัมต่อลูกบาศก์ตารางเมตร

**2.5 การหาค่าดัชนีการไหล (Melt Flow Index)**

การทดสอบนี้เป็นการวัดปริมาณพลาสติกหลอม ในหน่วยกรัมที่ไหลผ่าน orifice ภายใต้อุณหภูมิและ น้ำหนักกดคงที่ ตามระยะเวลาที่กำหนด ค่าอัตราการไหล สามารถวัดได้จากเครื่อง Extrusion plastometer การรายงาน ผลนิยมรายงานในหน่วยน้ำหนักของพอลิเมอร์หลอมที่ถูกอัดผ่าน orifice เป็นกรัมต่อ 10 นาที มาตรฐานที่นิยมใช้ในการทดสอบคือ ASTM D 1238

วิธีการทดลอง ภาวะที่ใช้ในการทดสอบ น้ำหนักกด 2160 กรัม อุณหภูมิหลอมพอลิ-เมอร์ 230 องศาเซลเซียส ใส่เม็ดพลาสติกตัวอย่างจำนวน 8 กรัมลงใน cylinder ให้หมดภายใน 1 นาทีแล้ววาง แท่งน้ำหนักลงบนส่วนบนของ cylinder วางน้ำหนักกดที่เลือกไว้ลงบนแท่งน้ำหนักหลังจากนาที่ที่ 6-8 ทำการตัดพลาสติกหลอมที่ถูกหลอมดันออกมา ทำการตัดทุกๆ 30 วินาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเมื่อเย็นตัวลง แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย นำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปคำนวณหาค่าดัชนีการไหลที่ 10 นาที

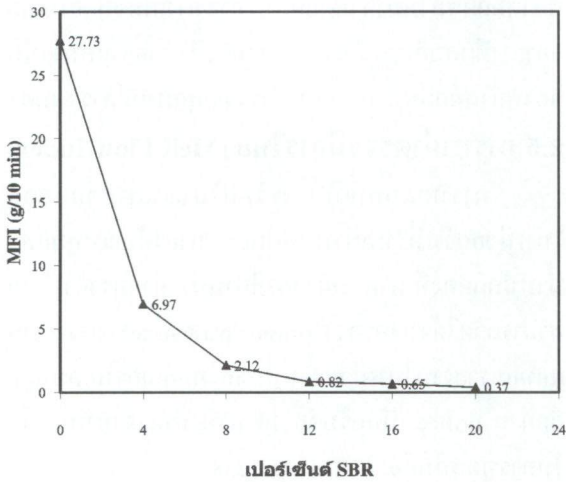


ภาพที่ 13 เครื่องวัดค่าดัชนีการไหลของพลาสติก (Plostometer)

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบค่าดัชนีการไหลของพลาสติกผสมที่เปอร์เซ็นต์ยาง SBR ต่างๆ

| SBR (wt%)      | 0     | 4    | 8    | 12   | 16   | 20   |
|----------------|-------|------|------|------|------|------|
| MFI (g/10 min) | 27.73 | 6.97 | 2.12 | 0.82 | 0.65 | 0.37 |



ภาพที่ 14 กราฟแสดงค่าดัชนีการไหลของพลาสติกผสม

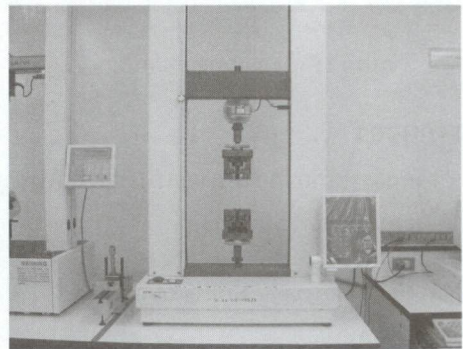
จากการทดลองค่าดัชนีการไหลของโพลีสไตรีน หลอมจากโฟม พบว่า มีค่า 27.73 กรัมต่อ 10 นาที เมื่อมีการเติมยาง SBR พบว่าจะส่งผลต่อค่าดัชนีการไหลของพลาสติกผสมทำให้ค่าดัชนีการไหลลดลง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อค่าความหนืดกล่าวคือเมื่อเติมยาง SBR มีสัดส่วนที่มากขึ้นจะมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของยาง ทั้งนี้เนื่องจากการที่ยางมีจะเข้าไปแทรกตัวอยู่ในโพลีสไตรีนและอาจก่อพันธะทางเคมีขึ้น หรืออาจจะเป็นเฟสที่ขัดขวางการไหลของโพลีสไตรีนส่งผลให้พลาสติกผสมมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้น และยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อค่าดัชนีการไหล เช่น ขนาดโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น หรือสมบัติเฉพาะตัวของยางเอง

2.6 การทดสอบความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength)

การทดสอบนี้เป็นการหาค่าความทนต่อแรงดึงของชิ้นงานพลาสติกโพลีสไตรีน กับยางเอส บี อาร์ ที่มีอัตราส่วนต่างๆกันและค่าการยึดตัวหลังจากที่ผสมในอัตราส่วนต่างกัน การทดสอบนี้จะเป็นการบ่งบอกถึง

ความแข็งแรงของพลาสติกที่สามารถทนต่อแรงดึงหรือความยืดหยุ่น ภายใต้น้ำหนักที่ค่าคงที่หนึ่ง

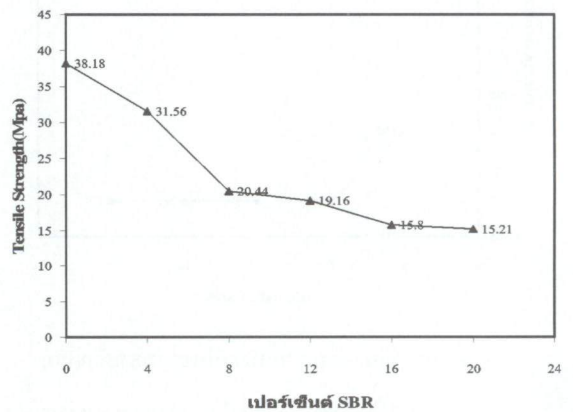
วิธีการทดลอง สภาวะที่ใช้ในการทดสอบ ขนาด Load cell 2500 นิวตันอัตราเร็วในการดึง (Speed) 50 มิลลิเมตรต่อนาที Extension Length 300 มิลลิเมตร ระยะห่างของหัวจับชิ้นงาน (Grip) 50 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASTM D 638



ภาพที่ 15 เครื่องทดสอบการทนต่อแรงดึง

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดลองการทนต่อแรงดึง (Tensile Strength)



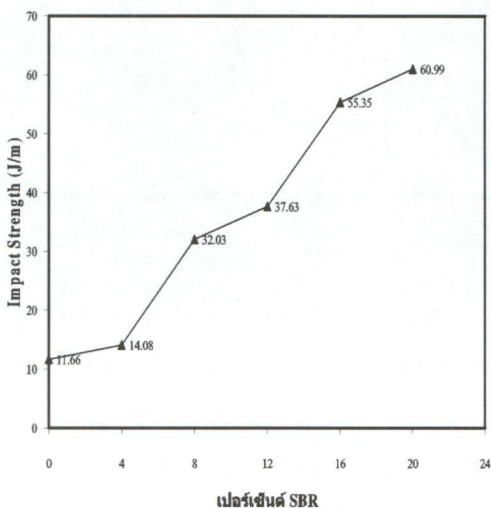
ภาพที่ 16 กราฟแสดงค่าการทนต่อแรงดึงของพลาสติกผสม

จากการทดสอบค่าความทนต่อแรงดึงพบว่า เมื่อมีการเพิ่มปริมาณของ SBR ทำให้ค่าการทนแรงดึงลดลงเนื่องจาก SBR ที่กระจายในโพลีสไตรีน และแรงดึงคู่ระหว่างเฟสต่ำ หรืออาจเป็นเพียงการแทรกตัวของอนุภาค

## ผลการทดสอบ

ตารางที่ 6 แสดงผลค่าการทนต่อแรงกระแทก (Izod Impact)

| SBR (wt%)             | 0     | 4     | 8     | 12    | 16    | 20    |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Impact Strength (J/m) | 11.66 | 14.08 | 32.03 | 37.63 | 55.35 | 60.99 |



ภาพที่ 18 กราฟแสดงค่าการทนต่อแรงกระแทก

จากการทดสอบค่าความทนต่อแรงกระแทกพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณยาง SBR ทำให้ค่าพลังงานการทนต่อแรงกระแทกมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะ ยาง SBR มีปริมาณ บิวตะ ไดอินอยู่จึงช่วยในเรื่องการซับแรงและช่วยในการกระจายแรง ให้กับโพลีเอทิลีน สังเกตได้จากภาพถ่ายจุลภาค ที่อัตราส่วนที่ 100 : 0 ที่ไม่มีการเติมยาง SBR เมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติกผสมที่อัตราส่วน 80 : 20 และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของยางมากขึ้นจะเห็นว่ายางมีการกระจายเฟสมากขึ้น โพลีเมอร์ผสมจึงแสดงสมบัติความเป็นยางออกมาได้ดี ส่งผลให้โพลีเมอร์ผสมมีการทนต่อแรงกระแทกมากขึ้น

## 2.8 การทดสอบค่าความแข็ง (Rockwell Hardness)

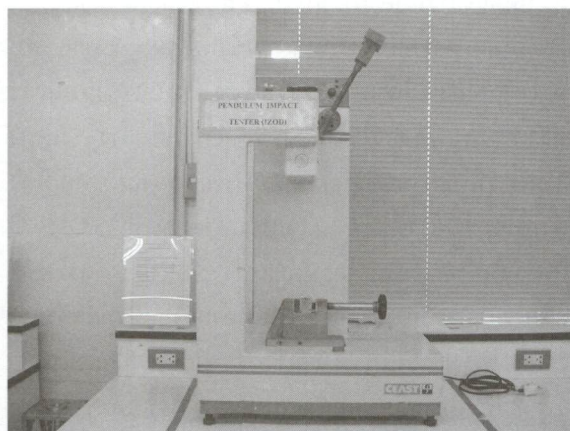
เตรียมชิ้นงานตัวอย่าง ขนาด 5 มม. จัดให้มีผิวเรียบทั้งพื้นผิวและวางแนบสนิทกับฐานรอง (Anvil) ชิ้นงาน โดยปกติชิ้นงานทดสอบต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 6 มม. ถ้าชิ้นงานมีความหนาน้อยกว่า 6 มม. สามารถหาวัสดุอื่นที่มีความแข็งกว่าชิ้นทดสอบหรือชิ้นงานทดสอบ

ของยาง SBR ในเนื้อพลาสติกผสม สังเกตจากภาพโครงสร้างจุลภาค การกระจายตัวของยางที่อัตราส่วน 100 : 0 เปรียบเทียบกับอัตราส่วน 80 : 20 จะเห็นว่ายางมีการกระจายตัวแทรกอยู่ เมื่อได้รับแรงดึงก็จะทำให้ชิ้นงานขาดง่ายตรงบริเวณระหว่างเฟสยางกับเนื้อพลาสติกโพลีเอทิลีน หลอมจากโพลีเอทิลีน ถ้าบริเวณเฟส ระหว่างโพลีเอทิลีนกับยางนั้นมีช่องว่างก็จะทำให้ไม่สามารถส่งผ่านแรงได้จึงทำให้โพลีเมอร์ผสมขาด ยิ่งเพิ่มปริมาณยาง SBR มากขึ้น ก็จะส่งผลให้สมบัติการทนต่อแรงดึงต่ำลง

## 2.7 การทดสอบความทนต่อแรงกระแทก (Izod Impact)

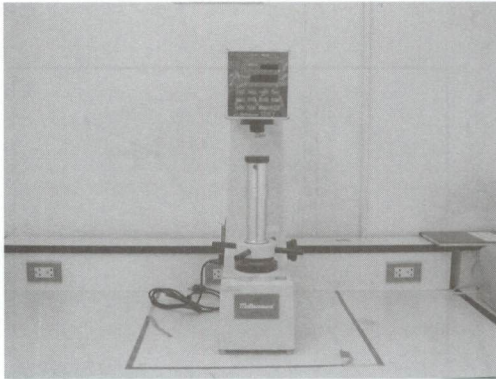
การทดสอบนี้เป็นการหาค่าการทนต่อแรงกระแทกของชิ้นงานซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความเหนียวของวัสดุ ซึ่งคำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟความเค้นและความเครียด (stress - strain curve) ถ้าค่าทนแรงกระแทกสูง (Impact Strength) ค่าความเหนียวก็สูงด้วยและในทางตรงกันข้ามถ้ามีค่าทนแรงกระแทกต่ำ ค่าความเหนียวก็จะน้อย

วิธีการทดลอง สภาวะที่ใช้ในการทดสอบ น้ำหนักค้อนกระแทกขนาด 2 จูล ระยะทาง  $610 \pm 2$  มม. ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 256



ภาพที่ 17 เครื่องทดสอบการทนต่อแรงกระแทกแบบ Izod

มารองด้านล่างได้โดยที่วัสดุที่นำมารองจะต้องมีผิวเรียบ สะอาด เล็กขนาดของหัวกด และน้ำหนัก (Major Load) ทำการทดลอง ตามมาตรฐาน ASTM D785

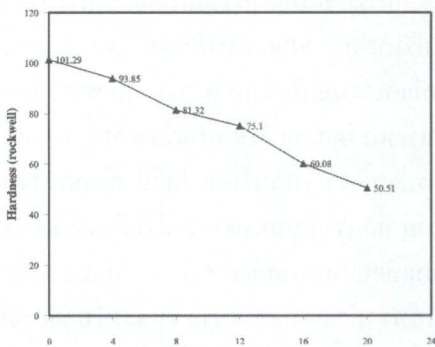


ภาพที่ 19 แสดงเครื่องทดสอบความแข็งแรง (Hardness)

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 7 แสดงการทดลองหาค่าความแข็ง

| SBR (wt%)           | 0      | 4     | 8     | 12   | 16    | 20    |
|---------------------|--------|-------|-------|------|-------|-------|
| ความแข็ง (Rockwell) | 101.29 | 93.85 | 81.32 | 75.1 | 60.08 | 50.51 |



ภาพที่ 20 กราฟแสดงค่าความแข็งของพลาสติกผสม

จากการทดสอบพบว่าโพลีไสตไทรินหลอมจากโพลิจะมีค่าความแข็งที่ผิวสูงสุดคือ 101.29 และจะลดลงตามสัดส่วนของยาง SBR ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปตามแนวโน้มเดียวกันกับการทดสอบความทนแรงกระแทก เนื่องจากเมื่อปริมาณยาง SBR เพิ่มขึ้นพลาสติกผสมจะแสดงสมบัติความเป็น elastic เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้ค่าความแข็งที่ผิวหน้าลดลง

### 3. การสรุปผล

1. การทดสอบการทนต่อแรงกระแทก (Izod Impact) พบว่า โพลีไสตไทรินมีค่าการทนต่อแรงกระแทก (Izod Impact) อยู่ที่ 11.66 J/m แต่เมื่อมีการปรับปรุงสมบัติของโพลีไสตไทรินโดยการเติมยาง SBRลงไปพบว่า มีแนวโน้มการเพิ่มการทนต่อแรงกระแทกที่เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของยางที่เพิ่มขึ้น และมีค่าสูงสุดอยู่ที่อัตราส่วนผสมโพลีไสตไทรินต่อยาง เอส บี อาร์ ที่ 80 : 20 % คือ 60.99 J/m เนื่องจากเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของยาง เอส บี อาร์ ทำให้โพลิเมอร์ผสมมีความเหนียวมากขึ้น ส่งผลให้โพลิเมอร์ผสมมีการดูดซับแรงเพิ่มขึ้น จึงทำให้โพลิเมอร์ผสมที่ได้มีค่าการทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้นอีกด้วย

2. การทดสอบการทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) พบว่าโพลีไสตไทรินหลอมจากโพลิมีค่าการทนต่อแรงดึงที่ 38.18 MPa แต่เมื่อมีการปรับปรุงสมบัติของโพลีไสตไทรินโดยการเติมยาง SBR ลงไปพบว่าการทนต่อแรงดึงมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามปริมาณของยาง SBR ที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าต่ำสุดที่ 15.21 MPa ที่อัตราส่วนของโพลีไสตไทริน และยาง SBR ที่ 80 : 20 % เนื่องจากยาง SBR มีค่าการทนต่อแรงดึงต่ำกว่าโพลีไสตไทริน เมื่อปริมาณยางกระจายตัวอยู่ในเฟสของโพลีไสตไทรินมากขึ้นจึงแสดงสมบัติของยางที่มีค่าการทนต่อแรงดึงต่ำออกมาเพิ่มขึ้น

3. การทดสอบวัดความแข็งที่ผิว (Rockwell) พบว่าโพลีไสตไทรินมีค่าความแข็งที่ผิวที่ 101.29 เมื่อมีการปรับปรุงสมบัติของโพลีไสตไทรินโดยการเติมยาง SBRลงไปพบว่าค่าความแข็งที่ผิวมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามปริมาณยางที่เพิ่มขึ้น และมีค่าต่ำสุดที่ 50.51 ที่อัตราส่วนของโพลีไสตไทรินและยาง SBRที่ อัตราส่วน 80 : 20 % เนื่องจากยาง SBRมีค่าความแข็งที่ผิวต่ำกว่าโพลีไสตไทริน เมื่อปริมาณยางกระจายตัวอยู่ในเฟสของโพลีไสตไทรินมากขึ้นจึงแสดงสมบัติของยางที่มีค่าความแข็งที่ผิวต่ำออกมาเพิ่มขึ้น

4. ค่าความหนาแน่น (Density) จากการทดลองหาค่าความหนาแน่นโพลีไสตไทรินต่อยาง SBR ที่ 100 : 0 % คือ 1.05 g/ml ค่าต่ำสุดที่อัตราส่วน 92 : 8 %, 88 : 12,



84 : 16 และ 80 : 20% คือ 1.01 g/ml<sup>3</sup> พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณยาง SBR ทำให้โพลิเมอร์ผสมมีความหนาแน่นต่ำลง เนื่องจากอนุภาคของยางมีความหนาแน่นต่ำกว่าเมื่อเพิ่มปริมาณยางแล้วทำให้โพลีสไตรีนถูกแทนที่ด้วยยาง SBR ทำให้ความหนาแน่นของโพลิเมอร์ผสมต่ำลง

5. การทดลองหาค่าครรชนิกการไหลของโพลิเมอร์ (MFI) จากการทดลองที่อัตราส่วนโพลีสไตรีนต่อยางเอสบีอาร์ ที่อัตราส่วน 100 : 0 % ค่าครรชนิกการไหลสูงที่สุดคือ 27.73 g/10 min เมื่อเพิ่มปริมาณยาง SBR ทำให้ค่าครรชนิกการไหลต่ำลงถึง 0.37 g/10 min อยู่ที่อัตราส่วน 80 : 20%

6. ในเบื้องต้นพบว่าพลาสติกผสมสามารถฉีดขึ้นรูปได้โดยที่ให้ความการทนแรงกระแทกเพิ่มขึ้นแต่ต้องมีการปรับแต่งสภาวะในการฉีดเนื่องจากผลของความหนืดของพลาสติกผสมที่เปลี่ยนไป

#### 4. ข้อจำกัดของงานวิจัย

1. เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงอุตสาหกรรมร่วมมือกับภาคเอกชน ดังนั้นเป้าหมายหลักคือเพื่อการนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จริงในอุตสาหกรรม ดังนั้นการศึกษาดูแลและการทดสอบต่างๆ จึงมุ่งเน้นเพื่อตอบคำถามการผลิตมากกว่าทางวิชาการ

2. ข้อมูลทางเทคนิคการผลิตบางประการ การขึ้นรูปและสมบัติของเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีนใหม่ และชนิดของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิต ไม่ได้แสดงไว้ในรายงานฉบับนี้

3. วัตถุประสงค์และเทคนิคและกระบวนการต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยส่วนใหญ่ จะกำหนดตามภาคอุตสาหกรรม ทั้งนี้เพื่อให้ผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับการใช้งานจริง

#### 5. ข้อเสนอแนะ

1. ในงานวิจัยเชิงวิชาการ ควรจะศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของลักษณะการอยู่ร่วมกันของพลาสติกผสม เพิ่มเติม เพราะว่ามีผลต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติด้านอื่นๆ

2. ยางที่ใช้ในการศึกษาควรมีการศึกษาปริมาณของโพลีสไตรีนที่เป็นองค์ประกอบเพิ่มเติมจากรายงานนี้

3. ควรศึกษาปัจจัยที่มาจากตัวโครงสร้างของยาง เช่น ยาง SBR ที่มีโครงสร้างแบบ Star Linear หรือ Block เพราะผลของความแตกต่างคาดเดาว่าจะมีอิทธิพลต่อสมบัติของพลาสติกผสม

4. ควรศึกษาอิทธิพลพลของเครื่องผสมที่มีผลต่อการกระจายตัวและสมบัติเชิงกลของโพลิเมอร์ผสม

#### เอกสารอ้างอิง

1. Manas Chanda & Salil K.Roy, **Plastics Technology Handbook**, Marcel Dekker, New York
2. Michael L .Berlins, **Plastics Engineering Handbook of the Society of the Plastics Industry**, Inc. Van Nostrand Reinhold , New York, 1991
3. Folks, M.J. and Hope, P.S. **Polymer Blend and Alloys**, Chapman and Hall, London 1993
4. Fayt, R, Hadjiandreou, P., and Teyssis, **Immiscible Polymer Blends** (online), 1998
5. Paul, D.R. Newman S., **Polymer Blend. Vol. 1-2** , Academic Press , New York, 1987

