

ผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้ง จากโรงงานอุตสาหกรรม

Floor Tiles Made from the Mixture of Para rubber and Plastic Wastes from Factories

วิหาร ดีปัญญา^{1/} และกิตติพงษ์ สุวีโร^{2/}

Wiharn Deepanya^{1/} and Kittipong Suweero^{2/}

^{1/} คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ 10800

^{1/} Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok 10800, Thailand

^{2/} หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล จ.ปทุมธานี 12110

^{2/} Technology Licensing Office of Rajamangala University of Technology, Pathum Thani 12110, Thailand

(Received 5 November 2015; Accepted 8 April 2016)

Corresponding author: siam_macho@hotmail.com

Abstract: This research aims to develop floor tiles by mixing para rubber with ethylene vinyl acetate plastic wastes (EVA plastics) from factories. The study uses para-rubber STR 20 at 100 phr with various contents of EVA plastics (e.g. 0, 5, 10, 20, 40, and 80 phr) and then mixed with chemical substances at constant ratios including zinc oxide at 5 phr, stearic acid at 2 phr, sulfur at 3 phr, mercaptobenzothiazole at 0.5 phr and diphenylguanidine at 0.2 phr. The samples are ground by two-roll mill and formed by compression molding at 150 degrees Celsius into 30x30x0.2 cm tiles. The properties of the para-rubber floor tiles are tested under ASTM standards. From the results, it is found that the para-rubber mixed with 10 phr of EVA plastics floor tiles is the suitable ratio for producing rubber floor tiles and rubber wall tiles in buildings. This ratio increases hardness and wear resistance properties and decreases density and thermal insulation properties when compared with the para-rubber floor tiles without EVA plastic.

Keywords: Para-rubber, ethylene vinyl acetate plastic waste, floor tile, wall tile

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้ง (พลาสติกอีวีเอ) จากโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้ยางพาราแท้ STR20 ในปริมาณเท่ากับ 100 phr ต่อพลาสติกอีวีเอที่ย่อยผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ในปริมาณ 0, 5, 10, 20, 40, และ 80 phr ตามลำดับ ผสมปริมาณสารเคมีในอัตราส่วนคงที่ ประกอบด้วย ซิงค์ออกไซด์ เท่ากับ 5 phr กรดสเตียริก เท่ากับ 2 phr กำมะถัน เท่ากับ 3 phr เมอร์แคปโทเบนโซไทอาโซล เท่ากับ 0.5 phr ไดฟีนิลกวานิดีน เท่ากับ 0.2 phr ทำการบดผสมด้วยเครื่องบดแบบสองลูกกลิ้ง แล้วอัดขึ้นรูปด้วยวิธีอัดแบบร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ได้แผ่นยางขนาด 30x30x0.2 เซนติเมตร ทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน ASTM พบว่า

กระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ อัตราส่วน 10 phr มีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับนำไปปูพื้นและตกแต่งผนังอาคาร เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงและความต้านทานการสึกหรอที่มากขึ้น ส่วนความหนาแน่นและสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าต่ำลง เมื่อเทียบกับกระเบื้องยางพาราที่ไม่มีพลาสติกอีวีเอ

คำสำคัญ: ยางพารา, เศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท, กระเบื้องปูพื้น, กระเบื้องปูผนัง

คำนำ

จากการสนับสนุนให้เพาะปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของรัฐบาล ทำให้ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกยางพารามากเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก มีเนื้อที่ปลูกมากกว่า 12.3 ล้านไร่ คิดเป็นผลผลิต 2.4 ล้านตันต่อปี (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2548) ในขณะเดียวกันประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และจีนก็เริ่มเพาะปลูกยางพารามากขึ้น ซึ่งปริมาณยางพาราที่เพิ่มขึ้นนี้ ส่งผลให้ราคายางพาราตกต่ำ (สถาบันวิจัยยาง, 2556) ทำให้ต้องมีการแปรรูปยางพาราเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้น เพื่อรักษาและเพิ่มเสถียรภาพราคายางพาราได้ แผ่นกระเบื้องยางเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีผู้ต้องการใช้งานมาก เนื่องจากสามารถใช้งานได้หลากหลาย เช่น การปูพื้นกันลื่น การบุผนังเพื่อความสวยงาม การหุ้มเป็นฉนวนไฟฟ้าให้เครื่องจักร และการบุในบริเวณที่ต้องการป้องกันการกระแทกเป็นต้น ปูบนพื้นผิวต่าง ๆ ได้ง่ายด้วยกาวยาง เช่น พื้นคอนกรีต พื้นหินขัด พื้นไม้เก่าหรือใหม่ เป็นต้น (พงศ์พันธ์, 2540) แต่การนำยางพารามาผลิตเป็นกระเบื้องยางจำเป็นต้องเติมสารเคมี และวัสดุต่าง ๆ เพื่อให้กระเบื้องยางที่ได้มีคุณสมบัติตามต้องการ และมีต้นทุนที่ไม่สูงเกินไปเมื่อเทียบกับแผ่นกระเบื้องยางสังเคราะห์ ทั้งนี้ จึงต้องมีการหาสารเคมี และวัสดุมาเพิ่มเติม ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทหรืออีวีเอ (ethylene vinyl acetate, EVA) มาใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่ม โดยเศษพลาสติกอีวีเอเป็นขยะเหลือทิ้งที่มีอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมกว่า

1,000 โรง (ประเทศไทยส่งออกผลิตภัณฑ์จากพลาสติกอีวีเอมากเป็นอันดับ 5 ของโลก) เช่น โรงงานรองเท้าแตะ รองเท้ากีฬา ยางรัดของชนิดหัดได้ อุปกรณ์ทางการแพทย์ กาวหุ้มด้วยความร้อน ของเด็กเล่น ฉนวนหุ้มลวดไฟฟ้า เฟอรินเจอร์ ภาชนะบรรจุของแช่แข็ง และกรวยกันถนนพลาสติก เป็นต้น เนื่องจากเศษพลาสติกชนิดนี้ไม่สามารถนำมารีไซเคิลได้ทั้งหมด เพราะทำให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ด้อยลง จึงต้องกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบซึ่งส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก (ประชุมและกิตติพงษ์, 2555; มงคลกร และคณะ, 2557) โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทดสอบคุณสมบัติของแผ่นกระเบื้องยางพาราที่มีเศษพลาสติกอีวีเอเป็นส่วนประกอบ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย

ในส่วนของวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ประกอบด้วย ยางพาราแท่งชนิด STR20 (ภาพที่ 1) ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) กรดสเตียริก (stearic acid) กำมะถัน (sulfur) เมอร์แคปโตเบนโซไทเอซอล (mercaptobenzothiazole, MBT) ไดฟีนิลกวานิดีน (diphenylguanidine, DPG) พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท เครื่องบดพลาสติกพร้อมตะแกรงเบอร์ 4 เครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง (ภาพที่ 2) เครื่องรีโอมิเตอร์แบบจาน

แกว่ง (oscillating disc rheometer, ODR) เครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน (ภาพที่ 3) เครื่องทดสอบแรงดึง (universal testing machine, UTM) เครื่องทดสอบความสึกหรอ เครื่องทดสอบความแข็ง เครื่องทดสอบความทน



Figure 1 Para-rubber (STR20 grade)

การฉีกขาด เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, SEM) และชุดอุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำ



Figure 2 Two-roll milling machine



Figure 3 Rubber compression machine

2. การออกแบบส่วนผสมของแผ่นกระเบื้องยางพารา

ออกแบบส่วนผสมของกระเบื้องยางพารา จำนวน 6 สูตร โดยคิดเป็นปริมาณสัดส่วนของสารเคมีเทียบจาก 100 ส่วนของยางโดยน้ำหนัก (part per hundred rubber, phr, pphr) ดังตารางที่ 1

3. การขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องยางพารา

ขั้นตอนดำเนินการขึ้นรูปของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอ เริ่มจากบดพลาสติกอีวีเอด้วยเครื่องบดพลาสติก (พร้อมตะแกรงเบอร์ 4) เตรียมตัวอย่าง

ทดสอบเริ่มจากการบดยางด้วยเครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง เติมเศษพลาสติกอีวีเอบดเข้ากับยาง แล้วเติมซีงค์ออกไซด์ และกรดสเตียริก ดังภาพที่ 4 จากนั้นเติมเมอร์แคปโตเบนโซไทเอซอล ไดฟีนิลกัวนิดิน และกำมะถัน เพื่อให้เกิดการคงรูป ทำการทดสอบการคงรูปของชิ้นงานโดยใช้เครื่องรีโอมิเตอร์แบบจานแกว่ง แล้วจึงขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องยาง โดยนำส่วนผสมที่ได้ไปอัดในเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ได้แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ ดังภาพที่ 5-6

Table 1 Ratios of para-rubber floor tiles mixed with EVA plastic wastes (phr)

Ratio	Para rubber	ZnO	Stearic acid	Sulfur	MBT	DPG	EVA plastic
EVA0	100	5	2	3	0.5	0.2	0
EVA5	100	5	2	3	0.5	0.2	5
EVA10	100	5	2	3	0.5	0.2	10
EVA20	100	5	2	3	0.5	0.2	20
EVA40	100	5	2	3	0.5	0.2	40
EVA80	100	5	2	3	0.5	0.2	80



Figure 4 Blending of admixture in two-roll mill machine



Figure 5 Putting the blended admixture into rubber compression machine



Figure 6 The Para-rubber floor tiles mixed with EVA plastic waste products

4. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นกระเบื้องยางพารา

เมื่อนำแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอที่ได้จากการขึ้นรูป ไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และทางกลในด้านต่าง ๆ เพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งาน ประกอบด้วย การทดสอบความหนาแน่นตาม ASTM D1817 การทดสอบการดูดซึมน้ำ ตาม ASTM D570 การทดสอบความแข็ง ตาม ASTM

D2240 การทดสอบความต้านทานแรงดึง ตาม ASTM D412 การทดสอบความทนการฉีกขาด ตาม ASTM D624 การทดสอบความสึกหรอ ตาม ASTM D1630 และการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตาม ASTM C177 (ASTM, 2010)

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดสอบการคงรูป คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางกลของกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอ ทั้ง 6 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังนี้

การผสมพลาสติกอีวีเอลงในกระเบื้องยางพารา ตั้งแต่ 0 ถึง 80 phr จะส่งผลต่อคุณสมบัติที่เปลี่ยนไป พบว่า แรงบิดต่ำสุดที่เกิดในขณะคงรูปของส่วนผสมมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณพลาสติกอีวีเอ (ภาพที่ 7 และ 8) ซึ่งมีผลต่อค่าความหนืดที่มากขึ้นของส่วนผสมในแบบหล่อ เมื่อขึ้นรูป กระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอแล้ว ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ โดยความหนาแน่นมีค่าลดลง (ภาพที่ 9) และความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 10) เมื่อแผ่นกระเบื้องยางมีปริมาณเศษพลาสติกมากขึ้น ส่วนค่าการดูดซึมน้ำ เท่ากับ ร้อยละ 0 ในทุกอัตราส่วน ซึ่งเป็นผลดีเมื่อนำไปปูพื้น และบุผนัง สำหรับคุณสมบัติทางกลอย่างความต้านทานแรงดึง (ภาพที่ 11) และความทนต่อการฉีกขาด (ภาพที่ 12) ของกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอทุกอัตราส่วนมีค่าต่ำกว่ากระเบื้องยางพาราที่ไม่มีส่วนผสมของพลาสติกอี

วีเอ แต่คุณสมบัติการทนต่อการสึกหรอ (ภาพที่ 13) มีค่าดีขึ้นเล็กน้อย เมื่อผสมพลาสติกอีวีเอลงในกระเบื้องยางพาราในอัตราส่วน ไม่เกิน 10 phr ทั้งนี้ เป็นผลจากพลาสติกอีวีเอจากโรงงานเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติทางกลต่ำกว่าแผ่นกระเบื้องยางพารา รวมทั้งพลาสติกดังกล่าวเป็นวัสดุที่มีรูปทรงสูง และยังถูกบดย่อยจนมีลักษณะเป็นเม็ดกลมสั้น (ดังภาพที่ 4 และ 15) จึงไม่สามารถช่วยพัฒนาคุณสมบัติทางกลให้กับแผ่นกระเบื้องยางพาราได้ (Barlow, 1993; Edenbaum, 1992) นอกจากนี้ การผสมพลาสติกอีวีเอลงในแผ่นยางพารานั้น ยังใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของพลาสติกอีวีเอ จึงทำให้พลาสติกอีวีเอบางส่วนไม่เกิดการละลายและจับตัวเข้ากับยาง (Yuliestyan *et al.*, 2016) ทำให้ยางพาราต้องยึดเหนี่ยวพลาสติกอีวีเอบางส่วนไม่ให้หลุดออก ดังภาพที่ 16 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนก็ลดลงเมื่อผสมพลาสติกอีวีเอ (ภาพที่ 14) ซึ่งแสดงถึงความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี (ธนัญชัย และคณะ, 2549; Herrero *et al.*, 2013)

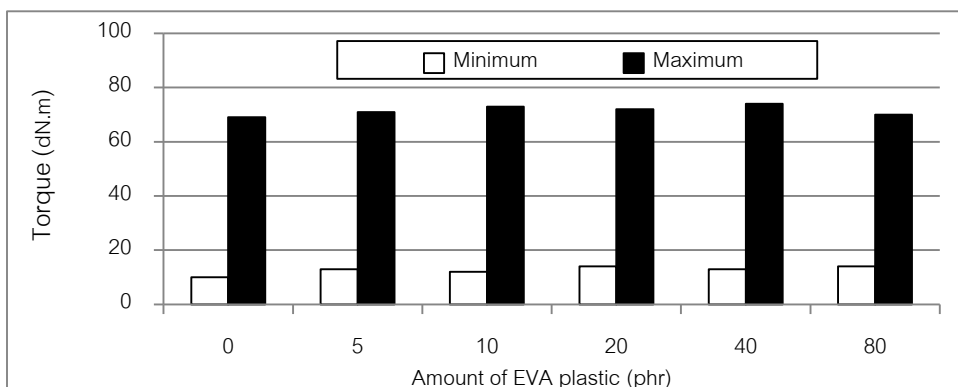


Figure 7 Torque of admixture of para-rubber floor tiles mixed with EVA plastic waste

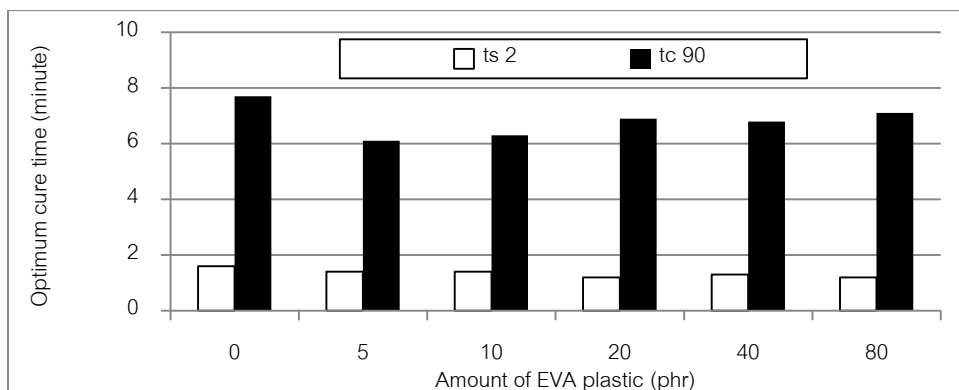


Figure 8 Optimum cure time of para-rubber floor tiles mixed with EVA plastic waste

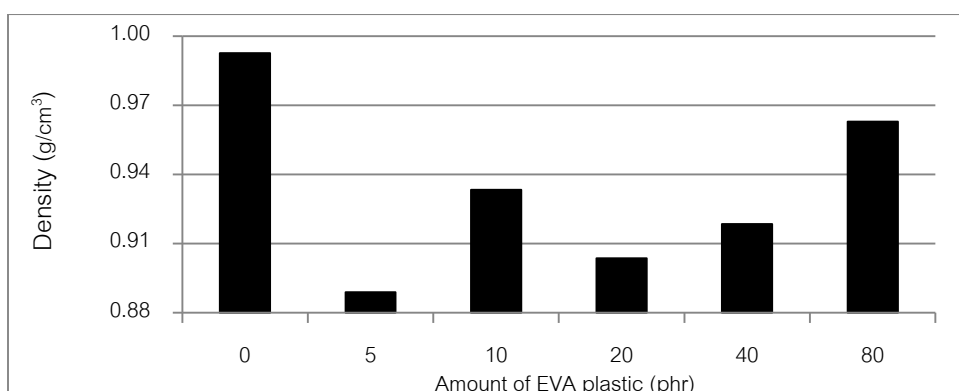


Figure 9 Density of para-rubber floor tiles mixed with EVA plastic waste

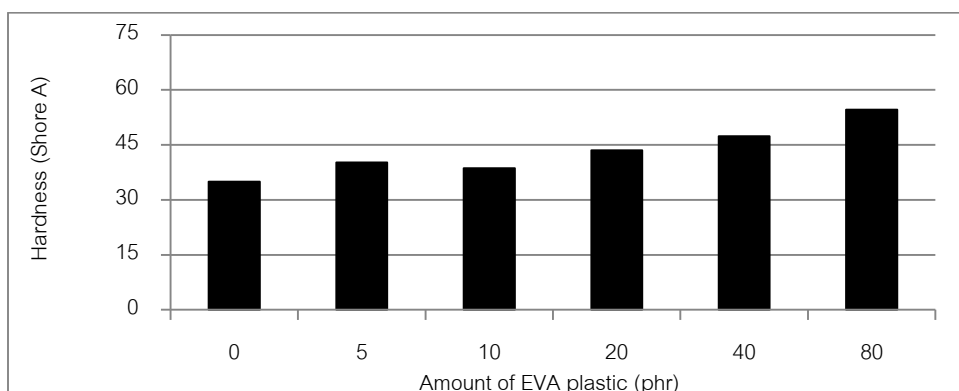


Figure 10 Hardness of para-rubber floor tiles mixed with EVA plastic waste

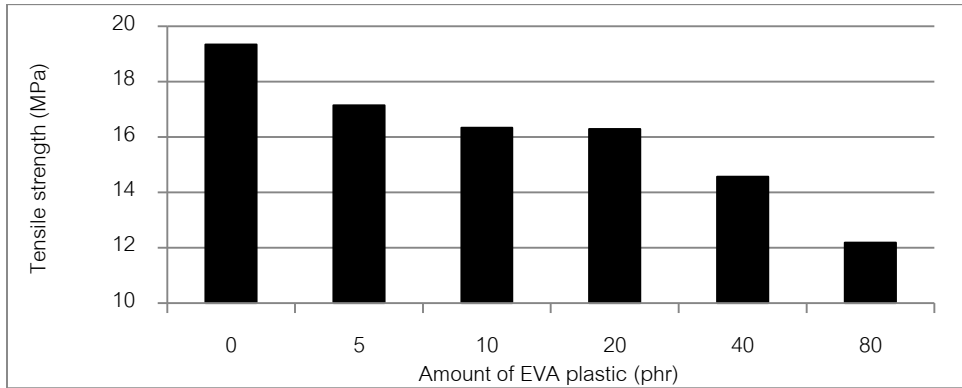


Figure 11 Tensile strength of para-rubber floor tiles mixed with EVA plastic waste

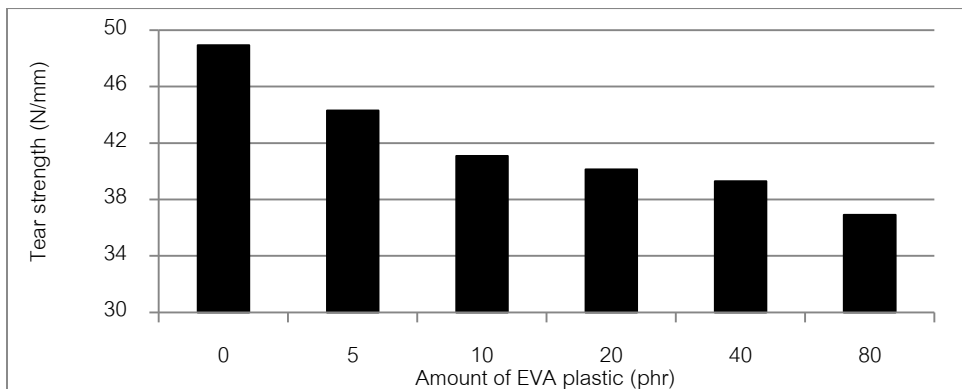


Figure 12 Tear strength of para-rubber floor tiles mixed with EVA plastic waste

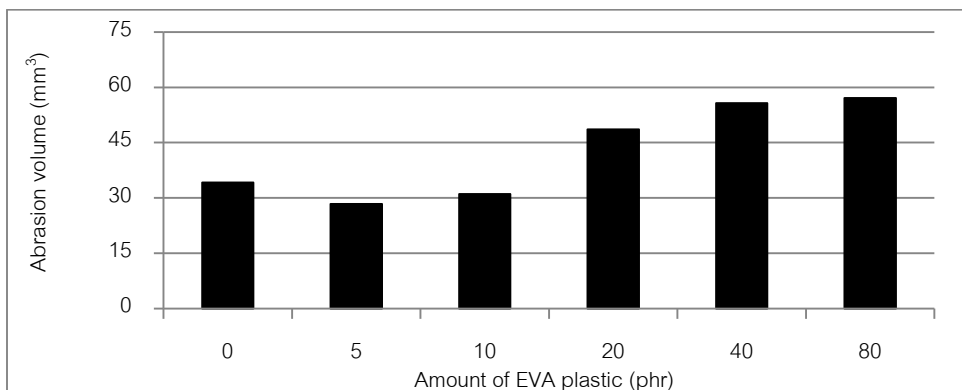


Figure 13 Abrasion volume of para-rubber floor tiles mixed with EVA plastic waste

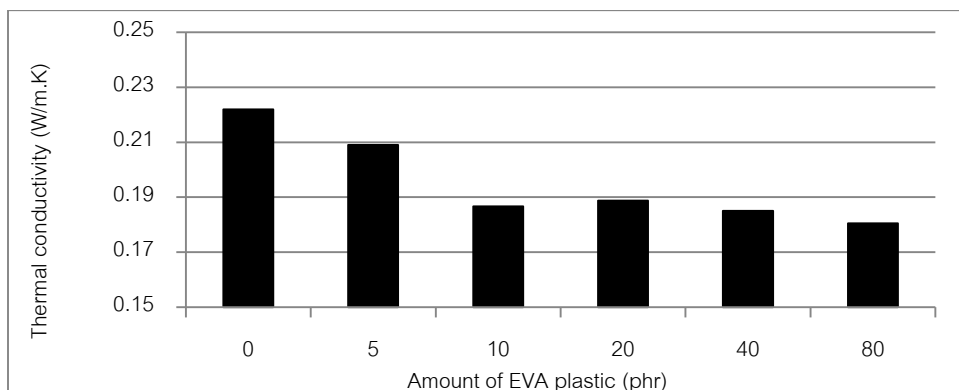


Figure 14 Thermal conductivity of para-rubber floor tiles mixed with EVA plastic waste

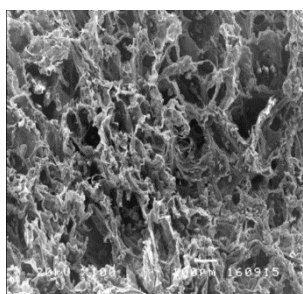


Figure 15 Image of EVA plastic waste from scanning electron microscope (100 x)

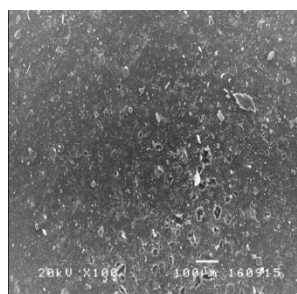


Figure 16 Image of Para-rubber floor tiles mixed with EVA plastic waste with 80 phr from scanning electron microscope (100 x)

สรุป

จากการพัฒนาและทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่เหลือทิ้งในโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้สามารถสรุปอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปได้ คือ กระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ อัตราส่วน 10 phr ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับนำไปปูพื้น และตกแต่งผนังอาคาร เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงและความต้านทานการสึกหรอที่มากขึ้น รวมทั้งความหนาแน่น และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าที่ลดต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับกระเบื้องยางพาราที่ไม่มีพลาสติกอีวีเอ ทำให้แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่

พัฒนามีความเป็นไปได้อย่างมากที่จะผลิออกมาในเชิงพาณิชย์ได้

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรมีการเพิ่มเติมเส้นใยเพื่อช่วยในการพัฒนาคุณสมบัติทางกลให้เพิ่มสูงขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปี 2558 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- ธัญชัย ปกรณ์กรกิจ พันธดา พุฒิปาโรจน์ วรธรรม อุ๋นจิตติชัย และ พรธณ จิรา ทิศาวิภาต . 2549. ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม / การผังเมือง 3(4): 119 - 126.
- ประชุม คำพุ่ม และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2556. การป้องกันสารพิษจากบ่อฝังกลบขยะซีเมนต์น้ำใต้ดินโดยใช้น้ำยางธรรมชาติ. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต 1(2): 101-109.
- ประชุม คำพุ่ม และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2555. การใช้น้ำยางวัลคาไนซ์เพื่อพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษพลาสติกเอทิลีนโพลิเอทิลีน. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 8. สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย (สคท.), ชลบุรี. 303 หน้า
- พงศ์พันธ์ วรสุนทรโรสถ. 2540. วัสดุก่อสร้าง. ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ. 398 หน้า.
- มงคลกร ศรีวิชัย ขยายแดน พิรุณเดช ธีระพงษ์ วงศ์สอน และจาตุรนต์ กาศมณี. 2557. การจัดการขยะมูลฝอยของชุมชนในเขตพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลเมืองพาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต 2(3): 245-254.
- สถาบันวิจัยยาง. 2556. สถานการณ์ราคายางพารา เดือนสิงหาคม 2556. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 6 หน้า.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 2548. ประกาศการขอรับทุนโครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพารา. โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่ายอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 7 หน้า.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). 2010. Annual Book of ASTM Standards. ASTM, Philadelphia. 1673 p.
- Barlow, F.W. 1998. Rubber Compounding: Principles, Materials, and Techniques. 2nd edition. Harcel Dekker, Inc., New York. 312 p.
- Edenbaum, J. 1992. Plastics Additives and Modifiers Handbook. Van Nostrand Reinhold, New York. 1113 p.
- Herrero, S., P. Mayor and F. Hernández-Olivares. 2013. Influence of proportion and particle size gradation of rubber from end-of-life tires on mechanical, thermal and acoustic properties of plaster-rubber mortars. Materials and Design 47: 633–642.
- Yuliestyan, A., A.A. Cuadri, M. García-Morales and P. Partal. 2016. Influence of polymer melting point and melt flow index on the performance of ethylene-vinyl-acetate modified bitumen for reduced-temperature application. Materials and Design 96: 180–188.

