



ผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
Para-rubber Floor Tiles Mixed with Plastic Wastes from the Factories

วิหาร ตีปัญญา
กิตติพงษ์ สุวีโร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเอทิลีนไวโนลอะซิเตท (พลาสติกอีวีเอ) จากโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้ยางพาราแท้ STR20 ในปริมาณเท่ากับ 100 phr ต่อเศษขยะพลาสติกอีวีเอที่ผ่านการย่อยผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ในปริมาณ 0, 5, 10, 20, 40, และ 80 phr ตามลำดับ และผสมปริมาณสารเคมีในอัตราส่วนคงที่ ประกอบด้วย ซิงค์ออกไซด์ เท่ากับ 5 phr กรดสเตียริก เท่ากับ 2 phr กำมะถัน เท่ากับ 3 phr เมอร์แคปโตเบนโซไทเอซอล เท่ากับ 0.5 phr ไดฟีนิลกวานิดีน เท่ากับ 0.2 phr นำมาทำการบดผสมด้วยเครื่องบดแบบสองลูกกลิ้ง แล้วอัดขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดแบบร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ได้แผ่นยางพารา ขนาด 30x30x0.2 เซนติเมตร ทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน ASTM พบว่า กระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ อัตราส่วน 10 พีเอชอาร์ มีสมบัติที่เหมาะสมสำหรับนำไปปูพื้นและตกแต่งผนังอาคาร เนื่องจากมีค่าความแข็งและความต้านทานการสึกหรอที่มากขึ้น ส่วนความหนาแน่นและสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าลดต่ำลง เมื่อเทียบกับกระเบื้องยางพาราที่ไม่มีพลาสติกอีวีเอ

คำสำคัญ: ยางพารา; เศษพลาสติกเอทิลีนไวโนลอะซิเตท; กระเบื้องปูพื้น; กระเบื้องปูผนัง

Abstract

This research aims to develop the Para-rubber floor tiles mixed with ethylene vinyl acetate plastic wastes (EVA plastics) from the factories. The study use 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 substance at constant ratio include zinc oxide at 5 phr, stearic acid at 2 phr, sulfur at 3 phr, mercaptobenzothiazole at 0.5 phr, and diphenyl guanidine at 0.2 phr. The samples are ground by two-roll mill and formed by compression molding at 150 degree Celsius with 30x30x0.2 cm of dimension. The properties of the Para-rubber floor tiles are tested under ASTM standard. From the results, it is found that the Para-rubber floor tiles mixed with 10 phr of EVA plastics is the suitable ratio for using as the rubber floor tiles and rubber wall tiles in building. This ratio can increase the hardness and wear resistant properties and decrease the density and thermal insulation properties when compare to the Para-rubber floor tiles without EVA plastic.

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

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	๗
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	๗
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	3
2.1 กระเบื้องยาง	3
2.2 วัตถุดิบในการผลิตกระเบื้องยาง	4
2.3 การติดตั้งกระเบื้องยาง	4
2.4 ยางพารา	5
2.5 การปรับปรุงยางพารา	6
2.6 การวัลคาไนซ์ยางพารา	8
2.7 การขึ้นรูปโดยการอัดด้วยความร้อน	9
2.8 พลาสติกเอทธิลีนไวนิลอะซิเตท	9
2.9 การปรับปรุงสมบัติของพลาสติกอีวีเอ	10
2.10 การขึ้นรูปพลาสติกอีวีเอ	10
2.11 เศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอจากอุตสาหกรรมรองเท้า	11
2.12 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	11
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	14
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	14
3.2 การออกแบบสูตรแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ	22
3.3 การขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ	22
3.4 การทดสอบสมบัติของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ	26
3.5 การทดสอบการใช้งานจริงของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ	31
บทที่ 4 ผลการวิจัย	32
4.1 การส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	32
4.2 การทดสอบการคงรูปของส่วนผสม	38
4.3 การทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำ	39
4.4 การทดสอบความแข็ง	39
4.5 การทดสอบความต้านทานแรงดึง	40
4.6 การทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาด	41

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.7 การทดสอบปริมาณการสึกหรอ	42
4.8 การทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	42
4.9 การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง	43
4.10 การสร้างแบบจำลองการใช้งานจริง	45
4.11 การยื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตร	47
4.12 การเขียนบทความวิจัยส่งลงในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ	47
4.13 การถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่กลุ่มเป้าหมายสำหรับนำไปใช้ประโยชน์	48
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	49
5.1 สรุปผล	49
5.2 ข้อเสนอแนะ	50
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก	53
บทความสำหรับเผยแพร่	
เอกสารประกอบคำขอรับอนุสิทธิบัตร	
หนังสือรับรองการนำไปใช้ประโยชน์	

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กระเบื้องยางสีต่างๆ	3
2.2 กระเบื้องยางลวดลายไม้	4
2.3 กระเบื้องยางลวดลายหิน	4
2.4 โครงสร้างของยางธรรมชาติ cis 1, 4 Polyisoprene	5
2.5 โครงสร้างของพลาสติกอีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate, EVA)	9
2.6 กรอบแนวความคิดของกระเบื้องยางพาราผสมอีวีเอ	12
3.1 ยางพาราแท่งเกรด STR20	14
3.2 โรงงานรองเท้าในจังหวัดสมุทรปราการ	14
3.3 เศษพลาสติกอีวีเอที่เหลือทิ้งจากโรงงานรองเท้าในจังหวัดสมุทรปราการ	15
3.4 กระบวนการขึ้นรูปรองเท้าที่มีเศษพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้งจำนวนมาก	15
3.5 เครื่องบดเศษพลาสติกอีวีเอให้มีขนาดเล็ก	15
3.6 เศษพลาสติกอีวีเอที่ผ่านการบดแล้ว	16
3.7 แบบหล่อแผ่นกระเบื้องยาง	16
3.8 เครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง	17
3.9 เครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน	17
3.10 เครื่องทดสอบการคงรูป	18
3.11 เครื่องทดสอบบดเนกประสงค์	18
3.12 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	18
3.13 เครื่องวัดความแข็งแบบชอร์เอ	19
3.14 เครื่องทดสอบความสึกหรอของยาง	19
3.15 เครื่องตัดตัวอย่าง	19
3.16 โปรแกรม Sound Check Tone Generator ที่ใช้ในการควบคุมความถี่เสียง	20
3.17 เครื่องวัดระดับเสียง	20
3.18 ด้านหน้าของห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง	21
3.19 ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง	21
3.20 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องจำลองสำหรับทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง	21
3.21 การเติมเศษพลาสติกอีวีเอลงในยางพารา	22
3.22 การผสมสารตัวเติมลงในยางพารา	23
3.23 การใช้เกียงเหล็กช่วยในการนำส่วนผสมออกจากเครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง	23
3.24 นำส่วนผสมใส่ลงในแบบหล่อที่รองด้วยแผ่นพลาสติกสำหรับป้องกันการติดแบบของส่วนผสม	24
3.25 การนำส่วนผสมที่เข้ากันแล้วใส่ในเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน	24
3.26 การอัดขึ้นรูปส่วนผสมของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอโดยเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน	24
3.27 การนำแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอออกจากแบบหล่อ	25
3.28 การนำพลาสติกทรงแบบออกจากแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ	25

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.29	แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดความร้อน	25
3.30	การกระจายของพลาสติกอีวีเอในแผ่นกระเบื้องยางพารา	26
3.31	การชั่งน้ำหนักของกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ	26
3.32	การแช่น้ำกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอเพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำ	27
3.33	การติดตั้งแบบตัดกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอสำหรับการทดสอบสมบัติต่างๆ	27
3.34	การตัดกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอสำหรับทดสอบสมบัติต่างๆ	27
3.35	ขึ้นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึง	28
3.36	การทดสอบความต้านทานแรงดึงของกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ	28
3.37	การทดสอบความต้านทานแรงดึงของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ	28
3.38	การทดสอบความทนการฉีกขาดของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ	29
3.39	การทดสอบความทนการฉีกขาดของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ	29
3.40	การเตรียมทดสอบการสึกหรอของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ	29
3.41	การทดสอบการสึกหรอของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ	30
3.42	การทดสอบระดับเสียงที่ดังจากแหล่งกำเนิดโดยไม่มีวัสดุป้องกัน	30
3.43	การติดตั้งแผ่นคอนกรีตสำหรับทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ	30
3.44	การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ	31
4.1	ภาพมองด้วยตาเปล่าของเศษพลาสติกอีวีเอที่ผ่านการบดแล้ว	32
4.2	ภาพขยายเศษพลาสติกอีวีเอที่ผ่านการบดแล้วด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100 เท่า	32
4.3	ภาพขยายเศษพลาสติกอีวีเอที่ผ่านการบดแล้วด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500 เท่า	33
4.4	ภาพขยายเศษพลาสติกอีวีเอที่ผ่านการบดแล้วด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 1,000 เท่า	33
4.5	ภาพมองด้วยตาเปล่าของกระเบื้องยางพาราที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอ (อัตราส่วน 0 พีเอชอาร์)	34
4.6	ภาพขยายกระเบื้องยางพาราที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100 เท่า	34
4.7	ภาพขยายกระเบื้องยางพาราที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 1,000 เท่า	35
4.8	ภาพขยายกระเบื้องยางพาราที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 3,500 เท่า	35
4.9	ภาพมองด้วยตาเปล่าของกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ 80 พีเอชอาร์	36
4.10	ภาพขยายกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ 80 พีเอชอาร์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100 เท่า	36
4.11	ภาพขยายกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ 80 พีเอชอาร์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 1,000 เท่า	37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.12	ภาพขยายกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ 80 พีเอชอาร์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 3,500 เท่า	37
4.13	ผลการทดสอบแรงบิดของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ	38
4.14	ผลการทดสอบเวลาที่เกิดการคงรูประหว่าง ts 2 และ tc 90 ของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ	38
4.15	ผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ	39
4.16	ผลการทดสอบความแข็งของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ	40
4.17	ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ	40
4.18	ผลการทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาดของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ	41
4.19	ผลการทดสอบการสึกหรอของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ	42
4.20	ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ	43
4.21	ผลการทดสอบระดับเสียงที่ออกจากห้องจำลองเมื่อติดตั้งแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ	44
4.22	ผลการทดสอบระดับเสียงเฉลี่ยที่ได้จากการรวมคลื่นเสียงความถี่ต่างๆ ซึ่งออกจากห้องจำลองที่ติดตั้งของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเออัตราส่วนต่างๆ	45
4.23	กาวขาวสำหรับติดตั้งแผ่นกระเบื้องยางลงบนพื้นคอนกรีต	46
4.24	การติดตั้งแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอลงบนพื้นคอนกรีตด้วยกาวขาว	46
4.25	พื้นที่ทำการติดตั้งแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วน 10 พีเอชอาร์	46
4.26	ลักษณะการติดตั้งแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วน 10 พีเอชอาร์	47
4.27	การปูแผ่นยางธรรมชาติผสมขุยมะพร้าวอัตราส่วน 10 พีเอชอาร์ ลงบนพื้น	47

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สมบัติบางประการของยางชนิดต่างๆ	7
2.2	สมบัติของพลาสติกอีวีเอที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณของไวนิลอะซีเตดในโมเลกุล	10
3.1	สูตรกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอเทียบจาก 100 ส่วนของยางโดยน้ำหนัก (Part Per Hundred Rubber; phr, pphr)	22