



การใช้เส้นใยเซลลูโลสผสมกับเส้นใยแก้วเพื่อเป็น
สารเสริมแรงในพอลิพรอพิลีน

นาย เฉลิมพล อธิธิวิวัฒน์

นาย สฤต บรรจงวุฒิ

รฟท.

๑๖ 422๗

เลขหมู่ 2537

เลขทะเบียน

วัน,เดือน,ปี

612556968

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชา เคมี

คณะ วิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

**Use of Modified Cellulose and Glass Fiber as a Hybrid Fiber
Reinforced in Polypropylene**

Mr. Chalernpol Itthiwat

Mr. Sakul Bunjongwut

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

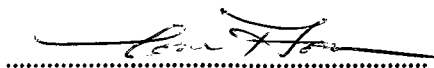
Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

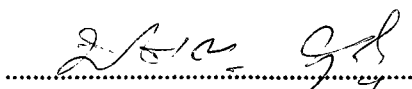
1994

หัวข้อโครงการพิเศษ . การใช้เส้นใยเซลลูโลสผสมกับเส้นใยแก้ว
เพื่อเป็นสารเสริมแรงในพอลิพรอพิลีน
นักศึกษา นาย เฉลิมพล อธิธิวิวัฒน์
นาย สกุล บรรจงวุฒิ
ภาควิชา เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. มาลีณี ชัยศุกกิจสินธุ์
อาจารย์ พรทิพย์ ศัพท์อนันต์

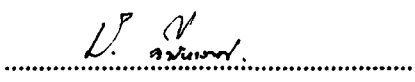
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... หัวหน้าภาควิชาเคมี
(ผศ.ดร. เพชญ์ชัย ไชยสิทธิ์)

คณะกรรมการตรวจ-สอบโครงการพิเศษ


..... ประธานกรรมการ
(ดร.ประเสริฐ คุณคำชู)


..... กรรมการ
(ผศ.ดร. มาลีณี ชัยศุกกิจสินธุ์)


..... กรรมการ
(อ.ปัทมา ลีพหาวงศ์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

| | |
|--------------------|--|
| หัวข้อโครงการพิเศษ | การใช้เส้นใยเซลลูโลสผสมกับเส้นใยแก้ว เพื่อเป็นสารเสริมแรงในพอลิพรอพิลีน |
| นักศึกษา | นาย เฉลิมพล อธิธิวิวัฒน์ นาย สกฤต บรรจงวุฒิ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผศ.ดร. มลินี ชัยศุกกิจสินธุ์ อาจารย์ พรทิพย์ ศัพท์อนันต์ |
| ภาควิชา | เคมี |
| ปีการศึกษา | 2537 |

บทคัดย่อ

ในบรรดาเทอร์โมพลาสติก พอลิพรอพิลีนเป็นพอลิเมอร์ที่ได้รับความนิยมมากเพื่อ
การนำมาพัฒนาพอลิเมอร์คอมพอสิตต่าง ๆ เนื่องจากสามารถผสมได้ดีกับสารตัวเติมและ
สารเสริมแรงหลายชนิด

สำหรับการใช้เป็นสารเสริมแรงในพลาสติกนั้น เส้นใยเซลลูโลสยังมีปริมาณน้อย
มากเมื่อเทียบกับเส้นใยแก้ว แต่เส้นใยแก้วนั้นมีราคาแพง ส่วนเส้นใยเซลลูโลสราคาถูกและ
สามารถหาได้ง่าย การนำเอาเส้นใยแก้วผสมกับเส้นใยเซลลูโลส เพื่อเป็นสารเสริมแรงใน
พลาสติก นับเป็นหัวข้อที่น่าสนใจอันหนึ่ง การใช้ silane coupling agent เป็นวิธีหนึ่งในการ
แก้ปัญหาในเรื่องการกระจายและการยึดติด ระหว่างเส้นใยแก้วกับเส้นใยเซลลูโลส

สมบัติการยึดติดระหว่างเส้นใยทั้งสองชนิดกับพอลิเมอร์ สามารถตรวจสอบโดย
การวัดสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมพอสิตเทียบกับพอลิเมอร์ก่อนผสม

ในการทดลองนี้ ศึกษาการผสมผสานของเส้นใยแก้วและเส้นใยเซลลูโลสจากหญ้า
ตลอบหลวง (*Typha angustifolia*) กับพอลิพรอพิลีน การทดลองแสดงให้เห็นว่า เส้นใย
ผสมช่วยเพิ่ม ความแข็ง และค่าความทนต่อแรงกระแทกของคอมพอสิต แต่มีแนวโน้มที่จะ
ลดค่าทนแรงดึงและค่าการยึดที่จุดขาด ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากรูปร่างและความยาวของเส้นใย
เซลลูโลส คอมพอสิตที่มีปริมาณเส้นใยผสม 5% (อัตราส่วน 75 เส้นใยแก้ว : 25 เส้นใย
เซลลูโลส) จะให้ค่าทนแรงดึงสูงขึ้น ในขณะที่ค่าความทนต่อการขัดถูจะเพิ่มตามปริมาณของ
เส้นใยในคอมพอสิตที่เพิ่มขึ้น

Special Project Title Use of Modified Cellulose and Glass Fiber as a Hybrid
Fiber Reinforced in Polypropylene

Name Mr. Chalernpol Itthiwiat
Mr. Sakul Bunjongwut

Special Project Advisor Asst. Prof. Dr. Malinee Chaisupakitsin
Mrs. Porntip Sapanun

Department Chemistry

Academic Year 1994

Abstract

Among the thermoplastic , polypropylene is the most popular choices as the matrix material for development advanced composites due to its versatility to accept numerous types of filler and reinforcement.

Cellulose fiber account for a small percentage of the filler market for plastic reinforcements compared to glass fibers. However , glass fiber composites are expensive and cellulose fiber is easy available. Use of a hybrid of glass fiber and cellulose is the interesting topic for making a new polymeric substances. The compatibility problem between glass fiber, cellulose and polymer matrix can be overcome by modifying the filler-matrix interface.

The present study deals with the influence of silane coupling agent (Silane A-1100) on improving the adhesion property between the surface glass fiber and polypropylene. the effect of silane on cellulose fiber from *Typha angustifolia* was also investigated. The hybridization behavior of these treated fibers in polypropylene composites was examined by testing the mechanical properties of the composites comparison with the original polypropylene.

Compounding of a hybrid of glass fiber and cellulose from *Typha angustifolia* with polypropylene increases hardness and impact strength of the composites but tends to reduce tensile strength and elongation to break. The poor strength properties results from shape and length of natural fiber. The composites containing 5% hybrid fibers weight (the ratio of 75 glass fiber : 25 cellulose fiber) can produce material which is high tensile strength. The abrasion resistance increased with increasing the filler content in composites.

กิติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. มาลินี ชัยสุภกิจสินธุ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงการพิเศษมาโดยตลอด ขอขอบคุณ คร.ประเสริฐ คุณคำชู และ อ.ปัทมา ลีพหาวงศ์ คณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษ ได้กรุณาแก้ไขข้อผิดพลาดในรายงานฉบับนี้ให้ถูกต้องยิ่งขึ้น ขอขอบคุณ บริษัท เลียกเซ็ง จำกัด บริษัท ไมโครไฟเบอร์อุตสาหกรรม จำกัด และบริษัท ยูเนี่ยน कार์ไบค์ จำกัด กรุณาเอื้อเฟื้อเมล็ดพลาสติกพอลิพรอพีลีน เส้นใยแก้ว และSilane A-1100 ตามลำดับ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และขอบคุณ รุ่นพี่ รุ่นน้อง เจ้าหน้าที่ภาคเคมีทุกท่าน และเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจและให้ความสนับสนุนในทุก ๆ ด้านตลอดมาจนโครงการพิเศษนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ขอขอบคุณจริง ๆ

นาย เฉลิมพล อธิวิวัฒน์

นาย สกฤต บรรจงวุฒิ

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญตาราง | ง |
| สารบัญรูป | จ |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 บทนำ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎี | |
| 2.1 พอลิเมอร์ | 3 |
| 2.2 สารตัวเติม | 5 |
| 2.2.1 เซลลูโลส | 6 |
| 2.2.2 เส้นใยแก้ว | 10 |
| บทที่ 3 การทดลอง | |
| 3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ | 15 |
| 3.2 เครื่องมือ | 16 |
| 3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง | 17 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ | |
| 4.1 รูปภาพจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์แสดงลักษณะเส้นใยชนิดต่าง ๆ รวมทั้งภาพแสดงการเกิดผลึกในพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต | 23 |
| 4.2 รูปภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต | 27 |
| 4.3 รูปภาพแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตเมื่อผสมและไม่ผสมมาลิอิกแอนไฮไดรด์ | 39 |
| 4.4 แผนภาพแสดงปฏิกิริยาระหว่างเส้นใยแก้ว Silane มาลิอิกแอนไฮไดรด์ เส้นใยจากหญ้าสลาบหลวงและพอลิพรอพิลีน | 44 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---------------------------|------|
| บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ | |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง | 48 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 49 |
| เอกสารอ้างอิง | 50 |

สารบัญตาราง

| | | หน้า |
|--------------|---|------|
| ตารางที่ 2.1 | แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของมาลิกแอโนไฮโดรด์ | 4 |
| ตารางที่ 2.2 | แสดงน้ำหนักโมเลกุลของเส้นใยเซลลูโลส | 7 |
| ตารางที่ 2.3 | แสดงค่าความหนาแน่นของเส้นใยเซลลูโลส | 10 |
| ตารางที่ 2.4 | แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยชนิดต่าง ๆ | 11 |
| ตารางที่ 2.5 | การใช้ประโยชน์ของเส้นใยแก้วชนิดต่าง ๆ | 12 |
| ตารางที่ 2.6 | แสดงหน้าที่ของเส้นใยแก้วและเส้นใยเซลลูโลส | 13 |
| ตารางที่ 4.1 | แสดงค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ได้จากการคำนวณ | 27 |

สารบัญรูป

| | หน้า | |
|------------|--|----|
| รูปที่ 2.1 | สูตรโครงสร้างของมาลิกเอตริก ฟุมาริกเอตริก และมาลิกแอนไฮไดรด์ | 4 |
| รูปที่ 2.2 | สูตรโครงสร้างของเซลลูโลส | 7 |
| รูปที่ 2.3 | โครงสร้างภายในของเส้นใยเซลลูโลส | 9 |
| รูปที่ 2.4 | Tensile Strength ของเส้นใยแก้วที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเปลี่ยนแปลง | 13 |
| รูปที่ 3.1 | ขนาดชิ้นงานสำหรับวัด Tensile Strength | 18 |
| รูปที่ 3.2 | ขนาดของชิ้นงานที่ใช้วัด Impact Resistance | 19 |
| - | รูปแสดงลักษณะของเส้นใยหุ้มาสลอบหลวงก่อนและหลังเคลือบด้วย Silane A-1100 | 23 |
| - | รูปแสดงลักษณะของเส้นใยแก้วก่อนและหลังเคลือบด้วย Silane A-1100 | 24 |
| - | รูปแสดงกระบวนการเกิดผลึกของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตแบบต่าง ๆ | 25 |
| รูปที่ 4.1 | แสดงผลของเส้นใยแต่ละชนิดที่มีต่อค่าทนแรงดึงเปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน | 29 |
| รูปที่ 4.2 | แสดงผลของอัตราส่วนของเส้นใยผสมระหว่างเส้นใยแก้วกับเส้นใยจากหุ้มาสลอบหลวงที่มีต่อค่าทนแรงดึงเปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน | 29 |
| รูปที่ 4.3 | แสดงผลของเส้นใยแต่ละชนิดที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การยึดเปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน | 30 |
| รูปที่ 4.4 | แสดงผลของอัตราส่วนของเส้นใยผสมระหว่างเส้นใยแก้วกับเส้นใยจากหุ้มาสลอบหลวงที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การยึดเปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน | 30 |
| รูปที่ 4.5 | แสดงผลของเส้นใยแต่ละชนิดที่มีต่อค่าความแข็ง(Hardness Rockwell R)เปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน | 31 |
| รูปที่ 4.6 | แสดงผลของอัตราส่วนของเส้นใยผสมระหว่างเส้นใยแก้วกับเส้นใยจากหุ้มาสลอบหลวงที่มีต่อค่าความแข็ง(Hardness Rockwell R)เปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน | 31 |
| รูปที่ 4.7 | แสดงผลของเส้นใยแต่ละชนิดที่มีต่อค่าความทนทานต่อแรงกระแทกเปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน | 32 |
| รูปที่ 4.8 | แสดงผลของอัตราส่วนของเส้นใยผสมระหว่างเส้นใยแก้วกับเส้นใยจากหุ้มาสลอบหลวงที่มีต่อค่าความทนทานต่อแรงกระแทกเปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน | 32 |
| รูปที่ 4.9 | แสดงผลของเส้นใยแต่ละชนิดที่มีต่อความหนาแน่นเปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน | 33 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 4.10 แสดงผลของอัตราส่วนของเส้นใยผสมระหว่างเส้นใยแก้วกับเส้นใยจาก หญ้าสลาบลวงที่มีต่อความหนาแน่นเปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน | 33 |
| รูปที่ 4.11 แสดงผลของเส้นใยแต่ละชนิดที่มีต่อความทนทานต่อการขูดเปรียบเทียบกับ พอลิพรอพิลีน | 34 |
| รูปที่ 4.12 แสดงผลของอัตราส่วนของเส้นใยผสมระหว่างเส้นใยแก้วกับเส้นใยจาก หญ้าสลาบลวงที่มีต่อความทนทานต่อการขูดเปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน | 35 |
| - รูปแผนภูมิแสดงคุณสมบัติทางเชิงกลของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตที่มีการผสมและ ไม่ผสมมาลีอิกแอนไฮไดรด์ | 40 |
| - รูปกลไกของปฏิกิริยาการยึดติระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ | 44 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ในปัจจุบันมีการนำเอาพลาสติกมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เนื่องจากว่าพลาสติกมีคุณสมบัติที่ดีหลายอย่าง เช่น มีความแข็งแรงพอ ๆ กับเหล็กและคอนกรีตหรืออาจทำให้ใสได้เหมือนแก้ว เป็นผลให้เกิดความพยายามที่จะหาสารตัวเติมเสริมแรงที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุ ซึ่งมีทั้งตัวเติมอินทรีย์ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภท เซลลูโลส เส้นใยสังเคราะห์ และตัวเติมคาร์บอน ส่วนตัวเติมอนินทรีย์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภทซิลิกา เส้นใยแก้ว และออกไซด์ของโลหะ เป็นต้น

เส้นใยแก้วได้รับความนิยมนำมาใช้เป็นสารเสริมแรงในพลาสติกโดยเฉพาะพอลิพรอพิลีนที่เสริมแรงด้วยเส้นใยแก้ว นิยมนำมาใช้ทำชิ้นส่วนรถยนต์ ส่วนในบรรดาตัวเติมอินทรีย์ เส้นใยเซลลูโลส เป็นทางเลือกที่น่าสนใจมาก เพราะสารประกอบที่มีเส้นใยเซลลูโลสเสริมแรงจะมีข้อได้เปรียบ คือ มีความแข็งแรงสูง ความหนาแน่นต่ำ มีความยืดหยุ่นระหว่างกระบวนการ และราคาต่อหน่วยต่ำ (2)

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีพืชหลายชนิดที่สามารถจะนำมาใช้เป็นสารตัวเติมได้ หญ้าสลาบลวงเป็นพืชที่หาได้ง่ายอีกทั้งมีปริมาณมากและการนำไปใช้ประโยชน์ยังน้อย หญ้าสลาบลวงมีลักษณะเป็นเส้นใยเซลลูโลส ซึ่งอาจจะสามารถนำมาทำเป็นสารตัวเติมร่วมกับเส้นใยแก้วได้ ซึ่งถ้าหากเป็นไปได้จะมีข้อดีคือ ลดต้นทุนการผลิตและทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีน้ำหนักเบาเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน

ถึงแม้ว่าการใช้เส้นใยเซลลูโลสจะมีข้อดี แต่การใช้เส้นใยเซลลูโลสเสริมแรงในพลาสติก โดยเฉพาะพอลิพรอพิลีนยังไม่เป็นที่นิยมนัก เนื่องจากคุณสมบัติของสารประกอบที่ได้ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ซึ่งเป็นผลมาจากข้อจำกัดในเรื่องความเสถียรทางความร้อนระหว่างกระบวนการลักษณะการกระจายตัวในพอลิเมอร์ไม่ทั่วถึงและข้อจำกัดในการผสมผสานกับพอลิเมอร์(2)

การนำ coupling agent มาใช้สามารถปรับปรุงการกระจายและการผสมกันของเส้นใยเซลลูโลส (hydrophilic phase) กับพอลิพรอพิลีน (hydrophobic phase)(1) โดยทำปฏิกิริยากับทั้งสองส่วน จนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างส่วนประกอบขึ้น อีกวิธีการหนึ่งซึ่งได้รับความนิยมเป็นการ

เพิ่มความมีขั้วให้กับพอลิพรอพิลีน โดยใช้กรดที่ไม่อิ่มตัวและอนุพันธ์ เช่น มาลิก แอนไฮไดรด์ (MAH) ต่อลงบนสายโซ่ของพอลิพรอพิลีน(2) โดยส่วนที่ไม่อิ่มตัวของมาลิก แอนไฮไดรด์จะทำปฏิกิริยากับสายโซ่พอลิพรอพิลีนและส่วนที่เหลือของมาลิก แอนไฮไดรด์จะเป็นตำแหน่งเกิดปฏิกิริยากับเส้นใยเซลลูโลสแนวทางที่ได้มีผู้ทำการศึกษาได้ เช่น

-นำเส้นใยเซลลูโลสผสมกับเส้นใยแก้ว เพื่อเป็นสารตัวเติมในพลาสติกโดยใช้ไซเลนเคลือบที่ผิวของเส้นใยเซลลูโลสก่อน(1)

-ทำการปรับผิวของพลาสติกก่อนด้วยมาลิก แอนไฮไดรด์จากนั้นจึงนำไปผสมกับเส้นใยเซลลูโลส(2)

โครงการพิเศษนี้ เป็นการศึกษาการนำหญ้าสลาบลวงมาใช้เป็นสารตัวเติมเสริมแรงร่วมกับเส้นใยแก้วในพอลิพรอพิลีน โดยจะทำการปรับปรุงการยึดติดและการผสมผสานระหว่างสารตัวเติมกับพลาสติกด้วยการปรับผิวของทั้งสารตัวเติมและพลาสติกไปพร้อม ๆ กัน โดยคาดหวังว่าจะได้วัสดุที่มีคุณสมบัติทางเชิงกลเหมาะสมสามารถนำไปใช้งานได้

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำเซลลูโลสจากฝักเกสรตัวเมียของหญ้าสลาบลวงมาใช้เป็นสารตัวเติมในพอลิพรอพิลีน

ขอบเขตการวิจัย

โครงการพิเศษนี้จะศึกษาถึงการนำเอาหญ้าสลาบลวงมาผสมกับเส้นใยแก้วเพื่อเป็นสารตัวเติมในพอลิพรอพิลีน

1.ศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนเมื่อผสมเส้นใยจากฝักเกสรตัวเมียของหญ้าสลาบลวง เมื่อเคลือบและไม่เคลือบด้วย coupling agent คือ Silane A-1100

2.ศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนเมื่อผสมเส้นใยแก้ว เคลือบด้วย coupling agent คือ Silane A-1100

3.ศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีน เมื่อผสมด้วยเส้นใยธรรมชาติกับเส้นใยแก้ว โดยเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างเส้นใยธรรมชาติกับเส้นใยแก้ว

4.ศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนเมื่อผสมด้วยเส้นใยผสมในปริมาณ 5% และ 10%

5.ศึกษาผลของมาลิก แอนไฮไดรด์ต่อพอลิพรอพิลีนที่ผสมด้วยเส้นใยผสม

บทที่ 2

ทฤษฎี

พอลิเมอร์คอมพอสิตที่ทำการผลิตขึ้นจะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ พอลิเมอร์ และ สารตัวเติม โดยจะมีการปรับปรุงสภาพผิวทั้งสองส่วนก่อนที่จะทำการผสมเข้าด้วยกัน ในการปรับปรุงสภาพผิวนี้จะใช้มาลิก แอนไฮไดรด์ ปรับผิวของพอลิเมอร์ และใช้ Silane A-1100 ปรับสภาพผิวเส้นใยแก้ว และเส้นใยจากฝักของหญ้าสลาบลวงที่ใช้เป็นสารตัวเติมในการทดลองนี้

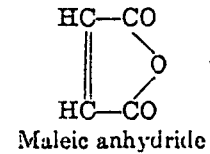
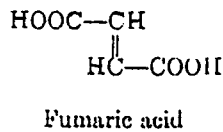
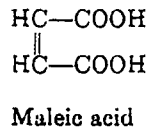
2.1 พอลิเมอร์

- พอลิพรอพีลีน : พอลิพรอพีลีนที่มีโครงสร้างแบบไอโซแทกติก ปราศจากโซ่สาขา จะมีความเป็นผลึกสูง มีจุดหลอมตัว 165°C ถือได้ว่าเป็นพลาสติกที่เบาที่สุด มีความหนาแน่นเพียง 0.905 g/cm^3 และเนื่องจากความเป็นผลึกสูงนี้เองเป็นเหตุให้พอลิเมอร์นี้มีสมบัติเชิงกลดีมาก เช่น แข็งแรงและมี Tensile Strength สูง จุดหลอมตัวสูงกว่าพอลิเอทิลีนทำให้เหมาะสำหรับการใช้งานที่อุณหภูมิสูงกว่า วัสดุที่ทำจากพอลิพรอพีลีนยังคงรักษาความแข็งแรงและรูปทรงไว้ได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 140°C

สมบัติการละลายได้ของพอลิพรอพีลีนคล้ายคลึงกับพอลิเอทิลีน กล่าวคือ ไม่สามารถละลายในตัวทำละลายใดๆทั้งสิ้น ณ อุณหภูมิห้อง แต่จะละลายได้ในตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนและคลอรีเนตไฮโดรคาร์บอนที่อุณหภูมิสูงกว่า 80°C พอลิพรอพีลีนทนต่อกรดและเบสเป็นอย่างดีและเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมีทั่วไป อย่างไรก็ตามเสถียรภาพของพอลิพรอพีลีนที่มีต่อความร้อน แสงและตัวออกซิไดซ์มีน้อยกว่าพอลิเอทิลีนเพราะโซ่ของพอลิพรอพีลีนมี H อะตอมเกิดพันธะกับคาร์บอนองศา 3 ดังนั้นก่อนนำพอลิพรอพีลีนไปใช้งานควรต้องมีการเติมตัวแอนติออกซิแดนท์ก่อน

พอลิพรอพีลีนถูกผลิตไปใช้งานหลายอย่างเช่น ชิ้นส่วนของรถยนต์และอุปกรณ์เครื่องใช้ในบ้าน ส่วนที่เหลือใช้ในรูปของเส้นใยและฟิล์ม

มาลิก แอนไฮไดรด์ เป็นตัวที่นำมาใช้เพิ่มความเป็นขั้วให้แก่สายโซ่พอลิพรอพิลีน ได้มาจากปฏิกิริยา dehydration ของมาลิก เอซิด หรือฟูมาริก เอซิด



รูปที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของมาลิก เอซิด ฟูมาริก เอซิด และมาลิก แอนไฮไดรด์

คุณสมบัติทางกายภาพ

มาลิก แอนไฮไดรด์ มีลักษณะเป็นผลึกไม่มีสี รูปร่างแบบ ออโรโรมบิก สามารถละลายได้ดีในไดออกเซน และแอลกอฮอล์ คุณสมบัติอื่น ๆ แสดงอยู่ในตาราง

| Property | Value |
|---|--------|
| M.p., °C..... | 52.8 |
| B.p., °C..... | 199.9 |
| Sp.gr. (solid)..... | 1.48 |
| n_D^{25} : | |
| α | 1.4429 |
| β | 1.4781 |
| γ | 1.6384 |
| Viscosity, millipoises: | |
| At 70°C..... | 15.3 |
| At 80°C..... | 13.1 |
| At 100°C..... | 9.9 |
| Sp.heat of: | |
| Solid..... | 0.285 |
| Liquid..... | 0.396 |
| Thermal properties, kg.-cal./gram-mole: | |
| Heat of fusion..... | 2.75 |
| Latent heat of vaporization..... | 10.5 |
| Heat of combustion..... | 333.9 |
| Heat of formation..... | 112.2 |
| Heat of soln. (of acid)..... | -4.44 |
| Heat of hydration (to acid)..... | 8.33 |
| Soly. at 25°C., g./100 g. solvent: | |
| In benzene..... | 50 |
| In toluene..... | 23.4 |
| In o-xylene..... | 19.4 |
| In carbon tetrachloride..... | 0.60 |
| In chloroform..... | 52.5 |
| In ethyl acetate..... | 112 |
| In kerosene (b.p. 190-250°C.)..... | 0.25 |
| In acetone..... | 227 |

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของมาลิกแอนไฮไดรด์ (8)

ปฏิกิริยา

มาลิก แอนไฮไดรด์ และอนุพันธ์ ประกอบด้วยหมู่ conjugated maleyl โดยที่พันธะคู่ของคาร์บอนจะมีลักษณะขาดแคลนอิเล็กตรอนอย่างมาก แต่ภายใต้สภาวะการทดลองที่เหมาะสมจะสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาได้เหมือน โอลิฟินทั่วไป

ปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุดของมาลิก แอนไฮไดรด์ คือ ปฏิกิริยาการเติมลงบนสารที่ไม่อิ่มตัว และจากลักษณะของสารที่ไม่อิ่มตัวทำให้แบ่งปฏิกิริยาออกได้เป็น 3 แบบ คือ

- 1.ปฏิกิริยา diels-alder กับสารประเภท diene ซึ่งมีพันธะคู่อยู่ในลักษณะ conjugated ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นวง cyclohexenedicarboxylic anhydrides
- 2.ปฏิกิริยา copolymerization กับสารที่ประกอบด้วยหมู่ไวนิล เกิดเป็นสายโซ่พอลิเมอร์อิ่มตัว
- 3.ปฏิกิริยาการแทนที่กับ monoolefins และ nonconjugated olefins ซึ่งประกอบด้วยหมู่ เมทิล หรือ เมทิลีน ที่อยู่ใกล้กับพันธะคู่ ได้เป็นผลิตภัณฑ์ประเภท monomeric เช่น alkenylsuccinic acids

2.2 สารตัวเติม

คือสารที่อยู่ในรูปของแข็ง (Solid form) หรือพวกเส้นใย (fibrous) ที่ใช้เติมลงในพอลิเมอร์ อาจเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยมีจุดประสงค์ดังนี้

1. ลดต้นทุนการผลิต ซึ่งเป็นปัจจัยของการพิจารณาการใช้สารตัวเติมเนื่องจากเป็นสารตัวเติมราคาถูก
2. ปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพ เช่นการเพิ่มความอดุลัส ความแข็งแรงดึง เฟอร์เซ้นต์การยึดตัว ความต้านทานการฉีกขาด ความต้านทานแรงกระแทก ความต้านทานการขีดถู เป็นต้น
3. ปรับปรุงสมบัติการไหล ซึ่งขึ้นกับความเข้มข้นของสารตัวเติม และการกระจายตัวของสารตัวเติมในพอลิเมอร์
4. ปรับปรุงสมบัติทางเคมี เช่น เพิ่มความต้านทานการกัดกร่อน ลดการซึมผ่านเป็นต้น
5. ปรับปรุงคุณสมบัติทางความร้อน เช่น ลดสัมประสิทธิ์การขยายตัว เพิ่มอุณหภูมิการผลม และ ความต้านทานไฟ

สมบัติของวัสดุจะขึ้นกับสมบัติของส่วนประกอบดังนั้นการใช้สารตัวเติมจำเป็นต้องพิจารณาถึงสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ อย่างไรก็ตามไม่มีสารตัวเติมชนิดใดที่มีราคาถูก และสามารถปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ให้ดีขึ้นได้ทุกด้าน เนื่องจากสารตัวเติมที่ต่างชนิดกันสามารถปรับปรุงคุณสมบัติได้แตกต่างกัน สามารถแบ่งสมบัติของสารตัวเติมได้เป็น 2 ชั้นคือ

สมบัติปฐมภูมิ

เป็นสมบัติพื้นฐานที่ควรพิจารณา แบ่งออกเป็น

1.ขนาดรูปร่างของอนุภาค

สารตัวเติมต่างชนิดกันมีรูปร่างแตกต่างกัน เช่น เหม่ดำที่มีลักษณะทรงกลม CaCO_3 และ Silica มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม mica และ talcum มีลักษณะเป็นแผ่นแบน

2.การกระจายของอนุภาค

อนุภาคทั้งหมดจะต้องมีความหนาแน่นเท่ากันหมด เพื่อกระจายตัวได้ดี

3.พื้นที่ผิวของอนุภาค

พื้นที่ผิวเป็นสมบัติอีกประการของสารตัวเติมที่มีความสำคัญ คือถ้ามีพื้นที่ผิวมากจะทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลของพอลิเมอร์ได้มากขึ้นทำให้สมบัติดีขึ้น

4.สมบัติทางเคมี

การเลือกใช้สารตัวเติมกับปฏิกิริยาจะต้องพิจารณาสมบัติทางเคมี และความเข้ากันได้ของสารตัวเติมและพอลิเมอร์

สมบัติทางทุติยภูมิ

พิจารณาเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามวัตถุประสงค์

1.สมบัติทางแสง ส่วนใหญ่กำหนดอยู่ในรูปดัชนีการหักเหของแสง

2.สมบัติทางความร้อน สามารถช่วยถ่ายเทความร้อนได้มากขึ้น

3.สมบัติทางไฟฟ้า ต้องปราศจากน้ำ และเส้นใยบางตัวทำให้สมบัติการนำไฟฟ้าดีขึ้น

4.สมบัติทางกายภาพ พิจารณาจากด้านความหนาแน่น

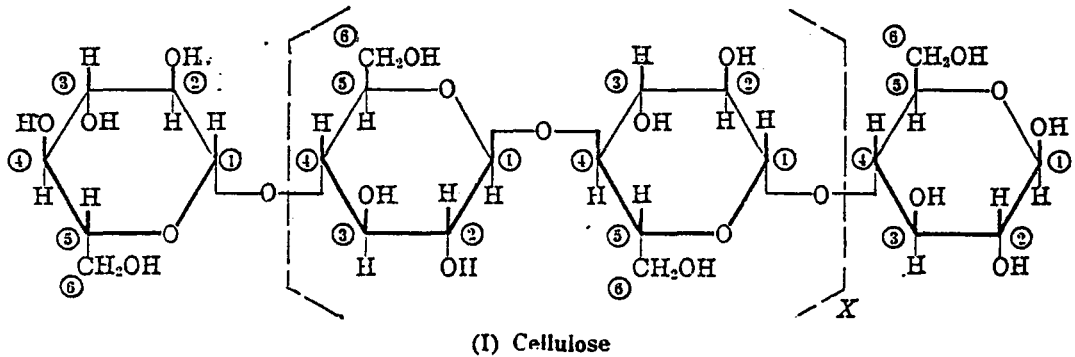
2.2.1 เซลลูโลส

เซลลูโลสเป็นพอลิแซคคาไรด์ที่มีสูตรทั่วไปคือ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5$ และเป็นส่วนประกอบสำคัญในเซลล์ของไม้เกือบทุกชนิด

ธรรมชาติทางเคมีของเซลลูโลส

1. โครงสร้างทางเคมี

จากการวิเคราะห์การเผาไหม้ของเซลลูโลสจาก cotton แสดงให้เห็นว่าธาตุส่วนประกอบอยู่ในรูปของ hexose anhydride ซึ่งอยู่ในรูปของ anhydroglucose ถึง 95% คุณสมบัติของเซลลูโลสและอนุพันธ์ คือ เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ดังรูป



รูปที่ 2.2 สูตรโครงสร้างของเซลลูโลส

น้ำหนักโมเลกุลของวัสดุเซลลูโลสมีความสำคัญต่อคุณสมบัติทางกายภาพดังนั้นสามารถปรับปรุงได้โดยการเพิ่มน้ำหนักโมเลกุล ซึ่งในทางอุตสาหกรรมจะพิจารณาโดยทำการทดสอบความหนืด ซึ่งจะบอกน้ำหนักโมเลกุลโดยประมาณได้ การกระจายน้ำหนักโมเลกุลของวัสดุเซลลูโลสมีความสำคัญ เพราะส่วนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำโดยส่วนใหญ่จะส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพไม่ดี

| Material tested | Molecular weight | Degree of polymerization ^a |
|-----------------------------------|------------------|---------------------------------------|
| Native cellulose | Over 570,000 | Over 3,500 |
| Chemical cottons | 80,000-500,000 | 500-3,000 |
| Wood pulps | 90,000-210,000 | 600-1,300 |
| Commercial regenerated celluloses | 30,000-90,000 | 200-600 |
| Commercial nitrocelluloses | 25,000-875,000 | 100-3,500 |
| Commercial cellulose acetates | 45,000-100,000 | 175-360 |

^a Number of glucose units in the molecule.

ตารางที่ 2.2 น้ำหนักโมเลกุลของเซลลูโลสและอนุพันธ์ (9)

2. ปฏิกริยา

การสลายตัวของเซลลูโลสอาจจะเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุโดยผลที่เกิดขึ้นคือ การแตกออกของสายโซ่โมเลกุลเซลลูโลส และทำให้น้ำหนักโมเลกุลลดลง บางครั้งในทางการค้ามีการทำให้เซลลูโลสสลายตัวโดยตั้งใจเพื่อที่จะลดความหนืดของเซลลูโลส เป็นการปรับปรุงเพื่อนำไปใช้ในการทำงานบางอย่างเช่น การปั่น การขึ้นรูป

เมื่อเซลลูโลสถูกไฮโดรไลซ์บางส่วนด้วยกรดจะได้เป็น hydrocellulose ซึ่งคุณสมบัติจะถูกกำหนดโดยสภาวะของการไฮโดรไลซิส hydrocellulose ส่วนใหญ่จะมีความเหนียวต่ำ tensile strength ต่ำและเพิ่มการละลายในสารละลาย alkalis มากกว่าเซลลูโลสที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ ในการเกิดไฮโดรเซลลูโลสอาจมาจากการแตกออกของ 1,4-glycosidic linkages และทำให้เกิดสายโซ่เซลลูโลสที่สั้นกว่า ถ้าไฮโดรไลซิสเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์เซลลูโลสจะสลายตัวเกือบทั้งหมด

การสลายตัวของเซลลูโลสโดย oxidizing agents สามารถเกิดขึ้นได้ภายใต้สภาวะที่หลากหลายแล้วกลายเป็น oxycellulose การเกิดออกซิเดชันที่สภาวะต่าง ๆ กันจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงทางเคมีในโมเลกุลเซลลูโลสดังนี้

- 1) เปลี่ยนหมู่ aldehyde ใน glucose ที่หมู่ปลายเป็นหมู่ carboxyl
- 2) เปลี่ยนหมู่ 1 แอลกอฮอล์ เป็น carboxyl หรือ aldehyde
- 3) เปลี่ยนหมู่ 2,3-glycol เป็นหมู่ ketone aldehyde หรือ carboxyl

มีหลายกรณีที่ ออกซิเดชัน เป็นสาเหตุให้ค่า tensile strength ลดลงในขณะที่บางกรณีการลดลงของ tensile strength จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ oxycellulose ทำปฏิกิริยาใน alkalis เท่านั้น

การสลายตัวของเซลลูโลสโดยความร้อนจะเกิดซ้ำถ้าไม่มีออกซิเจน เซลลูโลสจะถูกทำลายก็ต่อเมื่อมีการให้ความร้อนที่รุนแรง เส้นใยเซลลูโลสที่ปล่อยไว้ให้ถูกแสงจะทำให้ค่า tensile strength ลดลง และความเหนียวลดลงโดยการสลายตัวเนื่องจากแสงนี้จะถูกเร่งโดยออกซิเจน ตัวเร่งโลหะและสีย้อมบางชนิด ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างการสลายตัวด้วยแสงค่อนข้างซับซ้อนแต่จะเห็นได้ว่าเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นหลัก

โครงสร้างของเส้นใยเซลลูโลส

พืชทุกชนิดจะประกอบด้วยเซลล์หลายชนิดซึ่งมีขนาดรูปร่างและโครงสร้างเฉพาะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชนั้น ในต้นสนจะมีเส้นใยที่เรียกว่า tracheids ซึ่งจะมีความยาวประมาณ 3 มม. และเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.03 มม. ส่วนเส้นใยที่อยู่ในไม้ผลัดใบเรียกว่า wood fibers ซึ่งจะยาวประมาณ 1 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.01 มม. เมื่อใช้ X-ray ศึกษาโครงสร้างของเส้นใยเซลลูโลสพบว่าโมเลกุลของเส้นใยเซลลูโลสมีการจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ เกิดเป็น crystalline regions ซึ่งจะถูกแยกออกจากกันด้วยบริเวณที่เป็น amorphous ซึ่งเป็นบริเวณที่โมเลกุลเซลลูโลสอยู่กันอย่างไม่เป็นระเบียบ ดังรูป

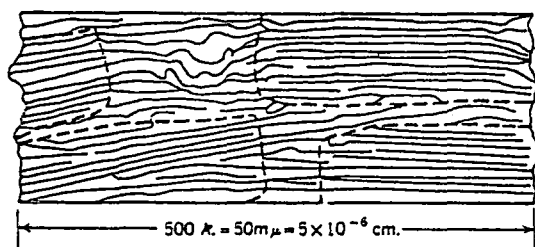


Fig. 1. Internal structure of natural cellulose fibers

รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในของเส้นใยเซลลูโลส

โครงสร้างของเส้นใยเซลลูโลส จะเป็นตัวที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใย ดังนั้นปริมาณที่สัมพันธ์ของ amorphous และ crystalline cellulose ในเส้นใยก็จะส่งผลกระทบต่อความสมดุลในเรื่อง moisture content ความแข็งแรง และความยืดหยุ่น

คุณสมบัติทางกายภาพ

1. การดูดซับความชื้น

เหมือนกับของแข็งส่วนใหญ่ เซลลูโลสมีการดูดหรือคายไอน้ำและของเหลวอื่น ๆ ที่อยู่ในบรรยากาศรอบ ๆ จนกระทั่งถึงสมดุล ซึ่งสมดุลของปริมาณความชื้นของเซลลูโลสจะเปลี่ยนไปตามความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศรอบ ๆ นั้น ปริมาณความชื้นของเซลลูโลสมีผลต่อคุณสมบัติบางอย่าง เช่น tensile strength ถ้าเป็นเส้นใย cotton จะมีค่ามากขึ้นเมื่อความชื้นสูงขึ้น แต่ถ้าเป็นเส้นใย rayon จะมีค่าลดลง ส่วนคุณสมบัติการนำไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น

2. การละลายและความหนืด

เซลลูโลสไม่ละลายในน้ำ แต่จะละลายในกรดแร่เข้มข้น เช่น 72 % กรดซัลฟูริก 40 % กรดไฮโดรคลอริก และ 85% กรดฟอสฟอริก เซลลูโลสจะเกิดไฮโดรไลซิสอย่างรวดเร็วในสารละลายกรดแร่ที่อุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตามไฮโดรไลซิสจะหยุดที่อุณหภูมิต่ำ ๆ

สารละลายของเกลือบางชนิดที่เข้มข้น เช่น 72 % zinc chloride และสารละลาย alkali hydroxides จะทำให้เซลลูโลสบวมและบางที่จะทำให้เซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ๆ ละลายได้ ความหนืดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอันหนึ่งของเซลลูโลสและอนุพันธ์ โดยที่ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเซลลูโลส

3. ความหนาแน่น

พบว่าความหนาแน่นของเซลลูโลสที่เป็นเส้นใยเดี่ยวจะไม่เป็นค่าแน่นอนค่าเฉลี่ยของเส้นใยเซลลูโลสจะแปรตามแหล่งที่มา และอาจจะเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการปรับปรุงทางเคมี

| Fiber | Density |
|-------------------------------------|-------------|
| Chemical cotton (from linters)..... | 1.571 |
| Staple cottons (soda-boiled)..... | 1.558-1.567 |
| Staple cottons (mercerized)..... | 1.546-1.550 |
| Regenerated cellulose rayons..... | 1.531-1.548 |
| Bleached sulfite wood pulps..... | 1.548-1.555 |

ตารางที่ 2.3 ความหนาแน่นของเส้นใยเซลลูโลส

4. คุณสมบัติทางแสง

เส้นใยเซลลูโลสมีค่าดัชนีการหักเหแสง 2 ค่า ความแตกต่างระหว่างการหักเหแสงด้าน axial กับ transverse เรียกว่า double refraction เส้นใย cotton มีค่าการหักเห axial กับ transverse 1.578 กับ 1.532 และ double refraction 0.046 เส้นใยเซลลูโลสจะเรืองแสงภายใต้ ultra violet โดยที่ cotton จะเรืองแสงสีขาวแกมน้ำเงิน ส่วน bleached sulfite pulp จะเรืองแสงสีขาว

2.2.2 เส้นใยแก้ว

เส้นใยแก้วเป็นสารเสริมแรงที่นิยมใช้เพราะมีค่า tensile strength สูง แก้วเมื่ออยู่เป็นก้อนจะมีความเปราะและมีค่าความแข็งแรงต่ำแต่เมื่อนำมารีดและดึงเป็นเส้นใยจะทำให้ค่าความแข็งแรงสูงขึ้น ในปัจจุบันมีการใช้เส้นใยแก้วอย่างกว้างขวาง เช่น ใช้ทำโครงสร้างของเรือ ส่วนประกอบรถยนต์

การผลิตเส้นใยแก้วทำได้โดยการผสมส่วนประกอบต่าง ๆ จากนั้นทำการหลอม โดยอุณหภูมิของการหลอมจะขึ้นอยู่กับชนิดของส่วนประกอบซึ่งปกติจะประมาณ 1250°C แก้วที่หลอมจะถูกส่งผ่านไปยัง fibre-drawing furnace แล้วไหลผ่าน tiny orifices เกิดเป็นเส้นใย โดยจะมีการดึงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง เส้นใยแก้วสามารถถูกทำลายได้ง่าย การจับต้องเพียงเล็กน้อยจะทำให้ค่าความแข็งแรงของเส้นใยแก้วลดลง ดังนั้นการปรับปรุงขนาด การเคลือบผิวจะช่วยป้องกันการถูกทำลายในระหว่างการผลิตได้ และต้องมีการระวังการรวมตัวของเส้นใยเข้ากันด้วย ในการนำเส้นใยแก้วมาใช้เสริมแรงในพลาสติกอาจมีการนำ coupling agent มาใช้ด้วย โดยทำปฏิกิริยากับเส้นใยและเมตริกพอลิเมอร์ ทำให้มีการผสมผสานกันดีขึ้น

องค์ประกอบทางเคมี

เส้นใยแก้วที่ถูกผลิตขึ้นใช้ในอุตสาหกรรมจะมีคุณสมบัติต่าง ๆ มากมาย โดยแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติเหมาะกับงานแต่ละแบบซึ่งจะมีความแตกต่างกันทางด้านความทนทาน ความต้านทานต่อสภาพแวดล้อม และอื่น ๆ

| Industry name | Type | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | B ₂ O ₃ | Na ₂ O | K ₂ O | ZrO ₂ | TiO ₂ | ZnO | BaO | F ₂ |
|-----------------|---|------------------|--------------------------------|-------|-------|-------------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------|-------|----------------|
| E | 1. Low-alkali lime-alumina borosilicate | 55.0 | 14.5 | 21.8 | 0.5 | 7.0 | 0.5 | ..... | ..... | 0.5 | ..... | ..... | 0.2 |
| C | 2. Soda-lime borosilicate | 65.0 | 4.0 | 14.0 | 3.0 | 5.5 | 8.0 | 0.5 | | | | | |
| Rotary | 3. Soft soda-lime borosilicate | 61.0 | 4.0 | 9.0 | 3.5 | 7.0 | 14.5 | 1.0 | | | | | |
| High-durability | 4. Lime-free soda borosilicate | 59.5 | 5.0 | ..... | ..... | 8.0 | 15.0 | ..... | 4.0 | 8.0 | ..... | ..... | 0.5 |
| High-durability | 5. Lime-free soda borosilicate | 58.5 | 6.0 | 2.0 | ..... | 10.5 | 10.5 | 3.0 | ..... | ..... | 4.0 | 5.0 | 0.5 |
| S | 6. High-magnesia | 64.5 | 24.5 | ..... | 10.5 | ..... | 0.5 | | | | | | |

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยชนิดต่าง ๆ (10)

- E-glass (Type 1)

เหตุที่ได้ชื่อว่า E-glass เนื่องจากว่าในช่วงแรกนำมาใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ทางไฟฟ้าอื่น ๆ E-glass เกือบทั้งหมดเป็น Calcite lime มีลักษณะเป็นเส้นใยต่อเนื่องมีความทนน้ำดี ทนต่อเบสพอสมควร แต่ไม่ทนกรด

- C-glass (Type 2)

เป็นเส้นใยแก้วที่ปรับปรุงให้มีความทนทานต่อสารเคมีสามารถทนต่อน้ำ กรด และเบสได้ดี มักจะนำมาใช้ทำแผ่นแยกในแบตเตอรี่

- Rotary Glass (Type 3)

เส้นใยแก้วชนิดนี้ได้รับการพัฒนาขบวนการผลิตเส้นใยด้วยวิธี centrifugal rotary process เป็นพวก soft borosilicate นิยมนำมาใช้ทำฉนวน

- Chemically Resistant Glass for Fine fiber (Type 4 และ 5)

เส้นใยแก้วทั้งสองเกรดนี้จะผลิตให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2 ไมโครเมตร ใช้ทำฉนวนสำหรับอากาศยาน มีค่าการหลอมเหลวต่ำ มีความเสถียรมากกว่า E-glass แต่มีความคงทนพอ ๆ กัน

- High Tensile Strength ,High Modulus Glass (Type 6)

เส้นใยแก้วชนิดนี้ถูกพัฒนาเพื่อใช้เป็นสารเสริมแรงในพลาสติกที่ต้องการความแข็งแรงมากเป็นพิเศษ

เส้นใยแก้วชนิดที่ 1 และ 6 เป็นเส้นใยต่อเนื่องที่ให้ค่า tensile strength สูง และความคงทนดี ชนิดที่ 2 เหมาะสำหรับงานสิ่งทอ ชนิดที่ 3 และ 5 ใช้สำหรับทำฉนวน

| Glass type | Fiberglass forms | Fiber diam. range, μm (in) | Dominant characteristics | Principal uses |
|---|--------------------------------|---------------------------------------|---|--|
| 1. Low-alkali lime-alumina borosilicate | Textiles, mats, chopped strand | 5-20 (0.00021-0.00080) | Excellent dielectric and weathering properties; good tensile strength and elastic modulus | Textiles; reinforcing rubber, plastics, papers, etc.; decorative and reinforcing mats; roofing base and shingles |
| 2. Soda-lime borosilicate | Mats | 10-15 (0.00040-0.00060) | Acid resistance | Mats for storage battery retainers, corrosion protection, waterproofing, etc.; acid filter cloth; anode bags |
| | Textiles | 6-20 (0.00023-0.00080) | | |
| 3. Soft soda-lime borosilicate | Wool (coarse) | 5-15 (0.00020-0.00060) | Good weathering resistance | Thermal insulations, acoustical products |
| 4, 5. Lime free soda borosilicate | Wool (fine) | 0.8-8 (0.00003-0.0003) | Excellent weathering resistance | Lightweight thermal insulations, sound absorbers, and shock-cushioning materials |
| | Wool (ultrafine) | 0.5-2.5 (0.00002-0.00010) | | |
| 6. High-magnesia | Textiles | 8-15 | High strength; high elastic modulus | Reinforcing plastics |

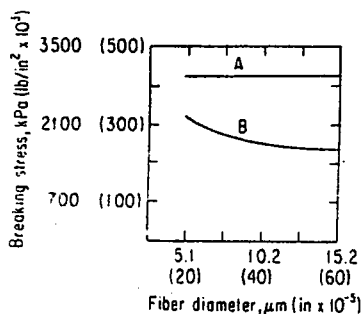
ตารางที่ 2.5 การใช้ประโยชน์ของเส้นใยแก้วชนิดต่าง ๆ (10)

คุณสมบัติของเส้นใย

1. คุณสมบัติทางเชิงกล

เส้นใยแก้วที่มีค่า strength สูงได้รับความสนใจมาเป็นเวลาหลายปี ค่า breaking strength ของเส้นใยที่เพิ่งคิดมาจะสูงถึง 6.2 GPa จากการทดสอบเส้นใยของ fused silica ในสูญญากาศพบว่าค่า strength สูงถึง 13.8 GPa เส้นใยแก้วชนิดเส้นใยต่อเนื่องที่มีอยู่ในทางการค้ามีค่า tensile strength ของเส้นใยเดี่ยวที่ดึงออกจาก strands มีค่าอยู่ในช่วง 1.7-2.1 GPa

พบว่าเส้นใยที่ดึงภายใต้อุณหภูมิและความเร็วที่เหมาะสมจะแสดงค่า tensile strength ที่ไม่แตกต่างกันถึงแม้ว่าเส้นในผ้าศูนย์กลางของเส้นใยจะเปลี่ยนไปดั่งรูป



รูปที่ 2.4 Tensile strength ของเส้นใยแก้วที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเปลี่ยนแปลง (10)

ปัญหาในเรื่องของการรักษา strength ของเส้นใยได้มีการพัฒนามากมายโดยใช้ lubricants sizings และ coatings โดยมีจุดประสงค์เพื่อที่จะปกป้องความแข็งแรงที่ผิวของเส้นใยภายใต้สภาวะต่าง ๆ การ sizing และการใช้ lubricant จะทำในระหว่างการผลิตเช่น ขณะคึงและทอเส้นใยหลังจากนั้นจะตามด้วยการ coating เพื่อป้องกันเส้นใยถูกทำลาย

| หน้าที่ | เส้นใยแก้ว | เส้นใยเซลลูโลส |
|-----------------------|------------|----------------|
| ความทนแรงดึง | + | - |
| มอดุลัส | + | - |
| ความแข็ง | + | - |
| ความทนทานต่อแรงกระแทก | +/- | + |
| ความทนทานต่อการขีดถู | + | - |

+, Positive influence ; - negative influence

จาก COMPOSITES: A DESIGN GUIDE by Terry Richardson, Industrial press Inc., (1987).

ตารางที่ 2.6 หน้าที่ของเส้นใยแก้วและเส้นใยเซลลูโลส

Coupling agent

ช่วงเริ่มแรกเส้นใยที่ขายในทางการค้าจะทำการป้องกันการแตกหักโดยทำการ sizing ด้วยแป้ง ซึ่งจะหลุดออก ต่อมาได้เปลี่ยนมาทำการ sizing ด้วยพอลิไวนิลอะซิเตท สามารถจัดปัญหาการหลุดออกจากผิวของเส้นใยได้ อย่างไรก็ตามการยึดติดระหว่างผิวของเส้นใยแก้วกับเรซินยังไม่ดี จึงได้มีการใช้ coupling agent มาช่วยเพิ่มพันธะระหว่างผิวของเรซินและสารเสริมแรง ส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพดีขึ้น และยังเป็นการลดพลังงานระหว่างกระบวนการอีกด้วย

Silane A-1100

gamma-Aminopropyltriethoxysilane

คุณสมบัติทางกายภาพของ A-1100

หมู่ฟังก์ชัน

-กับ organic resin

amino

-กับ inorganic substrate

ethoxy

น้ำหนักโมเลกุล

221

ลักษณะ

ของเหลวใส

ความถ่วงจำเพาะ(25^oc)

0.94

ดัชนีการหักเห (n_D 25^oc)

1.420

จุดเดือด (°c)

217

จุดวาบไฟ (°c)

104

การละลายน้ำที่ pH 7

> 5%

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้

- เม็ดพลาสติกพอลิพรอพิลีนของ HMC : บริษัท เลียกเซ้ง จำกัด
(PP Type 6331)
- สารตัวเติม ได้แก่
 1. หน้ำาสลาบหลวง
 2. เส้นใยแก้ว : บริษัท ไมโครไฟเบอร์อุตสาหกรรม จำกัด
- Coupling Agent : บริษัท ยูเนียนคาร์ไบด์ จำกัด
(Silane A-1100)
- มาลิกแอนไฮไดรด์ : Fluka
- ไดควิมิลเปอร์ออกไซด์ : Fluka
- คาร์บอนเตตระคลอไรด์ : Fluka

3.2 เครื่องมือ

- เครื่องฉีดขึ้นรูป (Injection Moulding) : Cosmo
- เครื่องอัดความร้อน LP 20 : Lab Tech Co. ,Ltd .
- เครื่องผสมแบบ 2 ลูกกลิ้ง LRM 200 : Lab Tech Co. ,Ltd .
- เครื่องตัด : Teco
- เครื่องทดสอบ Tensile Strength 85288 : Shimadzu Co. ,Ltd.
- เครื่องทดสอบ Impact Resistance 199311 : Yazuda
- เครื่องทดสอบ Hardness DXT : Yazuda
- เครื่องทดสอบ Abrasion 5130 Abraser : Taber
- เครื่องโพลาริซไมโครสโคป
- ชุดให้ความร้อนแก่เครื่องมือโพลาริซไมโครสโคป(Hot Stage)
- แม่พิมพ์ หน้า 1 มม.
- เครื่องปั่นผสมแบบแห้ง
- ตู้อบความร้อน
- เครื่องชั่งแบบแขวนและแบบตัวเลข

3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง

1. เก็บฝักของหญ้าสลาบลางมาแกะออก อบให้แห้งในตู้อบอุณหภูมิ 85 °c แล้วแกะเส้นใยออกจากฝัก นำมาทำการบดด้วยเครื่องปั่นผสมแบบแห้ง

2. ทำการปรับสภาพผิวของสารตัวเติม

coupling agent ที่ใช้คือ γ -aminopropyltriethoxysilane (A-1100) ในปริมาณ 4%

ขั้นตอนการเคลือบผิว

- นำส่วนผสมต่อไปนี้ หญ้าที่บดแล้ว คาร์บอนเตทระคลอไรด์ (ในอัตราส่วน 1:12 เทียบกับน้ำหนักของหญ้า) ไคคิมิลเปอร์ออกไซด์ (2 %) และ A-1100 (4%) มารีฟลักซ์ที่อุณหภูมิ 70-75 °c เป็นเวลา 3 ชั่วโมงพร้อมทั้งปั่นกวนอย่างคงที่ตลอดเวลา

- ทิ้งส่วนผสมไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นทำการระเหย CCl_4 โดยกรองด้วยเครื่องกรองสูญญากาศ

- นำหญ้าที่ผ่านการปรับผิวแล้วมาอบที่ 55 °c เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

- เส้นใยแก้วต้องทำการปรับสภาพผิวด้วยวิธีการเดียวกัน

3. ทำการผสม

ด้วยเครื่องผสมแบบ 2 ลูกกลิ้ง โดยใช้เวลาประมาณ 12 นาที อุณหภูมิลูกกลิ้งหน้า 185 °c อุณหภูมิลูกกลิ้งหลัง 180 °c

ทำการผสมตามอัตราส่วนต่อไปนี้

| หญ้าสลาบลาง | เส้นใยแก้ว (น้ำหนักร้อยละของเส้นใย) | น้ำหนักร้อยละของ สารตัวเติมในพลาสติก |
|-------------|--|---|
| 100 | 0 | 5,10 |
| 75 | 25 | 5,10 |
| 50 | 50 | 5,10 |
| 25 | 75 | 5,10 |
| 0 | 100 | 5,10 |

ในขณะที่ทำการผสมด้วยเครื่องผสมแบบ 2 ลูกกลิ้งจะทำการปรับสภาพผิวของพอลิพรอพิลีน ด้วยมาลิก แอนไฮไดรด์ โดยเติมในปริมาณ 1%

4. การเตรียมชิ้นงาน

- โดยเครื่องฉีดขึ้นรูป (injection moulding machine)

นำส่วนผสมมาตัดเป็นเม็ดด้วยเครื่องตัดจากนั้นนำมาขึ้นรูปด้วยเครื่องฉีดขึ้นรูป โดยใช้อุณหภูมิ ดังนี้

| zone | metering | compression | feed |
|---------------|----------|-------------|------|
| อุณหภูมิ(°c) | 220 | 210 | 190 |

จะได้ชิ้นงานสำหรับทดสอบ tensile และ impact

-โดยเครื่องอัดความร้อน

นำส่วนผสมที่ผ่านการตัดแล้วมาเรียงในแม่พิมพ์หนา 1 มม. จากนั้นนำไปขึ้นรูปโดยเครื่องอัดความร้อนที่อุณหภูมิ 185 °c ใช้เวลาประมาณ 20 นาที จากนั้นนำชิ้นงานมาตัดเป็นวงกลมสำหรับวัดความหนาตามต้องการขั้วดู

5. การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

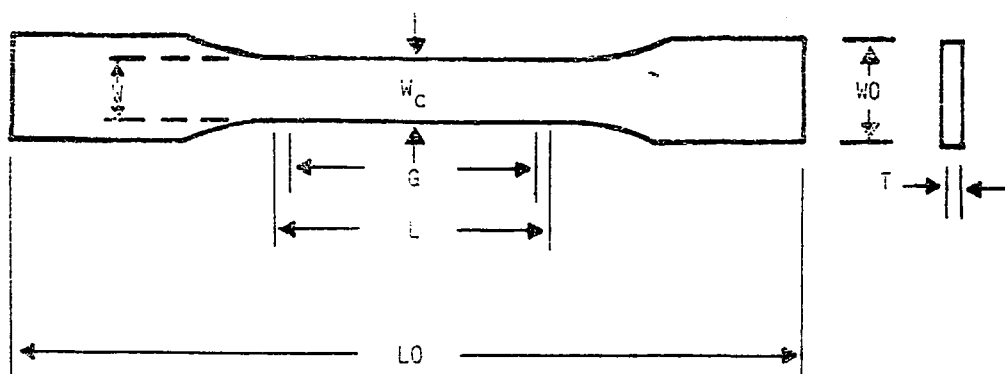
5.1 คุณสมบัติ tensile

ทำการทดสอบโดยเครื่อง SHIMADZU รุ่น 85288 ตาม ASTM D 638M

-วิธีการเตรียมชิ้นงาน

เครื่องฉีดขึ้นรูป

-ขนาดของชิ้นงาน



รูปที่ 3.1 ขนาดชิ้นงานสำหรับวัด Tensile Strength

| | |
|----------------------------------|-----------|
| W-ความกว้างของส่วนแคบ | 10.5 มม. |
| W ₀ -ความกว้างทั้งหมด | 20.5 มม. |
| L ₀ -ความยาวทั้งหมด | 151.1 มม. |
| G-ความยาวช่วงวัด | 50.0 มม. |
| -สถานะของเครื่องทดสอบ | |
| LOAD SELECT | 1 |
| CHART SPEED RATIO | 1 |

TEST SPEED 300

-จำนวนชิ้นงานที่ทดสอบ 8 ชิ้น

-การคำนวณ

TENSILE STRENGTH = FORCE (N) / AREA (m²)

%ELONGATION = (Δ LENGTH / ORIGINAL LENGTH) X 100

MODULUS = STRESS / STRAIN

5.2 ความทนทานต่อแรงกระแทก (IMPACT RESISTANCE)

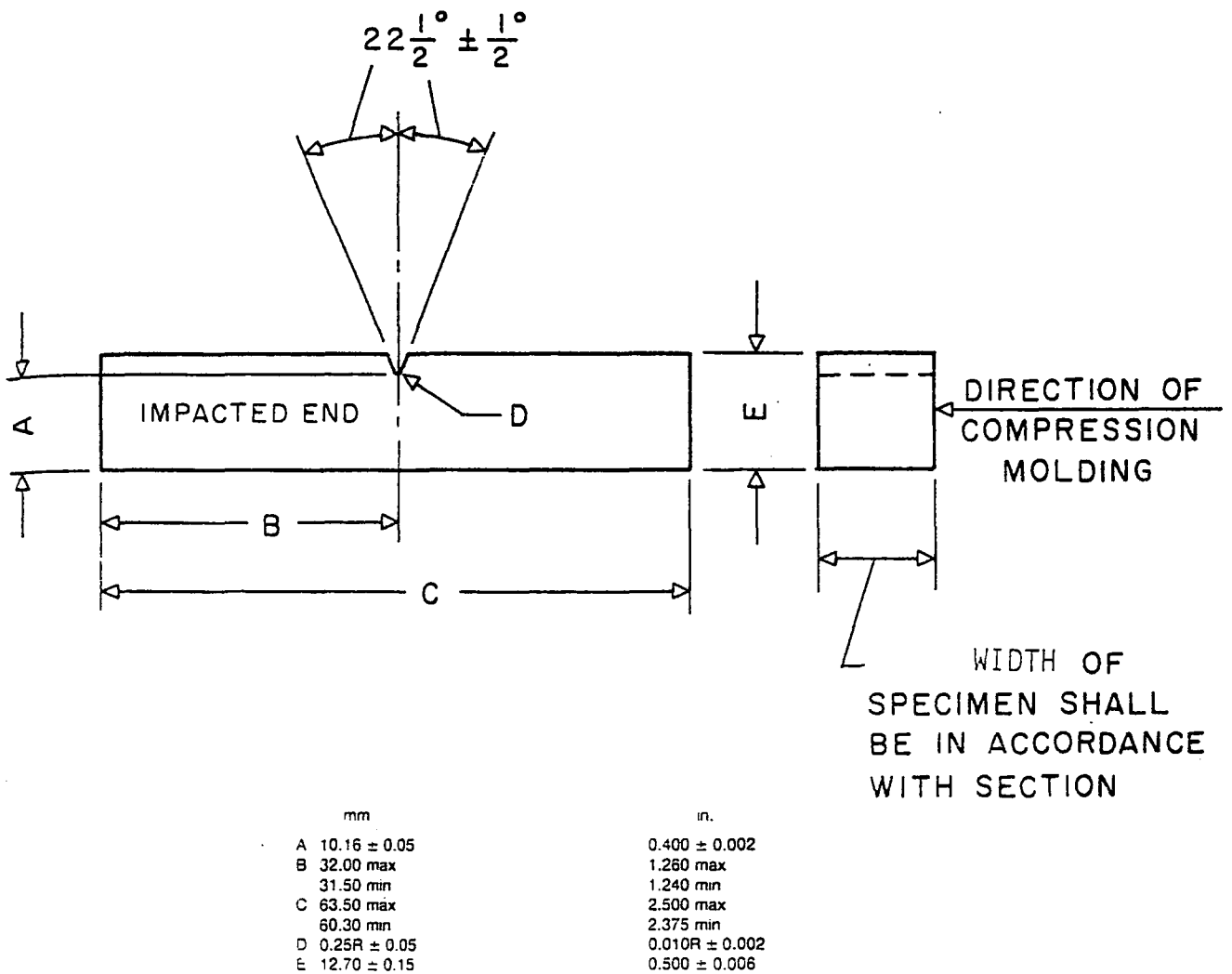
ทำการทดสอบโดยเครื่อง Yazuda 199311 ตาม ASTM D 256-92 TEST METHOD A

(IZOD TYPE)

-วิธีเตรียมชิ้นงาน

เครื่องฉีดขึ้นรูป

-ขนาดของชิ้นงาน



รูปที่ 3.2 ขนาดของชิ้นงานสำหรับวัด Impact Resistance

-จำนวนชิ้นงานที่ทดสอบ 10 ชิ้น

-การคำนวณ ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

5.3 ROCKWELL HARDNESS

ทำการทดสอบโดยเครื่อง Rockwell Hardness Tester ของ Matsuzawa รุ่น DXT ตาม ASTM D 785 METHOD A

-ลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่ใช้ทดสอบต้องเรียบ

-ความหนาของชิ้นงานไม่น้อยกว่า 6 มม.

-จำนวนการทดสอบ 5 ครั้ง/ชิ้นงาน

-สเกลที่ใช้

| SCALE | INDENTOR DIAMETER | MINOR LOAD | MAJOR LOAD |
|-------|-------------------|------------|------------|
| R | 0.5 นิ้ว | 10 กก. | 60 กก. |

5.4 ความทนทานต่อการขัดถู (ABRASION RESISTANCE)

ทำการทดสอบโดยเครื่อง 5130 Abraser ของ Taber

-วิธีการเตรียมชิ้นงาน

เครื่องอัดความร้อน (ใช้แม่พิมพ์หนา 1 มม.)

-ลักษณะชิ้นงานเป็นแผ่นวงกลม (เส้นผ่าศูนย์กลาง 10.15 ซม.)

-จำนวนชิ้นทดสอบ 3 ชิ้น

-การคำนวณ

$$\text{Volume loss} = (\text{นน.ก่อนขัดถู} - \text{นน.หลังขัดถู}) / \text{ความหนาแน่น}$$

หมายเหตุ : ในการทดสอบจะทำการขัดถู 1000 รอบ

5.5 ความหนาแน่น

ทำการทดสอบโดยการชั่งน้ำหนักชิ้นงานใน Methanol

-ลักษณะชิ้นงานเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 1 ซม²

-จำนวนชิ้นงานทดสอบ 3 ชิ้น

-การคำนวณ

$$\rho = (\text{weigh dry} * \rho \text{ methanol}) / (\text{weigh dry} - \text{weigh in methanol})$$

weigh dry = น้ำหนักของชิ้นงานในอากาศ

weigh in methanol = น้ำหนักของชิ้นงานใน methanol

หมายเหตุ : ρ methanol จะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิดังสูตรต่อไปนี้

$$\rho \text{ methanol} = 0.001 T + 0.812$$

T = อุณหภูมิของ methanol

แผนผังการทดลอง(Experimental flow chart)

พอลิพรอพิลีน +
(Polypropylene)

เส้นใยจากฝักหญ่้าสลาบหลวง +
(Typha angustifolia)

ใยแก้ว
(Glass fiber)

↓ เครื่องผสม 2 ลูกกลิ้ง (Two-roll mill)

พอลิพรอพิลีนคอมพอลสิต
(Polypropylene composite)

↓ เครื่องตัดพลาสติก (Cutting machine)

พอลิพรอพิลีนคอมพอลสิตที่ถูกตัด
(Granular polypropylene composite)

↓ เครื่องฉีดขึ้นรูป
(Injection machine)

↓ ชิ้นตัวอย่างสำหรับทดสอบ

↓ ความทนแรงดึง
(Tensile Test)

↓ ความยืด
(Elongation test)

↓ ความทนแรงกระแทก
(Impact test)

↓ เครื่องอัดขึ้นรูป
(Compression machine)

↓ ชิ้นตัวอย่างสำหรับทดสอบ

↓ ความทนทานต่อการขัดถู
(Abrasion test)

↓ ความแข็งกระด้าง
(Hardness test)

↓ ความหนาแน่น
(Density)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 : รูปภาพจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์แสดงลักษณะของเส้นใยชนิดต่าง ๆ ก่อนและหลังการเคลือบด้วย Silane A-1100 รวมทั้งรูปภาพแสดงการเกิดผลึก Spherulite ในส่วนผสมพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตชนิดต่าง ๆ

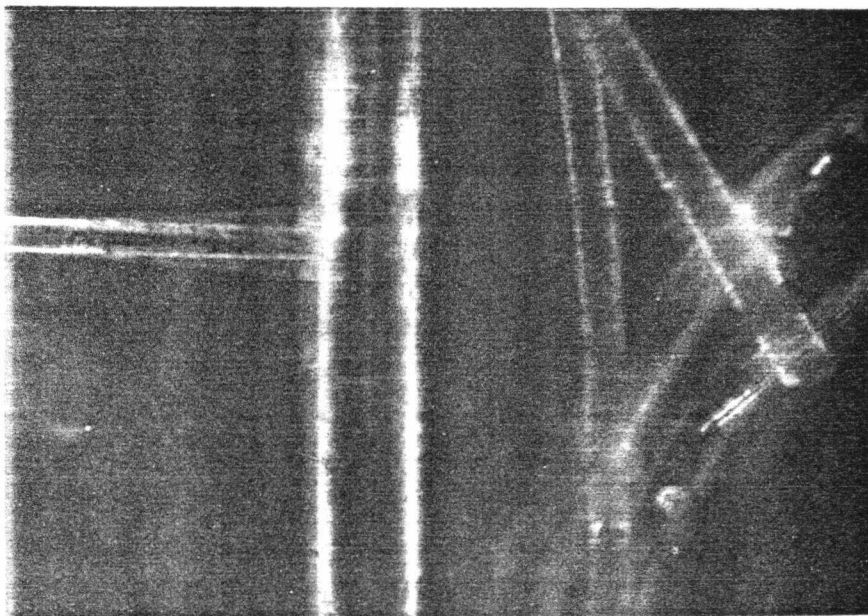
ตอนที่ 2 : รูปภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตชนิดต่าง ๆ

ตอนที่ 3 : รูปภาพแท่งศึกษาสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตเมื่อผสมและไม่ผสมมาลิกแอนไฮโดรด์เป็นสารปรับสภาพผิวของพอลิพรอพิลีน

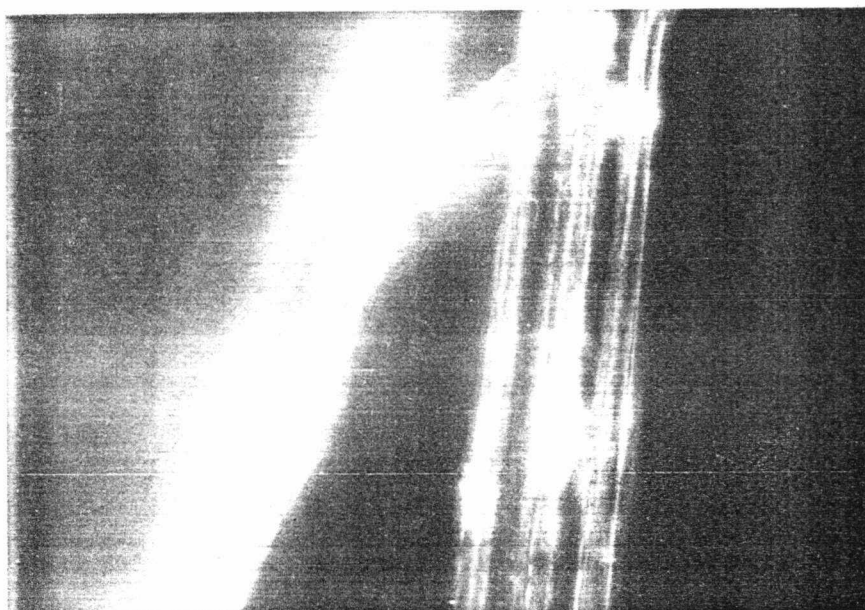
ตอนที่ 4 : แผนภาพแสดงปฏิกิริยาระหว่าง เส้นใยแก้ว Silane มาลิกแอนไฮโดรด์ เส้นใยจากฝักเกสรตัวเมียของหญ้าสลาบลวงและพอลิพรอพิลีน

รูปแสดงลักษณะของเส้นใยจากฝักเกสรตัวเมียของหญ้าสลาบลวง
ก่อนและหลังการเคลือบด้วย Silane A-1100

ก่อนการเคลือบ
ด้วย Silane A-1100

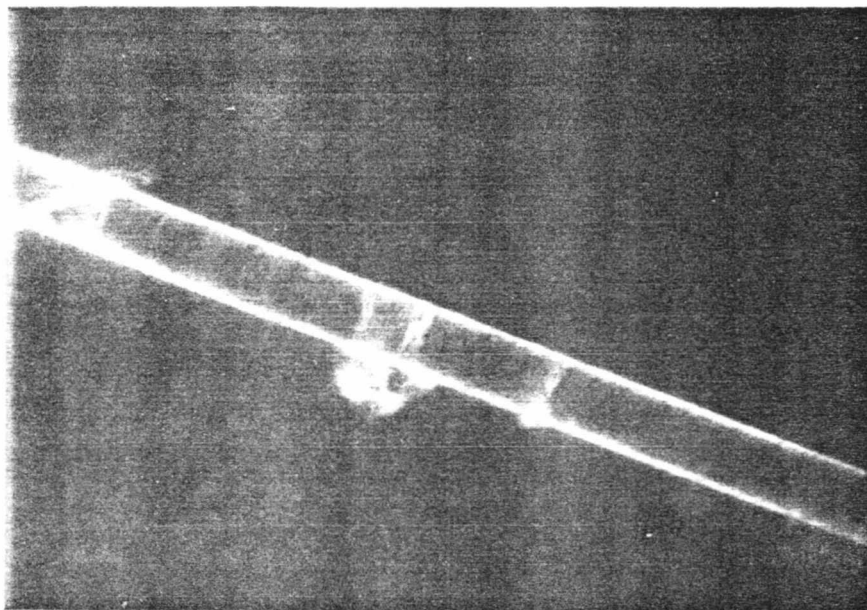


หลังการเคลือบ
ด้วย Silane A-1100

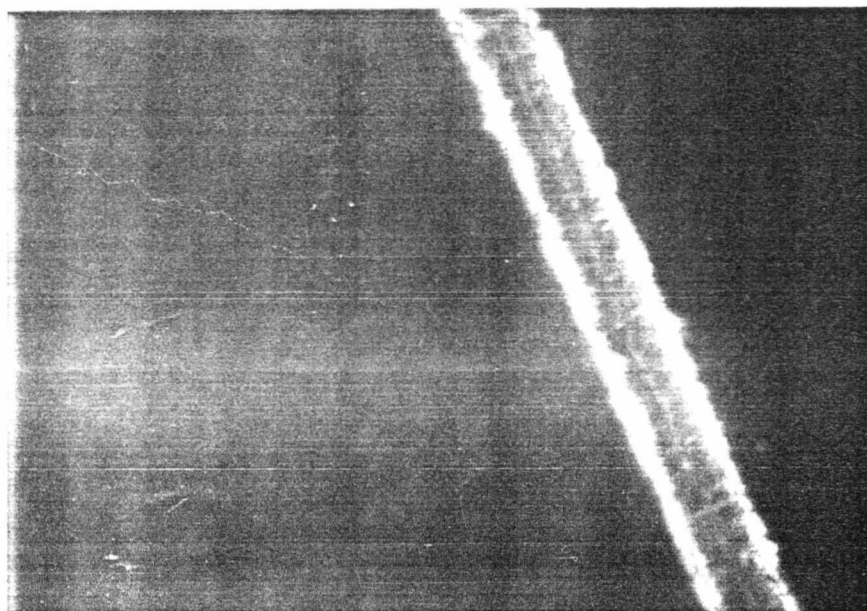


รูปแสดงลักษณะของเส้นใยแก้ว ก่อนและหลังการเคลือบด้วย Silane A-1100

ก่อนการเคลือบ
ด้วย Silane A-1100



หลังการเคลือบ
ด้วย Silane A-1100

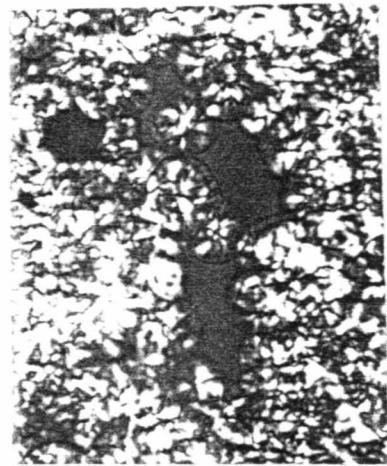
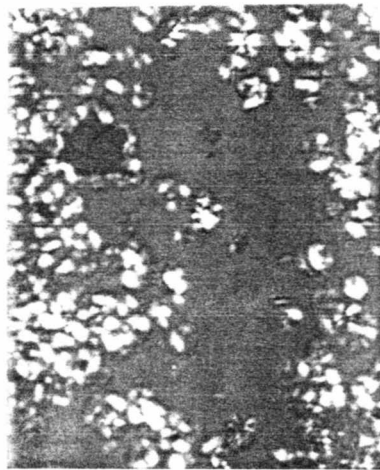


รูปแสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ ศึกษากระบวนการเกิดผลึกของ
พอลิพรอพิลีนคอมพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ

ระยะเริ่มเกิดผลึก

ระยะเติบโตของผลึก

พอลิพรอพิลีน



พอลิพรอพิลีนผสม
ด้วยเส้นใยที่ได้จาก
ฝักเกสรตัวเมียของ
หญ้าสลาบลวง

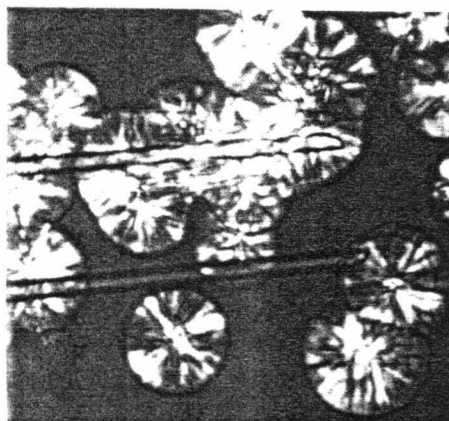
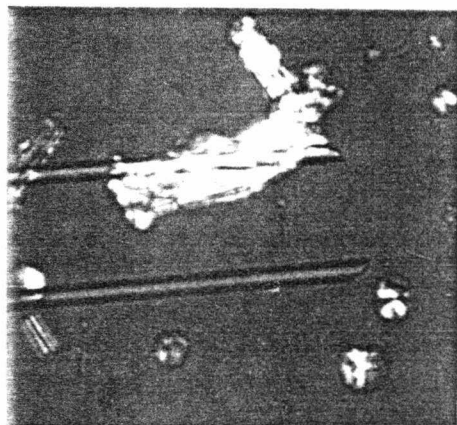


รูปแสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ ศึกษากระบวนการเกิดผลึกของ
พอลิพรอพิลีนคอมพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ

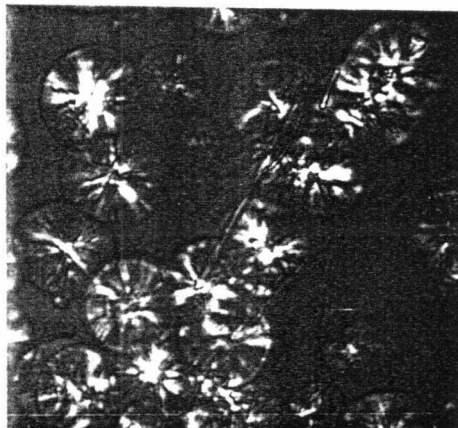
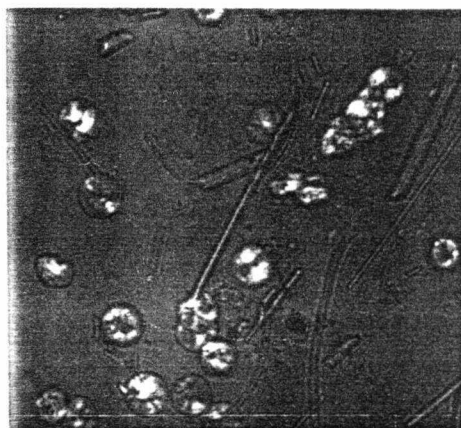
ระยะเริ่มเกิดผลึก

ระยะเติบโตของผลึก

พอลิพรอพิลีนผสม
ด้วยเส้นใยแก้วกับ
ฝักเกสรตัวเมียของ
หญ้าสลาบลวง



พอลิพรอพิลีนผสม
ด้วยเส้นใยแก้ว



| FORMULA | TS (MPa) | %B | IMPACT (Kgf.cm/cm) | DENSITY (g/cm ³) | ABRASION (cm ³) | HARDNESS |
|-----------------------------|-------------|--------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------|
| PP | 33.641 | 41.129 | 2.890 | 0.880 | 0.072 | 71.100 |
| สูตรที่ 1 (5%) | 33.217 | 26.667 | 3.500 | 0.864 | 0.100 | 80.930 |
| สูตรที่ 2 (5%) | 33.051 | 24.100 | 3.080 | 0.915 | 0.059 | 80.470 |
| สูตรที่ 3 (5%) | 35.224 | 31.920 | 3.030 | 0.907 | 0.055 | 71.530 |
| สูตรที่ 1 (10%) | 31.385 | 22.267 | 3.540 | 0.889 | 0.052 | 81.670 |
| สูตรที่ 2 (10%) | 27.791 | 20.375 | 3.370 | 0.945 | 0.061 | 75.270 |
| สูตรที่ 3 (10%) | 31.676 | 38.640 | 3.280 | 0.925 | 0.049 | 68.070 |
| เส้นใยธรรมชาติ : เส้นใยแก้ว | | | | | | |
| 75 : 25 (5%) | 31.270 | 25.040 | 3.320 | 0.887 | 0.070 | 81.430 |
| 50 : 50 (5%) | 32.104 | 23.067 | 3.570 | 0.882 | 0.050 | 76.970 |
| 25 : 75 (5%) | 34.626 | 21.000 | 3.260 | 0.890 | 0.053 | 72.300 |
| 75 : 25 (10%) | 30.202 | 23.778 | 3.450 | 0.901 | 0.050 | 77.730 |
| 50 : 50 (10%) | 31.092 | 22.299 | 3.420 | 0.944 | 0.040 | 76.300 |
| 25 : 25 (10%) | 31.625 | 22.400 | 3.390 | 0.827 | 0.056 | 74.930 |

ตารางที่ 4.1 ค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ได้จากการคำนวณ

คำอธิบายกราฟ

ส่วนที่ 1 ทำการศึกษาผลของ Silane A-1 100 ที่มีต่อชนิดของเส้นใย โดยทำการผสม พอลิพรอพิลีนคอมพอลิต 3 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1 พอลิพรอพิลีนผสมด้วยเส้นใยจากฝักเกสรตัวเมียของหญ้าสลาบลวง เท่านั้น

สูตรที่ 2 พอลิพรอพิลีนผสมด้วยเส้นใยจากฝักเกสรตัวเมียของหญ้าสลาบลวง ที่เคลือบด้วย Silane A-1 100 เท่านั้น

สูตรที่ 3 พอลิพรอพิลีนผสมด้วยเส้นใยแก้ว ที่เคลือบด้วย Silane A-1 100 เท่านั้น

ส่วนที่ 2 ทำการศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนคอมพอลิตที่เกิดจากการผสมของเส้นใยจาก ฝักเกสรตัวเมียของหญ้าสลาบลวง กับ เส้นใยแก้ว โดยทำการเคลือบเส้นใยทั้ง 2 ชนิด ด้วย Silane A-1 100 ก่อนการผสม อัตราส่วนของเส้นใยแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลองนี้คือ

เส้นใยแก้ว : เส้นใยจากฝักเกสรตัวเมียของหญ้าสลาบลวง (โดยน้ำหนัก)

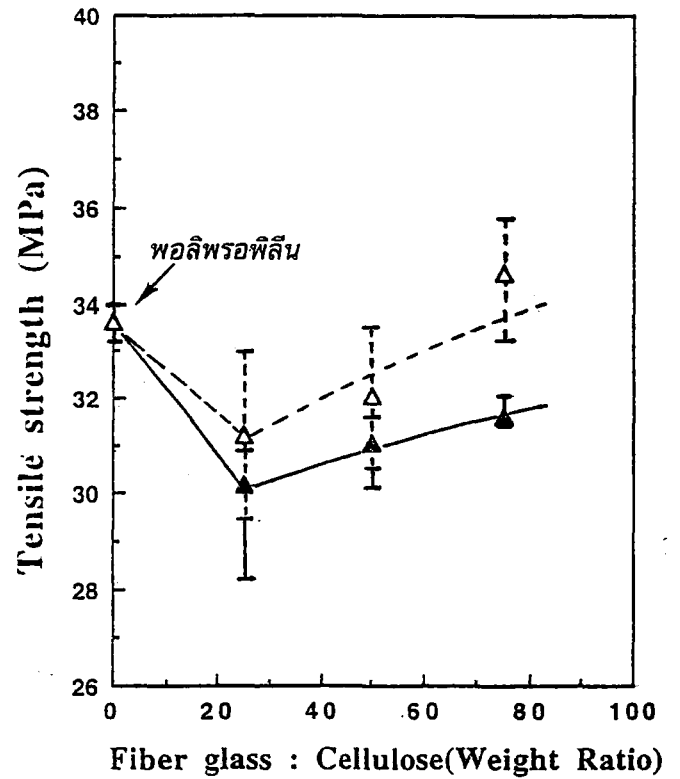
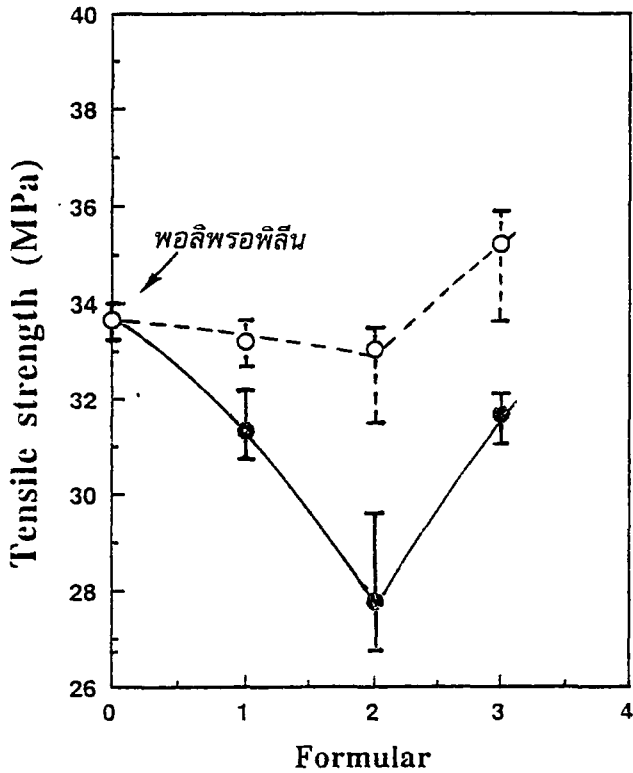
25 : 75

50 : 50

75 : 25

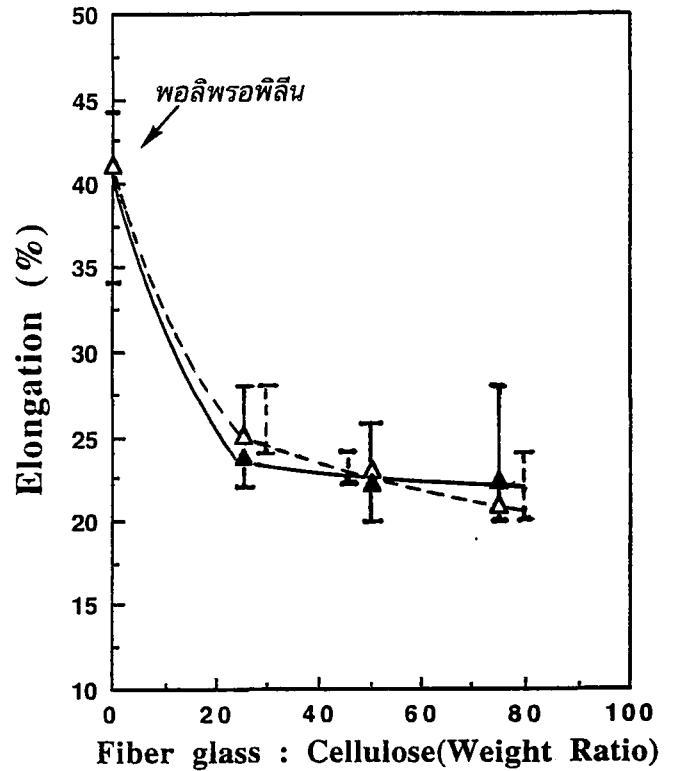
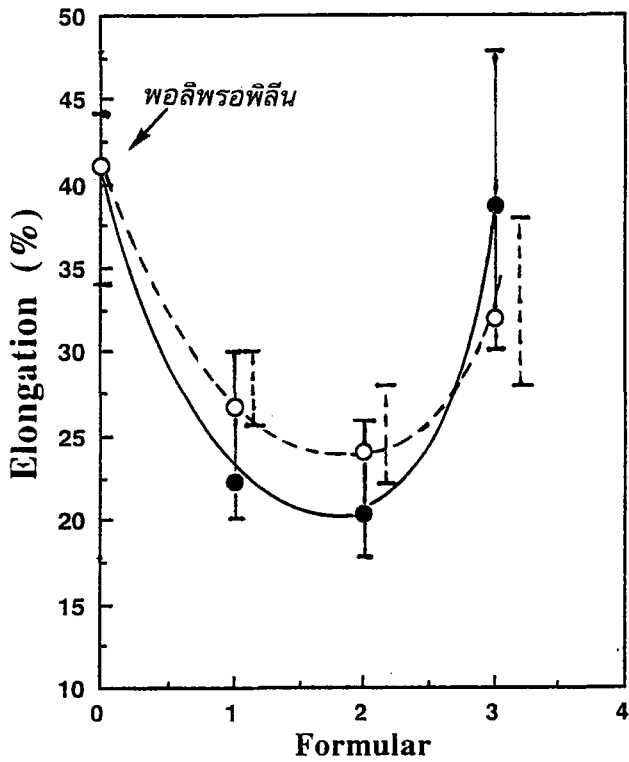
ส่วนที่ 3 ทำการศึกษาริมาณของสารตัวเติมที่สามารถเติมลงในพอลิพรอพิลีน โดยมีความหมายของสัญลักษณ์ดังนี้

- 5% ของเส้นใยเดี่ยวในคอมพอลิต
- 10% ของเส้นใยเดี่ยวในคอมพอลิต
- △ 5% ของเส้นใยผสมในคอมพอลิต
- ▲ 10% ของเส้นใยผสมในคอมพอลิต



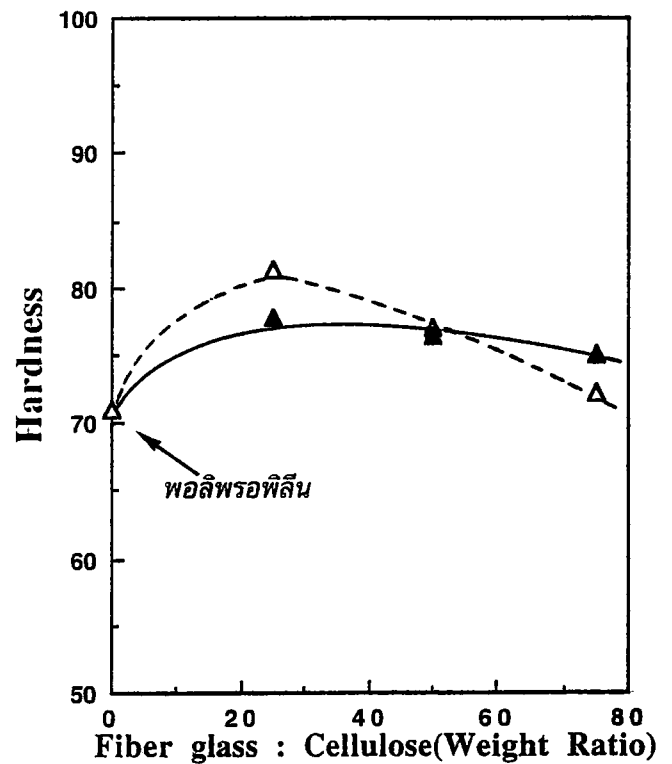
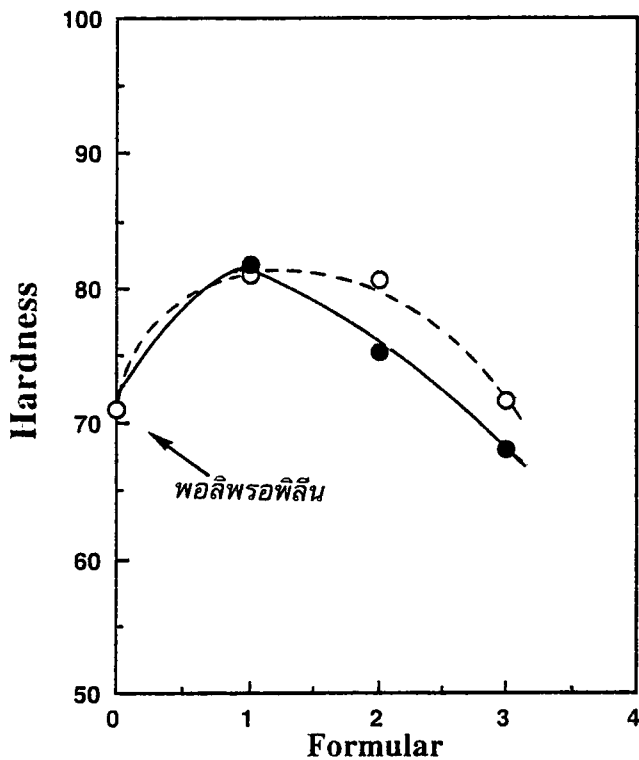
รูปที่ 4.1 แสดงผลของเส้นใยแต่ละชนิดในสูตรที่ 1, 2 และ 3 ที่มีผลต่อค่าทนแรงดึง เปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน ปริมาณสารตัวเติมที่ศึกษา 5% (○) และ 10% (●) โดยน้ำหนักของพอลิพรอพิลีนคอมพอลสิต

รูปที่ 4.2 แสดงผลของอัตราส่วนของเส้นใยผสมระหว่างเส้นใยแก้วกับเส้นใยจากฝักเกสร ตัวเมียของหญ้าสลาบลวงที่มีผลต่อค่าทนแรงดึง เปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน ปริมาณสารตัวเติมผสมที่ศึกษา 5% (△) และ 10% (▲) โดยน้ำหนักของพอลิพรอพิลีนคอมพอลสิต



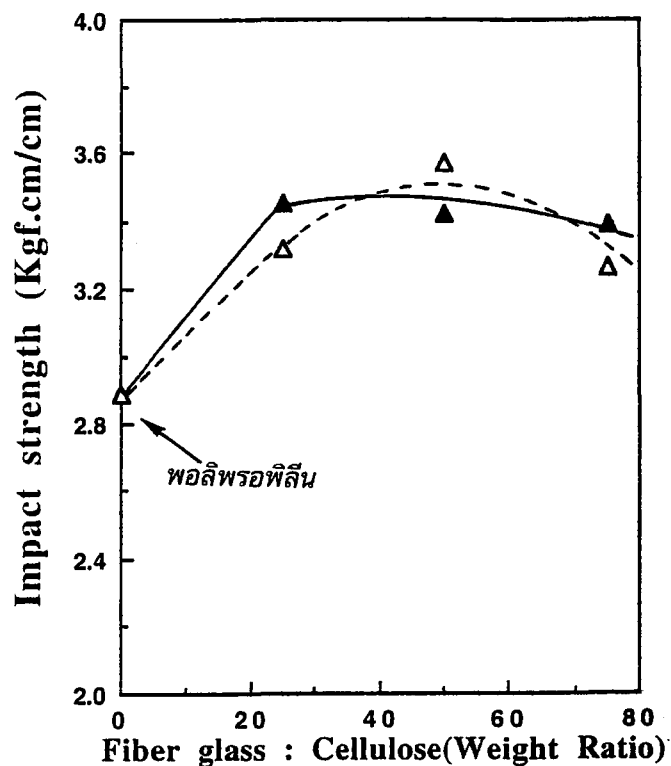
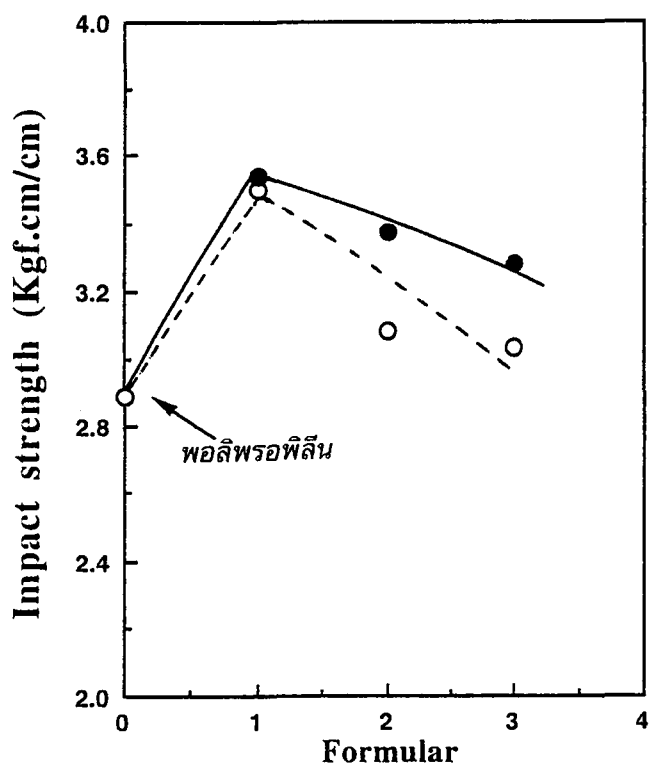
รูปที่ 4.3 แสดงผลของเส้นใยแต่ละชนิดในสูตรที่ 1, 2 และ 3 ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความยืดเปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน ปริมาณสารตัวเติมที่ศึกษา 5% (○) และ 10% (●) โดยน้ำหนักของพอลิพรอพิลีนคอมพอลสิต

รูปที่ 4.4 แสดงผลของอัตราส่วนของเส้นใยผสมระหว่างเส้นใยแก้วกับเส้นใยจากฝักเกสรตัวเมียของหญ้าสลาบลางที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความยืดเปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน ปริมาณสารตัวเติมผสมที่ศึกษา 5% (△) และ 10% (▲) โดยน้ำหนักของพอลิพรอพิลีนคอมพอลสิต



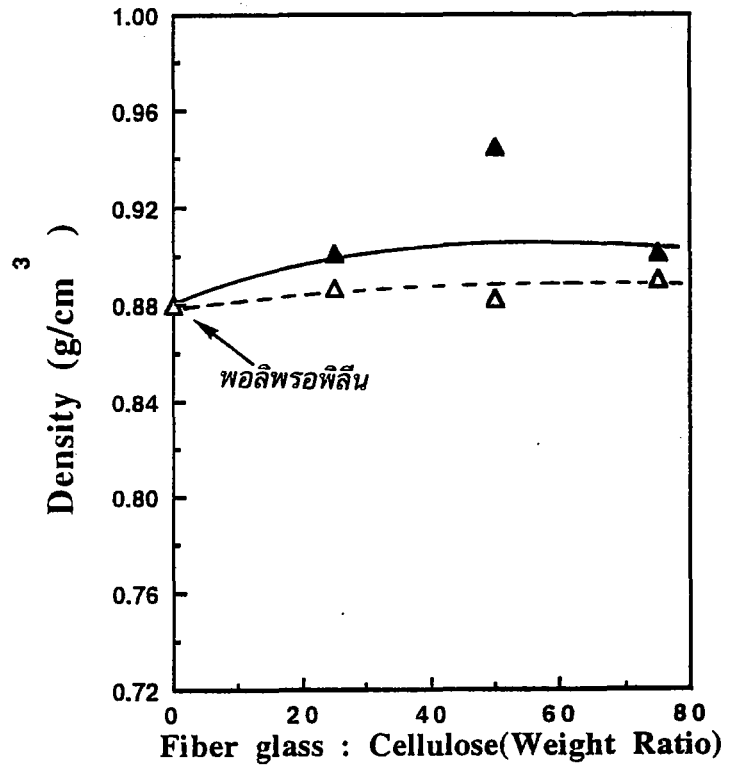
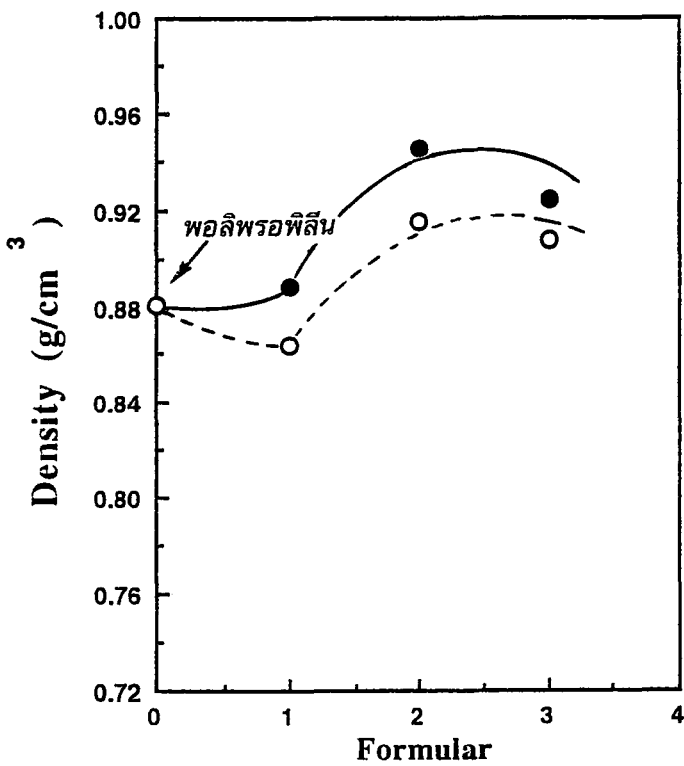
รูปที่ 4.5 แสดงผลของเส้นใยแต่ละชนิดในสูตรที่ 1, 2 และ 3 ที่มีผลต่อค่าความแข็ง (Hardness Rockwell R) เปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน ปริมาณสารตัวเติมที่ศึกษา 5% (○) และ 10% (●) โดยน้ำหนักของพอลิพรอพิลีนคอมพอลิต

รูปที่ 4.6 แสดงผลของอัตราส่วนของเส้นใยผสมระหว่างเส้นใยแก้วกับเส้นใยจากฝักเกสรตัวเมียของหญ้าสาบหลวงที่มีผลต่อค่าความแข็ง (Hardness Rockwell R) เปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน ปริมาณสารตัวเติมผสมที่ศึกษา 5% (△) และ 10% (▲) โดยน้ำหนักของพอลิพรอพิลีนคอมพอลิต



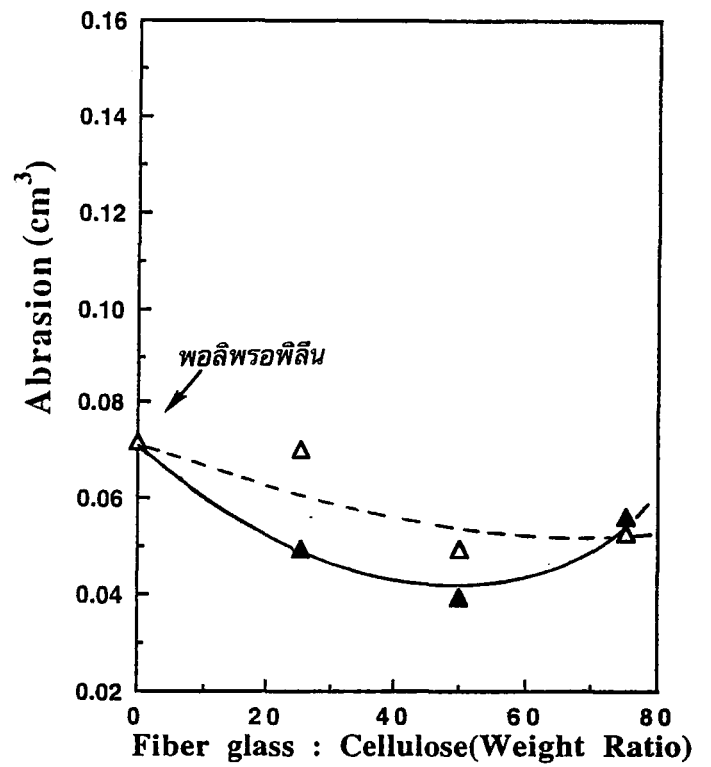
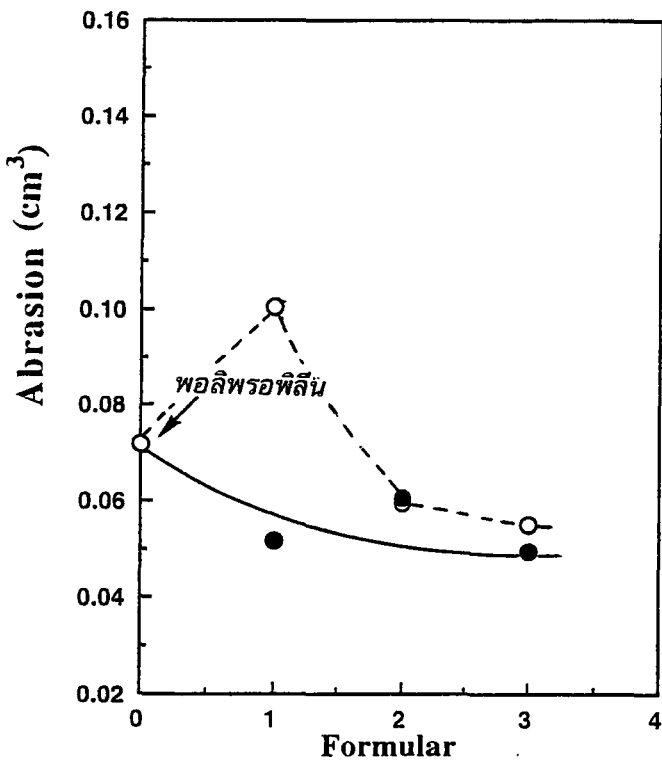
รูปที่ 4.7 แสดงผลของเส้นใยแต่ละชนิดในสูตรที่ 1, 2 และ 3 ที่มีผลต่อค่าความทนทานต่อแรงกระแทก (Izod impact strength) เปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน ปริมาณสารตัวเดิมที่ศึกษา 5% (○) และ 10% (●) โดยน้ำหนักของพอลิพรอพิลีนคอมพอลสิต

รูปที่ 4.8 แสดงผลของอัตราส่วนของเส้นใยผสมระหว่างเส้นใยแก้วกับเส้นใยจากฝักถั่ว ตัวเมียของหญ้าสลาบลวงที่มีผลต่อค่าความทนทานต่อแรงกระแทก (Izod impact strength) เปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน ปริมาณสารตัวเดิมผสมที่ศึกษา 5% (△) และ 10% (▲) โดยน้ำหนักของพอลิพรอพิลีนคอมพอลสิต



รูปที่ 4.9 แสดงผลของเส้นใยแต่ละชนิดในสูตรที่ 1, 2 และ 3 ที่มีผลต่อความหนาแน่น เปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน ปริมาณสารตัวเติมที่ศึกษา 5% (○) และ 10% (●) โดยน้ำหนักของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต

รูปที่ 4.10 แสดงผลของอัตราส่วนของเส้นใยผสมระหว่างเส้นใยแก้วกับเส้นใยจากฝักเกสร ตัวเมียของหญ้าสลาบลวงที่มีผลต่อความหนาแน่น เปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน ปริมาณสารตัวเติมผสมที่ศึกษา 5% (△) และ 10% (▲) โดยน้ำหนักของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต



รูปที่ 4.11 แสดงผลของเส้นใยแต่ละชนิดในสูตรที่ 1, 2 และ 3 ที่มีผลต่อความทนทานต่อการขัดถู (Abrasion) เปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน ปริมาณสารตัวเติมที่ศึกษา 5% (○) และ 10% (●) โดยน้ำหนักของพอลิพรอพิลีนคอมพอลสิต

รูปที่ 4.12 แสดงผลของอัตราส่วนของเส้นใยผสมระหว่างเส้นใยแก้วกับเส้นใยจากฝักเกสรตัวเมียของหญ้าสาบหลวที่มีผลต่อความทนทานต่อการขัดถู (Abrasion) เปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน ปริมาณสารตัวเติมผสมที่ศึกษา 5% (△) และ 10% (▲) โดยน้ำหนักของพอลิพรอพิลีนคอมพอลสิต

อธิบายผลการทดลอง

รูปที่ 4.1

ค่าทนแรงดึงของพอลิพรอพิลีนที่ใช้ในการทดลองนี้มีค่า 33.6 MPa เมื่อพอลิพรอพิลีนผสมกับเส้นใยจากฝักเกสรตัวเมียของหญ้าสลาบลวงที่ไม่เคลือบด้วย Silane (สูตรที่ 1) และเคลือบด้วย Silane (สูตรที่ 2) ค่าทนแรงดึงของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตลดลงตามลำดับ ในกรณีที่เติมเส้นใยธรรมชาติ 5 % ของน้ำหนักพอลิพรอพิลีนพบว่าความแตกต่างในค่าทนแรงดึงระหว่างสูตรที่ 1 และ 2 ไม่ต่างกันมากและต่างจากพอลิพรอพิลีนเริ่มต้นเพียงเล็กน้อย แต่ในกรณีเติมเส้นใยธรรมชาติ 10 % โดยน้ำหนักของพอลิพรอพิลีนพบว่า ค่าความทนแรงดึงลดลงอย่างมากในทั้ง 2 สูตรและเห็นได้ชัดเจนในสูตรที่ 2 อาจกล่าวได้ว่า

เส้นใยธรรมชาติจากฝักเกสรตัวเมียของหญ้าสลาบลวงอาจจะทำให้ค่าความทนแรงดึงไม่เปลี่ยนแปลงหรือลดลงก็ได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณที่เติม ซึ่งหมายความว่าถึงการกระจายตัวของเส้นใยธรรมชาติในพอลิเมอร์มีอิทธิพลสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าสารเคลือบผิว Silane A-1100 อาจมีผลต่อการยึดติดของเส้นใยธรรมชาติกับพอลิเมอร์ เนื่องจากความแข็งแรงดึงจะสูงขึ้นได้เมื่อเกิดการยึดติดระหว่างเส้นใยกับโซ่พอลิเมอร์ การตรึงพอลิเมอร์ไม่ให้เคลื่อนและเส้นใยสามารถกระจายแรงเค้นจากการที่พอลิเมอร์ถูกดึง

สำหรับพอลิพรอพิลีนที่ผสมเส้นใยแก้วเคลือบด้วย Silane A-1100 นั้นกรณีมีเส้นใยแก้ว 5 % โดยน้ำหนักพบว่าค่าทนแรงดึงสูงกว่าพอลิพรอพิลีนก่อนเติม แต่ถ้าเติม 10 % จะทำให้ค่าทนแรงดึงลดลง อาจสรุปได้ว่า Silane A-1100 สามารถเกิดพันธะระหว่างเส้นใยแก้วกับโซ่พอลิพรอพิลีนได้ดีพอสมควรจึงช่วยเพิ่มความแข็งแรงดึงได้ แต่เมื่อปริมาณของสารตัวเติมเพิ่มขึ้นผลของปริมาณสารตัวเติมมีอิทธิพลต่อค่าทนแรงดึงมากกว่าสมบัติการยึดติดดังกล่าว

อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยแก้วที่เคลือบด้วย Silane A-1100 แล้วพบว่า เส้นใยธรรมชาติซึ่งมีความไม่สม่ำเสมอของตัวเส้นใยทำให้ไม่สามารถส่งผ่านแรงเค้นที่พอลิเมอร์ได้รับได้ดีเท่าเส้นใยแก้วซึ่งมีความสม่ำเสมอของเส้นใยและความยาวของเส้นใยมากกว่า นอกจากนี้การที่เส้นใยธรรมชาติมีความไม่สม่ำเสมอของผิวทำให้โอกาสที่หมู่ OH ที่จะทำปฏิกิริยากับ Silane มีน้อยลง จึงทำให้ค่าทนแรงดึงของเส้นใยธรรมชาติต่ำกว่าทั้งใน 5 % และ 10 % ของปริมาณสารตัวเติมในพอลิพรอพิลีน แสดงว่าลักษณะของเส้นใยเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อค่าทนแรงดึง

รูปที่ 4.2

ค่าทนแรงดึงของพอลิพรอพิลีนสูตรผสมระหว่างเส้นใย 2 ชนิดพบว่าค่าทนแรงดึงเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของเส้นใยแก้วที่เพิ่มขึ้นจาก 25 50 และ 75 ตามลำดับโดยแนวโน้มมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกันทั้งใน 5 % และ 10 % ของเส้นใยผสมโดยน้ำหนัก ซึ่งค่าทนแรงดึงที่เพิ่มขึ้นนี้ เป็นผลเนื่องมาจากการกระจายแรงเค้นที่พอลิเมอร์ได้รับได้ดีของเส้นใยแก้วนั่นเอง

รูปที่ 4.3

เปอร์เซ็นต์การยืด ณ. จุดขาดของพอลิพรอพิลีนผสมกับเส้นใยธรรมชาติลดลงอย่างรวดเร็วทั้งในสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 และกลับเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผสมกับเส้นใยแก้วในสูตรที่ 3 แสดงว่าเส้นใยธรรมชาติทำให้พอลิเมอร์มีความแข็ง (Stiffness) เพิ่มขึ้นอาจเป็นเพราะมีค่าความยาวต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคต่ำ และจากการใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์พบว่าเส้นใยธรรมชาติเหนียวทำให้เกิดผลึก Spherulite ได้เร็วกว่าเส้นใยแก้วที่อุณหภูมิการตกผลึกเดียวกัน (Isothermal Temperature) นั่นคือทำหน้าที่คล้าย Nucleating Agent ความสมบูรณ์ของผลึกอันได้แก่ความหนาของชั้นผลึกและความยาวของ Tie Molecule ในชั้นอมอร์ฟัสมีไม่มากเมื่อเทียบกับผลึกที่เกิดจากการเหนียวของเส้นใยแก้ว

การยืด ณ.จุดขาดเกี่ยวพันโดยตรงกับลักษณะของ Tie Molecule ในชั้นอมอร์ฟัส ถ้าเกิดลักษณะเกาะเกี่ยวกันจะส่งผลทำให้การเคลื่อนผ่านของโมเลกุลเป็นไปได้ยาก

เมื่อพิจารณาสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 พบว่าเส้นใยธรรมชาติที่เคลือบด้วย Silane A-1100 ทำให้การยืดลดลงมากกว่าเมื่อไม่เคลือบเล็กน้อย แสดงว่าสารตัวนี้ช่วยเพิ่มอัตราเร็วของการตกผลึกทำให้จำนวนผลึกเพิ่มมากขึ้น ณ.เวลาใด ๆ พอลิเมอร์จึงแข็งแรงขึ้น ยืดได้น้อยลง

รูปที่ 4.4

แสดงเปอร์เซ็นต์การยืด ณ.จุดขาดของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตจากสูตรผสม เห็นได้ชัดว่าการยืด ณ.จุดขาดลดลงตามปริมาณเส้นใยแก้วที่เพิ่มขึ้นจาก 25 50 และ 75 ตามลำดับ ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้ปริมาณ 5% และ 10% ของสารตัวเติมในพอลิพรอพิลีนไม่ได้มีผลต่างกันมากนัก

รูปที่ 4.5

แสดงค่าความแข็งที่ทดสอบด้วย Rockwell R พบว่าค่าที่ได้ เป็นการสนับสนุนว่าเส้นใยธรรมชาติทำให้คอมพอสิตแข็งขึ้น โดยเฉพาะที่ผิวหน้า (surface) ทั้งนี้จากการสังเกตโดยกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์พบว่าเมื่อพิจารณา ณ.เวลาใด ๆ จำนวนผลึกจากสูตรที่ 1 และ สูตรที่ 2 (เส้นใยธรรมชาติ) มากกว่าสูตรที่ 3 (เส้นใยแก้ว) จึงทำให้มีความแข็งที่ผิวมากกว่า

รูปที่ 4.6

แสดงค่าความแข็งที่ทดสอบด้วย Rockwell R ของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตที่มีเส้นใยผสมจะเห็นได้ว่าค่าความแข็งลดลงเรื่อย ๆ ตามปริมาณของเส้นใยธรรมชาติที่ลดลงจาก 75 , 50 และ 25 ตามลำดับ และปริมาณสารตัวเติมที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่าความแข็งมากนัก

รูปที่ 4.7

แสดงค่าความทนต่อแรงกระแทกของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตที่ผสมด้วยเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยแก้วซึ่งค่าที่ได้จากทั้งสูตร 1, 2 และ 3 จะสูงกว่าพอลิพรอพิลีนทั้งนี้อาจจะเป็นผลมาจากเส้นใยธรรมชาติมีความสามารถที่จะดูดซับแรงได้มากทำให้ความทนต่อแรงกระแทกได้มากขึ้นและเมื่อปริมาณของสารตัวเติมมากขึ้น(10%)จะทำให้ค่าทนต่อแรงกระแทกสูงขึ้น

รูปที่ 4.8

แสดงค่าความทนต่อแรงกระแทกของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตที่มีเส้นใยผสมระหว่างเส้นธรรมชาติและเส้นใยแก้วพบว่าค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันนักในแต่ละอัตราส่วนผสม และเมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตัวเติม 5% และ 10% ค่าที่ได้ก็ยังคงใกล้เคียงกัน

รูปที่ 4.9

แสดงค่าความหนาแน่นของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตที่ผสมด้วยเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยแก้วพบว่าค่าที่ได้ไม่ต่างกันมากนัก และจากกราฟพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นเมื่อปริมาณของสารตัวเติมที่เพิ่มขึ้น

รูปที่ 4.10

แสดงค่าความหนาแน่นของพอลิพรอพิลีนคอมพอลิตที่มีเส้นใยผสมจะเห็นได้ว่าแต่ละอัตราส่วนจะให้ค่าใกล้เคียงกันมากและใกล้เคียงกับพอลิพรอพิลีนด้วย แสดงว่าชนิดของเส้นใยไม่มีผลต่อความหนาแน่นมากนัก

ดังเช่นรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มค่าความหนาแน่นจะเพิ่มสูงเมื่อเพิ่มปริมาณของสารตัวเติมมากขึ้น

รูปที่ 4.11

แสดงค่าความทนทานต่อการขีดข่วนของพอลิพรอพิลีนคอมพอลิตที่ผสมเส้นใยแก้วกับเส้นใยธรรมชาติ พบว่าเมื่อมีการผสมด้วยเส้นใยทั้ง 2 ชนิดนี้แล้วจะมีความทนทานต่อการขีดข่วนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับพอลิพรอพิลีน เนื่องจากเส้นใยที่อยู่ในคอมพอลิตจะทำหน้าที่เป็น Nucleating agent ทำให้การเกิดผลึกเกิดได้เร็วขึ้น และปริมาณผลึกมากขึ้นทำให้คอมพอลิตมีความแข็งเพิ่มมากขึ้น

ในกรณีนี้ปริมาณของสารตัวเติม ไม่มีผลต่อความทนทานต่อการขีดข่วนมากนัก

รูปที่ 4.12

แสดงค่าความทนต่อการขีดข่วนของพอลิพรอพิลีนคอมพอลิตที่มีเส้นใยผสมพบว่าค่าที่ได้จะไม่แตกต่างกันมากนักในแต่ละอัตราส่วนแต่มีความทนทานต่อการขีดข่วนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับพอลิพรอพิลีน

คำอธิบายรูปแบบภูมิแท่ง

ทำการศึกษาผลของมาลิก แอนไฮไดรด์ (MA) ที่มีต่อคุณสมบัติเชิงกลโดยทำการผสมพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต 2 สูตรดังนี้

สูตรที่ 1 มีการปรับผิวของพอลิพรอพิลีนก่อนการผสมด้วยมาลิก แอนไฮไดรด์

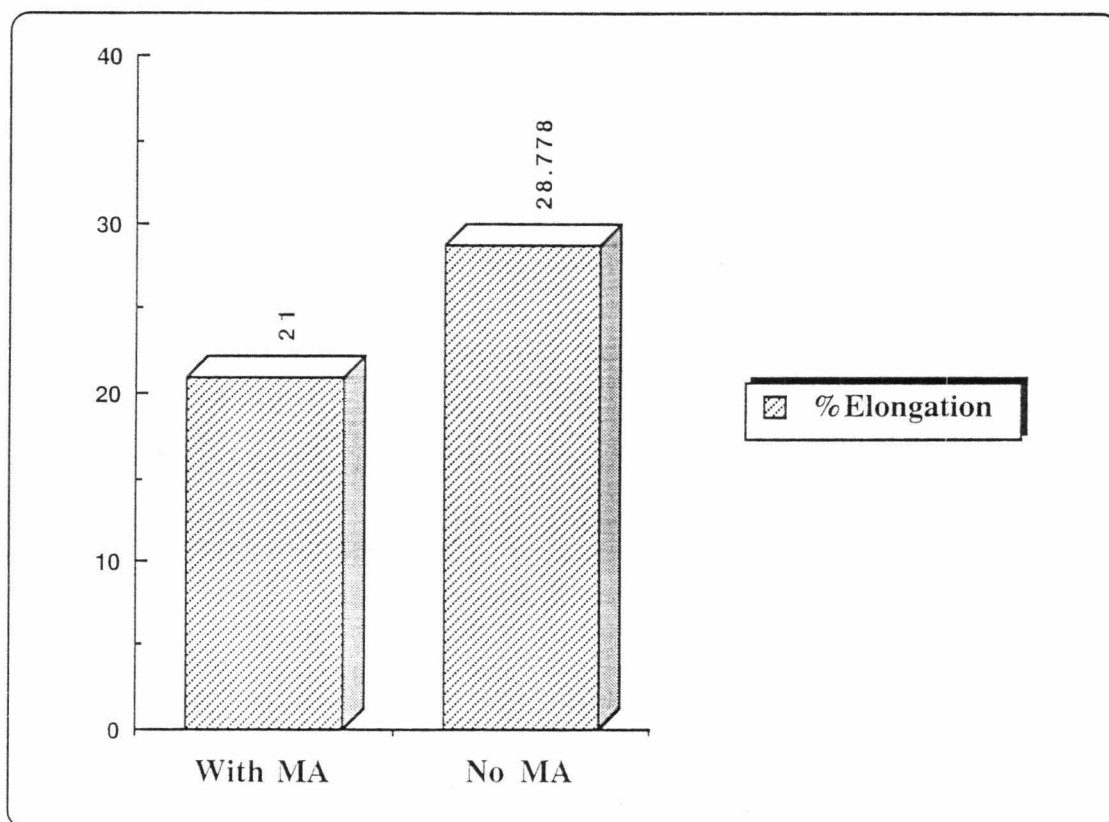
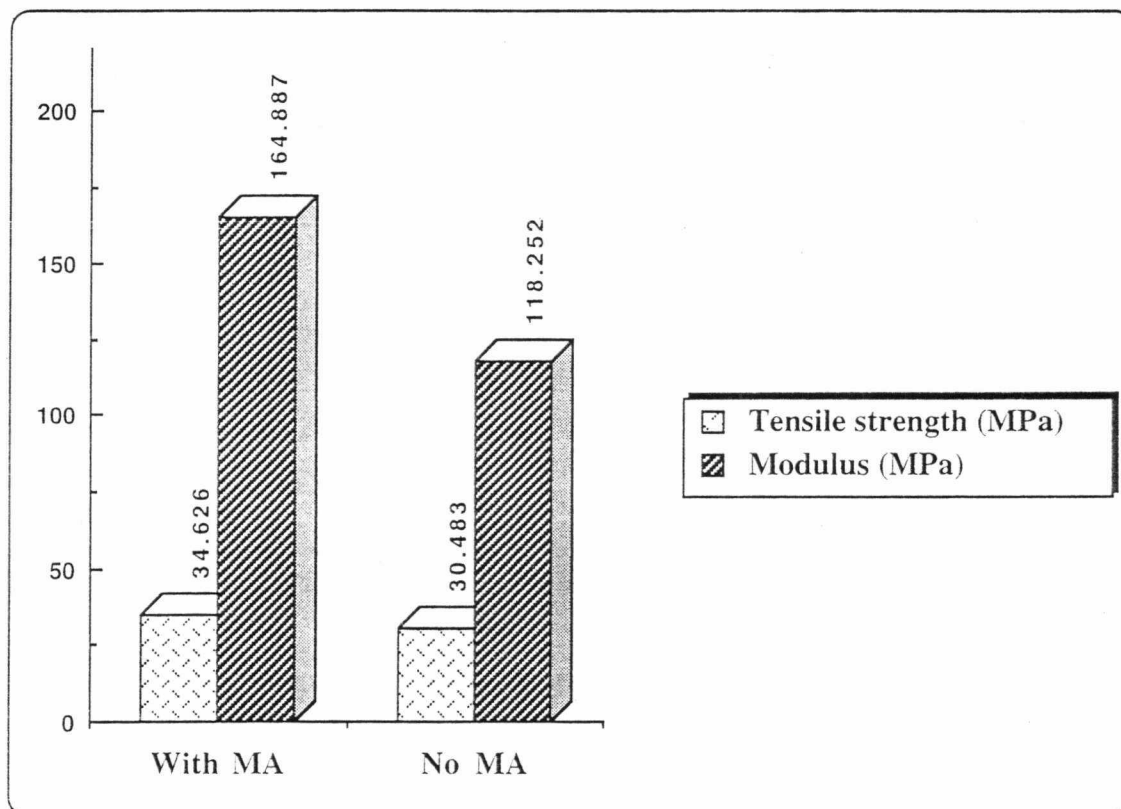
สูตรที่ 2 ไม่มีการปรับผิวของพอลิพรอพิลีนก่อนผสม

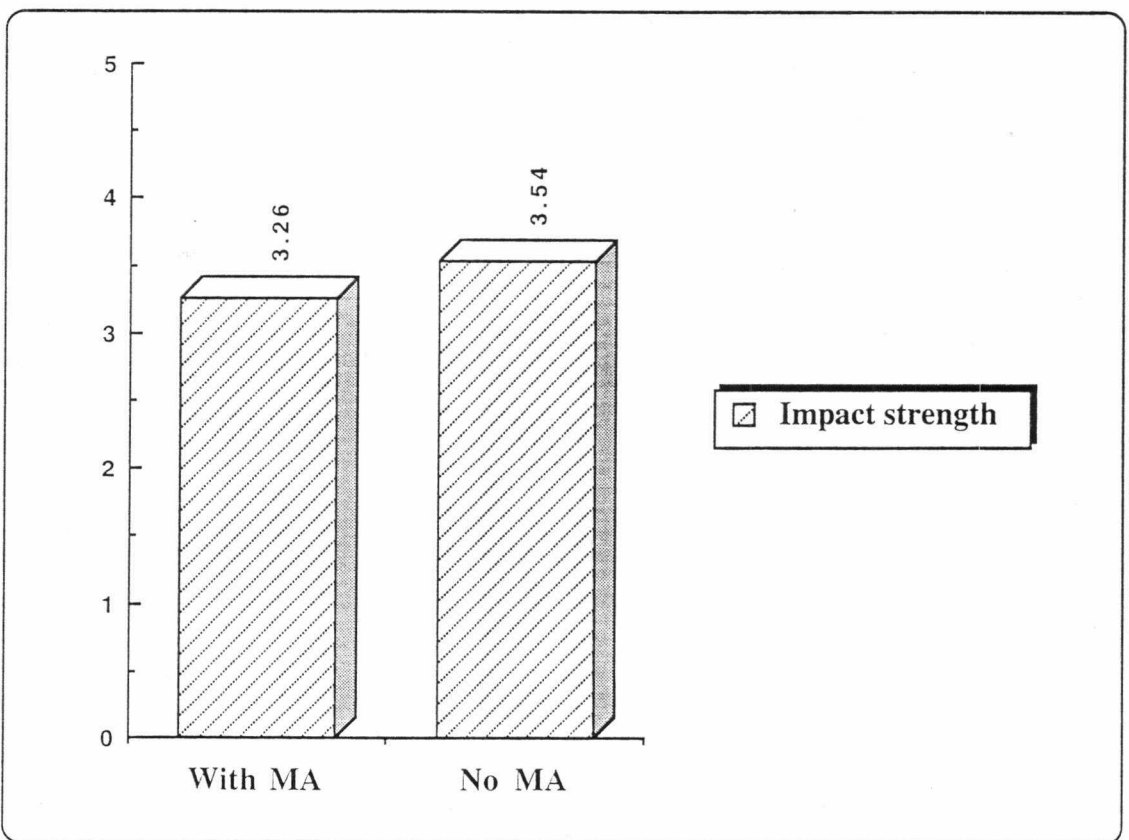
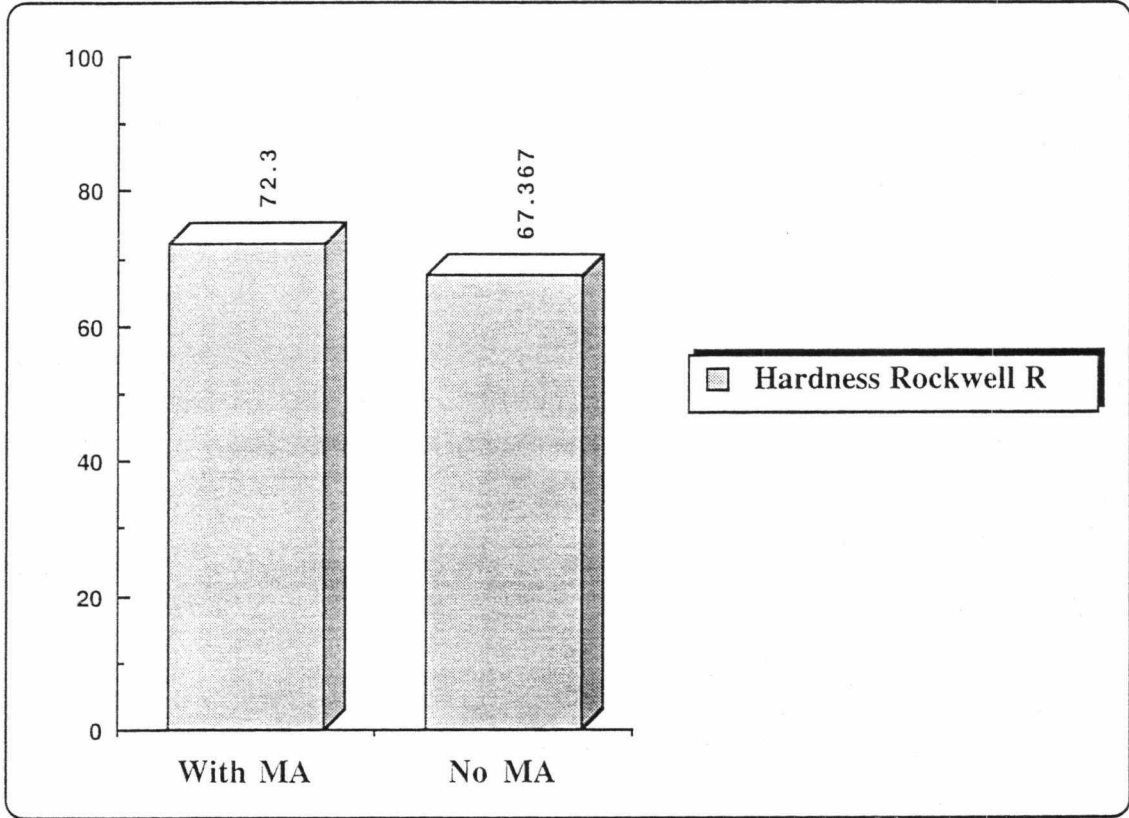
โดยที่สูตรผสมทั้ง 2 คือ พอลิพรอพิลีนผสมด้วยเส้นใยผสมในอัตราส่วนดังนี้

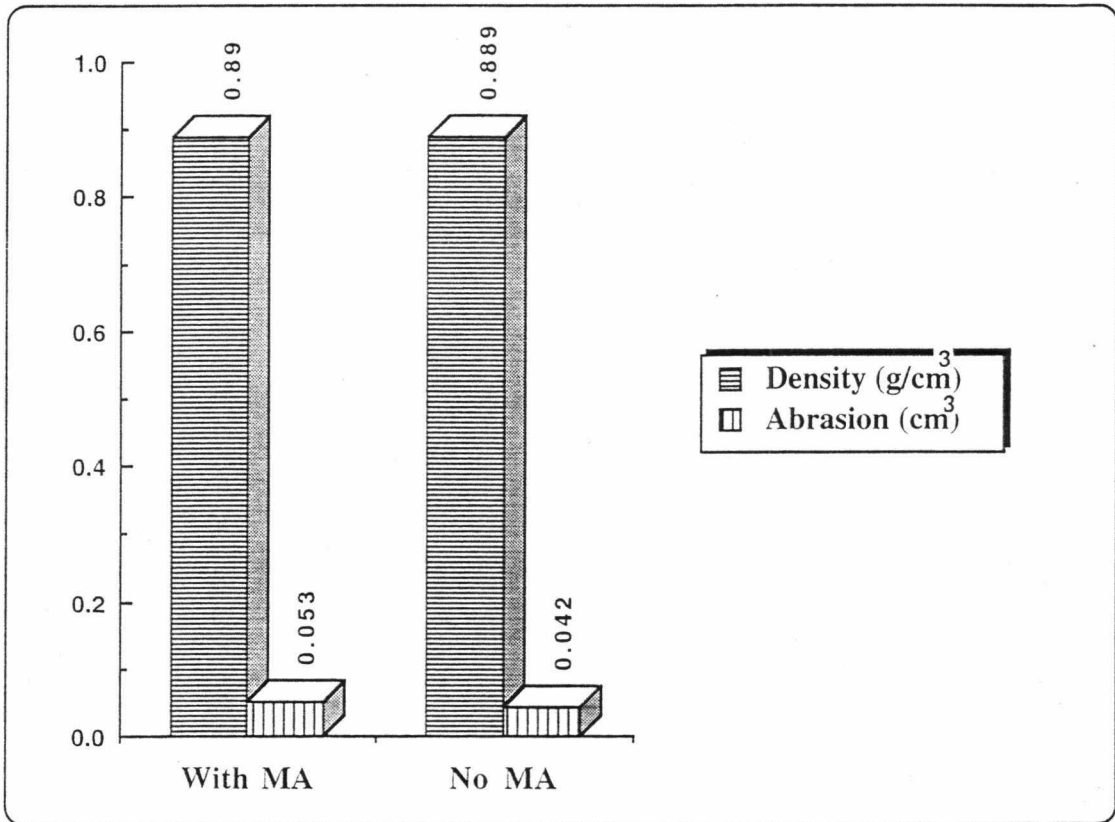
เส้นใยแก้ว : เส้นใยจากฝักเคสรวตัวเมียของหญ้าสลาบลวง

75 : 25

และปริมาณของสารตัวเติมที่ใช้คือ 5 %







อธิบายผลการทดลอง

จากรูปแผนภูมิแท่งแสดงคุณสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ได้ผลดังนี้

| คุณสมบัติ | เมื่อปรับผิวด้วยมาลิค แอนไฮไดรด์ |
|-------------------------|----------------------------------|
| ค่าทนแรงดึง | สูงขึ้น |
| ค่ามอดูลัส | สูงขึ้น |
| เปอร์เซ็นต์การยืด | ต่ำลง |
| ค่าความแข็ง Rockwell R | สูงขึ้น |
| ค่าความทนต่อแรงกระแทก | ต่ำลง |
| ความหนาแน่น | คงที่ |
| ค่าความทนทานต่อการขีดถู | สูงขึ้น |

จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการปรับสภาพผิวของพอลิพรอพิลีนด้วยมาลิค แอนไฮไดรด์ แล้ว ทำให้คุณสมบัติหลายอย่างดีขึ้น เช่น

ค่าทนแรงดึง เมื่อพอลิพรอพิลีนได้รับการปรับสภาพผิวด้วยมาลิค แอนไฮไดรด์ แล้ว ทำให้ การผสมผสานของสารตัวเติมกับพอลิเมอร์ดีขึ้นทำให้สามารถกระจายแรงได้ดีขึ้น

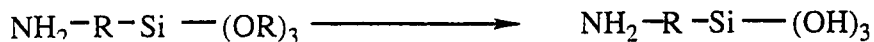
ค่ามอดูลัสมีค่าสูงขึ้นแสดงว่าคอมพอสิตมีความแข็งเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับค่าความแข็ง Rockwell R และค่าความทนทานต่อการขีดถูก็ให้ผลในลักษณะที่สอดคล้องกัน คือ หลังจากปรับสภาพผิวด้วยมาลิค แอนไฮไดรด์ แล้วคอมพอสิตจะมีความแข็งมากขึ้น

ในขณะที่ค่าเปอร์เซ็นต์ของการยืดต่ำลงเนื่องจากเมื่อมีการยืดเหนียวระหว่างสารตัวเติมกับพอลิพรอพิลีนดีขึ้น ทำให้คอมพอสิตสามารถยืดได้น้อยลง

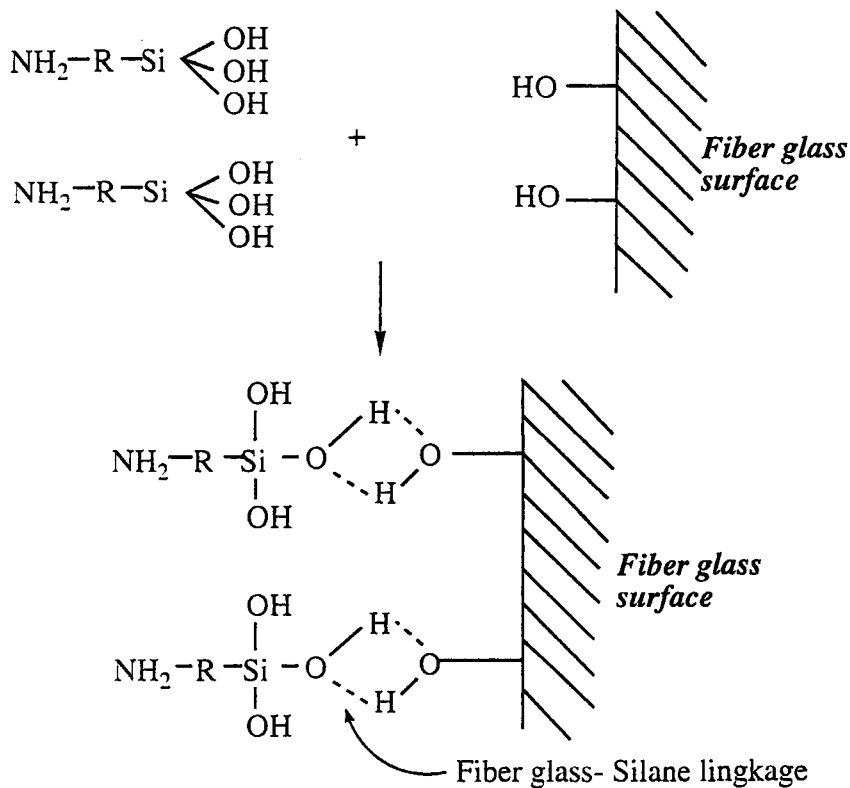
ส่วนค่าความหนาแน่นพบว่ามาลิค แอนไฮไดรด์ จะไม่มีผลต่อความหนาแน่นของคอมพอสิตเลย

ปฏิกิริยาการยึดติดระหว่างเส้นใยแก้วกับ Silane A-1100

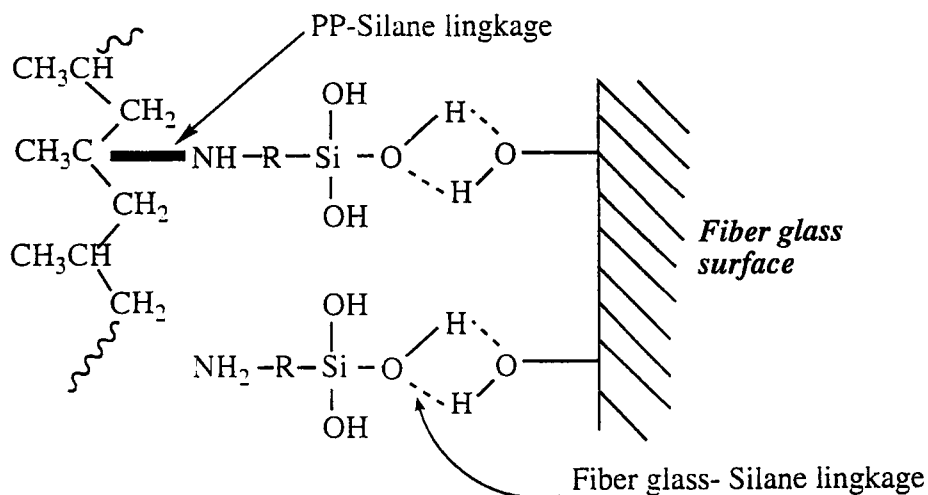
ขั้นที่ 1 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของ Silane ที่เกิดขึ้นระหว่างการผสม (hydrolysis during mixing)



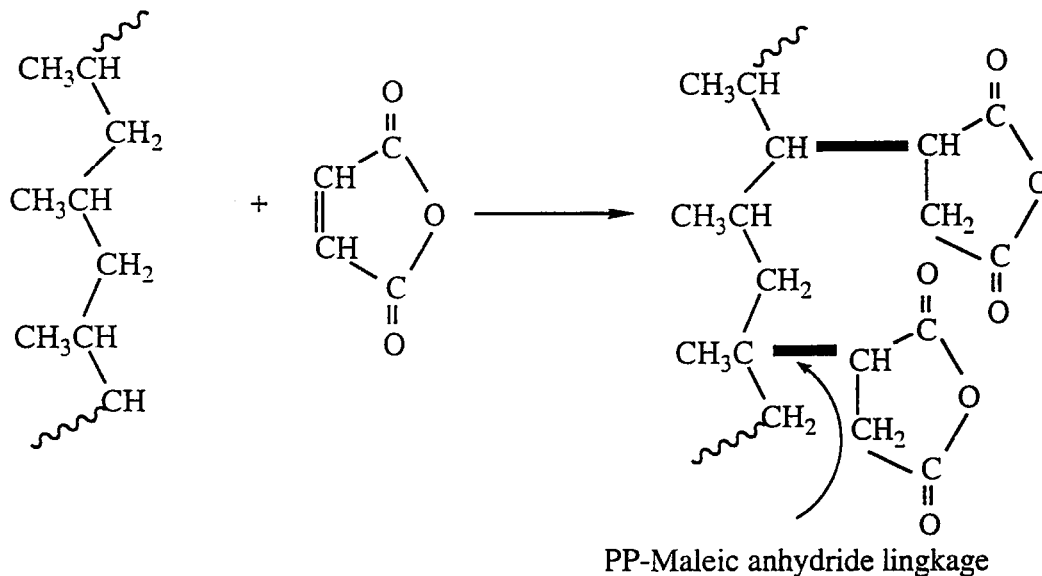
ขั้นที่ 2 ปฏิกิริยาระหว่าง Silane กับผิวหน้าของเส้นใยแก้ว (reaction with fiber glass surface)



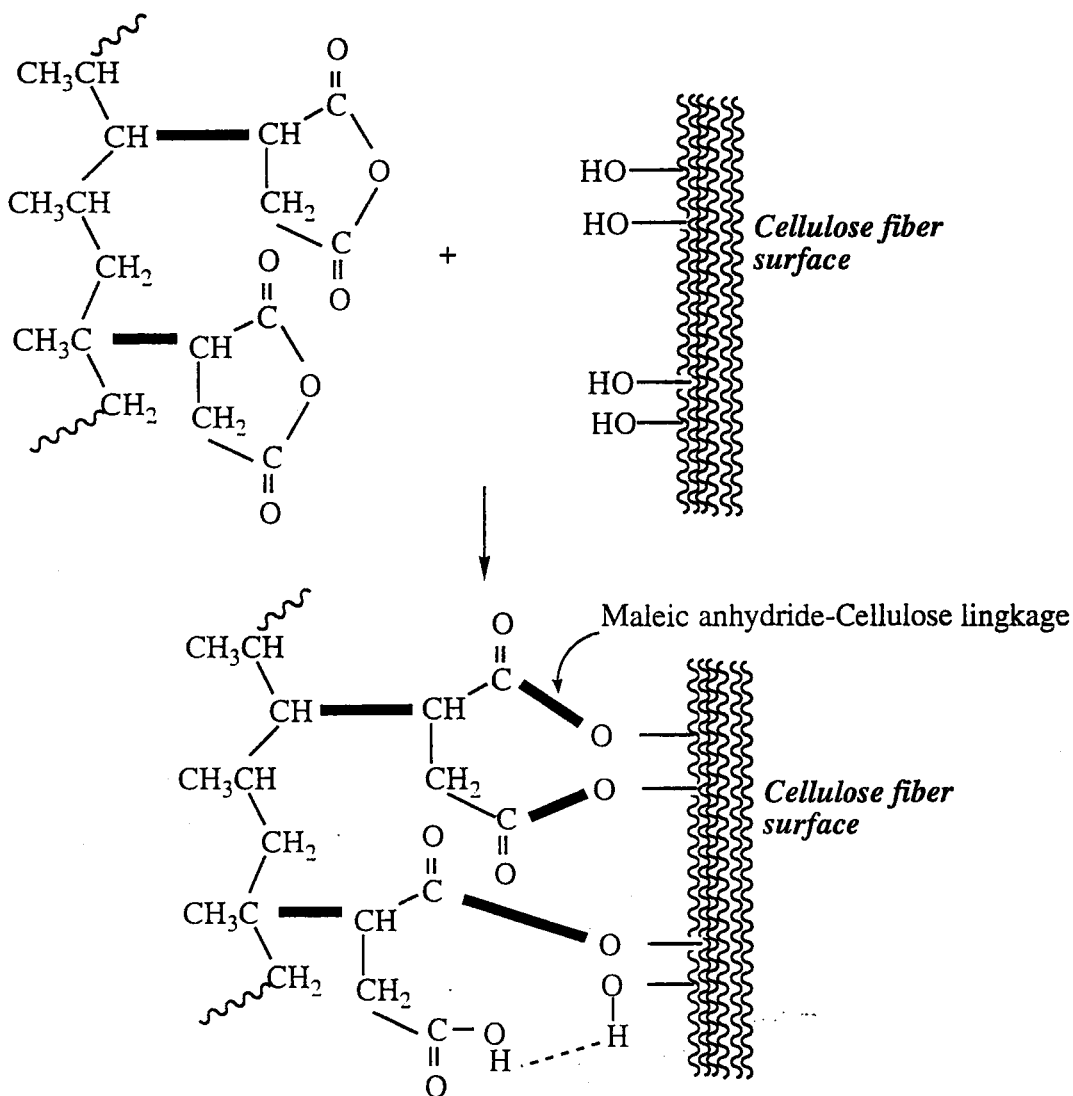
ปฏิกิริยาการยึดติดระหว่างเส้นใยแก้วที่เคลือบด้วย Silane A-1100 กับ พอลิพรอพิลีน

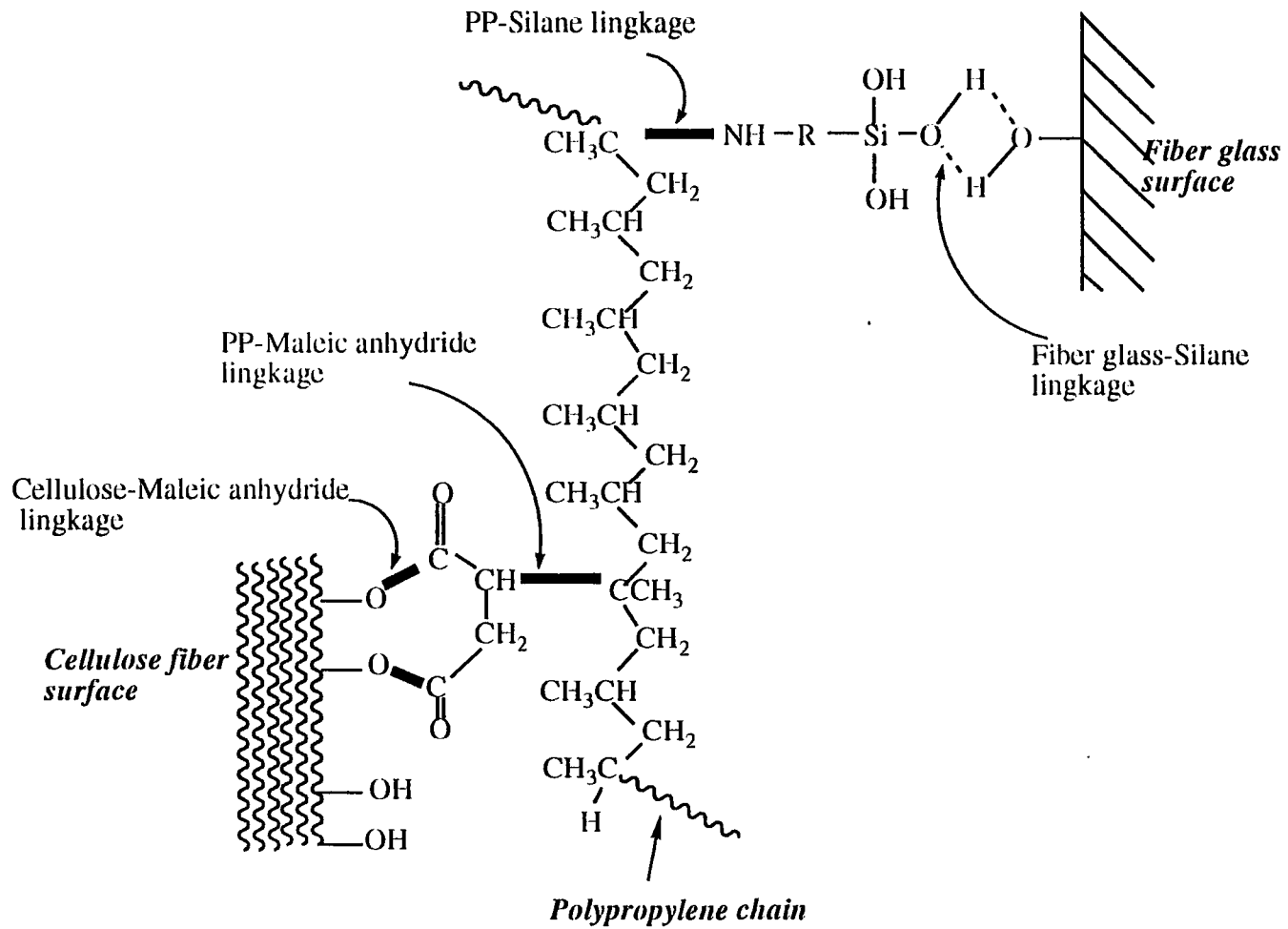


ปฏิกิริยาระหว่างพอลิพรอพิลีนกับMaleic anhydride

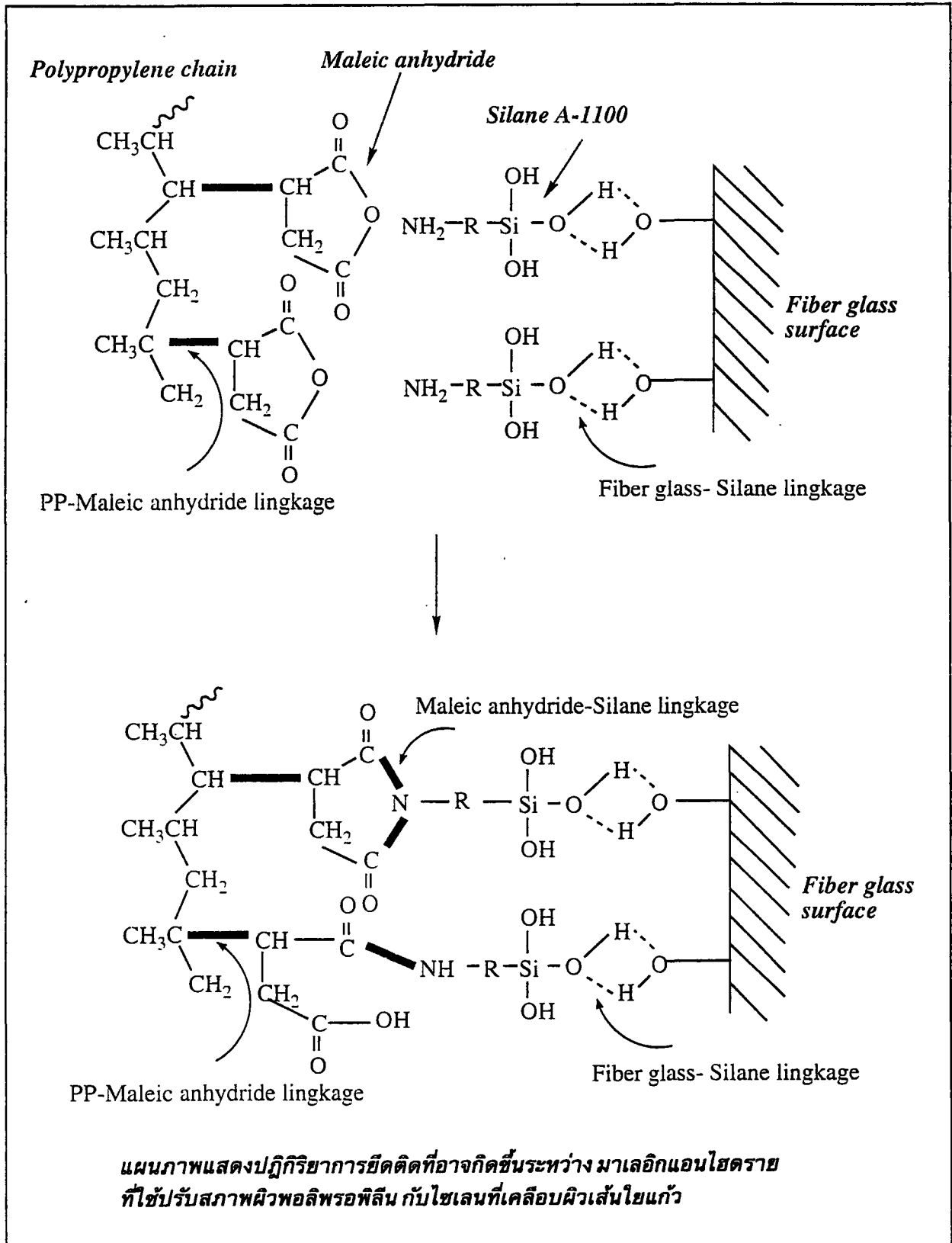


ปฏิกิริยาระหว่างพอลิพรอพิลีนที่ปรับสภาพผิวด้วยMaleic anhydride กับ เส้นใยจากฝักเกสรตัวเมียของหญ้าสลาบลวง





แผนภาพแสดงพันธะเคมีที่คาดว่าจะเกิดขึ้นระหว่างพอลิพรอพิลีน-ไซเลน-เส้นใยแก้ว และระหว่างพอลิพรอพิลีน-มาเลอิกแอนไฮไดรด์-เส้นใยจากฝักเกสรตัวเมียของหญ้าสลาบลวง



บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

เมื่อทำการเสริมแรงพอลิพรอพิลีนด้วยการผสมเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยแก้วที่ทำการเคลือบผิวแล้วกับพอลิพรอพิลีน แล้วทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตนี้กับพอลิพรอพิลีนจะได้อัตราส่วนของเส้นใยธรรมชาติต่อเส้นใยแก้วที่เหมาะสม

1. ค่าทนแรงดึง

พอลิพรอพิลีนคอมพอสิตที่มีอัตราส่วนของเส้นใยธรรมชาติต่อเส้นใยแก้วที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มค่าทนแรงดึงของพอลิพรอพิลีนได้ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยแก้วขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนของเส้นใยธรรมชาติต่อเส้นใยแก้วที่เหมาะสมคือ 25 : 75 โดยน้ำหนัก

2. เปอร์เซนต์การยืด ณ จุดขาด

พบว่าเปอร์เซนต์การยืด ณ จุดขาด ของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับพอลิพรอพิลีน

3. ค่าความแข็ง

เมื่อทดสอบความแข็งด้วย Rockwell R พบว่าพอลิพรอพิลีนผสมจะให้ค่าความแข็งสูงขึ้น

4. ค่าความทนต่อแรงกระแทก

พบว่าพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตจะให้ค่าความทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้น และยังเพิ่มปริมาณสารตัวเติมเสริมแรงยังทำให้ค่าความทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้นอีก

5. ความหนาแน่น

พอลิพรอพิลีนคอมพอสิตและพอลิพรอพิลีนจะให้ค่าความหนาแน่นไม่ต่างกันมากนัก และจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารตัวเติมเสริมแรง

6. ความทนทานต่อการขีดถู

พอลิพรอพิลีนคอมพอสิตจะมีความทนทานต่อการขีดถูสูงกว่าพอลิพรอพิลีนเล็กน้อย ซึ่งไม่ค่อยมีผลมากนัก

หมายเหตุ เมื่อทำการผสมสารตัวเติมเสริมแรงลงในพอลิพรอพิลีนมากกว่า 5 % โดยน้ำหนักของพอลิพรอพิลีนจะมีแนวโน้มทำให้คุณสมบัติทางกายภาพโดยรวมแย่ลงเพราะฉะนั้นปริมาณสารตัวเติมเสริมแรงที่เหมาะสมจะเติมลงในพอลิพรอพิลีน ไม่ควรเกิน 5 % ของน้ำหนักออลิพรอพิลีน

แต่เมื่อเปรียบเทียบพอลิพรอพิลีน คอมพอสิตระหว่างที่มีมาลิก ออโนไฮโดรด์กับไม่มีพบว่าเมื่อมีมาลิก ออโนไฮโดรด์จะให้ค่าความทนแรงดึง ค่ามอดูลัส ค่าทนต่อการขีดถู สูงกว่า แต่ค่าความทนต่อแรงกระแทก ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด จะต่ำกว่าเมื่อไม่มีมาลิก ออโนไฮโดรด์

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติมีอยู่หลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ฉะนั้นศึกษาโดยการเปลี่ยนชนิดของเส้นใยธรรมชาติที่จะนำมาใช้เป็นสารตัวเติมเสริมแรงในพอลิเมอร์ โดยควรเลือกเส้นใยที่มีอัตราส่วนระหว่างความยาวกับเส้นผ่าศูนย์กลางมาก ๆ เช่น ฝ้าย ไหม
2. ควรทำการศึกษาการเสริมแรงของสารตัวเติมเสริมแรง โดยทำการเปลี่ยนชนิดของพลาสติกที่ใช้เพื่อหาพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการใช้สารตัวเติมในการเสริมแรง
3. วิธีการปรับปรุงผิวของทั้งพอลิพรอพิลีน เส้นใยธรรมชาติ และเส้นใยแก้ว โดยอาจทำการเปลี่ยนชนิดของสารที่ใช้ปรับผิวหรือวิธีการเคลือบผิวเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการยึดติดให้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Maldas, D. and Kokta, B.V. " Performance of Treated Hybrid Fiber Reinforced - Thermoplastic Composites under Extreme Conditions. IV. Use of Glass fiber and Sawdust as Hybrid Fiber " J. Appl. Polym. Sci. 42. (1991) : 1443-1450
2. Felix, J.M. and Gatenholm, P. " The Nature of Adhesion in Composites of Modified Cellulose Fibers And Polypropylene " J. Appl. Polym. Sci. 42. (1991) : 609 - 620
3. Raj , R.G., Kokta, B.V., Grouleau, G. and Daneault, C. " The Influence of Coupling agents on Mechanical Properties of Composites containing Cellulosic Fillers " POLYM. - PLAST. TECHNOL. ENG. 29(4) . (1990) : 339 - 353
4. Khunova, V. and Zamorsky, Z. " Studies on the Effect of Reactive Polypropylene on the Properties of Filled Polyolefin Composites. Part 1. Advantages of SOLID - PHASE - GRAFTED Maleated Polypropylene Over MELT - PHASE - MODIFIED Polymers " POLYM. - PLAST. TECHNOL. ENG. 32(4). (1993) : 289 - 298
5. Khunova, V., Sain, M.M. and Simek, I. " Studies on the Effect of Reactive Polypropylene on the Filled Polyolefin Composites. Part 2. Optimization of Product Composition and Mechanical Propeties of Modified Polypropylene Composites " POLYM. - PLAST. TECHNOL. ENG. 32(4). (1993) : 299 - 309
6. Khunova, V. , Sain, M.M. and Brunovska, Z. " Studies on the Effect of Reactive Polypropylene on the Properties of Filled Polyolefin Composites. Part 3. Effect of Maleic Anhydride Grafted Polypropylene

- on the Nature of Polyolefin Matrix " POLYM. - PLAST. TECHNOL. ENG. 32(4). (1993) : 311 - 320
7. Fujiyama, M. " Structures and Properties of Injection Mouldings of GlassFiber - filled Polypropylenes " Intern. Polymer Processing VII (1993) : 245 - 254
 8. Kirk, R.E. and Othmer, D.F. Encyclopedia of Chemical Technology, 1st ed. , pp. 680 - 682, Vol 8, USA, 1949
 9. Kirk , R.E. and Othmer. D.F. Encyclopedia of Chemical Technology, 1st ed. , pp. 342 - 347, Vol 3, USA, 1949
 10. McLellan, G.W. and Shand, E.B. in Glass Engineering Handbook, 3rd ed. , pp. 20-3 - 20-11, McGraw - Hill Inc, 1984
 11. ASTM Committee on Standard " Standard Test Methods for Tensile Properties of Plastics " , Philadelphia : American Society for Testing and Materials, 1993
 12. ASTM Committee on Standard " Standard Test Methods for Impact Resistance of plastic and Electrical Insulating Materials " , Philadelphia : American Society for Testing and Materials, 1993
 13. ASTM Committee on Standard " Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating " , Philadelphia : American Society for Testing and Materials , 1993