

การใช้เศษด้ายไหมเป็นสารตัวเติมในพีวีซี

Use of Residual Silk Yarns as Filler in PVC

มาลินี ชัยศุกกิจสินธุ์ ติรุพงศ์ ถนอมพันธ์ ต่อตระกูล อุบลวัฒน์ และ ดลฤทัย เอื้อมนวรัตน์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง 10520

บทคัดย่อ

พอลิไวนิลคลอไรด์(พีวีซี)เป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกที่สามารถนำมาปรับปรุงคุณสมบัติได้โดยการนำเศษด้ายไหมที่ได้จากการเผาตกแต่งเส้นด้ายไหมมาใช้เป็นสารตัวเติมในพีวีซี(PVC)ซึ่งสูตรพื้นฐานของพีวีซีผสมประกอบด้วย พีวีซี 100 phr สารปรับสภาพพลาสติก 30 phr สารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อน 4 phr สารหล่อลื่น 2 phr สารช่วยในการขึ้นรูป 5 phr ในปริมาณที่คงที่ในทุกสูตร นำเศษด้ายไหมมาใช้เป็นสารตัวเติมและอีวีเอ(EVA)ที่ใช้เป็นสารปรับปรุงความทนแรงกระแทกมาผสมในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยการบดส่วนผสมในเครื่องบดผสมความเร็วสูงและผสมในเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้งจากนั้นนำแผ่นพอลิเมอร์ผสมของพีวีซีที่ได้ไปขึ้นรูปด้วยเครื่องขึ้นรูปแบบอัดร้อนและตัดชิ้นงานเพื่อทดสอบสมบัติต่างๆ จากการศึกษาพบว่าปริมาณเศษด้ายไหม 10-20 phr ช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกล และพบว่าการใช้อีวีเอร่วมกับเศษด้ายไหมทำให้สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมพีวีซีด้อยกว่าเมื่อใช้เศษด้ายไหมเพียงอย่างเดียว

Abstract

Poly(vinyl chloride) is one of the materials used in plastic industry. The properties of PVC can be modified by adding residual silk yarns from finishing silk thread as filler. Basic formular of PVC compound was composed of PVC 100 phr, plasticizer 30 phr, heat stabilizer 4 phr, lubricant 2 phr, and processing aid 5 phr. These ingredients were fixed in every formulas. but varied with amount of filler (residual silk yarns) and EVA(impact modifier). All ingredients were mixed using high speed mixer and two-roll mill, respectively. PVC compounds were compressed by compression molding and cut into testing form. It was found that 10-20 phr of residual silk yarns showed the property improvement. Using EVA with residual silk yarns led to lowering the properties of PVC compound when compared with only residual silk yarns.

1. คำนำ

พีวีซีเป็นเทอร์โมพลาสติกที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งผลิต ภัณฑ์ทำจากพีวีซีที่นำไปใช้ในชีวิตประจำวันมากมาย ได้แก่ ประตูพีวีซี ท่อน้ำ สายไฟ กระเบื้องยางปูพื้น หนังสือพิมพ์ทำกระดาษและรองเท้า เป็นต้น จึงมีการศึกษาเรื่องสารตัวเติมที่นำมาเติมในพีวีซีเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติให้เหมาะกับการใช้งาน[1-3] โดยมีความพยายามที่จะนำเอาวัสดุธรรมชาติ เช่น เส้นใยมาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงในพอลิเมอร์คอมโพสิต เนื่องมาจากเส้นใยธรรมชาติ มีมากมายหลายชนิด หาง่าย ราคาถูก สมบัติเชิงกลดี น้ำหนักเบา ความหนาแน่นต่ำ และง่ายต่อการกำจัดทิ้งเพราะสามารถสลายตัวได้ตามธรรมชาติ สำหรับในประเทศไทยเส้นใยธรรมชาติบางชนิดเป็นวัสดุเหลือทิ้ง หรือเป็นส่วนเกินจากภาคอุตสาหกรรม [4] เช่น ชานอ้อย

ในการศึกษานี้ใช้เศษด้ายไหมที่ได้จากขบวนการเส้นด้ายไหมด้วยไฟในขั้นตากแห้งเส้นด้ายไหมในอุตสาหกรรมมาเป็นสารตัวเติม เศษด้ายไหมที่ได้จากขบวนการนี้มีสีน้ำตาล ลักษณะคล้ายขี้เลื่อยแต่ละเม็ดและนุ่มกว่า มีน้ำหนักเบา เป็นของเหลือรอกการทิ้งไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ของโรงงาน ชีนาโนเคนชิ ประเทศไทย โดยทำการศึกษาลักษณะสมบัติของเศษด้ายไหมที่มีต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของพีวีซี และศึกษาผลของการใช้เศษด้ายไหมร่วมกับสารช่วยปรับปรุงความทนแรงกระแทก

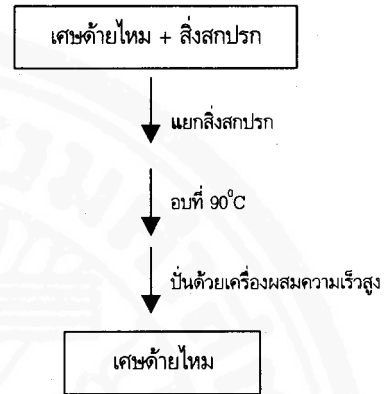
2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

- พอลิไวนิลคลอไรด์ (S-PVC) K-Value = 64
- สารปรับสภาพพลาสติก(Plasticizer); Dioctylphthalate (DOP)
- สารเสริมเสถียรภาพทางความร้อน ; Ca/Zn Stabilizer
- น้ำมันถั่วเหลืองแบบอีพอกไซด์ (Epoxidized soybean oil)
- สารหล่อลื่น ; Zn stearate
- สารปรับปรุงสมบัติความทนต่อแรงกระแทก ; Ethylene Vinyl Acetate copolymer (EVA)
- ผงไหม

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 การเตรียมเศษด้ายไหมสามารถแสดงได้ดังแผนภาพในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนเตรียมเศษด้ายไหม

2.2.2 ขั้นตอนการเตรียม PVC compound ผสมเศษด้ายไหมสามารถแสดงได้ดังแผนภาพในรูปที่ 2

2.3 การทดสอบสมบัติต่างๆ [5]

2.3.1 การทดสอบความแข็งแรงดึง มอดูลัส การยืด ณ จุดขาด นำชิ้นงานรูปดัมเบลจำนวน 5 ชิ้นมาทดสอบด้วยเครื่อง Universal Tensile Tester ตามมาตรฐาน ASTM D638

2.3.2 การทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก นำชิ้นงานที่เป็นรอยบากจำนวน 5 ชิ้นมาทดสอบด้วยเครื่อง Izod Impact Tester ตามมาตรฐาน ASTM D256

2.3.3 การทดสอบความแข็ง นำชิ้นงาน 1 ชิ้น ทดสอบความแข็งด้วยเครื่อง Durometer แบบ shore D ตามมาตรฐาน ASTM D2240

2.3.4 การทดสอบความถ่วงจำเพาะ นำชิ้นงาน 1 ชิ้นทดสอบด้วยเครื่องวัดความถ่วงจำเพาะตามมาตรฐาน ASTM D792

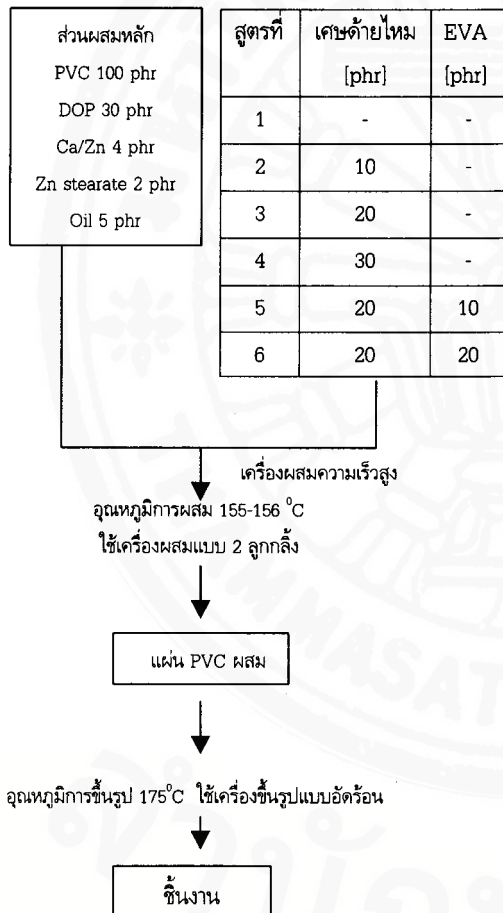
2.3.5 การทดสอบการขีดถูนำชิ้นงานรูปวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. ตามมาตรฐาน ASTM D1242 ซึ่งนำหนักก่อนและหลังการขีดถู จำนวน น้ำหนักที่หายไปเป็นร้อยละตามสูตร

$$\text{น้ำหนักที่หายไป} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนการขีดถู} - \text{หลังการขีดถู})}{\text{น้ำหนักก่อนขีดถู}} \times 100$$

2.3.6 การทดสอบปริมาณสารที่ระเหยได้ [6] นำชิ้นงานตามมาตรฐาน มอก.1482-2540 ไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C โดยใช้ตู้อบ ปริมาณสารระเหยหาจากสูตร

$$\text{ปริมาณสารระเหย} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{หลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}}$$

ขั้นตอนการเตรียมส่วนผสมในแต่ละสูตรซึ่งมีปริมาณเศษด้ายไหมและอีวีแตกต่างกันเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้

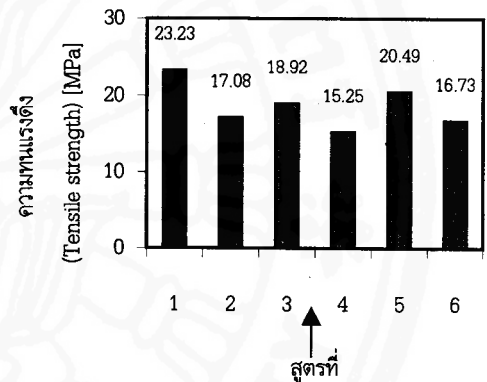


รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการเตรียมส่วนผสมสูตรต่างๆ

3. ผลการทดลอง

3.1 ความทนแรงดึง(Tensile strength)

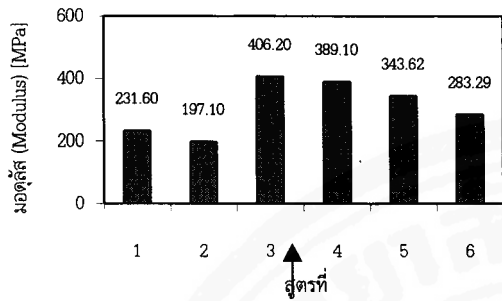
การเพิ่มปริมาณเศษด้ายไหมเข้าไปในพีวีซี(สูตรที่ 2-4) มีแนวโน้มทำให้ค่าความทนแรงดึงของพีวีซีผสมลดลงเมื่อเทียบกับพีวีซีที่ไม่มีการเติมเศษด้ายไหม พบว่าปริมาณเศษด้ายไหม 20 phr (สูตรที่ 3) ให้ค่าความทนแรงดึงดีที่สุด ดังนั้นในการศึกษาผลของปริมาณEVAที่เติมลงในพีวีซีจึงกำหนดปริมาณเศษด้ายไหมคงที่ที่ 20 phr และเปลี่ยนแปลงปริมาณ EVA เป็น 10 และ 20 phr ในสูตรที่ 5 และที่ 6 ตามลำดับ พบว่าในสูตรที่ 5 ซึ่งมีเศษด้ายไหม 10 phr จะให้ความแข็งแรงใกล้เคียงกับสูตรที่ 1 ซึ่งไม่มีการเติมเศษด้ายไหม



รูปที่ 3 แสดงความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ในสูตรต่างๆ

3.2 มอดุลัส (Modulus)

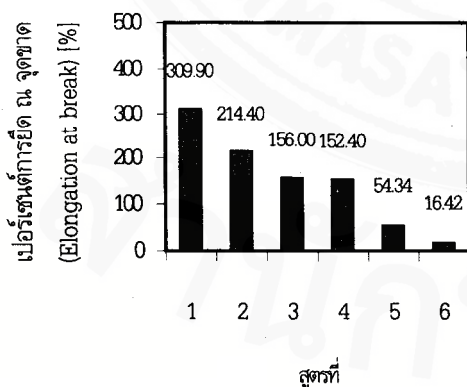
จากการทดสอบมอดุลัสของสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นมอดุลัสของพีวีซีที่ไม่มีเศษด้ายไหมเป็นสารตัวเติมมีค่า 231.6 MPa และเมื่อเติมเศษด้ายไหม 10 , 20 และ 30 phr (สูตรที่ 2-4) ตามลำดับ พบว่ามอดุลัสมีค่าสูงขึ้นเมื่อเติมเศษด้ายไหม 20-30 phr แสดงว่าเศษด้ายไหมมีสมบัติเป็นสารตัวเติมเสริมแรงโดยทำให้พีวีซีผสมทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ดี และจากการเปรียบเทียบสูตรที่ 5 และ 6 ซึ่งกำหนดให้เศษด้ายไหมคงที่ที่ 20 phr และเติมปริมาณอีวีเอ 10 และ 20 phr ตามลำดับ พบว่ามอดุลัสมีค่าต่ำกว่าสูตรที่ 3 ซึ่งมีเศษด้ายไหม 20 phr และไม่มีอีวีเอแสดงว่าการเพิ่มอีวีเอในพีวีซีที่มีการเติมปริมาณเศษด้ายไหมเท่ากันจะลดมอดุลัสลงมีสาเหตุมาจากความเป็นอิลาสโตเมอร์ของอีวีเอ [7, 8]



รูปที่ 4 แสดงมอดุลัสของพอลิเมอร์ในสูตรต่างๆ

3.3 เปอร์เซนต์การยืด ณ จุดขาด (% Elongation at break)

จากการศึกษาพบว่าในสูตรที่ 1 พีวีซีที่ไม่มีสารตัวเติมให้ค่าเปอร์เซนต์การยืด ณ จุดขาดสูงที่สุด ส่วนในสูตรที่ 2-4 ที่มีการเติมเศษด้ายไหมหรือเศษด้ายไหมผสมอีวีเอทำให้ค่าเปอร์เซนต์การยืด ณ จุดขาดลดลง ในสูตรที่มีเศษด้ายไหม 20-30 phr ค่าเปอร์เซนต์การยืด ณ จุดขาดลดลงมากกว่าในสูตรที่มีเศษด้ายไหม 10 phr แสดงว่า เศษด้ายไหมทำให้สายโซ่พอลิเมอร์โมเลกุลเกิดการเกี่ยวพันกันจึงยืดได้น้อยแล้วยังลดลงมากขึ้นเมื่อมีอีวีเออยู่ในสูตรนั้นด้วย จากการสังเกตพื้นผิวชิ้นตัวอย่างพบว่าอีวีเอไปทำให้เศษด้ายไหมเกิดรวมกันเป็นก้อน ตลอดจนมีการกระจายตัวที่ไม่ดี จึงต่อต้านการดึงยึดของพีวีซีเมตริกซ์

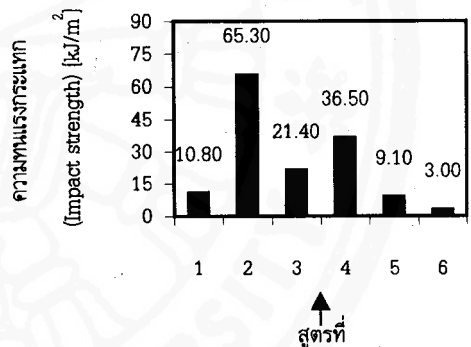


รูปที่ 5 แสดงเปอร์เซนต์การยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ใน

สูตรต่างๆ

3.4 ความทนแรงกระแทก(Impact strength)

เป็นการศึกษาถึงความสามารถที่วัสดุคอมโพสิตดูดซับพลังงาน พบว่าความทนแรงกระแทกจะลดลงอย่างมากถ้าสารตัวเติมมีขนาดใหญ่ โดยการเติมเศษด้ายไหม 10 , 20 และ 30 phr ลงในสูตรที่ 2-4 ตามลำดับพบว่าในสูตรที่ 2 ค่าความทนแรงกระแทกสูงขึ้นแสดงว่าเศษด้ายไหมทำหน้าที่ช่วยเพิ่มสภาพคล่องให้โมเลกุลของพีวีซีเมื่อมีแรงมากระทำรวมทั้งมีการกระจายตัวในพีวีซีได้ดี อย่างไรก็ตามถ้าเติมเศษด้ายไหมมากกว่า 10 phr พบว่าความทนแรงกระแทกจะลดลงแต่ยังคงสูงกว่าไม่เติมและเมื่อเติมอีวีเอลงไปผสมกับเศษด้ายไหมในสูตรที่ 5-6 พบว่า ค่าความทนแรงกระแทกลดลงมีค่าใกล้เคียงกับพีวีซีที่ไม่เติมเศษด้ายไหม ผลการทดลองนี้ แสดงว่าอีวีเอไปลดบทบาทของเศษ

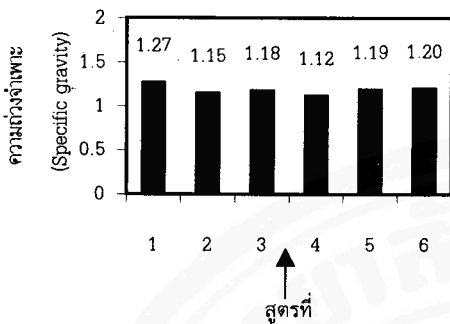


ด้ายไหมลงด้วยการทำให้เศษด้ายไหมรวมกันเป็นกลุ่มก้อนใหญ่ขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ความทนแรงกระแทกลดลงอย่างรวดเร็ว

รูปที่ 6 แสดงความทนแรงกระแทกของพอลิเมอร์ในสูตรต่างๆ

3.5 ความถ่วงจำเพาะ(Specific gravity)

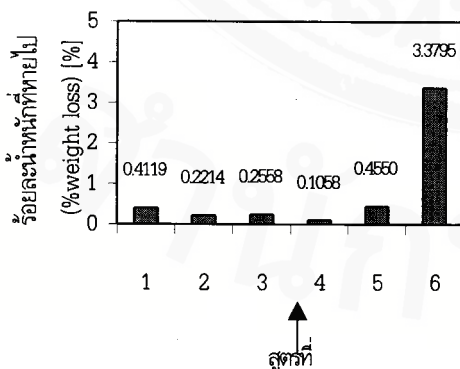
เมื่อเติมเศษด้ายไหมและอีวีเอในพีวีซีพบว่าค่าความถ่วงจำเพาะจะลดลงต่ำกว่าสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นพีวีซีที่ไม่เติมตัวสารเติมเป็นผลให้พีวีซีผสมที่ได้มีน้ำหนักเบาเล็กน้อย นอกจากนี้พีวีซีผสมที่ได้ทุกสูตรจะมีความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกัน



รูปที่ 7 แสดงความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ในสูตรต่างๆ

3.6 ความทนต่อการขัดถู(Abrasin resistance)

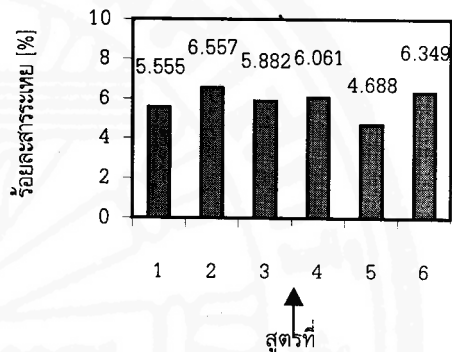
ศึกษาสมบัติความทนต่อการขัดถู พิจารณาจากน้ำหนักที่หายไปของตัวอย่าง หลังจากผ่านการขัดถูด้วยอัตราเร็ว 60 rpm จำนวน 3000 รอบ พบว่า พีวีซีที่ผสมเศษด้ายไหมในสูตรที่ 2-4 มีความสามารถทนทานต่อการขัดถูดีกว่าพีวีซีที่ไม่มีสารตัวเติมในสูตรที่ 1 สำหรับสูตรที่ 4 ซึ่งมีเศษด้ายไหม 30 phr มีน้ำหนักที่หายไปน้อยที่สุด แต่เมื่อเติมอีวีเอผสมกับเศษด้ายไหม พบว่าน้ำหนักหายไปมากกว่าเดิมและจะมากกว่าสูตรที่ 1 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เศษด้ายไหมช่วยเพิ่มความทนทานต่อการขัดถูที่ผิวหน้าของชิ้นตัวอย่างแต่ไม่ควรใช้เศษด้ายไหมผสมร่วมกับอีวีเอเป็นสารตัวเติมในพีวีซี



รูปที่ 8 แสดงน้ำหนักที่หายไปของพอลิเมอร์ในสูตรต่างๆ เมื่อผ่านการขัดถู 3000 รอบ

3.7 ปริมาณสารที่ระเหย(Volatile matter)

จากการศึกษาปริมาณสารระเหยที่ระเหยออกมาจากพีวีซี และพอลิเมอร์ผสมเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C ในทุกสูตร พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 5-7%โดยน้ำหนักของตัวอย่าง แสดงว่าเศษด้ายไหมไม่ก่อให้เกิดสารระเหย



รูปที่ 9 แสดงร้อยละสารระเหยได้ของพอลิเมอร์ในสูตรต่างๆ

4. สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า การเติมเศษด้ายไหมช่วยทำให้คุณสมบัติด้านความคงรูปร่าง(มอดูลัส) ความแข็งและความทนแรงกระแทกดีขึ้น แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ใช้ ซึ่งพบว่าที่ 10 phr จะให้ชิ้นงานที่มีความยืดหยุ่นพอสมควรและที่ 20phr จะให้ชิ้นงานที่มีความแข็งแรงและยืดหยุ่นได้ดีกว่าพีวีซี ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเศษด้ายไหมมาใช้เป็นสารตัวเติมในพีวีซี

นอกจากนี้พีวีซีที่ผสมเศษด้ายไหมในสูตร 2-4 ทำให้ผิวหน้าชิ้นงานแข็งขึ้นซึ่งสามารถ ทนการขัดถูได้ดีกว่าเมื่อไม่มีการเติมเศษด้ายไหม (สูตร 1) แต่เมื่อมีอีวีเอเพิ่มขึ้นจะทำให้ผิวหน้าชิ้นงานไม่ทนการขัดถูและมีเนื้อชิ้นงานหลุดออกได้มากเนื่องจากแรงยึดระหว่าง อีวีเอ พีวีซี และเศษด้ายไหมไม่ดี อย่างไรก็ตามในการใช้อีวีเอเป็นสารปรับปรุงความทนแรงกระแทกในระบบที่มีเศษด้ายไหมอยู่ พบว่าสมบัติเชิงกลของพีวีซีผสมที่ได้ด้อยกว่า

เมื่อมีแต่เศษด้ายไหมเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่ควรใช้อีวีเอเป็นสารช่วยปรับปรุงความทนแรงกระแทกในระบบนี้

5. คำนิยม

ขอขอบคุณ บริษัทชินาโน เคนซิ ประเทศไทยที่ได้กรุณาให้เศษด้ายไหมที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Leonard, I.N., Encyclopedia of PVC, 2nd ed., Marcel Dekker, New York, 1992
- [2] Titow, W.V., PVC Plastics Properties, Processing and Application, Elsevier, London, 1990.
- [3] Graham, T.W.Solomons, Organic Chemistry, 6th ed., John Wiley & Sons, New York, 1996.
- [4] Gachter, R. and Muller, H., Plastics Additive Handbook, Hanser Publisher, New York, 1993.
- [5] Shah, V., Handbook of Plastic Testing Technology, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, 1998.
- [6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มอก.1482-2540, กระเบื้องพีวีซีปูพื้น, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2541.
- [7] Charles, A.H., Handbook of Plastics Elastomers, and Composite, 3rd ed., McGraw-Hill, New York, 1996.
- [8] มาลินี ชัยคุภกิจสินธ์ และ คณะ, บทบาทของสารช่วยเพิ่มสมบัติทนแรงกระแทกต่อการสลายตัวด้วยแสงและความร้อน PVC, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 7(1) :1-5, 2542