

สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมพอสิตจากHDPE ผสมเส้นใยชานอ้อย  
Mechanical Properties of Polymer Composites from HDPE filled  
Bagasse fibers

มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์ และ รัชดา ขวัญตน

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง 10520

บทคัดย่อ

ศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมพอสิตที่เตรียมจากขวดน้ำดื่มHDPEที่ใช้แล้วผสมกับเส้นใยชานอ้อย โดยทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณของHDPE สารช่วยปรับปรุงความทนแรงกระแทก และสารช่วยยึดติด ระบบที่ทำการศึกษาแบ่งเป็น 3 ระบบได้แก่ การใช้ SAN-EPDMร่วมกับ PE-g-AA, SAN-EPDMร่วมกับ PE-g-MAH และ EVA ผลการทดลองพบว่า ความทนแรงดึงและมอดูลัสของพอลิเมอร์คอมพอสิตลดลงแต่ร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาดและความทนแรงกระแทกเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารเติมแต่ง นอกจากนี้ในระบบที่ผสม EVA จะให้ค่าร้อยละการดึงยืดและความทนแรงกระแทกสูงกว่าระบบที่ใช้ SAN-EPDM ร่วมกับ PE-g-AA หรือ PE-g-MAH อย่างไรก็ตาม ความทนแรงดึงและมอดูลัสจะลดลงตามปริมาณของ EVA ที่เพิ่มขึ้น

Abstract

Mechanical properties of polymer composites prepared by mixing HDPE from drinking water bottles with bagasse fibers were studied. Various amount of HDPE, impact modifiers and coupling agents were investigated. Three kinds of system were studied, SAN-EPDM with PE-g-AA, SAN-EPDM with PE-g-MAH and EVA. The results showed that tensile strength and modulus of polymer composites decreased but % elongation and impact strength increased with increasing additives. Moreover, the composites contained EVA provided %elongation and impact strength higher than composites filled SAN-EPDM with PE-g-AA or PE-g-MAH. However, tensile strength and modulus decreased with increasing of EVA.

คำสำคัญ: พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง พอลิเมอร์คอมพอสิต รีไซเคิล สารช่วยผสม

keywords: High density polyethylene, polymer composites, recycled , compatibilizer

**1. บทนำ**

พอลิเมอร์คอมพอสิตเป็นวัสดุที่มีส่วนประกอบอย่างน้อยสองชนิดที่มีสมบัติต่างกัน ได้แก่ ส่วนเมทริกซ์ซึ่งจะเป็นพอลิเมอร์และส่วนเสริมแรงซึ่งโดยมากมักมีลักษณะเป็นเส้นใย สมบัติของพอลิเมอร์คอมพอสิตที่ได้จะขึ้นกับชนิดของเมทริกซ์และสารเสริมแรง ขนาด รูปร่าง ปริมาณและการจัดเรียงตัวของสารเสริมแรง กระบวนการผลิตและการยึดเกาะระหว่างเมทริกซ์และสารเสริมแรง [1,2] จุดประสงค์ของการทำพอลิเมอร์คอมพอสิตเพื่อปรับปรุงวัสดุให้มีสมบัติดีขึ้น โดยทั่วไปจะนิยมทำเพื่อปรับปรุงความแข็งแรง โมดูลัส ความเสถียรของรูปร่าง และลดความหนาแน่น แต่มักพบปัญหาในการผลิตพอลิเมอร์คอมพอสิตที่ผสมเส้นใยคือสมบัติทางด้านความเหนียวลดลง ทำให้วัสดุแข็งเปราะ ทนแรงกระแทกได้ต่ำและแรงยึดติดระหว่างพอลิเมอร์เมทริกซ์กับเส้นใยไม่ดีพอ [3] โดยเฉพาะเมื่อใช้พอลิเมอร์เมทริกซ์ที่ไม่มีขั้ว เช่น PP และ PE ดังนั้นจึงมีการเติมสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ เพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติของคอมพอสิต เช่น สารปรับปรุงความทนแรงกระแทกซึ่งเป็นสารพวกอิลาสโตเมอร์จะช่วยปรับปรุงสมบัติด้านความเหนียว [4] และสารช่วยให้ผสมเข้ากันได้ซึ่งจะช่วยปรับปรุงการยึดติดที่ผิวสัมผัสของเส้นใยกับเมทริกซ์ให้ดีขึ้น[5]

ในการทดลองนี้ศึกษาการระบบคอมพอสิตที่เตรียมจากขวดน้ำดื่มชนิดขุ่น (HDPE) ที่ใช้แล้วผสมกับเส้นใยชานอ้อย โดยทำการศึกษา

ผลของสารช่วยให้ผสมเข้ากันได้และสารช่วยปรับปรุงความทนแรงกระแทกใน 3 ระบบคือ

1) ระบบคอมพอสิตที่ใช้ SAN-EPDM (Styrene-acrylonitrile-ethylene propylene diene monomer) เป็นสารช่วยปรับปรุงความทนแรงกระแทก ร่วมกับการใช้ PE-g-AA (Polyethylene grafted acrylic acid) เป็นสารช่วยให้ผสมเข้ากันได้

2) ระบบที่ใช้ SAN-EPDM ร่วมกับ PE-g-MAH (Polyethylene grafted maleic anhydride)

3) ระบบที่ใช้ EVA (Ethylene vinyl acetate) เพียงอย่างเดียว โดยให้ทำหน้าที่เป็นทั้งสารช่วยปรับปรุงความทนแรงกระแทกและสารช่วยให้ผสมเข้ากันได้

เพื่อเป็นแนวทางในการลดปัญหาขยะจากขวดพลาสติกชนิดขุ่น โดยการนำกลับมาใช้ใหม่และเลือกใช้วัสดุธรรมชาติ เช่น เส้นใยชานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลในประเทศเป็นสารตัวเติม

**2. อุปกรณ์และวิธีการ**

**2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง**

2.1.1 ขวดน้ำดื่มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง(HDPE)ที่ผ่านการใช้แล้ว

2.1.2 Acrylic acid modified high density polyethylene (PE-g-AA) รหัส POLYBOND 1009: TOA Uni Chemical Manufacturing Ltd.

2.1.3 Maleic anhydride modified high density polyethylene (PE-g-MAH) รหัส POLYBOND 3009: TOA Uni Chemical Manufacturing Ltd.

2.1.4 Styrene acrylonitrile modified ethylene propylene diene terpolymer (SAN-EPDM) รหัส ROYALTUF 372P20: TOA (Uni Chemical Manufacturing Ltd.)

2.1.5 Ethylene vinyl acetate copolymer (EVA) รหัส NUC 8450: Nippon Unicar Co., Ltd.

2.1.6 เส้นใยชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล

## 2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2.2.1 เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว รุ่น Axon ab Plasmaskiner: Sew-Eurodrive

2.2.2 เครื่องผสมแห้ง(High speed mixer): Labtech Engineering Co., Ltd.

2.2.3 เครื่องฉีดขึ้นรูป รุ่น Cosmo TTI 220/80 : Welltec Industrial Equipment Ltd.

2.2.4 เครื่องทดสอบแรงดึง รุ่น LR 30K: LLOYD Instruments

2.2.5 เครื่องทดสอบความทนแรงกระแทก: Yasuda Seisakusho Ltd.

2.2.6 เครื่องทดสอบความแข็ง: Yasuda

2.2.7 เครื่องบดพลาสติก: Bosco Engineering

## 2.3 การเตรียม HDPE

บดขูดน้ำคัมชนิดขุนที่ทำความสะอาดและอบแห้งแล้วด้วยเครื่องบดตัดพลาสติก แล้วนำไปหลอมใหม่ด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวโดยใช้อุณหภูมิแต่ละช่วงเป็น 140, 150, 160 และ 170 °C ตามลำดับ ใช้ความเร็วรอบ 60 รอบ/นาที นำพลาสติกที่หลอมแล้วไปบดอีกครั้งด้วยเครื่องบดตัดพลาสติก จะได้เม็ดพลาสติก HDPE จากขวดน้ำคัมชนิดขุนที่พร้อมนำไปใช้ในการขึ้นรูป

## 2.4 การเตรียมเส้นใยชานอ้อย

นำเส้นใยชานอ้อยที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำตาลซึ่งเป็นเส้นใยสั้น มีความยาวประมาณ 1.0-5.0 มิลลิเมตร ไปล้างน้ำเพื่อกำจัดฝุ่น สิ่งสกปรกและเศษน้ำตาล หลังจากนั้นนำไปอบให้แห้ง

## 2.5 การเตรียมพอลิเมอร์คอมพอสิต

ศึกษาเปรียบเทียบระบบคอมพอสิตที่ปรับปรุงสมบัติโดยใช้ SAN-EPDM ร่วมกับ PE-g-AA หรือ PE-g-MAH และระบบคอมพอสิตที่ใช้ EVA เพียงอย่างเดียว โดยทำการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ HDPE ต่อ SAN-EPDM, PE-g-AA, PE-g-MAH และ EVA ตามอัตราส่วนต่างๆในตารางที่ 1 สำหรับ PE-g-AA และ PE-g-MAH ใช้ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของเส้นใย

ทำการเตรียมคอมพอสิตตามอัตราส่วนโดยผสม HDPE กับสารช่วยปรับปรุงความทนแรงกระแทกก่อน ด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว แล้วนำมาบดด้วยเครื่องบดตัดจะได้เม็ดพอลิเมอร์ผสม จากนั้นนำเส้นใยชานอ้อยมาผสมกับสารช่วยผสมด้วยเครื่องผสมแห้งใช้ความเร็ว 1500 รอบ/นาที แล้วจึงเติมเม็ดพอลิเมอร์ผสมที่เตรียมไว้ในตอนแรกผสมลงไป นำมาหลอมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวอีกครั้งและนำมาบดด้วยเครื่องบดตัด ขั้นสุดท้ายทำการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องฉีดเป็นรูปคัมเบล

**2.6 การทดสอบสมบัติเชิงกล**

นำชิ้นงานที่เตรียมได้มาทดสอบสมบัติเชิงกลดังต่อไปนี้

2.6.1 สมบัติด้านการดึง (Tensile properties) ได้แก่ ความทนแรงดึง (Tensile strength) ร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาด (Elongation at break) และ ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงตาม ASTM D638M

2.6.2 สมบัติความทนแรงกระแทก (Impact strength) ทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบความทนแรงกระแทกตาม ASTM D256

2.6.3 สมบัติด้านความแข็ง (Hardness) ทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งแบบ shore D ตาม ASTM D2240

**3. ผลการทดลองและวิจารณ์**

สมบัติเชิงกลของตัวอย่างจากขูด HDPE ผสมเส้นใยซานอ้อยและเติมสารช่วยปรับปรุงแรงกระแทก 3 ระบบ ได้แก่ ระบบที่ใช้ SAN-EPDM ร่วมกับ PE-g-AA ระบบที่ใช้ SAN-EPDM ร่วมกับ PE-g-MAH และระบบที่ใช้ EVA เพียงอย่างเดียว โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณของ HDPE ต่อสารช่วยปรับปรุงแรงกระแทกดังกล่าว พบว่าเมื่อใช้ปริมาณ SAN-EPDM เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความทนแรงดึงลดลงและมีค่าใกล้เคียงกันไม่ว่าจะใช้ร่วมกับ PE-g-AA หรือ PE-g-MAH ดังรูปที่ 1 แสดงว่าพันธะที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายกัน ดังรูปที่ 2 และ 3 หมู่อคริลิกแอซิดหรือมาลิกแอนไฮไดรด์

จากสารช่วยผสม PE-g-AA และ PE-g-MAH จะไปทำปฏิกิริยากับหมู่อคริลิกของเส้นใย เกิดพันธะโคเวเลนต์เอสเทอร์[5] นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของ SAN-EPDM เท่ากับเป็นการเพิ่มหมู่อคริลิกเข้าไปในระบบซึ่งส่งผลให้ระบบไม่ทนแรงดึง สำหรับในระบบที่ใช้ EVA ให้ผลในการทำงานเดียวกันกับ 2 ระบบแรก แสดงว่าอาจเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่อคริลิกกับเส้นใยได้ ดังรูปที่ 4

ค่าร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาด ดังรูปที่ 5 จะเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ระบบ โดยในระบบที่ใช้ SAN-EPDM ร่วมกับ PE-g-AA หรือ PE-g-MAH ค่าร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาดจะเพิ่มขึ้นน้อยมากแม้ว่าจะเติม SAN-EPDM ถึงร้อยละ 50 และมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 2 ระบบ แสดงว่า SAN ที่อยู่ใน EPDM ขัดขวางการผสมเข้ากันได้และต่อต้านการยึดตัวของพอลิเมอร์เมตริกซ์ ส่วนในระบบที่ใช้ EVA เพียงอย่างเดียวค่าร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาดจะเพิ่มขึ้นสูงมาก แสดงว่า EVA สามารถผสมเข้ากับเมตริกซ์ได้ดีกว่าและ EVA มีสมบัติเป็นอีลาสโตเมอร์มากกว่า HDPE จึงช่วยปรับปรุงความสามารถในการยึดตัวของคอมพอสิตได้ดี

สำหรับค่ามอดูลัสยืดหยุ่นซึ่งเป็นค่าที่บอกความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของพอลิเมอร์จะให้ผลดังรูปที่ 6 ในทั้ง 3 ระบบเมื่อปริมาณของ SAN-EPDM หรือ EVA เพิ่มขึ้น ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นจะลดลงซึ่งหมายถึงเปลี่ยนแปลงรูปร่างง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบที่ใช้ EVA พบว่าเมื่อใช้ EVA ร้อยละ 10 พอลิเมอร์ผสมมีความคงรูปมากยึดได้น้อย แต่เมื่อเพิ่มเป็นร้อยละ 50 พอ

ลิเมอร์ผสมสามารถดึงยึดได้มากขึ้น ส่วนระบบที่ใช้ SAN-EPDM ไม่ว่าจะใช้ร่วมกับ PE-g-MAH หรือ PE-g-AA ให้ค่ามอดูลัสยึดหยุ่นลดลงใกล้เคียงกันและลดลงน้อยกว่าระบบที่ใช้ EVA ในรูปที่ 7 แสดงค่าความทนแรงกระแทก ซึ่งเพิ่มขึ้นตามปริมาณของ SAN-EPDM หรือ EVA ที่เพิ่มขึ้น โดยในระบบที่ใช้ EVA ปริมาณมาก จะให้ค่าความทนแรงกระแทกสูงกว่าระบบอื่น แสดงว่า EVA สามารถกระจายตัวใน HDPE และเข้ากันได้กับเส้นใย อ้อยโดยอาจเกิดพันธะไฮโดรเจนดังกล่าวแล้วข้างต้นจึงช่วยรับและกระจายแรงได้ดีกว่า SAN-EPDM ซึ่งมี SAN ที่ประกอบด้วยสไตรีน ซึ่งมีโครงสร้างทางเคมีที่เข้ากันได้ไม่ดีกับ HDPE การกระจายตัวของ SAN-EPDM จึงไม่ดีเท่ากับ EVA

ค่าความแข็งที่ผิวของคอมพอสิตจะลดลง และมีค่าใกล้เคียงกันในทุก ๆ ระบบ เมื่อเพิ่มปริมาณของ SAN-EPDM หรือ EVA ดังแสดงในรูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่าความแข็งจะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณสารช่วยปรับปรุงแรงกระแทกแต่ไม่ขึ้นกับชนิด ทั้ง SAN-EPDM และ EVA มีสมบัติเป็นอีลาสโตเมอร์ จึงทำให้คอมพอสิตมีลักษณะที่นิ่ม

#### 4. สรุปผลการทดลอง

เปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมพอสิตระหว่างขวด HDPE และเส้นใยชานอ้อยที่เตรียมได้จากการใช้สารช่วยผสม 2 ชนิด คือ PE-g-AA และ PE-g-MAH ร่วมกับ

SAN-EPDM พบว่าให้ผลไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบสารช่วยปรับปรุงแรงกระแทก SAN-EPDM กับ EVA พบว่า EVA ให้ผลที่ดีกว่าแสดงว่าเข้ากับเมทริกซ์ได้ดีกว่าสมบัติด้านการยึดและทนแรงกระแทกสูงกว่า ด้วยเหตุนี้จึงไม่จำเป็นต้องเติมสารช่วยผสมชนิดอื่นลงไปในระบบคอมพอสิตนี้อีก ในการทดลองนี้ พบว่าค่าความทนแรงดึงและมอดูลัสยึดหยุ่นของพอลิเมอร์เปลี่ยนแปลงตามปริมาณสารช่วยปรับปรุงแรงกระแทก แต่ความสามารถในการดึงยึดและความทนแรงกระแทกขึ้นกับชนิดของสารช่วยปรับปรุงแรงกระแทก

#### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท TOA UNI CHEMICAL MANUFACTURING LTD. ที่เอื้อเฟื้อสารช่วยปรับปรุงความทนแรงกระแทกและสารช่วยผสมที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] Matthew, F.L., and Rawlings, R.D., **Composite Materials: Engineering and Science.** Capman & Chapman & Hall, London, 1994.
- [2] Richardson T., **Composites: A Design-Guide.** Industrial Press, New York, 1987.

[3] Raj, R. G., "The Influence of Coupling Agents on Mechanical Properties of Composites Containing Cellulosic Fillers".

**Polymer-Plastic Technology Engineering**, 29(4), 1990 pp. 339-353.

[4] Park, B.D., and Balatinecz, J.J., "Mechanical Properties of Wood-Fiber/Toughened Isotactic Polypropylene Composites. " **Polymer Composites**, 18 (1), 1997, pp. 79-89.

[5] Simpson, R.J., and Selke, S.E., "Composite Materials from Recycled Multilayer Polypropylene Bottles and Wood

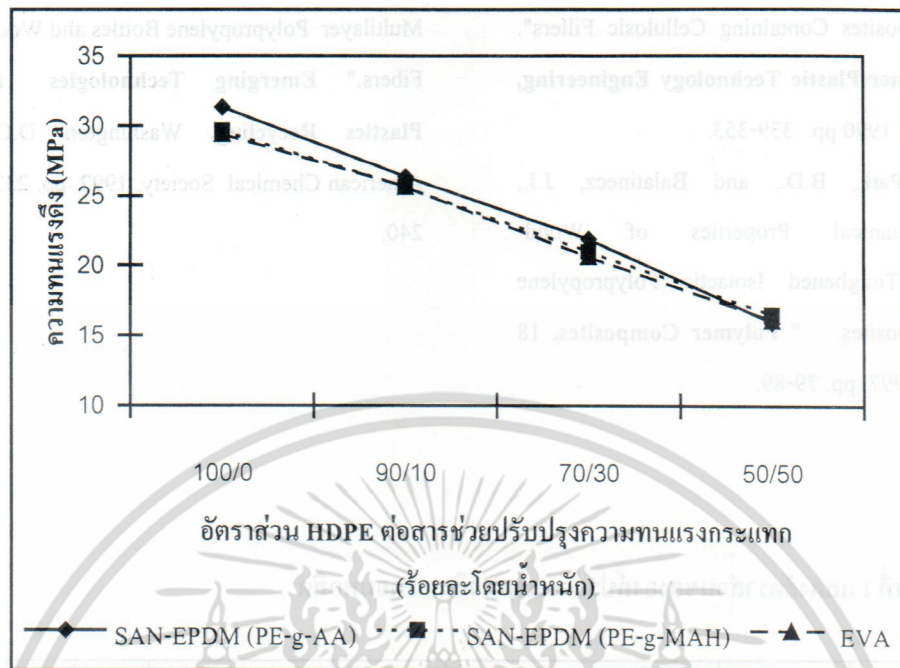
Fibers." **Emerging Technologies in Plastics Recycling**. Washington D.C., American Chemical Society, 1992. pp. 232-240.

ตารางที่ 1 แสดงอัตราส่วนขององค์ประกอบในพอลิเมอร์คอมพอสิต

Formular	Recycled HDPE	Impact modifier		Compatibilizer		Bagasses fiber
		SAN-EPDM	EVA	PE-g-AA	PE-g-MAH	
1	100	-	-	5	-	10
2	90	10	-	5	-	10
3	70	30	-	5	-	10
4	50	50	-	5	-	10
5	100	-	-	-	5	10
6	90	10	-	-	5	10
7	70	30	-	-	5	10
8	50	50	-	-	5	10
9	100	-	-	-	-	10
10	90	-	10	-	-	10
11	70	-	30	-	-	10
12	50	-	50	-	-	10

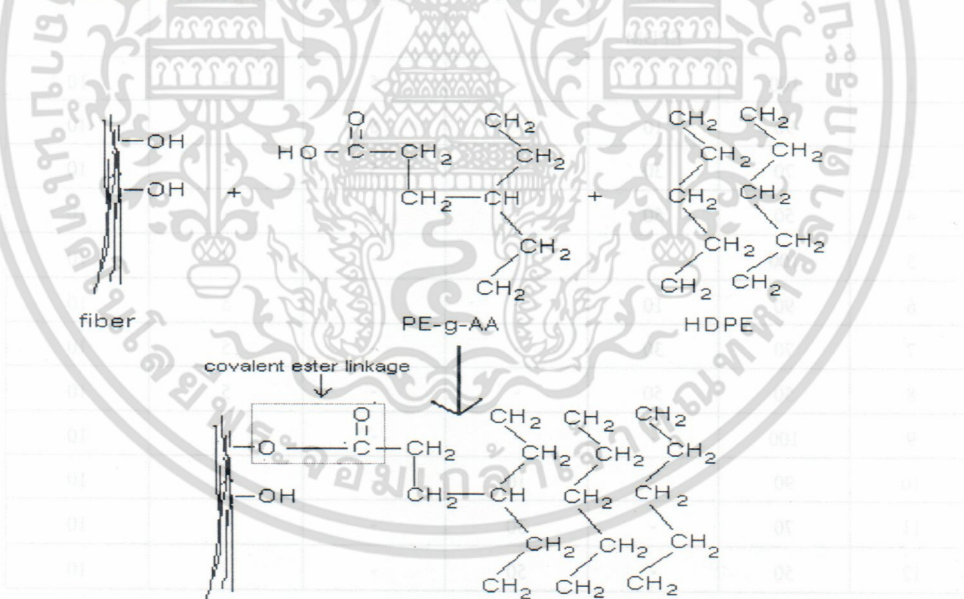
จัดพิมพ์โดยวารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง ปีที่ ๑๕ ฉบับที่ ๑๕ (๒๕๖๑) หน้า ๑๕-๑๖

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

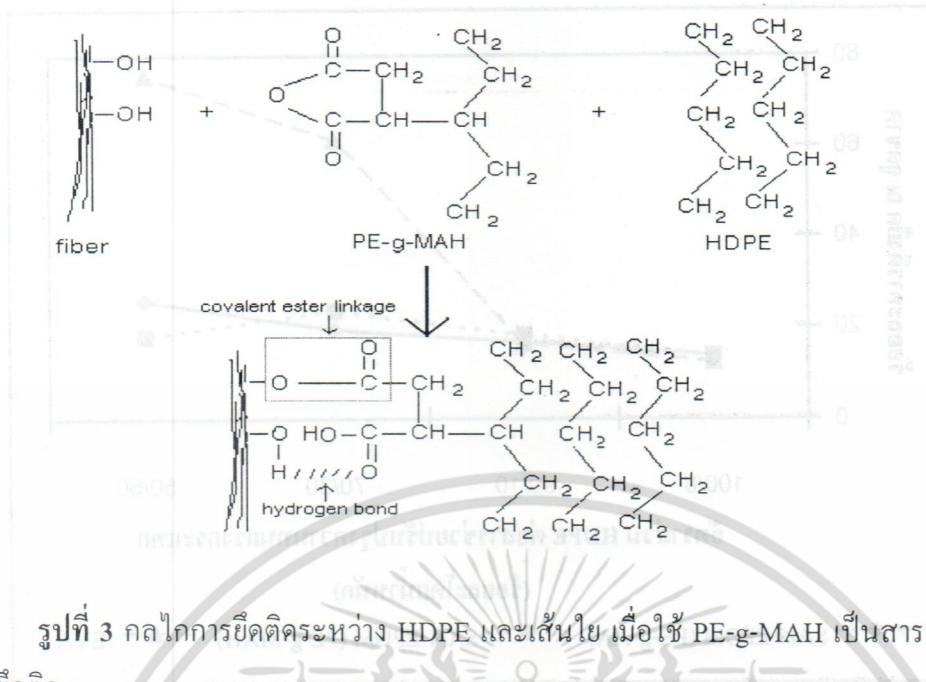


รูปที่ 1 ความทนแรงดึงของคอมพอสิต เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ HDPE ต่อสารช่วยปรับปรุง

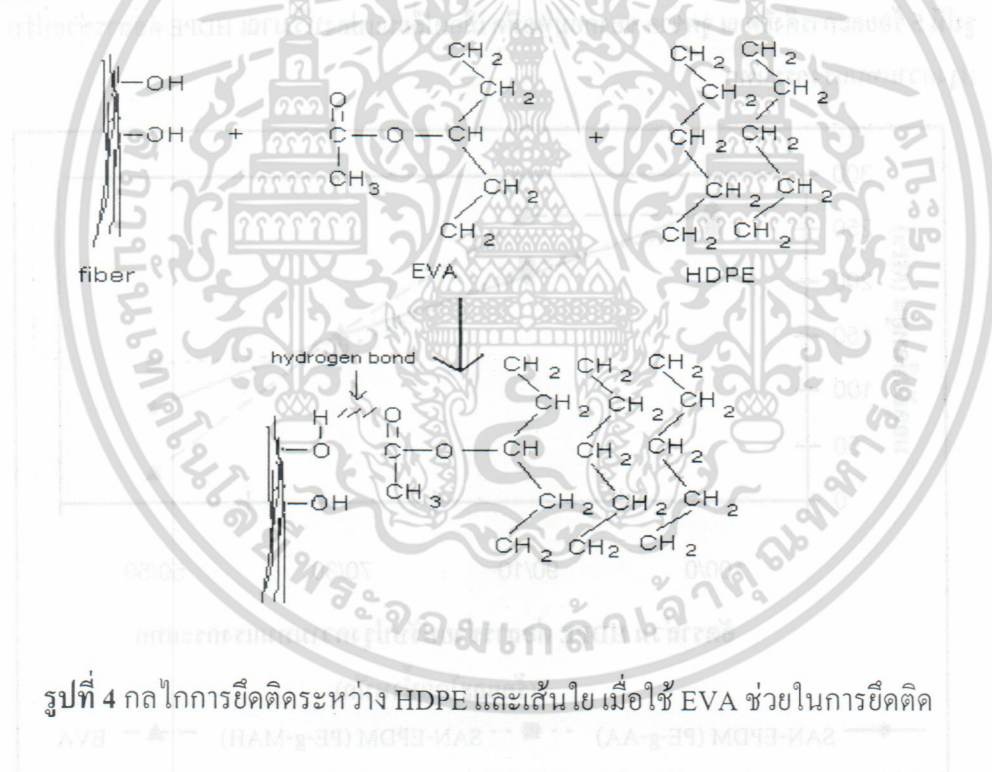
ความทนแรงกระแทก



รูปที่ 2 กลไกการยึดติดระหว่าง HDPE และเส้นใย เมื่อใช้ PE-g-AA เป็นสารช่วยยึดติด

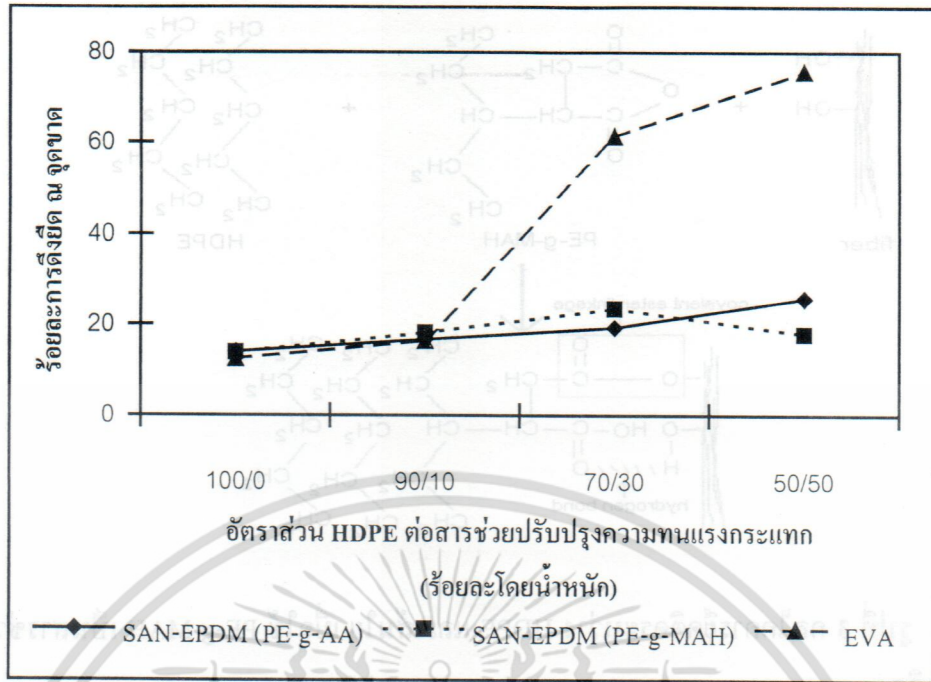


รูปที่ 3 กลไกการยึดติดระหว่าง HDPE และเส้นใย เมื่อใช้ PE-g-MAH เป็นสารช่วยยึดติด

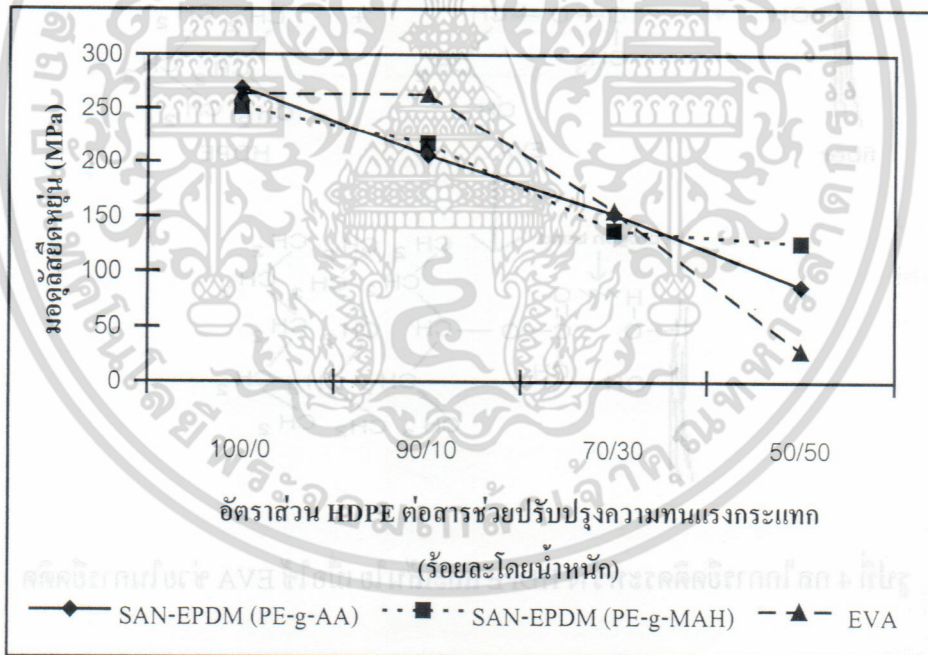


รูปที่ 4 กลไกการยึดติดระหว่าง HDPE และเส้นใย เมื่อใช้ EVA ช่วยในการยึดติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

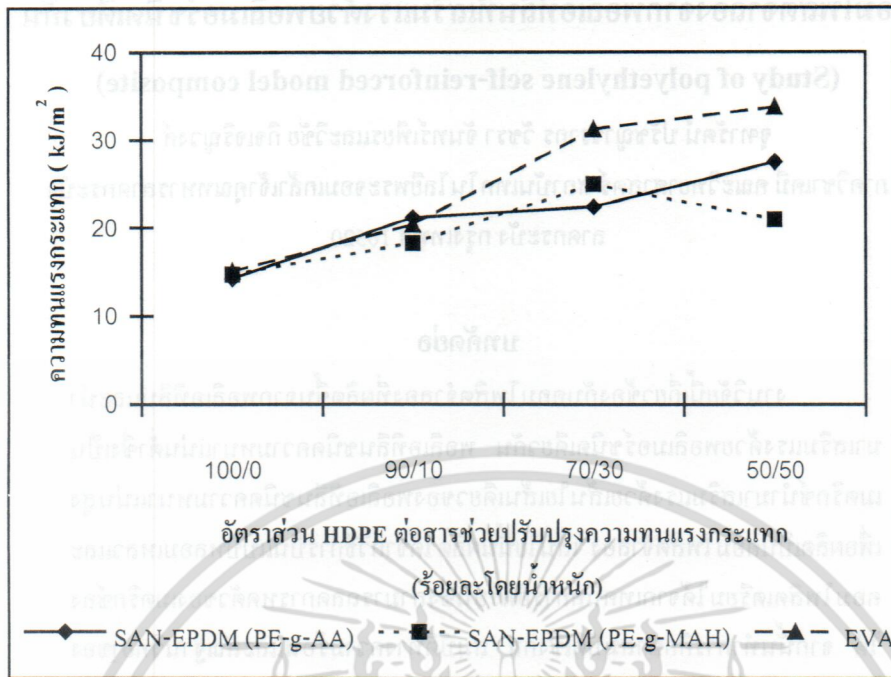


รูปที่ 5 ร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาด ของคอมพอสิต เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ HDPE ต่อสารช่วยปรับปรุงความทนแรงกระแทก

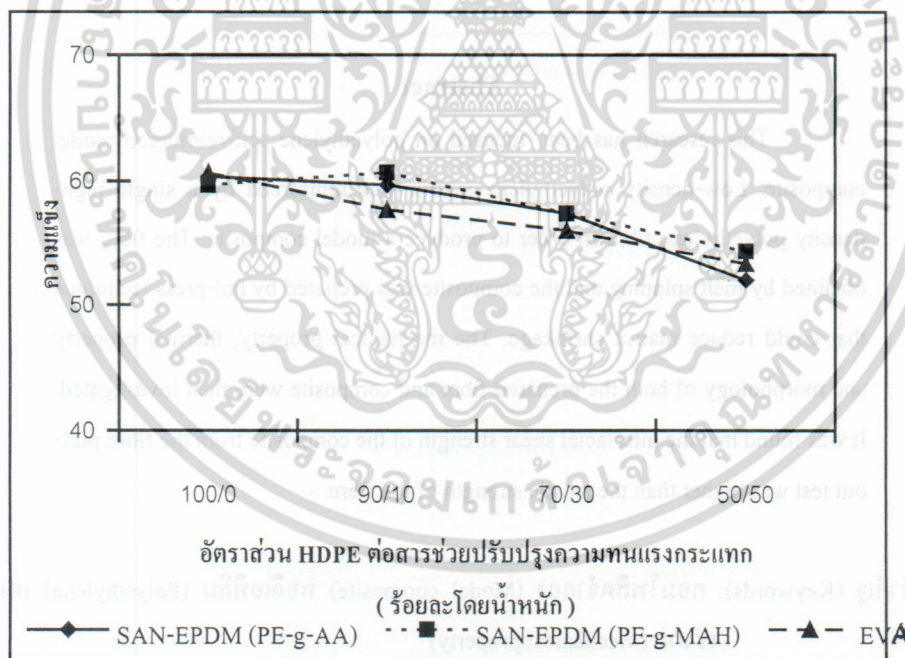


รูปที่ 6 มอดูลัสยืดหยุ่นของคอมพอสิต เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ HDPE ต่อสารช่วยปรับปรุง ความทนแรง กระแทก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 ความทนแรงกระแทกของคอมพอสิต เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ HDPE ต่อสารช่วยปรับปรุงความทนแรงกระแทก



รูปที่ 8 ความแข็งของคอมพอสิต เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ HDPE ต่อสารช่วยปรับปรุงความทนแรงกระแทก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้