

เศษพื้นยางอีวีเอที่ผสมกับยางอีพีดีเอ็มและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ EVA Waste of Rubber Soles Blended EPDM and LDPE

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี¹, อัญรัตน์ เกียรติเสรีกุล², วุฒิชัย ศรีจันทร์ทอง²

Saovanee Kovuttikulrangsie¹, Anyarat Kiattisarekul², Wuttichai Srichunthung²

บทคัดย่อ

เศษพื้นยางอีวีเอ (EVA, Ethylene vinyl acetate) จากกระบวนการผลิตพื้นรองเท้าแตะฟองน้ำในโรงงานมีปริมาณร้อยละ 20 ของแผ่นยางที่ผลิตได้ ซึ่งกลายเป็นของเสีย ขยะสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเศษพื้นยาง EVA กลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นสารตัวเติมในยางอีพีดีเอ็ม (EPDM, Ethylene propylene diene rubber) และใช้ผสมกับพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE, Low density polyethylene) ได้เป็นวัสดุยืดหยุ่นแบบเทอร์โมพลาสติก โดยการนำเศษยาง EVA มาบดก่อนให้มีขนาดเล็ก กรองผ่านตะแกรงขนาด 30 เมช แล้วนำมาใช้เป็นส่วนผสมยาง EPDM พบว่าการเพิ่มปริมาณของเศษยาง EVA ทำให้ยางคอมพาวนด์มีความหนืดเพิ่มขึ้น ยางคอมพาวนด์มีเวลาดูแลและเวลาการวัลคาไนซ์เร็วขึ้น ยางวัลคาไนซ์ด้วยระบบกัมมะถัน มีสมบัติของความแข็ง ความต้านทานต่อแรงดึง มอดุลัส มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่ความสามารถในการยืดมีค่าลดลง การนำยางคอมพาวนด์ EPDM ที่มีเศษยาง EVA เป็นสารตัวเติมผสมกับพลาสติก LDPE พบว่าพอลิเมอร์ที่ได้มีสมบัติเชิงกลและสมบัติความต้านทานต่อแรงกระแทก และความทนทานต่อความร้อนและการใช้งานดี ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์เบลนด์ มีการกระจายตัวในส่วนของวัสดุยืดหยุ่นค่อนข้างสม่ำเสมอ

คำสำคัญ : เศษของเสียใช้ใหม่ คอมพาวนด์ ยาง วัสดุยืดหยุ่นแบบเทอร์โมพลาสติก สมบัติเชิงกล

Abstract

EVA (Ethylene vinyl acetate) rubber soles wastes from footwear manufacture were produced at about 20% in process which were become environmental garbage waste. The objective of this work was to reuse of EVA rubber soles waste as filler in EPDM (Ethylene propylene diene rubber) and used for LDPE (Low density polyethylene) blends to become thermo-elastomer. The EVA scrap used was firstly ground and passed through a sieve sized of 30 mesh for loading into EPDM. It was found that increase loading of EVA waste gave the mooney viscosity of EPMD compounds increased and accelerated the scorch time and cure time properties. The hardness, tensile strength and modulus of EPDM vulcanizates increase as EVA scrap loading increase. In contrast, elongation at break significantly decreased with the amount of EVA. After filling EVA scrap of EPDM compounds into LDPE, It was found that the polymer obtained good impact strength and resistant to heat and aging properties. The polymer blended morphology was shown rather good distribution of elastomeric phase.

Keywords: Reuse, Compound, Rubber, Thermoplastic elastomer, Physical properties

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี 94000.

² นักศึกษาวิจัย, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี 94000

บทนำ

ยางรองเท้าฟองน้ำส่วนใหญ่ผลิตจาก EVA (Ethylene vinyl acetate) จากข้อมูลของศิริอร อิศรางกูร ณ อยุธยา¹ บริษัทศรีสาอางค์ ซัพพลายเออร์ จำกัดผู้ผลิตรองเท้าจากยาง EVA พบว่าบริษัทมีกำลังการผลิตรองเท้าประมาณ 5,000 – 15,000 คู่ต่อวัน มีเศษวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตไม่ต่ำกว่า 1 ตันต่อวัน หรือประมาณ 20% ของแผ่นยางที่ผลิตได้ทั้งหมด ทำให้แต่ละวันมียางที่เหลือใช้ และเศษวัสดุที่ต้องทิ้งเป็นจำนวนมากสำหรับยาง EPDM (Ethylene propylene diene rubber) เป็นยางสังเคราะห์ที่สามารถเติมสารตัวเติมได้ค่อนข้างมาก มีสมบัติทนทานต่อดินฟ้าอากาศและสภาพแวดล้อมการใช้งานได้ดี มีความทนทานต่อแสงแดด ความร้อน และโอโซน แต่ราคาค่อนข้างแพงดังนั้นการนำเศษยาง EVA มาบดและใช้ผสมในยาง EPDM ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิต และเกิดเป็นวัสดุยืดหยุ่นแบบเทอร์มอพลาสติก (Thermoplastic elastomer, TPE) โดยการผสมร่วมกับพลาสติกชนิด LDPE โดยวัสดุยืดหยุ่นแบบเทอร์มอพลาสติกเป็นเทคโนโลยีวัสดุที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นวัสดุใช้งาน และนำกลับมาแปรรูปใช้งานได้อีก ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของต้นทุนวัตถุดิบพอลิเมอร์วัสดุยืดหยุ่นแบบเทอร์มอพลาสติกเตรียมโดยการผสมพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีน² (Polypropylene, PP) ในยางธรรมชาติ พบว่าอุณหภูมิในการผสมจะต้องสูงกว่าอุณหภูมิมอดตัวของพลาสติก เพื่อให้พลาสติกหลอมและไหลเข้ากับบางได้ดี และการเอายางออกจากเบ้าที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิมอดตัวของพอลิเมอร์ผสม มีการศึกษาพอลิเมอร์เบลนด์³ LDPE/ EPDM สัดส่วนผสมที่อุณหภูมิ 150°C ด้วยเครื่องผสมแบบเปิดด้วยความเร็วลูกกลิ้ง 19 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที และใส่สารเพิ่มการยึดติดประเภทฟีนอลิกเรซิน (SP-1068) ได้วัสดุยืดหยุ่นแบบเทอร์มอพลาสติกที่มีสมบัติเชิงกลดีขึ้นตามปริมาณ LDPE ที่เพิ่มขึ้น มีการนำชิ้นส่วนโฟม EVA จากส่วนที่ลดหรือดูดซับแรงกระแทก (midsole) และบริเวณของพื้นรองเท้าด้านล่างที่สัมผัสพื้น (outsole) ของรองเท้ากีฬา⁴ ที่มีส่วนผสมยางธรรมชาติ (NR) ผสมยางสไตรีนบิวทาไดอีน (SBR) และยางบิวทาไดอีน (BR) ตามลำดับ นำมาบดเป็นผงยาง แล้วผสมกับพอลิโพรพิลีน พบว่าสมบัติความทนทานต่อการกระแทกดีขึ้น ค่าความต้านทานต่อแรงดึงมีค่าลดลงเล็กน้อยและระยะยืดจนขาดมีค่าลดต่ำลง ส่วนการนำยางผง (crumb rubber, CRM) มาผสมกับขวดน้ำพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการใช้งานแล้ว⁵ พบว่าสามารถใช้ทำเป็นวัสดุค้ำหลังคา โดยอัตราส่วน CRM / PP-r 60/40 ให้สมบัติเชิงกลที่ดีที่สุด แต่สมบัติที่ได้ไม่ผ่านค่ามาตรฐานของการทำวัสดุค้ำหลังคาจากวัสดุรีไซเคิล (ASTM D638) ส่วนการผสมยางสังเคราะห์ EPDM และยางธรรมชาติ

ทำให้พอลิเมอร์ที่มีสมบัติเชิงกลดีขึ้น ความต้านทานต่อแรงดึง ความแข็ง และความต้านทานต่อแรงกระแทกที่ดี ผ่านมาตรฐาน ASTM D638

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเศษยาง EVA จากโรงงานอุตสาหกรรม (บริษัทศรีสาอางค์ ซัพพลายเออร์) กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ด้วยการนำเศษยาง EVA ผสม EPDM และทำเป็นวัสดุยืดหยุ่นแบบเทอร์มอพลาสติกโดยการผสมเศษยาง EVA / EPDM คอมพาวนด์กับพลาสติกชนิด LDPE ทำให้ได้วัสดุยืดหยุ่นแบบเทอร์มอพลาสติกที่มีสมบัติเชิงกลและทนทานต่อการใช้งาน

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ

เศษพื้นยางอีวีเอ (EVA) ที่เหลือใช้จากบริษัท ศรีสาอางค์ ซัพพลายเออร์ จำกัด นำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 30 เมช, LDPE เกรด 4324JJ (Rayong Thailand), ยาง EPDM เกรด 7001, ซิงค์ออกไซด์ (Global Chemical), กรดสเตียริก (Imperial Chemical), TMTM และ MBT (Flexsys Rubber Chemical) และ กัมมะถัน (Ajax Chemical)

อุปกรณ์

เครื่องผสมยางสองลูกกลิ้ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว (บริษัทชัยเจริญ) ใช้ผสมยาง EPDM กับเศษยาง EVA และสารเติมแต่งต่างๆ, เครื่องบราเบนเดอร์ พลาสติกคอคเตอร์ (Brabender Plasticorder) (บริษัท เจริญทัศน์) ใช้สำหรับผสมยางคอมพาวนด์ EPDM กับพลาสติก LDPE, เครื่องวัดความหนืดมูนี่ (บริษัท SPRL) เครื่องวัดลักษณะการวัลคาไนซ์ (ODR) (บริษัทมอนชันโต), เครื่องบดพลาสติก ใช้บดพลาสติกให้มีขนาดเล็กก่อนนำไปใส่ในเครื่องฉีดพลาสติก เครื่องฉีดเทอร์มอพลาสติก รุ่น TII-90F, เครื่องทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง (Tensometer) รุ่น H 10KS (บริษัท Hounsfield Test Equipment), เครื่องทดสอบความแข็งแบบ Durometer shore A (บริษัท O.M.A.G.)

วิธีการ

1. การเตรียมยางคอมพาวนด์

เตรียมบดและผสมยาง EPDM กับเศษยาง EVA และสารเติมแต่งอื่นๆ บนเครื่องผสมสองลูกกลิ้ง โดยแปรปริมาณของเศษยาง EVA ที่ระดับ 0, 50, 100, 150, 200 และ 300 phr (part per 100 of rubber) สูตรส่วนผสมหลักของยาง EPDM ประกอบด้วย EPDM-100, ซิงค์ออกไซด์ 5, กรดสเตียริก 1, TMTM 1, MBT 0.5 และ กัมมะถัน 1 phr ที่อุณหภูมิ 70±2°C เป็นเวลา 20 นาที

เตรียมยางคอมพาวนด์ EPDM ที่มีเศษยาง EVA ผสมกับพลาสติกชนิด LDPE โดยการนำคอมพาวนด์ของยาง EPDM ที่ผสมกับเศษยาง EVA ด้วยระบบการวัลคาไนซ์แบบกัมมะถัน แล้วนำมาผสมกับพลาสติกชนิด LDPE ในเครื่องผสมแบบปิด บราเวนเดอร์พลาสติกคอคเคเตอร์ ความเร็วโรเตอร์ 60 รอบต่อนาที ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ 180 °C ใช้เวลาในการผสม 8 นาที

2. การทดสอบสมบัติ

สมบัติยางคอมพาวนด์ที่ทดสอบ มีดังนี้

2.1 ความหนืดมูนี่ โดยการตัดยางคอมพาวนด์เป็นชิ้นสี่เหลี่ยมมีน้ำหนักประมาณ 25 กรัม จำนวน 2 ชิ้นต่อการทดสอบหนึ่งครั้ง ใช้อุณหภูมิ 125 °C อุณหภูมิ 1 นาที ทดสอบ 4 นาที

2.2 ลักษณะการวัลคาไนซ์ ทำการทดสอบโดยใช้ยางคอมพาวนด์ประมาณ 10 กรัม ทดสอบด้วยเครื่อง ODR (Oscillating disk rheometer) ที่อุณหภูมิ 180 °C ระยะเวลาทดสอบ 30 นาที

2.3 สมบัติเชิงกลก่อนและหลังบ่มเร่ง ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งสมบัติเชิงกลของยางวัลคาไนซ์ ได้แก่ สมบัติความแข็ง ทดสอบด้วยเครื่อง Hardness Durometer ตามมาตรฐาน ASTM D2240 ความต้านทานต่อแรงดึง ค่ามอดุลัส และความสามารถในการยืดจนขาด ทดสอบด้วยเครื่อง Universal Tensometer ตามมาตรฐาน ASTM D412 ใช้ชิ้นทดสอบยางวัลคาไนซ์ และตัดเป็นรูปดัมเบล (die C) มีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร การทดสอบที่อุณหภูมิห้อง (25±2 °C) ตั้งค่าความเร็วในการดึง 500 มิลลิเมตรต่อนาที ทดสอบสมบัติเชิงกลยางวัลคาไนซ์ เพื่อทำนายการใช้งานโดยการบ่มเร่งขึ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และ สมบัติการทนกระแทก ทดสอบด้วยเครื่อง Notcher รุ่น 899 ของบริษัท Tinius Olsen ประเทศอังกฤษ

2.4 ลักษณะสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์เบลนด์ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM, Scanning Electron Microscope) รุ่น JSM-5800LV, JEOL เพื่อดูลักษณะการกระจายตัวของพอลิเมอร์ โดยนำชิ้นทดสอบมาแช่ในไนโตรเจนเหลว แล้วหักชิ้นทดสอบเพื่อให้เกิดผิวใหม่ จากนั้นนำไปสกัดด้วยไซลีน เป็นเวลา 10 นาที เพื่อสกัดเอาเฟสของพลาสติกออก นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 40 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการเคลือบทอง แล้วนำไปส่องด้วยเครื่อง SEM ที่กำลังขยาย 3500 เท่า

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติของยางคอมพาวนด์

ยางคอมพาวนด์ EPDM ใส่เศษยาง EVA ปริมาณต่างๆ (0, 50, 100, 150, 200 และ 300 phr) พบว่าความหนืดของยางคอมพาวนด์มีค่าเพิ่มขึ้น ก่อนข้างสม่ำเสมอที่ระดับต่ำกว่า 150 phr ค่าความหนืดมูนี่มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 2 หน่วยมูนี่ ต่อเศษยาง EVA 5 phr ส่วนการใส่เศษยาง EVA ที่ระดับ 150 phr ขึ้นไปค่าความหนืดมูนี่จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่ต่ำกว่า (Figure 1) ซึ่งค่าความหนืดของยางคอมพาวนด์จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความยากง่ายในการไหลของยาง ดังนั้นหากนำยางที่มีความหนืดสูงมาแปรรูปยาง ด้วยวิธีการอัดเบ้าหรือฉีดยางเข้าเบ้าพิมพ์ จำเป็นต้องปรับระดับความดันที่ใช้ให้สูงขึ้นกว่ายางที่มีความหนืดต่ำ หรือต้องปรับส่วนผสมของสารเคมียางที่ใช้ในยางคอมพาวนด์

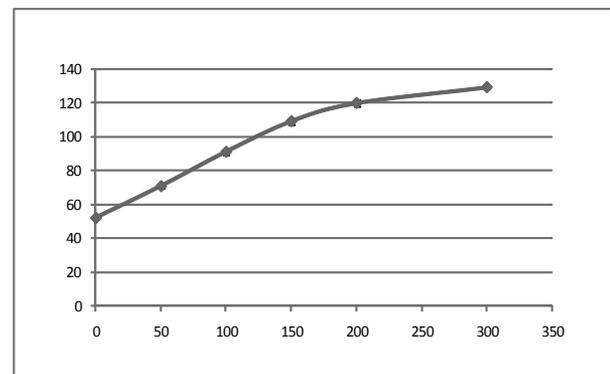


Figure 1 Mooney viscosity of various EVA scraps blended EPDM compounds.

ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางคอมพาวนด์ EPDM ที่ใส่เศษยาง EVA ปริมาณต่างๆ พบว่าค่าทอร์ก ช่วงระยะเวลา 1-2 นาทีที่มีค่าแปรผันตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณเศษยาง EVA ที่มีอยู่ในยางคอมพาวนด์ มีลักษณะเดียวกับค่าความหนืดของยางที่ตรวจสอบด้วยเครื่องความหนืดมูนี่ แต่ค่าทอร์กที่เพิ่มขึ้นในเวลามากกว่า 5 นาทีขึ้นไปมีค่าแปรผันกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณเศษยาง EVA ในยางคอมพาวนด์ เนื่องจากเศษยาง EVA จะแทรกอยู่ระหว่างโครงสร้างโมเลกุลของยาง การเชื่อมโยงของพันธะโมเลกุลด้วยกัมมะถันต่อหน่วยน้ำหนักโมเลกุลของยางจะมีค่าลดต่ำลง ค่าทอร์กที่ตรวจสอบด้วยเครื่อง ODR จึงมีค่าลดต่ำลง ดังแสดงใน Figure 2

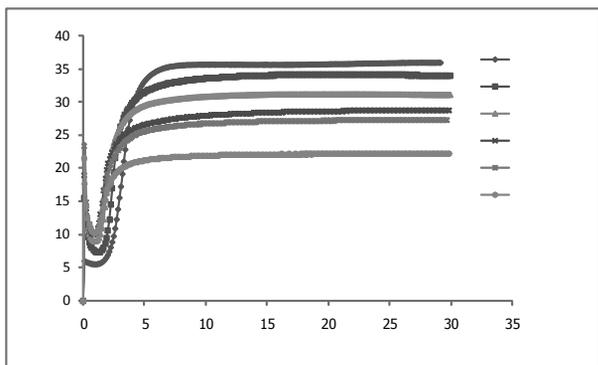


Figure 2 The ODR curing characteristic of various EVA scraps blended EPDM

Figure 2 จะเห็นว่า หลังการวัลคาไนซ์ยางคอมพาวนด์ EPDM แล้ว ค่าทอร์กในช่วงเวลา 10-30 นาทีที่มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่าการนำยางที่วัลคาไนซ์แล้วไปใช้งาน หรือการอบยางให้วัลคาไนซ์เต็มที่ ยางจะมีสมบัติเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

2. สมบัติยางวัลคาไนซ์

ยาง EPDM เชื่อมขวางด้วยกำมะถัน มีความแข็ง 58+1 shore A การใส่เศษยาง EVA ทำให้ความแข็งของยางจะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยการผสมเศษยาง EVA ในยางคอมพาวนด์ EPDM ที่ระดับน้อยกว่า 150 phr พบว่า เศษยาง EVA ปริมาณ 9 ส่วน ทำให้ความแข็งของยางวัลคาไนซ์เพิ่มขึ้น 1 shore A หากส่วนผสมของเศษยาง EVA มากขึ้นกว่า 150 phr ความแข็งของยางจะมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Figure 3)

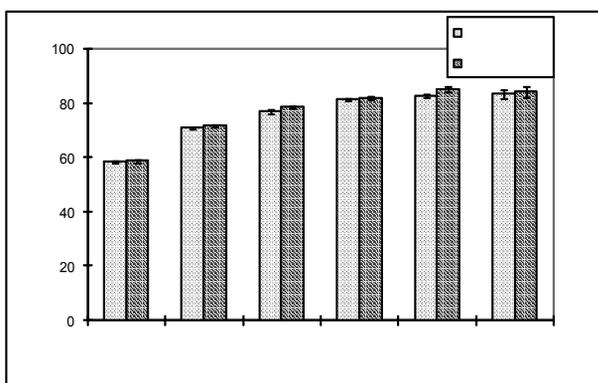


Figure 3 Hardness of various EVA scraps blended EPDM (before and after aging at 100°C for 24 hrs.)

การบ่มเร่งยางที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีผลทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้นน้อยมาก ประมาณ 1 shore A

สมบัติมอดูลัสของยางวัลคาไนซ์ EPDM ใส่เศษยาง EVA ปริมาณ 0, 50, 100, 150, 200 และ 300 phr ที่ระยะยืด 100% และ 300 % พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเศษยาง EVA อย่างไรก็ตามการใส่เศษยาง EVA ในปริมาณสูง (300 phr) มีผลทำให้ค่ามอดูลัสของยางลดต่ำลง เนื่องจากเศษยาง EVA ที่ใส่ลงไปในช่วงคอมพาวนด์ EPDM ทำหน้าที่เป็นสารตัวเติม ไม่มีพันธะเชื่อมโยงเกิดขึ้น ทำให้ปริมาณพันธะเชื่อมโยงในโครงสร้างโมเลกุลของยางลดน้อยลง ส่งผลให้แรงที่ใช้ในการยืดระยะที่กำหนดมีค่าลดน้อยลงด้วย นอกจากนี้การบ่มเร่งยางที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีผลทำให้สมบัติ 100% และ 300% มอดูลัสของยางมีค่าเพิ่มขึ้น (Figure 4) เนื่องจากกำมะถันอิสระเหลืออยู่ในยางช่วงที่บ่มเร่งเกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลขึ้น จึงทำให้ยางวัลคาไนซ์มีความแข็งแรงขึ้น ส่งผลให้ 100% และ 300% มอดูลัสของยางมีค่าเพิ่มขึ้น

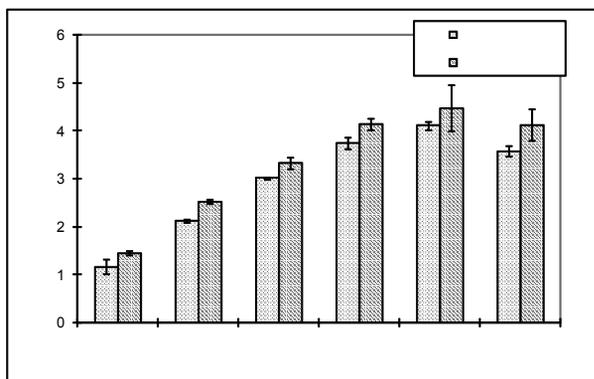


Figure 4 Modulus of various EVA scraps blended EPDM (before and after aging at 100°C for 24 hrs.)

สมบัติความต้านทานต่อแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ EPDM ความต้านทานต่อแรงดึงมีค่าค่อนข้างต่ำ (3-4 MPa) การใส่เศษยาง EVA ที่ผสมลงไป มีผลทำให้ความต้านทานต่อแรงดึงมีค่าเพิ่มสูงขึ้น (Figure 5) โดยปริมาณของเศษยาง EVA ที่ผสมลงไปปริมาณค่าสูงสุดที่ทำให้ความต้านทานต่อแรงดึงเพิ่มสูงขึ้นคือ 200 phr นั่นคือ การใส่เศษยาง EVA เพิ่มปริมาณเป็น 300 phr มีผลทำให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึงลดต่ำลง เนื่องจากเศษยาง EVA ที่มีปริมาณมากเกินไปจะไปแทรกอยู่ระหว่างโครงสร้าง ทำให้ความแข็งแรงของพันธะเชื่อมโยงลดต่ำลง ดังนั้นเมื่อออกแรงดึงยางให้ยืดออก จึงมีผลทำให้ยางขาดเร็วขึ้น และแรงที่ใช้ในการดึงยางให้ขาดต่อหน่วยพื้นที่มีค่าลดต่ำลง ซึ่งจะส่งผลให้ค่าระยะยืดจนขาดของยางลดต่ำลงด้วย หลังบ่มเร่งยางวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีผลทำให้สมบัติ ความต้านทาน



ต่อแรงดึง และระยะยืดจนขาดของยางลดต่ำลง เนื่องจากโมเลกุลของยางถูกออกซิไดซ์ พันธะเชื่อมโยงในโครงสร้างโมเลกุลของยางเสื่อมลง ยางจึงขาดเร็วขึ้น ทำนองเดียวกันยางวัลคาไนซ์ EPDM ใส่เศษยาง EVA ปริมาณเพิ่มขึ้น (น้อยกว่า 200 phr) สมบัติระยะยืดจนขาดมีการเปลี่ยนแปลงลดน้อยลง เช่นเดียวกับความต้านทานต่อแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ EPDM ทั้งก่อนและหลังการบ่มแรงที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

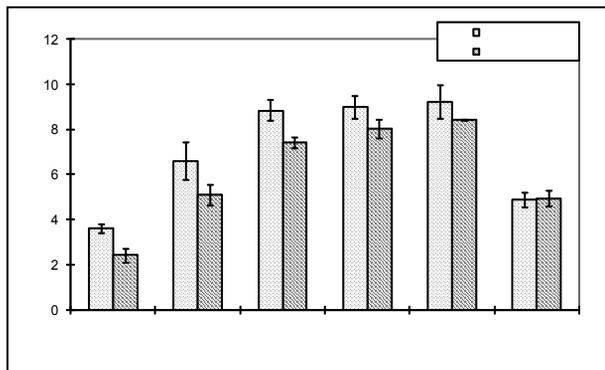


Figure 5 Tensile strength of various EVA scraps blended EPDM (before and after aging at 100°C for 24 hrs.)

3. สมบัติวัสดุยืดหยุ่นแบบเทอร์โมพลาสติก

ยางคอมพาวนด์ EPDM ใส่สารตัวเติมเศษยาง EVA ปริมาณ 200 phr นำมาผสมกับพลาสติก (LDPE) 3 อัตราส่วน คือ 30/70, 50/50 และ 70/30 แล้วนำมาฉีดด้วยเครื่องฉีดเทอร์โมพลาสติก (Plastic Injection Moulding Machine) ได้พอลิเมอร์ที่มีสมบัติเป็นวัสดุยืดหยุ่นแบบเทอร์โมพลาสติก (TPE) พบว่า TPE มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นตามปริมาณ LDPE ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก LDPE เป็นพอลิเมอร์ชนิดเทอร์โมพลาสติก มีความแข็งแรงที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้นการใส่ LDPE ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นในยางคอมพาวนด์ EPDM ที่มีสารตัวเติมเศษยาง EVA ผสมอยู่ จึงส่งผลให้พอลิเมอร์ที่ได้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับการบ่มแรงวัสดุยืดหยุ่นแบบเทอร์โมพลาสติกที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีผลทำให้ความแข็งแรงลดลง 1-2 shore A เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลพอลิเมอร์เสื่อมสภาพ แต่กรณีนี้ LDPE มีสัดส่วนผสมต่ำ เช่น ยางคอมพาวนด์ EPDM/LDPE เท่ากับ 70/30 พบว่า ความแข็งแรงหลังการบ่มแรงจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากพอลิเมอร์ในส่วนของอีลาสโตเมอร์ (EPDM) มีการเกิดพันธะระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้น ส่วนยางคอมพาวนด์ EPDM ไม่ใส่เศษยาง EVA นำมาผสมกับ LDPE ที่สัดส่วนผสม 50/50 สามารถเตรียมเป็นวัสดุยืดหยุ่นแบบเทอร์โมพลาสติกที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (<1 shore A) ส่วนความทนต่อ

ดินฟ้าอากาศเป็นเวลา 30 วัน ให้ผลความแข็งแรงเปลี่ยนแปลงทำนองเดียวกัน ดังแสดงใน Figure 6

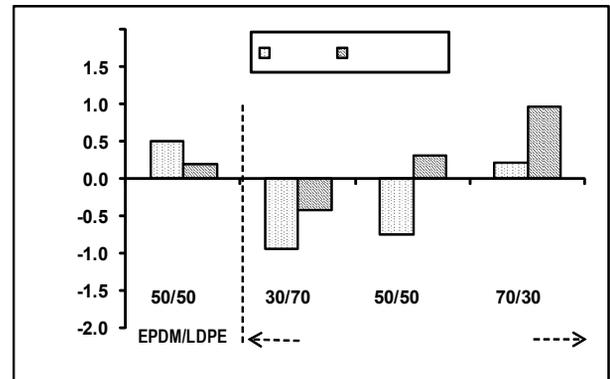


Figure 6 Change in hardness of EPDM/LDPE and EVA scrap filled EPDM compounds/LDPE blended (after hot air aging at 100°C for 24 hrs. and weathering for 30 days)

สมบัติความต้านทานต่อแรงดึงของ TPE มีค่าค่อนข้างต่ำ (<10 MPa) และที่สัดส่วนผสมยางคอมพาวนด์ EPDM/LDPE เท่ากับ 50/50 มีค่าความต้านทานต่อแรงดึงต่ำที่สุด สมบัติความต้านทานต่อแรงดึง จะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 1 MPa ที่สัดส่วนการผสม EPDM/LDPE เท่ากับ 70/30 ซึ่งเป็นสัดส่วนเดียวกับความแข็งแรงของยางหลังการบ่มมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากส่วนของอีลาสโตเมอร์ (EPDM) มีกำมะถันอิสระที่ทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยง พอลิเมอร์จึงมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

สัดส่วนการผสม EPDM/LDPE 30/70 50/50 และ 70/30 พบว่า TPE มีสมบัติระยะยืดจนขาดมีค่าต่ำกว่า 100% อย่างไรก็ตาม หลังการบ่มแรงที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า TPE ที่สัดส่วนการผสม EPDM/LDPE เท่ากับ 70/30 มีค่าระยะยืดจนขาดเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการบ่มแรงทำให้ส่วนของ LDPE มีความแข็งแรงลดลง ส่วนของอีลาสโตเมอร์ (EPDM) ที่มีอยู่จึงมีผลทำให้ยืดได้มากขึ้น ดังนั้นหากนำเศษยาง EVA ที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรม มาใช้เป็นส่วนผสมในวัสดุยืดหยุ่นแบบเทอร์โมพลาสติก แล้วนำมาแปรรูปที่อุณหภูมิสูง (>100°C) จะได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถลดต้นทุนการผลิต และสามารถลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากเศษยาง EVA ที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมได้

ส่วนสมบัติความต้านทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์เบลนด์ ค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของยางคอมพาวนด์ EPDM ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเฟสของยางจะมีสมบัติที่นิ่มและยืดหยุ่นกว่าเฟสของ

พลาสติก เฟสยางสามารถทนแรงกระแทกได้ดีกว่าเฟสของพลาสติก ดังนั้นพอลิเมอร์ผสมที่มีอัตราส่วนของยางคอมพาวนด์ EPDM มากจึงมีความต้านทานต่อแรงกระแทกดีกว่าพอลิเมอร์ผสมที่มีอัตราส่วนของยางคอมพาวนด์ EPDM น้อย

4. ตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยา

ลักษณะการกระจายตัวของยางคอมพาวนด์ EPDM ที่เติมสารตัวเติมเศษยาง EVA ปริมาณ 200 phr ที่สัดส่วนการผสม EPDM / LDPE = 70/30 หลังจากที่ถูกตัดส่วนของพลาสติกออกจากด้วยตัวทำละลายไซลีนเป็นเวลา 10 นาทีและอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยเครื่อง SEM กำลังขยาย 3500 เท่า (Figure 7) ส่วนของยาง EPDM มีการกระจายตัวที่ค่อนข้างเล็กและสม่ำเสมอ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าการนำยางคอมพาวนด์ EPDM ใส่สารตัวเติมเศษยาง EVA มาผสมกับพลาสติก แล้วแปรรูปด้วยการฉีดเข้าเบ้าจะได้สมบัติเชิงกลที่ดีและสามารถนำมาแปรรูปใหม่ได้อีก

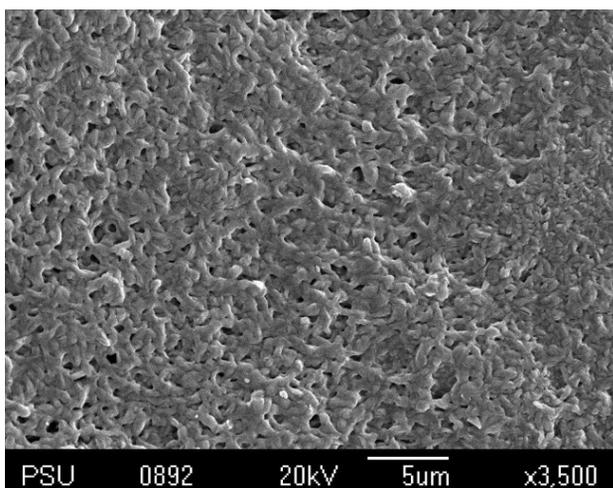


Figure 7 SEM micrograph of EVA scraps filled EPDM compound /LDPE 70/30 blended

สรุป

เศษพื้นยาง EVA ที่เหลือจากอุตสาหกรรมผลิตรองเท้า สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในรูปแบบสารตัวเติมในยาง EPDM ปริมาณของเศษยาง EVA ที่ทำให้สมบัติต้านเชิงกลดีที่สุด คือ 200 phr สำหรับสัดส่วนการผสมยางคอมพาวนด์ EPDM / LDPE ที่เหมาะสม คือ 70/30 เพราะทำให้ได้วัสดุยืดหยุ่นแบบเทอร์โมพลาสติกที่มีสมบัติเชิงกลและทนทานต่อการใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรมโครงการโครงการอุตสาหกรรมและวิจัย ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ศิริอร อิศรางกูร ณ อยุธยา. บริษัท ศรีสำอางค์ ซัพพลายเออร์ จำกัด 20/1 ถนนกิ่งแก้ว อ. บางพลี จ. สมุทรปราการ; 2552.
- สุธีรา จันท์สุขศรี. การศึกษาการผสมโพลีเอทิลีน และโพลีโพรพิลีนในยางธรรมชาติ วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปัตตานี; 2535.
- Modan R Y, Desai R D. Effect of Resin Content in EPDM / Low-Density Polyethylene Blends on Their Mechanical Properties. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology, 2013; 2(2): 581-587.
- Phinyocheep P, Axtell F H, Laosee T. Influence of Compatibilizers on Mechanical Properties, Crystallization and Morphology of Polypropylene/scrap Rubber Dust Blends. Journal Applied Polymer Science, 2002; 86(1):148-159.
- จักรพงษ์ รักษาพรหมณ์. การเตรียมวัสดุผสมหลังคาจากยางขยะและพลาสติกกรีไซเคิล วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปัตตานี; 2549.