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

วิหาร ดีปัญญา
กิตติพงษ์ สุวีโร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเอทธิลีนไวนิลอะซิเตท (พลาสติกอีวีเอ) จากโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้ยางพาราแท่ง 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 เมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอล เท่ากับ 0.5 phr ไดฟินิลกัวนิดีน 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; เศษพลาสติกเอทธิลีนไวนิลอะซิเตท; 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	ข
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ช
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	ยางพาราแท่ง เกรด 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	เครื่องทดสอบอเนกประสงค์	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	การนำพลาสติกรองแบบออกจากแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ	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	ชิ้นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึง	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

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

จากนโยบายในการส่งเสริมสนับสนุนให้มีการปลูกยางพาราเพิ่มมากขึ้นในพื้นที่แถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือของรัฐบาล (สกว., 2548) และปริมาณการปลูกยางพาราในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และประเทศจีน แสดงให้เห็นถึง ผลผลิตยางออกที่จะสู่ตลาดในปริมาณที่มากขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลต่อราคาของยางพาราที่มีแนวโน้มตกต่ำอย่างมาก ถือได้ว่า เป็นปัญหาใหญ่สำหรับประเทศไทยที่อยู่ในฐานะผู้ผลิตและส่งออกยางพารามากเป็นอันดับต้นๆ ของโลก โดยมีเนื้อที่ปลูกประมาณ 12.3 ล้านไร่ มีผลผลิตส่งออกปีละประมาณ 2.4 ล้านตัน มูลค่า 100,000 ล้านบาท/ปี ส่งออกไปในรูปน้ำยางข้น (Concentrate Latex) ยางแผ่นรมควัน (Ribbed Smoke Sheet : RSS) ยางอบแห้ง (Air Dried Sheet : ADS) และยางแท่ง (Standard Thai Rubber : STR) และที่ตลาดต้องการมากที่สุด คือ ยางแผ่นรมควันชั้น 3 (RSS 3) และยางแท่งเบอร์ 20 (STR 20) (สกว., 2548ข)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของยางพาราอย่าง แผ่นกระเบื้องยาง จึงเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาราคายางพาราตกต่ำที่ดีที่สุด เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์มีปริมาณความต้องการใช้ที่สูงตามการขยายตัวของประชากร ที่อยู่อาศัย และเศรษฐกิจ ประกอบกับ ปัญหาขยะเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกเอทธิลีนไวนิลอะซิเตทหรืออีวีเอที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ มากกว่า 1,000 โรงงาน (ประเทศไทยส่งออกผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากอีวีเอมากเป็นอันดับ 5 ของโลก) เป็นวัสดุพรุนที่มีความยืดหยุ่นแตกต่างกันตามแต่ละอุตสาหกรรม อาทิเช่น รองเท้าแตะ รองเท้ากีฬา ยางรัดของชนิดหดได้ อุปกรณ์ทางการแพทย์ชนิดใช้ครั้งเดียว กาวหลอมด้วยความร้อน ของเด็กเล่น ฉนวนหุ้มลวดไฟฟ้า เฟอร์นิเจอร์ ภาชนะบรรจุของแช่แข็ง และกรวยที่กั้นถนนพลาสติก เป็นต้น เนื่องจากวัสดุดังกล่าวไม่สามารถนำมารีไซเคิลได้ทั้งหมด เพราะจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้อยลงเรื่อยๆ จึงทำให้ต้องกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบ ซึ่งส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก เมื่อพิจารณาจากลักษณะ ส่วนประกอบ และสมบัติในการหลอมละลายของเศษหรือโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง พบว่า พลาสติกดังกล่าว มีรูพรุนค่อนข้างมาก น้ำหนักเบา และเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี จึงเหมาะกับการนำไปใช้พัฒนาเป็นวัสดุก่อสร้างต่างๆ (ประชุม และกิตติพงษ์, 2555)

กระเบื้องยาง เป็นวัสดุปูพื้นที่สามารถใช้ประโยชน์ได้มากกว่าวัสดุปูพื้นทั่วไป จากสมบัติที่ยืดหยุ่นพื้นผิวไม่ลื่น เป็นฉนวนไฟฟ้า และอ่อนตัวง่าย ทำให้สามารถลดการเกิดและความรุนแรงจากอุบัติเหตุ ดูดซับเสียงดี ป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วผ่านร่างกายในกรณีเครื่องใช้ไฟฟ้ามีปัญหา และใช้ปูพื้นบนผิวต่างๆ ได้ดี เช่น พื้นคอนกรีต, พื้นหินขัด, พื้นไม้เก่าหรือใหม่ เป็นต้น แต่พื้นผิวจะต้องมีผิวหน้าเรียบ แข็ง แห้ง และสะอาด ลักษณะผิวหน้าของพื้นมีส่วนช่วยให้กระเบื้องยางที่ปูนั้น ดูสวย เรียบ และทนทานขึ้น สำหรับการติดตั้งก็ง่ายโดยใช้เพียงกาวขาวก็สามารถยึดแผ่นกระเบื้องยางกับพื้นผิวได้ทันที (พงศ์พัน, 2540)

ดังนั้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพาราแล้ว ยังช่วยลดปัญหาขยะพลาสติกจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ยากต่อการกำจัด ซึ่งมีส่วนให้ประเทศชาติมีความมั่นคงด้านราคายางพาราและสิ่งแวดล้อมที่ดีอย่างยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อทราบส่วนผสมที่เหมาะสำหรับผลิตกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

2) เพื่อศึกษากระบวนการผลิตกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

3) เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

4) เพื่อทดสอบการใช้งานจริงของกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

5) เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมให้แก่ผู้ประกอบการ ชุมชน และประชาชนทั่วไป

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) ออกแบบกระเบื้องยางพาราที่มีเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นวัสดุหลัก จำนวนไม่น้อยกว่า 5 อัตราส่วน

2) ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล ตามมาตรฐาน ASTM ต่างๆ แต่ละการทดสอบ

3) ทำการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C 177 โดยส่งตัวอย่างทดสอบ ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4) ทำการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง โดยใช้ความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์ (Hz)

5) ทำการทดสอบการใช้งานจริง โดยทำการปูพื้นแทนกระเบื้องยางทั่วไป

6) ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมให้แก่ผู้ประกอบการ ชุมชน และประชาชนทั่วไปที่สนใจ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบส่วนผสมที่เหมาะสำหรับผลิตกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

2) ทราบกระบวนการผลิตกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

3) ทราบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

4) ทราบผลการทดสอบการใช้งานจริงของกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

5) ผู้ประกอบการ ชุมชน และประชาชนทั่วไป สามารถนำกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ไปใช้ผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

6) ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/ อนุสิทธิบัตรได้

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม สามารถสรุปทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และกรอบแนวคิดของโครงการได้ ดังนี้

2.1 กระเบื้องยาง

พื้น เป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของอาคาร การปูพื้น จึงเป็นทั้งงานที่มีลักษณะเป็นงานตกแต่งและงานก่อสร้าง ในการเลือกวัสดุปูพื้นในด้านความสวยงามแล้ว จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานของแต่ละพื้นที่ด้วย

กระเบื้องยาง เป็นวัสดุปูพื้นชนิดหนึ่ง ผลิตจากส่วนผสมหลักๆ คือ พีวีซีเรซิ่นผ่านกรรมวิธี Calendering Process ได้เป็นแผ่นเรียบมีความหนาตามต้องการแล้วตัดเป็นแผ่นขนาดต่างๆ หรือเป็นชนิดผืนใหญ่เป็นม้วน ซึ่งจะเรียกวัสดุประเภทนี้รวม ๆกันว่า Vinyl Floor และ Vinyl Floor Tile กระเบื้องยางเป็นที่นิยม เพราะราคาถูก ติดตั้งง่าย สะดวก รวดเร็ว และเล่นลวดลายและสลับสีได้หลากหลายตามต้องการจึงใช้กันมากในอาคารทั่วๆไปสำนักงาน ร้านค้า รวมถึงบ้านพักอาศัยด้วย เนื่องจากกระเบื้องยางเป็นวัสดุที่มีรูปแบบสีและลายตลอดจนความหนาที่แตกต่างกัน และเหมาะสมกับการใช้งานหนักเบาต่างกัน การใช้กระเบื้องยางจึงต้องพิจารณาให้เหมาะสมในหลายๆด้าน (พงศ์พัน, 2540)

กระเบื้องยาง ที่มีในท้องตลาดมีมีลวดลายและสีสันให้เลือกหลายแบบ เช่น สีพื้น ลายเส้นเลียนแบบ ไม้ปาร์เก้ พื้นไม้ หินอ่อน และหินแกรนิต ฯลฯ ซึ่งวัสดุปูพื้นที่ทำจากพีวีซีนั้น ง่ายต่อการติดตั้ง ช่วยป้องกันความร้อน และลดเสียงรบกวนจากภายนอกได้

รูปที่ 2.1 กระเบื้องยางสีต่างๆ

รูปที่ 2.2 กระเบื้องยางลวดลายไม้

รูปที่ 2.3 กระเบื้องยางลวดลายหิน

2.2 วัตถุดิบในการผลิตกระเบื้องยาง

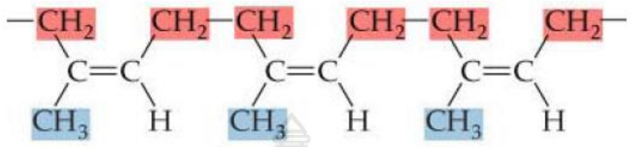
กระเบื้องยาง พี วี ซี มี 2 ประเภท คือ แบบแผ่น (PVC Floor Tile) และแบบผืน(PVC Floor Sheet) มีคุณสมบัติที่ใช้เป็นวัสดุปูพื้นแทนพรมหรือปาร์เก้ เนื่องจากกระเบื้องยางพีวีซี มีคุณสมบัติพิเศษ คือ ไม่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตย์ ไม่ลื่น การติดตั้งและการรื้อถอนกระทำได้ง่าย มีส่วนประกอบของพลาสติก พีวีซี ฟิล์ม กาวกระดาษ แป้งแคลเซียม เรซิน และสารเคมี สำหรับวัตถุดิบในการผลิตกระเบื้องยางได้มีการนำเข้ามาจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่

2.3 การติดตั้งกระเบื้องยาง

กระเบื้องยาง ใช้ปูพื้นต่างๆ ได้ดี เช่น พื้นคอนกรีต, พื้นหินขัด, พื้นไม้เก่าหรือใหม่ เป็นต้น โดยที่พื้นจะต้องมีผิวหน้าเรียบ แข็ง แห้ง และสะอาด ลักษณะผิวหน้าของพื้นมีส่วนช่วยให้กระเบื้องยางที่ปูนั้น ดูสวย เรียบ และทนทานขึ้น ขอแนะนำให้ใช้กาวขาว ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะกับงานปูพื้นกระเบื้องยาง (พงศ์พัน, 2540)

2.4 ยางพารา

ยางพาราหรือยางธรรมชาติ (Natural Rubber) เป็นสารพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุล (Mn) สูงเฉลี่ยประมาณ 200,000 - 500,000 (Subramanium, 1980) มีการกระจายน้ำหนักโมเลกุลกว้าง มีสูตรโมเลกุลเป็น cis 1, 4 Polyisoprene ดังโครงสร้างรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของยางธรรมชาติ cis 1, 4 Polyisoprene (Subramanium, 1980)

ยางธรรมชาติ สามารถนำไปผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อให้ได้ยางออกมาในลักษณะที่แตกต่างกัน คือ อยู่ในรูปของน้ำยางข้น (concentrated latex) หรือยางดิบแห้งชนิดต่างๆ ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน (ribbed smoked sheet), ยางแผ่นผึ่งแห้ง (air dried sheet), ยางเครพ (crepe), ยางแท่งเอสทีอาร์ (STR, Standard Thai Rubber, STR), และยางชนิดอื่นๆ จากนั้นจึงนำยางดิบเหล่านี้ไปป้อนให้กับโรงงานแปรรูปเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ เช่น ยางรถยนต์ ยางล้อเครื่องบิน ยางรัดของ ท่อยาง เบาะที่นอน ฟองน้ำ รองเท้ายาง ถุงยางอนามัย ลูกโป่ง เป็นต้น ทั้งนี้เพราะยางมีสมบัติจำเพาะแตกต่างจากวัสดุอื่นๆ กล่าวคือ มีความยืดหยุ่นดี เมื่อดึงออกและหดกลับรูปเดิมเมื่อปล่อย นอกจากนี้ยังมีเนื้อทึบสามารถกันน้ำและอากาศไม่ให้ผ่านได้โดยง่าย อีกทั้งไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเนื้อยางแห้ง (ในน้ำยางมีเนื้อยางแห้ง 20-45% โดยน้ำหนัก) คือ สารไฮโดรคาร์บอน (rubber hydrocarbon) ที่มีไฮโดรคาร์บอนอยู่ประมาณ 93.3% อีกประมาณ 6.7% เป็นสารอื่นที่ไม่ใช่ยาง (nonrubber contents) ปนอยู่ ซึ่งสารดังกล่าว ได้แก่ โปรตีน (protein) ไกลโคไซด์ (glycosides) ไลปิด (lipids) เกลือแร่ (mineral salts) และเอนไซม์ (enzymes) [6] สารที่ไม่ใช่ยางเหล่านี้แม้เพียงเล็กน้อยก็อาจมีผลต่อการคงรูปหรือวัลคาไนซ์ รวมทั้งสมบัติของยางได้มาก โดยโครงสร้างหลักที่มีผลกระทบต่อสมบัติของยางธรรมชาติมี ดังนี้

1) ยางธรรมชาติ ประกอบด้วย คาร์บอนและไฮโดรเจนล้วน ทำให้ยางธรรมชาติมีสมบัติไม่ทนน้ำมันปิโตรเลียมหรือน้ำมันพืช แต่จะเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี

2) ตัวทำละลายของยางธรรมชาติ ได้แก่ อะลิฟาติก และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (aliphatic and aromatic hydrocarbon), chlorinated hydrocarbon, ethers, และ carbon disulfide นอกจากนี้ ความทนน้ำมันของยางธรรมชาติมีค่าต่ำมากจึงทำให้ยางวัลคาไนซ์ แล้วเกิดการบวมตัวเมื่อจุ่มในน้ำมัน ในขณะที่ยางดิบเกิดการละลาย ส่วนตัวที่ไม่ทำละลายยางธรรมชาติ ได้แก่ คีโตน (ketone) แอลกอฮอล์ (alcohol) และ เอสเทอร์ (ester)

3) จากการที่โมเลกุลของยางธรรมชาติไม่อิ่มตัว จะทำให้พันธะคู่สามารถทำปฏิกิริยากับกำมะถันในกระบวนการวัลคาไนเซชันได้ แต่มีข้อเสียคือเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนและโอโซนโดยมีโลหะ (เช่น Mn, Fe, Cu และ Co) ความร้อน แสง และความเครียดที่มีอยู่ในยาง (เช่น การหักงอยางไปมา) เป็นตัวเร่งให้ยางเสื่อมเร็วขึ้นเมื่อตั้งทิ้งไว้หรือขณะใช้งาน ซึ่งจะทำให้ยางธรรมชาติเกิดรอยแตกหรือการแตกหักได้ ปริมาณโอโซน 100 ppm สามารถทำลายยางได้ภายในสองนาที ดังนั้นต้องมีการเติมสารป้องกันการเกิดออกซิไดซ์ (antioxidant) และสารป้องกันการเกิดโอโซแนนท์ (antiozonant) ผสมเข้าไปในยาง เพื่อยืดอายุการใช้งานหรือการเก็บรักษา

4) โซ่โมเลกุลที่เคลื่อนไหวหักงอไปมาได้ง่าย ทำให้ยางธรรมชาติคงสภาพยืดหยุ่นได้ดี อาจจะสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิต่ำมาก ยางธรรมชาติมีค่า T_g เท่ากับ –72°C ซึ่งต่ำกว่ายางสังเคราะห์อื่นๆ ยกเว้นเฉพาะยางบิวทาไดอีนและยางซิลิโคนเท่านั้น (Barlow, 1993)

5) ความสม่ำเสมอในโครงสร้างโมเลกุล ทำให้ยางธรรมชาติสามารถตกผลึกได้เมื่อยืด ทำให้มีความต้านทานแรงดึงสูงมากและทำให้มีค่า green strength สูงและ tack ดี

6) น้ำหนักโมเลกุลสูง ทำให้ยางแข็งเกินไปที่จะนำไปแปรรูปโดยตรง ดังนั้นต้องนำยางไปบดเพื่อให้ได้โมเลกุลเล็กลงก่อนนำไปแปรรูปในขั้นต่อไป

7) ยางธรรมชาติมีสมบัติการกระดอน (resilience) สูงกว่ายางสังเคราะห์อื่นๆ

8) การใช้ reinforcing filler เช่น เขม่าดำ (carbon black) จะปรับปรุงสมบัติเชิงกลของยางให้สูงขึ้น

2.5 การปรับปรุงยางพารา

ยางพารา มีข้อดีในด้านสมบัติเชิงกลและมีข้อบกพร่องที่สำคัญ 2 ประการ คือ การต้านทานต่อน้ำมัน และการทนทานต่อสภาวะแวดล้อม (ออกซิเจน โอโซน ความร้อน และแสงอัลตราไวโอเลต) ต่ำ สมบัติเหล่านี้สามารถปรับปรุงได้เมื่อนำไปผสมกับพอลิเมอร์ หรือยางที่มีสมบัติเด่นที่ต้องการ เช่น นำยางธรรมชาติผสมกับยางอะไครโลไนโตรบิวตะไดอีน จะช่วยเพื่อความต้านทานน้ำมัน และเมื่อนำยางธรรมชาติผสมกับยางเอทิลีนโพพิลีนบิวตะไดอีนเพื่อปรับปรุงการทนทานต่อสภาวะแวดล้อม นอกจากนี้ยังสามารถที่จะแก้ไขข้อบกพร่องของยางธรรมชาติได้ด้วยวิธีทางเคมี (เสาวรจน์, 2537) ซึ่งสรุปได้ ดังนี้

1) การผสมยางกับยาง (Rubber-Rubber Blend)

ยางชนิดต่างๆ จะมีสมบัติที่แตกต่างกันไป ซึ่งส่วนใหญ่จะมีสมบัติที่ต้องการไม่ครบถ้วน ยางแต่ละชนิดอาจจะขาดสมบัติบางอย่างที่ผลิตภัณฑ์นั้นต้องการ การแก้ปัญหาดังกล่าวอาจทำได้ด้วยการผสมกันของยางที่ต่างชนิดกันตั้งแต่สองชนิดหรือมากกว่า เพื่อให้สามารถนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติตามที่ต้องการได้อย่างครบถ้วน การผสมกันของยางนี้อาจจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้ การผสมยางสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

- การผสมในสถานะของยาง
- การผสมในสถานะของสารละลายยาง
- การผสมในสถานะน้ำยางร่วมกับสารละลายยาง
- การผสมโดยใช้เครื่องมือกล (mechanical)
- การผสมโดยใช้เครื่องมือกลร่วมกับสารเคมี (mechanochemical)
- การผสมในสถานะของยางผง (powder or particulate form)

เทคนิคที่สะดวกสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมยาง คือ ใช้เทคนิคผสมโดยเครื่องมือกล ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ได้แก่ เครื่องบดผสมแบบระบบเปิด (open mill or two roll mill) หรือเครื่องบดผสมแบบระบบปิด (internal mixers) โดยการผสมยางนี้อาจใช้ยางธรรมชาติผสมกับยางสังเคราะห์หรือใช้ยางสังเคราะห์ผสมกับยางสังเคราะห์

ตารางที่ 2.1 สมบัติบางประการของยางชนิดต่างๆ

สมบัติ	NR	SBR	BR	IIR	CR	NBR
Resilience	H	M	VH	L	M	FL
Tensile strength	VH	H	M	M	H	H
Tear strength	VH	M	M	M	H	M/L
Abrasion resistance	H	H	VH	M/H	H	M
Wet Skid resistance	L	H	VL	VH	-	-
Oxidation resistance	M	M	M	H	M	M
Permeability	H	M	VH	L	FL	L

<u>หมายเหตุ</u> VH = สูงมาก, H = สูง, M = ปานกลาง
VL = ต่ำมาก, L = ต่ำ, FL = ค่อนข้างต่ำ

สำหรับการผสมยางกับยางไม่ว่าจะเป็นการผสมยางสังเคราะห์กับยางสังเคราะห์หรือยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์นั้น ควรคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ได้แก่

1.1) ปัจจัยที่มีผลต่อการผสมยาง

- Polymer ratio
- Phase morphology
- Interfacial adhesion and crosslink
- การกระจายตัวของสารตัวเติม (filler) ภายในยาง
- การกระจายตัวของสารเติมแต่ง (Plasticizer) ภายในยาง
- การกระจายตัวของการเชื่อมต่อกันภายในยาง
- ปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ ค่าความหนืด และความแตกต่างด้านความมีขั้วของยางแต่ละชนิด

1.2) การใช้ยางผสม ยางที่นำมาผสมกันจะไม่เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันโดยสมบูรณ์ จะมียางชนิดหนึ่งกระจายตัวอยู่ในยางอีกชนิดหนึ่ง โดยแยกออกเป็น 2 เฟส ได้แก่

ก) Continuous phase เป็นส่วนของยางที่เป็นพื้น matrix

ข) Disperse phase เป็นส่วนของยางที่เข้าไปกระจายในส่วนของ continuous phase เพื่อที่จะให้เกิดการกระจายตัวของยางเกิดขึ้นได้ดีที่สุด ยางทั้งสองชนิดที่นำมาผสมกันควรจะมีความหนืดเท่าๆ กัน เหตุผลการตัดสินใจที่จะผสมยางเข้าด้วยกัน มีเหตุผลหลายประการ เช่น

- เพิ่มความสามารถในการแปรรูปของยางที่ใช้
- เพิ่มความทนทานต่อการเสื่อมสภาพของยาง
- ช่วยในการลดต้นทุน ด้วยการผสมยางที่มีราคาถูกกับยางที่มีราคาแพง

นอกจากนี้สิ่งสำคัญอีกสิ่งที่จะต้องระมัดระวังในการผสมยางเข้าด้วยกัน คือ ยางที่ผสมจะต้องมีการวัลคาไนซ์ไปพร้อมๆ กัน

1.3) การผสมยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์ เพื่อให้ได้สมบัติตามต้องการ ตัวอย่างเช่น การใช้ยางธรรมชาติผสมยางไนไตรล์ ยางธรรมชาติกับยางเอสบีอาร์ และยางบิวทาไดอีนผสมยางธรรมชาติ เป็นต้น (บุญธรรม, 2530)

2) การแก้ไขทางเคมี (Chemical Modification)

การปรับปรุงสมบัติของยางธรรมชาติสามารถทำได้โดยใช้สารเคมีเป็นตัวแก้ไขโครงสร้างโมเลกุล โดยทั่วไปปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นที่พันธะคู่ของยางธรรมชาติและเมื่อมีการปรับสภาพโครงสร้างของยางธรรมชาติแล้วอาจทำให้ยางธรรมชาติมีสมบัติพื้นฐานทางฟิสิกส์เปลี่ยนแปลงไป และส่วนใหญ่มีแนวโน้มเปลี่ยนสภาพจากยางไปเป็นพลาสติก หรือเรซิน การแก้ไขยางธรรมชาติทางเคมีสามารถที่จะทำได้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

2.1) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง หรือ geometry ของโมเลกุลยางธรรมชาติไปเป็นวัสดุชนิดใหม่

2.2) การรวมโมเลกุลของยางธรรมชาติกับกลุ่มสารเคมีที่มีลักษณะเฉพาะหรือปฏิกิริยาทางเคมี

2.3) การนำพอลิเมอร์ที่ต่างชนิดกันมาต่อเข้ากับสายโซ่โมเลกุลของยางธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นสายโซ่สั้นหรือสายโซ่ยาว

2.6 การวัลคาไนซ์ยางพารา

วัลคาไนเซชัน หมายถึง กระบวนการการนำยางมาเติมกำมะถันแล้วให้ความร้อน โดยผลิตผลที่ได้มีความสามารถในการไหลลดลง แต่ในขณะเดียวกันความสามารถในการยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น เหตุผลที่ความสามารถในการไหลของยางลดลง แต่ในขณะเดียวกันมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นเพราะได้เกิดการเชื่อมโยง (crosslinked) ขึ้นระหว่างโมเลกุลของยาง ในปัจจุบันคำว่า วัลคาไนเซชัน หมายถึง กระบวนการใดก็ได้ที่ก่อให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล ดังนั้นกระบวนการจึงไม่จำกัดเฉพาะการใช้กำมะถันเท่านั้น แต่อาจใช้สารเคมีอื่นก็ได้ หรือไม่มีการเติมสารเคมีเลยก็ได้ เช่น ใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียว หรือใช้แสงเพียงอย่างเดียว ยิ่งไปกว่านั้นกระบวนการนี้ก็ไม่จำกัดแต่เฉพาะยางธรรมชาติเท่านั้น แต่จะเป็นวัตถุพอลิเมอร์ใดๆ ก็ได้ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันวิธีวัลคาไนเซชันยางที่นิยมใช้กันมากที่สุดยังคงเป็นวิธีดั้งเดิม คือ การใช้ผงกำมะถันและมีการเติมตัวเร่งด้วย (accelerator) อีกวิธีหนึ่งก็นิยมใช้กันเช่นกันคือการใช้สารเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ (พรพรรณ, 2528; วราภรณ์, 2523)

1) กระบวนการวัลคาไนเซชั่นโดยใช้กำมะถัน (sulfur vulcanization) ปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติและผงกำมะถัน เป็นปฏิกิริยาที่เกิดค่อนข้างช้าภายใต้อุณหภูมิปกติสำหรับกระบวนการคือประมาณ 150°C ยิ่งไปกว่านั้น กระบวนการนี้ยังมีประสิทธิภาพต่ำมาก แต่ละจุดที่เกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของยางใช้กำมะถันมากถึง 40-55 อะตอม และมีเพียง 6-10 อะตอม ของกำมะถันเท่านั้นที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงอย่างแท้จริง กำมะถันที่เหลือกระจายไปทั่วโซ่หลักของยางในรูปของหน่วยซัลไฟด์วงแหวน การมีซัลไฟด์ปะปนในยางธรรมชาติเป็นจำนวนมาก ในลักษณะเช่นนี้ ทำให้สมบัติทางกายภาพของยางธรรมชาติด้อยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งก่อให้เกิดการตกผลึกออกมาและทำให้สมบัติการกลับเข้ารูปเดิม (resilience) ลดต่ำลงด้วยอัตราการวัลคาไนเซชั่นอาจทำให้เร็วขึ้นได้โดยการเติมตัวเร่ง (accelerator) หนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งตัว นอกจากการเติมตัวเร่งแล้ว ยังนิยมเติมตัวกระตุ้น (activator) ด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของตัวเร่ง

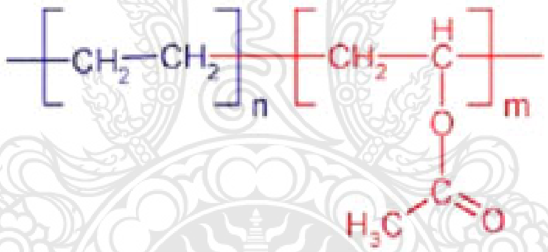
2) กระบวนการวัลคาไนเซชั่นโดยใช้สารเปอร์ออกไซด์ (vulcanization) เป็นสารที่ก่อให้เกิดการเชื่อมโยงโมเลกุลของยาง เพื่อการปรับปรุงคุณสมบัติของผลผลิตยางให้ดีขึ้น ชนิดของสารเชื่อมโยงโมเลกุลยางนี้จะแตกต่างกันออกไปในการใช้กับยางแต่ละชนิด ในระหว่างการวัลคาไนซ์ยางนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น คือ การที่สายโมเลกุลของยางเกิดการเชื่อมโยงกัน โดยเกิดปฏิกิริยากับสาร vulcanizing form โครงสร้างแบบสามมิติ จากการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวจะทำให้ยางเปลี่ยนจากการมีลักษณะอ่อนแบบพลาสติกเป็นลักษณะแข็งแรงและยืดหยุ่นได้ แต่ยางจะสูญเสียคุณสมบัติความเหนียวติดกันเองและจะมีความต้านทานต่อการละลายในตัวทำละลาย ตลอดจนความทนทานต่อการเสื่อมสภาพเนื่องมาจากความร้อน แสง และขบวนการทำให้ยางเสื่อมสภาพแบบอื่นๆ

2.7 การขึ้นรูปโดยการอัดด้วยความร้อน

การขึ้นรูปโดยการอัดด้วยความร้อน เป็นกระบวนการพื้นฐานในการผลิตชิ้นงานยางและพลาสติกแบบดั้งเดิม โดยส่วนมากนิยมใช้กับพลาสติกประเภทเทอร์โมเซต นอกจากนี้กระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยการอัดยังสามารถใช้กับพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก แต่ไม่เป็นที่นิยมมากนัก หลักการกระบวนการขึ้นรูปด้วยการอัด คือ นำวัตถุดิบที่ต้องการขึ้นรูป วางลงแม่พิมพ์ร้อนที่เปิดอยู่ หลังจากนั้นปิดแม่พิมพ์ด้วยแรงดันอัด พลาสติกจะเริ่มอ่อนตัวเนื่องจากความร้อน และไหลไปตามช่องว่างของแม่พิมพ์จนกระทั่งแข็งตัวได้รูปร่างตามต้องการ (บุญธรรม, 2530)

2.8 พลาสติกเอทธิลีนไวนิลอะซิเตท

พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซีเตทหรือพลาสติกอีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate, EVA) เป็นโพลิเมอร์ชนิดหนึ่งได้จากการทำโพลิเมอร์ไรเซชั่น (Polymerization) ของสารเอทิลีนโมโนเมอร์ (Ethylene Monomer) กับสาร ไวนิลอะซีเตทโมโนเมอร์ (VAM, Vinyl Acetate Monomer) โพลิเมอร์อีวีเอเป็นผลงานการวิจัยของบริษัทดูปองท์ (Dupont) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้รับการจดสิทธิบัตรไว้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2499 (ค.ศ.1956) อีวีเอถูกผลิตออกสู่ตลาดในปี พ.ศ. 2503 (ค.ศ.1960) ในชื่อทางการค้าว่า เอลแว็กซ์ (Elvax) ปัจจุบันอีวีเอถูกนำมาประยุกต์ใช้ในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมหีบห่อบรรจุภัณฑ์ กาวเส้นลวด พื้นรองเท้า และอื่นๆ (Jesse, 1992)



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของพลาสติกอีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate, EVA) (Jesse, 1992)

เอทิลีนไวนิลอะซีเตทโคโพลิเมอร์ มีลักษณะโมเลกุลเป็นสายยาวของเอทิลีน โดยมีไวนิลอะซีเตทเกาะกระจายเป็นหย่อมบนสายโซ่โมเลกุล ในลักษณะโครงสร้างโคโพลิเมอร์แบบไม่เป็นระเบียบ (Random Copolymer) และเนื่องจากสารชนิดนี้เกิดจากการรวมโมโนเมอร์ 2 ชนิด คือ เอทิลีนโมโนเมอร์กับไวนิลอะซีเตทโมโนเมอร์ ดังนั้นสมบัติของอีวีเอจึงเปลี่ยนแปลงตามปริมาณของไวนิลอะซีเตทในโมเลกุล โดยปริมาณของสารไวนิลอะซีเตทในโมเลกุลมีผลกระทบต่ออีวีเอ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สมบัติของพลาสติกอีวีเอที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณของไวนิลอะซีเตดในโมเลกุล

สมบัติ	ปริมาณไวนิลอะซีเตดมาก	ปริมาณไวนิลอะซีเตดน้อย
ความเป็นผลึก (Crystallinity)	ลดลง	มากขึ้น
จุดหลอมเหลว	ลดลง	สูงขึ้น
ค่าโมดูลัส	ลดลง	สูงขึ้น
ความแข็ง (Hardness)	ลดลง	มากขึ้น
สภาพขั้ว (Polarity)	สูงขึ้น	ลดลง
ความสามารถในการกันแก๊สซึมผ่าน	ลดลง	เพิ่มขึ้น
ความทนทานต่อแรงกระแทก	มากขึ้น	ลดลง
ความทนทานต่อตัวทำละลายอินทรีย์	ลดลง	มากขึ้น
ความใส	มากขึ้น	น้อยลง

ความสามารถเข้าได้กับสารอื่น เมื่ออีวีเอมีปริมาณไวนิลอะซีเตดเพิ่มมากขึ้น ความสามารถในการเข้าได้กับสารอื่นจะสูงขึ้น ทำให้สามารถนำสารอีวีเอไปผสมรวมกับโพลิเมอร์ชนิดอื่นที่มีสภาพขั้ว เช่น พลาสติไซซ์พีวีซี (Plasticized PVC) ได้ ซึ่งโดยปกติโพลิเอทิลีนทั่วไปไม่สามารถผสมเข้ากับพลาสติไซซ์พีวีซี และยิ่งอีวีเอมีปริมาณไวนิลอะซีเตดมากขึ้นก็ยิ่งช่วยให้เข้าได้กับพลาสติไซซ์พีวีซีได้ง่ายยิ่งขึ้น เป็นต้น นอกจากนี้อีวีเอที่มีไวนิลอะซีเตดมากยังมีความสามารถรับสารเพิ่มเนื้อ (Fillers) หรือผงสี (Pigments) ต่าง ๆ ได้ในปริมาณมากโดยไม่เกิดผลเสียต่อสมบัติทางกายภาพ เช่น ในผลิตภัณฑ์อีวีเอที่ใช้สำหรับงานกันไฟฟ้าสถิตย์นั้น ผู้ผลิตสามารถผสมผงถ่าน (Carbon Black) ลงไปในเนื้ออีวีเอได้มากถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ด้วยสมบัติที่สามารถเข้ากับสารอื่นได้ดี จึงสามารถนำอีวีเอไปปรับแต่งสมบัติก่อนใช้งานหรือใช้เป็นตัวปรับแต่งสมบัติให้กับโพลิเมอร์อื่นได้

2.9 การปรับปรุงสมบัติของพลาสติกอีวีเอ

พลาสติกอีวีเอ สามารถปรับปรุงสมบัติได้หลายวิธี เช่น การใช้สารประกอบเปอร์ออกไซด์ (Peroxide) ทำให้อีวีเอเกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลเป็นเครือข่ายหรือร่างแห การเติมสารเพิ่มเนื้ออย่างดิน (Clay) ลงไปในอีวีเอเพื่อช่วยเรื่องการเสริมแรง (Reinforcement) แต่สิ่งสำคัญนอกเหนือจากนี้คือการปรับปรุงสมบัติความต้านทานต่อแรงฉีกขาด โดยใช้ซิลิกา (Silica) การนำอีวีเอมาเติมซิลิกา สารประกอบเปอร์ออกไซด์ และสารให้ฟอง (Blowing Agents) ทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นผลิตภัณฑ์โฟมที่มีน้ำหนักเบา (ความหนาแน่นต่ำ) แต่เหนียว ซึ่งเหมาะจะใช้เป็นแผ่นรองพื้นชั้นใน (Innersole) และพื้นรองเท้าชั้นกลาง (Midsole) ของรองเท้าวิ่ง

2.10 การขึ้นรูปพลาสติกอีวีเอ

พลาสติกอีวีเอส่วนใหญ่ที่นำมาใช้งานเป็นอีวีเอชนิดเทอร์โมพลาสติก วิธีขึ้นรูปจึงเหมือนการขึ้นรูปเทอร์โมพลาสติกทั่วไปคือ สามารถขึ้นรูปด้วยวิธีฉีดเข้าแบบ (Injection Molding) วิธีอัดรีด (Extrusion) วิธีเป่าเข้าแบบ (Blow Molding) และวิธีรีดเป็นแผ่น (Calendering) แต่มีบางสิ่งที่ควรทราบเกี่ยวกับการขึ้นรูปอีวีเอ เนื่องจากอีวีเอเป็นโพลิเมอร์ที่ไม่สามารถทนความร้อนสูงจากกระบวนการขึ้นรูป อย่างเช่น วิธีการฉีดเข้าแบบได้ดีนัก สภาพแวดล้อมที่ร้อนเกินพิกัดจะทำให้โพลิเมอร์สูญเสียสมบัติทางกายภาพ นอกจากนี้ยังทำให้หมู่ไวนิลอะซีเตดของโพลิเมอร์สลายตัวให้กรดอะซีติก (Acetic Acid) ออกมาซึ่งสังเกตได้จากมีกลิ่นน้ำส้มสายชูเกิดขึ้น ดังนั้นการทำแม่พิมพ์และดาย (Die) สำหรับอีวีเอจึงควรเลือกใช้โลหะที่มี

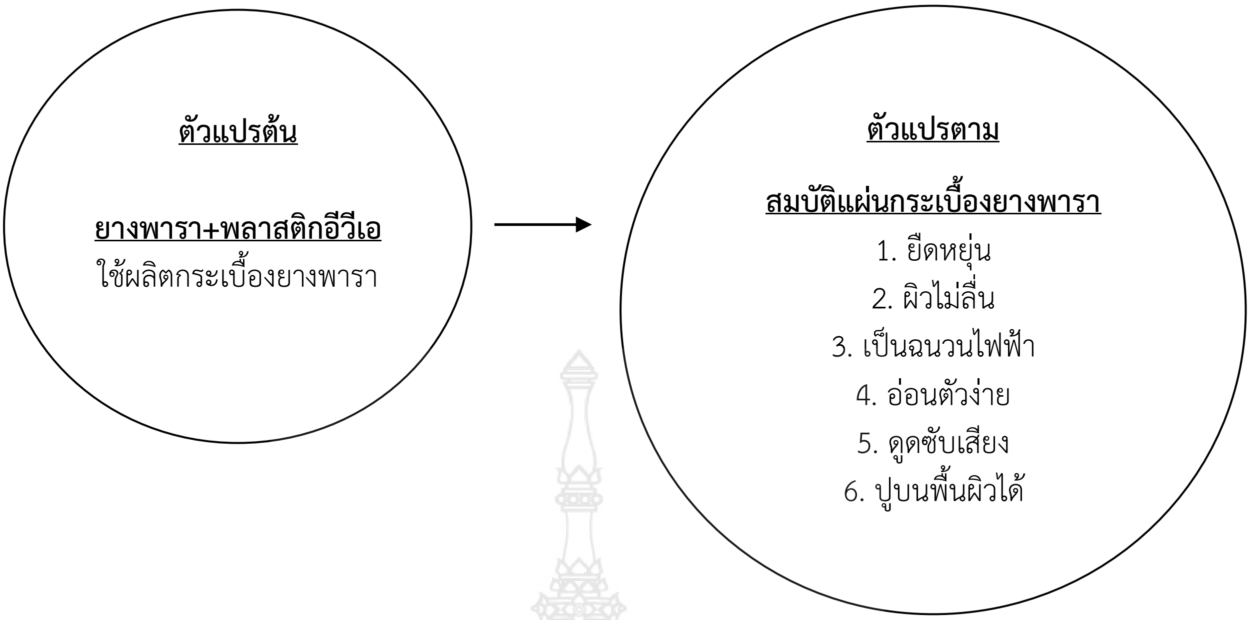
ความทนทานต่อการกัดกร่อน การขึ้นรูปอีวีเอด้วยการฉีดขึ้นรูปจึงไม่ควรใช้อุณหภูมิสูงเกินความจำเป็น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะสมบูรณ์แบบ สิ่งที่ควรคำนึงอีกประการหนึ่งคือ ควรให้ผลิตภัณฑ์มีช่วงเวลาการเย็นที่นานเพียงพอ เนื่องจากหากชิ้นงานยังไม่แข็งแรงเพียงพอแรงกระแทกจากเข็มกระทุ้ง (Pin) ที่ทำให้ชิ้นงานหลุดออกจากแม่พิมพ์จะทำให้ชิ้นงานเสียหายได้การขึ้นรูปด้วยการอัดรีดอีวีเอ เนื่องจากอีวีเอมีสมบัติความอ่อนนุ่มในตัว การควบคุมรูปทรงของชิ้นงานให้มีความสมบูรณ์จึงเป็นปัญหาหลัก ดังนั้นระบบทำความเย็นและอุปกรณ์ควบคุมรูปทรงจึงเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่จำเป็นต้องมี

2.11 เศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอจากอุตสาหกรรมรองเท้า

เศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอจากอุตสาหกรรมรองเท้า เป็นหนึ่งในขยะพลาสติกที่เป็นปัญหาอย่างมากของประเทศ เนื่องจากประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกรายใหญ่ อันดับที่ 5 ของโลก รองจากจีน เวียดนาม อินโดนีเซีย และบราซิล ในปี 2549 มีจำนวนโรงงานผลิตรองเท้ากว่า 1,000 โรงงาน มีมูลค่าการส่งออกรวมกว่า 3.3 หมื่นล้านบาท และมีแนวโน้มขยายตัวมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจะทำให้มีปริมาณเศษผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ประกอบกับการที่ขยะจำพวกพลาสติกสามารถย่อยสลายได้ช้า วิธีกำจัดโดยการฝังกลบจึงไม่สามารถรองรับขยะปริมาณมากมายเหล่านี้ได้ และการฝังกลบขยะพลาสติกอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนในดินและแหล่งน้ำใต้ดินอีกด้วย แม้ว่าปัจจุบันจะมีการนำพลาสติกมาหลอมและนำกลับมาใช้ใหม่ แต่ก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติด้อยลงกว่าเดิม จึงจำเป็นต้องเติมสารเติมแต่งต่างๆ ลงไป เพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น ซึ่งจะเพิ่มต้นทุนอย่างมากให้กับภาคอุตสาหกรรม ทั้งนี้ในกระบวนการผลิตรองเท้าจะมีการผสมผสานวัตถุดิบระหว่างเม็ดพลาสติกกับสารเคมีชนิดต่างๆ แล้วผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูป รีด และผสมสี เพื่อให้ได้รองเท้าที่มีสีสัน และความนุ่มตามที่ผู้บริโภคต้องการ ซึ่งวัตถุดิบหลักที่ใช้ผสมนั้น ได้แก่ พลาสติกอีวีเอ (EVA, Ethylene Vinyl Acetate), พลาสติกแอลดีพีอี (LDPE, Low Density Polyethylene), ไข (Wax), ยาสุก (DCP, Dicumyl Peroxide), ซิงค์ (ZnO), ยาพอง (Blowing Agent), แป้ง 9 QQ, แป้ง OM 8, แป้ง 4 QC, ยางพาราแผ่น (Para-Rubber Plates), เขม่าดำ (Carbon Black) และผงแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เป็นต้น ส่วนเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกที่เหลือทิ้งอย่างมากก็คือ ขอบพลาสติกอีวีเอที่เหลือจากการขึ้นรูป เดิมทีทางโรงงานจะมีการนำเศษผลิตภัณฑ์ดังกล่าว กลับไปเข้ากระบวนการผลิตใหม่อีกครั้ง เพื่อลดปริมาณขยะจากเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอ และเป็นการประหยัดพลาสติกอีวีเอใหม่ แต่การนำเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอดังกล่าวไปผสมใหม่นั้น จะทำให้ผลิตภัณฑ์รองเท้ามีคุณภาพด้อยลง และสามารถทำการผสมซ้ำได้เพียงไม่กี่ครั้งเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ทั้งชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมจึงมีเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอต่างๆ เหลือทิ้งเป็นขยะพลาสติกที่ยากต่อการกำจัดจำนวนมาก

2.12 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม มีสมมติฐานและกรอบแนวความคิดว่า ขยะพลาสติกจากโรงงานอุตสาหกรรม สามารถนำมาผลิตกระเบื้องยางที่มีสมบัติยืดหยุ่น พื้นผิวไม่ลื่น เป็นฉนวนไฟฟ้า อ่อนตัวง่าย ดูดซับเสียงดี ป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วผ่านร่างกายในกรณีเครื่องใช้ไฟฟ้ามีปัญหา และใช้ปูพื้นบนผิวต่างๆ ได้ดี



รูปที่ 2.6 กรอบแนวความคิดของกระเบื้องยางพาราผสมอีวีเอ

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ ผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม มีดังต่อไปนี้

1) ศุภชัย แก้วจัง (2552) ได้พัฒนาบล็อกปูพื้นที่ทำจากยางธรรมชาติและยางอีพีดีเอ็ม (EPDM) เหลือทิ้ง โดยทำเป็น 2 ชั้น ประกอบด้วย ชั้นแรก คือ ส่วนฐานรองรับ ทำจากยางธรรมชาติชนิดยางสกิม ซึ่งเป็นยางต้นทุนต่ำผสมสารตัวเติมผงฝุ่นขี้เลื่อยไม้ยางพารา ทำการขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการขึ้นรูป 12, 15, และ 20 นาที ที่ความหนา 5, 10, และ 15 มิลมิเมตร ตามลำดับ ชั้นที่สอง ทำจากยางสกิมผสมยางอีพีดีเอ็มซึ่งเป็นวัสดุจากฉนวนหุ้มท่อแอร์เหลือทิ้ง โดยมีสมบัติต้านทานต่ออุณหภูมิได้ดี ทำหน้าที่เป็นสารตัวเติม โดยมีการแปรผันปริมาณสัดส่วนยางอีพีดีเอ็มในช่วง 0-300 phr ทำการขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ผลการทดลอง พบว่า สมบัติความต้านทานแรงฉีกขาด สมบัติการกระเด้งกระดอน และทดสอบสมบัติการกระเด้งตัวในแนวดิ่งของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของยางอีพีดีเอ็ม ในทางตรงข้ามเวลาในการคงรูปยาง สมบัติความแข็ง และการดูดซับพลังงานเพิ่มขึ้น โดยสามารถดูดซับพลังงานได้มากที่สุดที่ปริมาณยางอีพีดีเอ็ม 300 phr ต้นทุนด้านวัสดุลดลงเมื่อชั้นฐานรองรับและปริมาณสัดส่วนยางอีพีดีเอ็มเพิ่มขึ้น แต่ต้นทุนด้านพลังงานกลับเพิ่มขึ้นเมื่อชั้นฐานรองรับเพิ่มขึ้นและปริมาณสัดส่วนยางอีพีดีเอ็มเพิ่มขึ้น

2) วิสุทธิ์ แก้วสกุล (2551) ได้เตรียมยางธรรมชาติเทอร์โมพลาสติกจากการเบลนด์โคพอลิเมอร์ของเอทิลีนกับไวนิลอะซิเตท (EVA) กับยางธรรมชาติ 3 ชนิด ได้แก่ ยางแผ่นผึ่งแห้ง (ADS) ยางธรรมชาติมาลิเอต (MNR) ที่เตรียมโดยใช้มาลิอิกแอนไฮไดรด์ 10 phr และยางธรรมชาติอิพอกไซด์ (ENR) ที่มีหมู่อิพอกไซด์ 35 % โดยโมล จากการเตรียมโดยทำปฏิกิริยาอิพอกซิเดชันยางธรรมชาติกับกรดเปอร์ฟอร์มิก ด้วยเทคนิคการเบลนด์แบบปกติและการวัลคาไนเซชันแบบไดนามิกส์โดยใช้ระบบ วัลคาไนซ์ด้วยฟีนอลิกเรซิน ใช้เครื่องผสมแบบปิดในการเบลนด์ ที่อุณหภูมิ 140°C ความเร็วโรเตอร์ 60 รอบ/นาที การเบลนด์ ADS/EVA ใช้สารเพิ่มความเข้ากันได้ที่เตรียมจาก EVA ดัดแปลงโมเลกุลด้วยฟีนอลิกเรซิน (PhHRJ-EVA) ส่วนการเบลนด์ MNR/EVA และ ENR/EVA เป็นการเบลนด์แบบรีแอ็กทีฟโดยไม่ใช้สารเพิ่มความเข้ากันได้ ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนการเบลนด์ พบว่าพอลิเมอร์เบลนด์ทั้ง 3 ชนิด มีมอดูลัสยืดหยุ่น ความ

ต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืด ความแข็ง และความต้านทานต่อตัวทำละลาย มีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มปริมาณยางธรรมชาติ แต่มอดูลัสสะสม ความหนืดเชิงซ้อน และความสามารถในการคืนรูป มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ค่า tension set และ tan d มีแนวโน้มลดลง) และพบว่าสัณฐานวิทยาเป็นแบบเฟสร่วมที่อัตราส่วนการเบลนด์ 40/60, 50/50 และ 60/40 เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนเดียวกัน การเบลนด์ ENR/EVA ให้วัสดุที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น ความสามารถในการคืนรูป ความต้านทานต่อตัวทำละลาย และความต้านทานต่อความร้อนสูงที่สุด รองลงมาคือวัสดุที่ได้จากการเบลนด์ MNR/EVA และ ADS/EVA ตามลำดับ ส่วนการเตรียมพอลิเมอร์เบลนด์ด้วยเทคนิควัลคาไนเซชันแบบไดนามิกส์ สมบัติต่างๆ มีแนวโน้มในทำนองเดียวกันกับการเบลนด์แบบปกติ แต่วัสดุจากการทำไดนามิกส์วัลคาไนเซชันมีสมบัติต่างๆ สูงกว่า นอกจากนี้พบว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเป็นอนุภาคยางวัลคาไนซ์มีขนาดเล็กลงตามการเพิ่มปริมาณยาง ซึ่งวัสดุจากการเบลนด์ ENR/EVA มีขนาดอนุภาคยางเล็กที่สุดมีผลให้ได้วัสดุที่มีสมบัติต่างๆ ดีที่สุด ได้แก่ ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการคืนรูป ความต้านทานต่อความร้อน และความต้านทานต่อตัวทำละลาย ดังนั้นวัสดุจากการเบลนด์ ENR/EVA ทั้งสองเทคนิคมีสมบัติดีที่สุดเนื่องจากมีความเข้ากันได้ดีที่สุด

3) ปุญญานิช อินทรพัฒน์ (2551) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อปฏิกิริยาการกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชัน ได้แก่ อัตราส่วนโดยโมลของมอนอเมอร์ต่อตัวริเริ่ม และเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อสัดส่วนการกราฟต์ของยางธรรมชาติกราฟต์และการเปลี่ยนแปลงมอนอเมอร์ พบว่า สัดส่วนการกราฟต์และการเปลี่ยนแปลงมอนอเมอร์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของมอนอเมอร์และเวลาในการ ทำปฏิกิริยา โดยกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับไดเมทิลอะคริโลอิลออกซีเมทิลฟอสฟอเนตที่อัตราส่วนโดยโมลของมอนอเมอร์ต่อตัวริเริ่ม เท่ากับ 7 ที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 180 นาที จะให้สัดส่วนการกราฟต์และการเปลี่ยนแปลงมอนอเมอร์สูงที่สุด ความยาวสายโซ่เฉลี่ยของสายโซ่กราฟต์อยู่ในช่วง 9-73 สัณฐานวิทยาของอนุภาคน้ำยางกราฟต์ทั้ง 3 ชนิด ด้วยเครื่องทรานสมิสชันอิเลคตรอนไมโครสโกปีพบว่า การกราฟต์โคพอลิเมอไรเซชันเป็นแบบคอร์เชลล์ ศึกษาสมบัติเชิงความร้อนของยางธรรมชาติกราฟต์ พบว่า การสลายตัวของยางธรรมชาติกราฟต์ปรากฏ 2 ช่วง กล่าวคือ การสลายตัวช่วงแรกที่อุณหภูมิต่ำเป็นการสลายตัวของยางธรรมชาติและช่วงที่สองเกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่ายางธรรมชาติ นอกจากนี้ยังพบว่าการเกิดเถ้าเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนการกราฟต์เพิ่มขึ้น ในงานวิจัยนี้ กราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิไดเมทิลเมทาคริโลอิลออกซีเมทิลฟอสฟอเนต ถูกนำมาใช้เป็นสารเพิ่มความเข้ากันได้ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกยางธรรมชาติจากยางธรรมชาติกับเอทิลีนไวนิล-อะซิเตท โดยใช้เทคนิคการเบลนด์แบบปกติและการเบลนด์โดยผ่านกระบวนการไดนามิกวัลคาไนซ์ โดยศึกษาอิทธิพลต่างๆ ได้แก่ ระดับการกราฟต์ ได้แก่ 71, 80, 89 และ95% และปริมาณของยางธรรมชาติกราฟต์ ได้แก่ 1, 3, 5, 7, 9, 12 และ 15% โดยน้ำหนักของยางธรรมชาติ ที่ใช้เป็นสารเพิ่มความเข้ากันได้ต่อสมบัติการไหลสมบัติพลวัติ สมบัติเชิงกล สัณฐานวิทยา และสมบัติเชิงความร้อน พบว่า การใช้ยางธรรมชาติกราฟต์ที่มีสัดส่วนการกราฟต์ เท่ากับ 80% ในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักของยางธรรมชาติในการเบลนด์แบบปกติและ 9% โดยน้ำหนักของยางธรรมชาติ ในการ เบลนด์แบบไดนามิกวัลคาไนเซชัน ให้ประสิทธิภาพในการเพิ่มความเข้ากันได้ดีที่สุด โดยพบว่า การใช้สารเพิ่มความเข้ากันได้ที่สภาวะดังกล่าวส่งผลให้ ความหนืดเชิงซ้อน สมบัติความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืดจนขาดสูงที่สุด ในขณะเดียวกัน การยืดอยู่ตัว และแทนเดลต้าต่ำที่สุด การศึกษาสัณฐานวิทยาของการเบลนด์ที่ใช้สารเพิ่มความเข้ากันได้พบว่าขนาดของเฟสยางลดลง อุณหภูมิการสลายตัวของพอลิเมอร์เบลนด์มีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้ อุณหภูมิกลาสทรานซิชันของพอลิเมอร์เบลนด์ มีการเลื่อนเข้าหากันส่วนปริมาณผลึกของเอทิลีนไวนิลอะซิเตทเฟสลดลง

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

โครงการ ผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลอง โดยดำเนินการวิจัยและพัฒนา ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และหน่วยงานภาครัฐอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1) ยางพาราแท่ง เกรด STR20 ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 ยางพาราแท่ง เกรด STR20

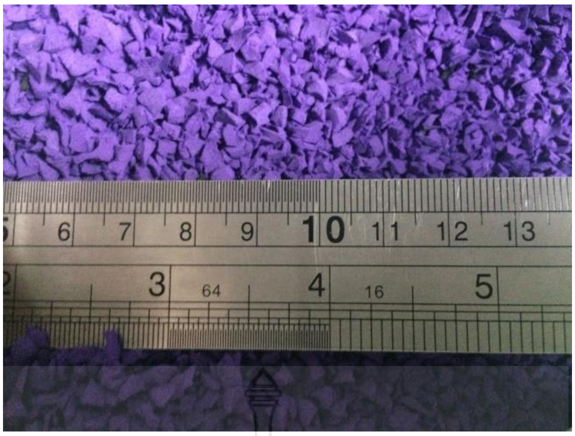
2) เศษพลาสติกเอทธิลีนไวนิลอะซิเตท (Ethylene Vinyl Acetate, EVA) จากโรงงานรองเท้าในจังหวัดสมุทรปราการ บดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 หรือมีขนาดเล็กกว่า 4.76 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องบดพลาสติก ดังรูปที่ 3.2 ถึง 3.6

รูปที่ 3.2 โรงงานรองเท้าในจังหวัดสมุทรปราการ

รูปที่ 3.3 เศษพลาสติกอีวีเอที่เหลือทิ้งจากโรงงานรองเท้าในจังหวัดสมุทรปราการ

รูปที่ 3.4 กระบวนการขึ้นรูปรองเท้าที่มีเศษพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้งจำนวนมาก

รูปที่ 3.5 เครื่องบดเศษพลาสติกอีวีเอให้มีขนาดเล็ก



รูปที่ 3.6 เศษพลาสติกอีวีเอที่ผ่านการบดแล้ว

3) กำมะถัน ชนิด Rhombic Sulfur
4) ซิงค์ออกไซด์ (ZnO)
5) กรดสเตียริก (Stearic Acid)
6) เมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอล (Mercapto Benzthiazole, MBT)
7) ไดฟินิลกัวนิดีน (Diphenyl Guanidine, DPG)
8) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล
9) แบบหล่อแผ่นกระเบื้องยาง ขนาด 15 x 15 x 0.2 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 แบบหล่อแผ่นกระเบื้องยาง

10) ตู้อบ

11) เครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง (Two - Roll Mill) ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 เครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง

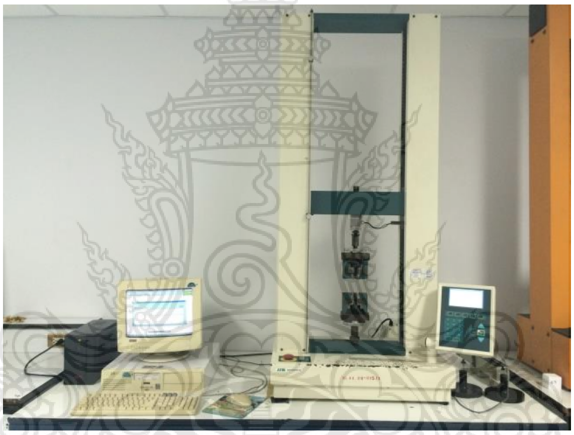
12) เครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน (Compression Molding) ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 เครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน

13) เครื่องทดสอบการคงรูป (Oscillating Disc Rheometer, ODR) ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 เครื่องทดสอบการคงรูป

14) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM) ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์

15) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

15) เครื่องวัดความแข็งแบบชอร์เอ (Shore A) ดังรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 เครื่องวัดความแข็งแบบชอร์เอ

16) เครื่องทดสอบความสึกหรอของยาง (Abrasion Resistance) ดังรูปที่ 3.14

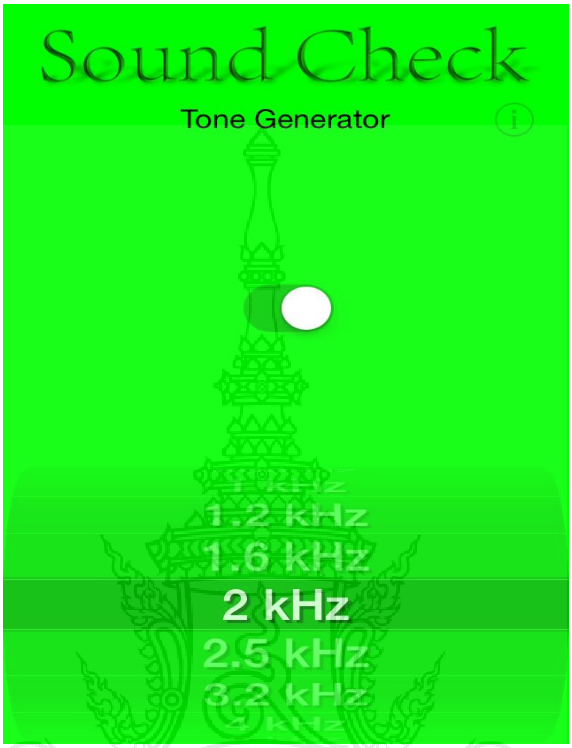
รูปที่ 3.14 เครื่องทดสอบความสึกหรอของยาง

17) เครื่องตัดตัวอย่าง ดังรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.15 เครื่องตัดตัวอย่าง

18) ชุดอุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่น ได้แก่ ตลับเมตร, เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ และไมโครมิเตอร์

19) ชุดอุปกรณ์แหล่งกำเนิดเสียง ได้แก่ คอมพิวเตอร์, โปรแกรม Sound Check Tone Generator ความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์ (Hz) (รูปที่ 3.16) และอุปกรณ์ขยายเสียง (ลำโพง) ขนาด 3 วัตต์ จำนวน 2 ตัว มีช่วงความถี่ของเสียง 125 – 20,000 เฮิรตซ์



รูปที่ 3.16 โปรแกรม Sound Check Tone Generator ที่ใช้ในการควบคุมความถี่เสียง

20) เครื่องวัดระดับเสียง (Sound Level Meter) ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT351 ความคลาดเคลื่อน ไม่เกิน 1.5 dB ดังรูปที่ 3.17

รูปที่ 3.17 เครื่องวัดระดับเสียง

21) ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง ขนาด 30x30x30 เซนติเมตร โดยเว้นช่องว่างสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุ 1 ด้าน (ใช้แผ่นยางธรรมชาติผสมขุยมะพร้าวติดบนแผ่นคอนกรีต ขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร) ส่วนอีก 5 ด้าน บุภายในด้วยแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี และติดตั้งแผ่นโฟม หนา 12.5 เซนติเมตร รอบห้องจำลอง (Abdullah et al., 2014) ดังรูปที่ 3.18 ถึง 3.20

รูปที่ 3.18 ด้านหน้าของห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง

รูปที่ 3.19 ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง

รูปที่ 3.20 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องจำลองสำหรับทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง

3.2 การออกแบบสูตรแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ

ทำการออกแบบสูตรของกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ โดยเริ่มจากสูตรกระเบื้องยางพาราที่ไม่มีการผสมเศษพลาสติกอีวีเอ แล้วจึงเพิ่มปริมาณเศษพลาสติกอีวีเอมากขึ้นเรื่อยๆ จนไม่สามารถขึ้นรูปกระเบื้องยางพาราได้ รวมทั้งหมด 6 สูตร ทั้งนี้ แต่ละสูตรจะใช้อัตราส่วนผสมเทียบจาก 100 ส่วนของยางโดยน้ำหนัก (Part Per Hundred Rubber; phr, pphr) ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอเทียบจาก 100 ส่วนของยางโดยน้ำหนัก (Part Per Hundred Rubber; phr, pphr)

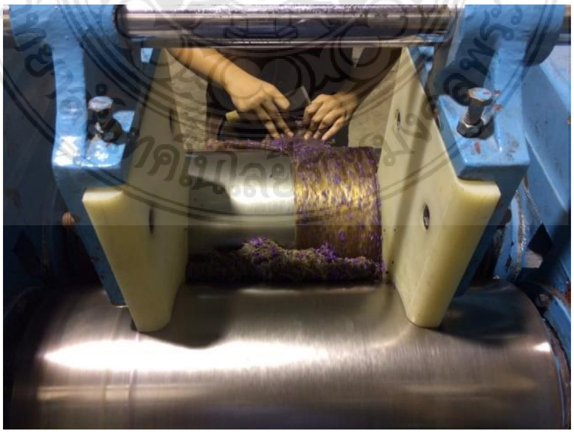
สูตร	ยางแท่ง STR20	ซิงค์ออกไซด์	กรดสเตียริก	กำมะถัน	เมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอล	ไดฟินิลกัวนิดีน	พลาสติกอีวีเอ
0	100	5	2	3	0.5	0.2	0
5	100	5	2	3	0.5	0.2	5
10	100	5	2	3	0.5	0.2	10
20	100	5	2	3	0.5	0.2	20
40	100	5	2	3	0.5	0.2	40
80	100	5	2	3	0.5	0.2	80

3.3 การขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ

1) ชั่งน้ำหนักส่วนผสมในการขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอตามที่ออกแบบ

2) บดยางพาราแท่ง เกรด STR20 สำหรับผสมส่วนผสมอื่นๆ ด้วยเครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง โดยใช้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วปานกลาง

3) เติมเศษพลาสติกอีวีเอที่ผ่านการบดย่อยแล้วลงในยางพาราที่บดภายในเครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การเติมเศษพลาสติกอีวีเอลงในยางพารา

4) ทยอยเติมสารซิงค์ออกไซด์และกรดสเตียริกลงในส่วนผสมที่กำลังบดอยู่ ดังรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 การผสมสารตัวเติมลงในยางพารา

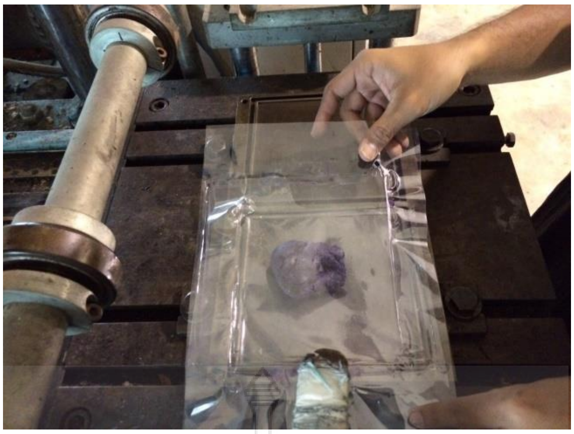
5) ทำการเติมเมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอลและไดฟินิลกัวนิดีนลงไปในส่วนผสมที่กำลังบด

6) ผสมส่วนผสมจนเข้ากัน แล้วจึงเติมกำมะถันเพื่อช่วยให้ส่วนผสมเกิดการคงรูป

7) ทดสอบการคงรูปของส่วนผสมทั้งหมด โดยใช้เครื่องทดสอบการคงรูป (ODR)

8) นำส่วนผสมที่เข้ากันดีแล้วใส่ลงในแบบหล่อที่รองด้วยแผ่นพลาสติกสำหรับป้องกันการติดแบบของส่วนผสม เพื่อขึ้นรูปเป็นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ ดังรูปที่ 3.23 และ 3.25

รูปที่ 3.23 การใช้เกียงเหล็กช่วยในการนำส่วนผสมออกจากเครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง



รูปที่ 3.24 นำส่วนผสมใส่ลงในแบบหล่อที่รองด้วยแผ่นพลาสติกสำหรับป้องกันการติดแบบของส่วนผสม

รูปที่ 3.25 การนำส่วนผสมที่เข้ากันแล้วใส่ในเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน

9) ขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ ด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส จนยางพาราเกิดการคงรูป ดังรูปที่ 3.26

รูปที่ 3.26 การอัดขึ้นรูปส่วนผสมของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ
โดยเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน

10) นำแผ่นกระเบื้องยางที่ขึ้นรูปแล้ว ออกจากแบบหล่อและแผ่นพลาสติกรองแบบ ได้แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ สำหรับนำไปใช้งานและทดสอบต่อไป ดังรูปที่ 3.27 ถึง 3.30

รูปที่ 3.27 การนำแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอออกจากแบบหล่อ

รูปที่ 3.28 การนำพลาสติกรองแบบออกจากแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ

รูปที่ 3.29 แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดความร้อน

รูปที่ 3.30 การกระจายของพลาสติกอีวีเอในแผ่นกระเบื้องยางพารา

3.4 การทดสอบสมบัติของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ

ทดสอบสมบัติต่างๆ ที่จำเป็นต่อการใช้งานแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ ตามมาตรฐาน ASTM และมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย

1) ความหนาแน่น ตามมาตรฐาน ASTM D1817 (ASTM, 2014a)

2) การดูดซึมน้ำ ตามมาตรฐาน ASTM D570 (ASTM, 2014b)

3) ความแข็ง ตามมาตรฐาน ASTM D2240 (ASTM, 2014c)

4) ความต้านทานแรงดึง ตามมาตรฐาน ASTM D412 (ASTM, 2014d)

5) ความทนการฉีกขาด ตามมาตรฐาน ASTM D624 (ASTM, 2014e)

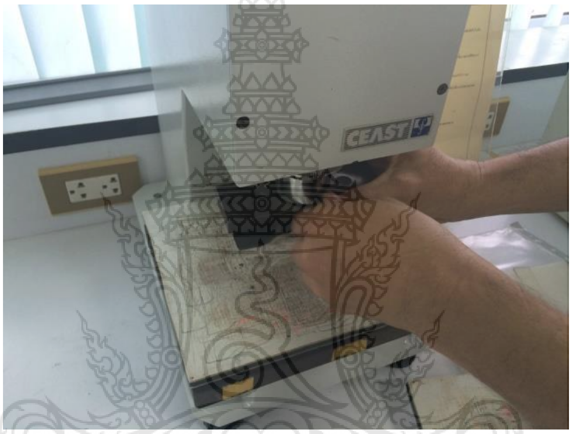
6) ความสึกหรอ ตามมาตรฐาน ASTM D1630 (ASTM, 2014f)

7) สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 (ASTM, 2014g)

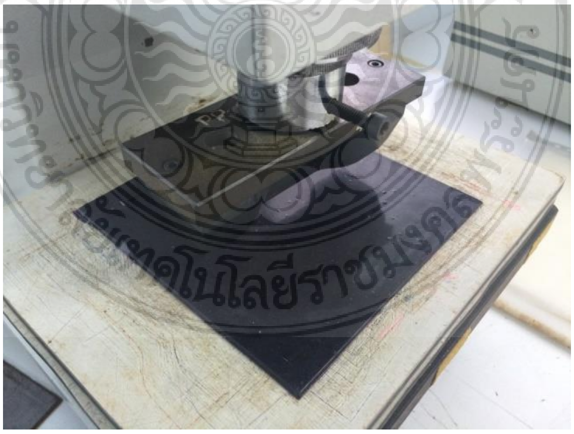
8) ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง ตามผลงานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งได้รับการตีพิมพ์ในระดับนานาชาติ (Abdullah et al., 2014)

รูปที่ 3.31 การชั่งน้ำหนักของกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ

รูปที่ 3.32 การแช่น้ำกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอเพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำ



รูปที่ 3.33 การติดตั้งแบบตัดกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอสำหรับการทดสอบสมบัติต่างๆ



รูปที่ 3.34 การตัดกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอสำหรับทดสอบสมบัติต่างๆ

รูปที่ 3.35 ชิ้นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึง

รูปที่ 3.36 การทดสอบความต้านทานแรงดึงของกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ

รูปที่ 3.37 การทดสอบความต้านทานแรงดึงของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ

รูปที่ 3.38 การทดสอบความทนการฉีกขาดของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ

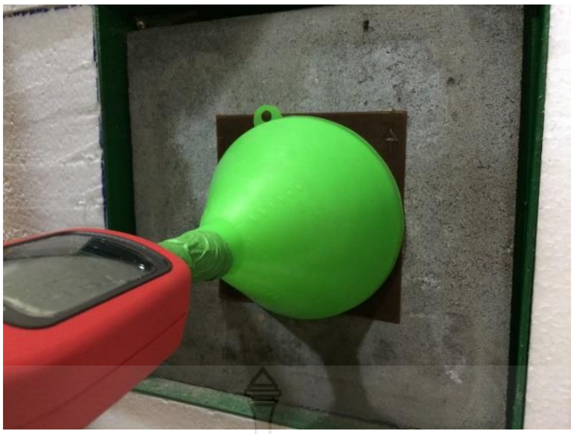
รูปที่ 3.39 การทดสอบความทนการฉีกขาดของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ

รูปที่ 3.40 การเตรียมทดสอบการสึกหรอของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ

รูปที่ 3.41 การทดสอบการสึกหรอของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ

รูปที่ 3.42 การทดสอบระดับเสียงที่ดังจากแหล่งกำเนิดโดยไม่มีวัสดุป้องกัน

รูปที่ 3.43 การติดตั้งแผ่นคอนกรีตสำหรับทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ



รูปที่ 3.44 การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ

3.5 การทดสอบการใช้งานจริงของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ

สำหรับการทดสอบใช้งานจริงของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ เริ่มจากการเลือกแผ่นกระเบื้องยางพาราที่มีอัตราส่วนเหมาะสมมาใช้ปูพื้น เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอกับแผ่นกระเบื้องยางทั่วไป จากนั้น จึงเตรียมพื้นผิวสำหรับปูกระเบื้องให้สะอาด แล้วใช้กาวขาวทาลงบนแผ่นยางธรรมชาติผสมขุยมะพร้าวในด้านที่ต้องการปูลงบนพื้น ทำการปูแผ่นกระเบื้องยางดังกล่าวลงในพื้นที่ที่ต้องการ โดยหันด้านที่ทากาวลงบนพื้นผิว ทั้งนี้ ให้สังเกตกระบวนการทำงานทุกขั้นตอนว่า แผ่นกระเบื้องยางพาราที่พัฒนา จะเหมือนหรือแตกต่างจากการใช้แผ่นกระเบื้องยางทั่วไปอย่างไร

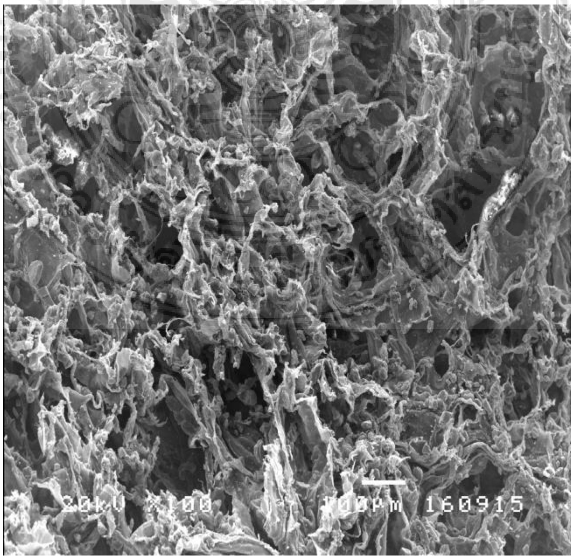
บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการทดสอบสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ตามมาตรฐาน ASTM และมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังต่อไปนี้

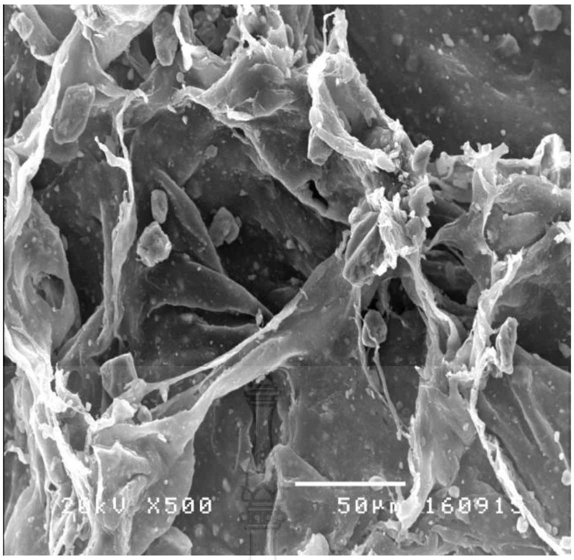
4.1 การส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

เมื่อนำส่วนผสมและแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเออัตราส่วนต่างๆ มาส่องขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ทำให้สามารถเห็นลักษณะทางกายภาพได้ ดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.12

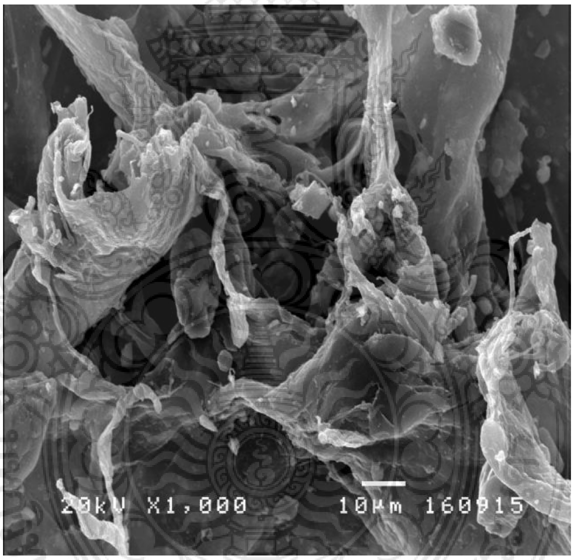
รูปที่ 4.1 ภาพมองด้วยตาเปล่าของเศษพลาสติกอีวีเอที่ผ่านการบดแล้ว



รูปที่ 4.2 ภาพขยายเศษพลาสติกอีวีเอที่ผ่านการบดแล้วด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 100 เท่า

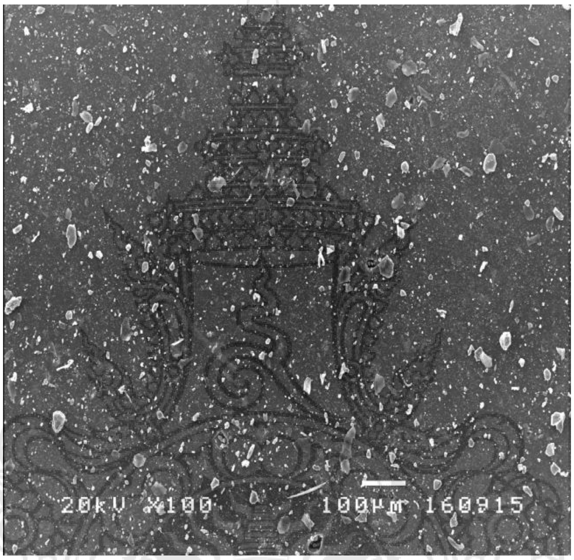


รูปที่ 4.3 ภาพขยายเศษพลาสติกอีวีเอที่ผ่านการบดแล้วด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 500 เท่า

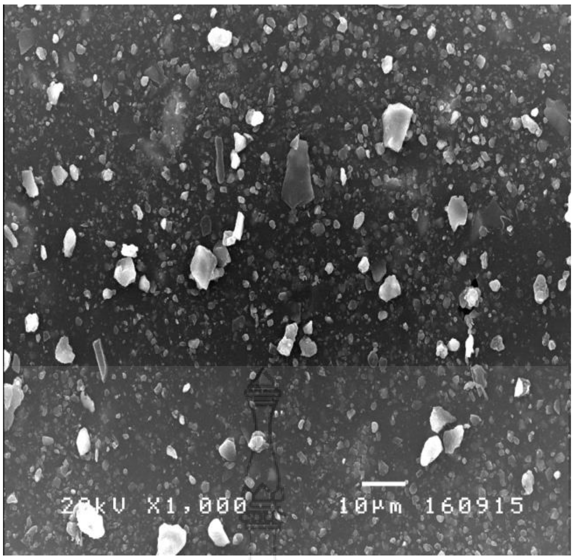


รูปที่ 4.4 ภาพขยายเศษพลาสติกอีวีเอที่ผ่านการบดแล้วด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

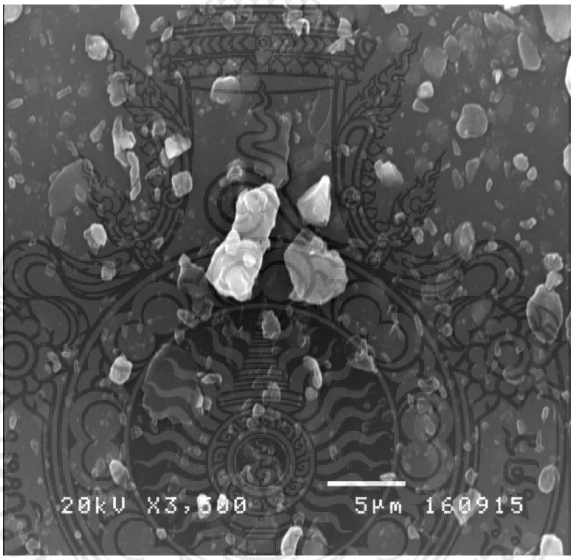
รูปที่ 4.5 ภาพมองด้วยตาเปล่าของกระเบื้องยางพาราที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอ (อัตราส่วน 0 พีเอชอาร์)



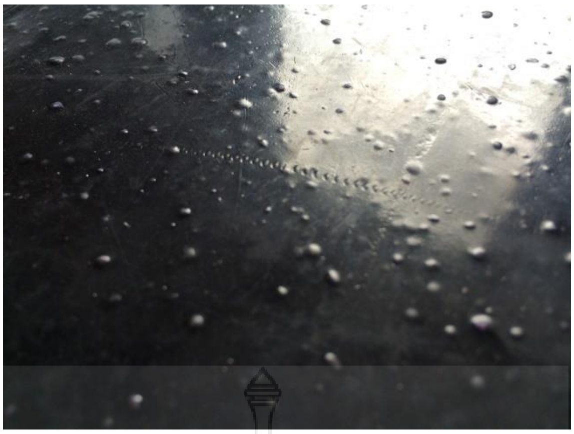
รูปที่ 4.6 ภาพขยายกระเบื้องยางพาราที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน
แบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100 เท่า



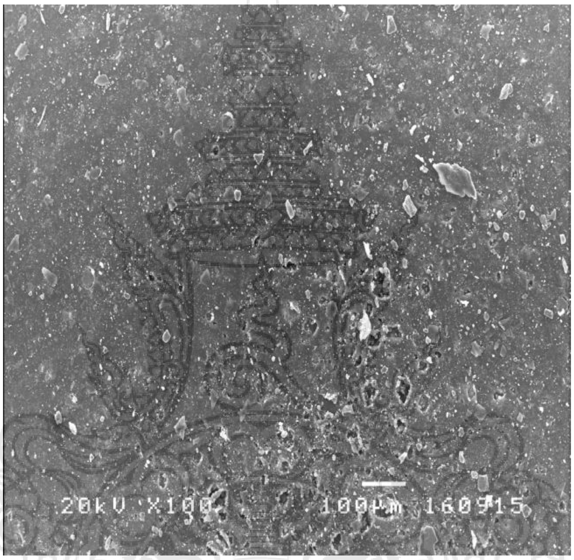
รูปที่ 4.7 ภาพขยายกระเบื้องยางพาราที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 1,000 เท่า



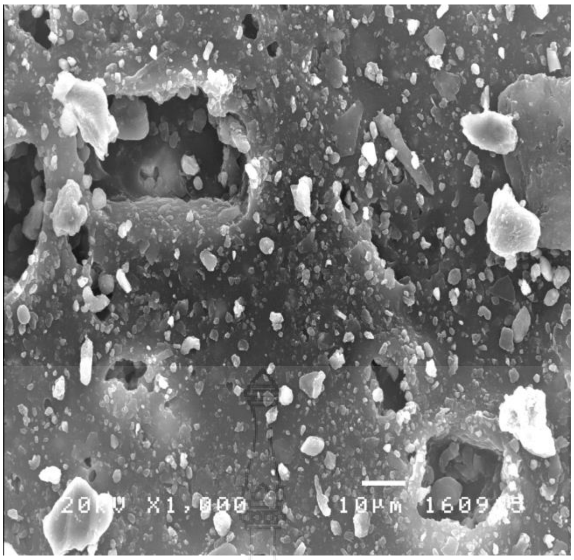
รูปที่ 4.8 ภาพขยายกระเบื้องยางพาราที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 3,500 เท่า



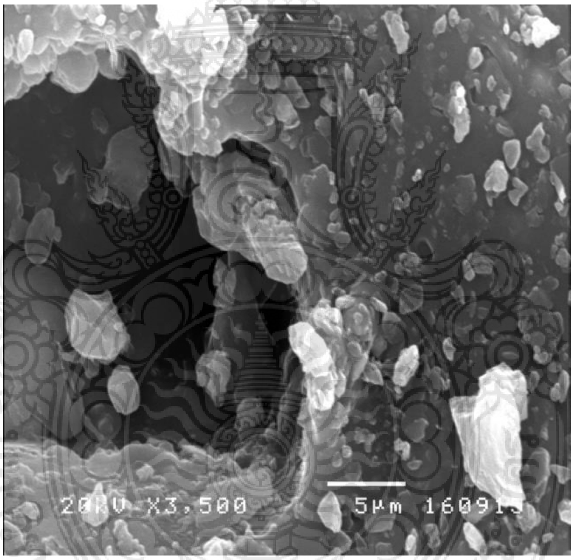
รูปที่ 4.9 ภาพมองด้วยตาเปล่าของกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ 80 พีเอชอาร์



รูปที่ 4.10 ภาพขยายกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ 80 พีเอชอาร์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 4.11 ภาพขยายกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ 80 พีเอชอาร์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

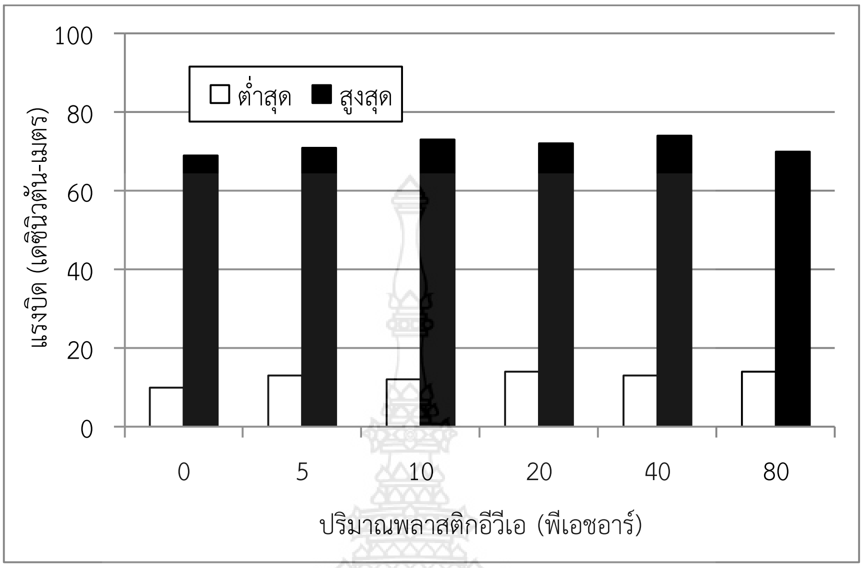


รูปที่ 4.12 ภาพขยายกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ 80 พีเอชอาร์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 3,500 เท่า

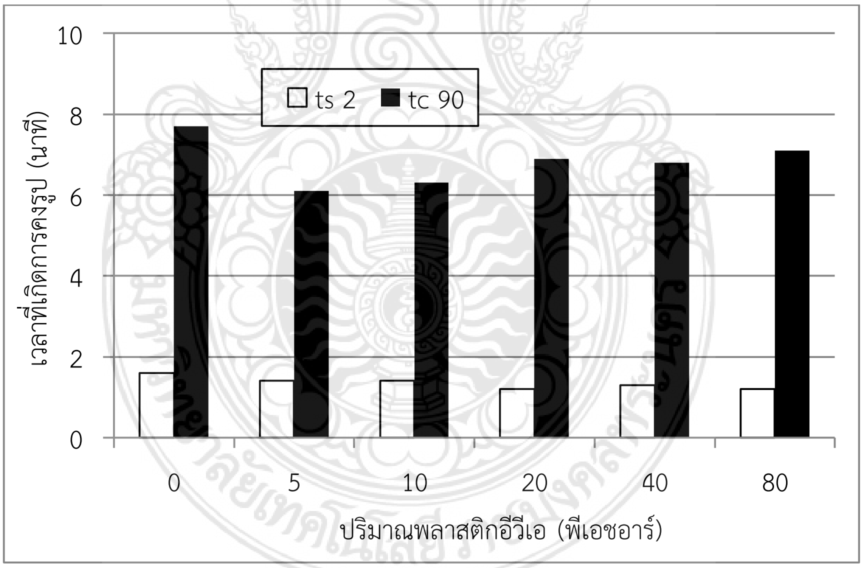
จากรูปที่ 4.1 ถึง 4.12 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของพลาสติกอีวีเอ กระเบื้องยางพาราที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอ และกระเบื้องยางผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วน 80 พีเอชอาร์ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า พลาสติกอีวีเอที่นำมาผสมลงในกระเบื้องยางพารามีเนื้อที่พรุนมาก ส่วนกระเบื้องยางพาราที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอ เนื้อที่เรียบ แน่น และมีรูพรุนน้อยมากๆ ในขณะที่กระเบื้องยางผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วน 80 พีเอชอาร์ มีเนื้อที่มีรูพรุนอยู่ทั่วไป แต่ก็ถือว่า ยังเรียบเมื่อเปรียบเทียบกับเศษพลาสติกอีวีเอเปล่าๆ ทั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า การผสมพลาสติกอีวีเอลงในกระเบื้องยางพารา ไม่สามารถละลายเนื้อพลาสติกให้กลายเป็นเนื้อเดียวกับยางพาราได้ โดยพลาสติกอีวีเอจะอยู่ลักษณะของมวลรวมภายในแผ่นกระเบื้องเท่านั้น ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไป

4.2 การทดสอบการคงรูปของส่วนผสม

ผลการทดสอบการคงรูปของส่วนผสมในขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอทุกอัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.13 และ 4.14



รูปที่ 4.13 ผลการทดสอบแรงบิดของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ

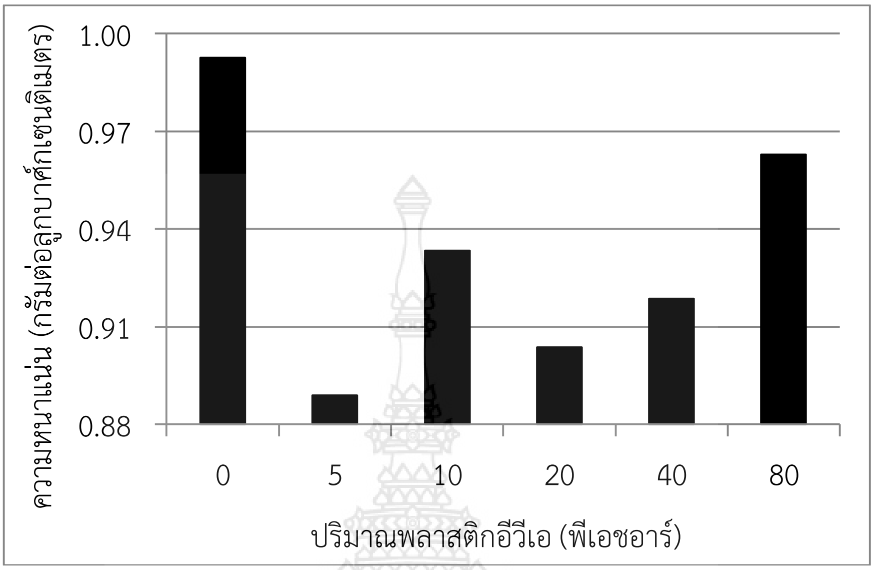


รูปที่ 4.14 ผลการทดสอบเวลาที่เกิดการคงรูประหว่าง ts_2 และ tc_{90} ของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.13 และ 4.14 แสดงให้เห็นถึง ผลกระทบของการผสมเศษพลาสติกอีวีเอในปริมาณที่มาก จะมีส่วนทำให้ค่าแรงบิดต่ำสุดที่เกิดในขณะคงรูปมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย หรืออาจกล่าวได้ว่าส่วนผสมจะมีความหนืดมากขึ้น ซึ่งเมื่อนำส่วนผสมดังกล่าวไปใส่แบบหล่อและอัดขึ้นรูป จะให้การไหลตัวของส่วนผสมได้ยากขึ้นเล็กน้อย นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของปริมาณพลาสติกอีวีเอ ยังมีผลทำให้ระยะเวลาที่เกิดการคงรูปลดลง

4.3 การทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำ

การทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอสามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.15

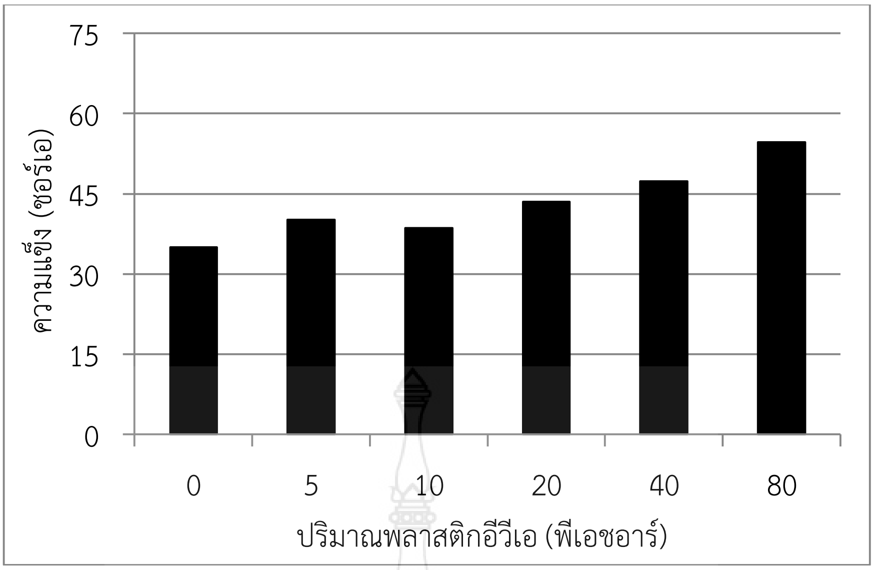


รูปที่ 4.15 ผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.15 พบว่า ความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ มีแนวโน้มต่ำกว่าแผ่นกระเบื้องยางพาราที่ไม่มีการผสมพลาสติกอีวีเอ โดยแผ่นกระเบื้องยางพาราที่มีการผสมพลาสติกในปริมาณ 5 พีเอชอาร์ (phr) เป็นอัตราส่วนที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุด และเมื่อเพิ่มปริมาณพลาสติกอีวีเอมากขึ้น ก็จะมีความหนาแน่นที่เพิ่มสูงขึ้น แต่ยังคงต่ำกว่าแผ่นกระเบื้องยางพาราที่ไม่มีส่วนผสมของพลาสติกอีวีเอ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากการผสมพลาสติกอีวีเอลงในแผ่นกระเบื้องยางพารา จะทำให้เกิดช่องว่างขนาดเล็กภายในเนื้อขึ้น (ดังรูปที่ 4.10 ถึง 4.12) ทำให้ความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอมีแนวโน้มต่ำลง (Subramanium, 1980) แต่ในส่วนของสมบัติด้านการดูดซึมน้ำ พบว่าแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอทุกอัตราส่วนไม่มีการดูดซึมน้ำ

4.4 การทดสอบความแข็ง

เมื่อนำแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ ทั้ง 6 อัตราส่วน มาทดสอบความแข็ง แบบชอร์เอ (Shore-A) สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.16

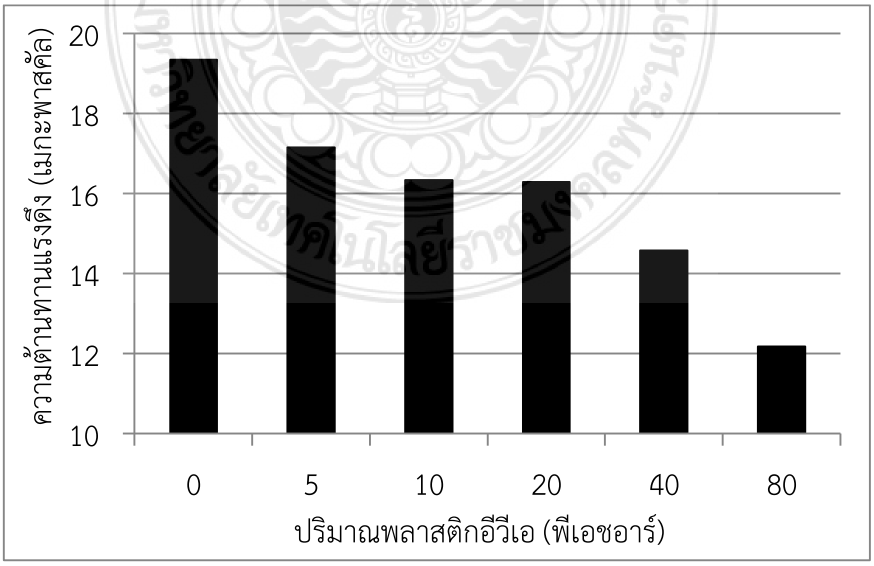


รูปที่ 4.16 ผลการทดสอบความแข็งของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ

จากผลการทดสอบความแข็งของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอในรูปที่ 4.8 พบว่า ปริมาณพลาสติกอีวีเอที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อความแข็งของแผ่นกระเบื้องยางพาราที่เพิ่มสูงขึ้น โดยแผ่นยางธรรมชาติอัตราส่วนที่ไม่มีการผสมขุยมะพร้าว (0 พีเอชอาร์) จะมีค่าความแข็งต่ำที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 10 พีเอชอาร์, 5 พีเอชอาร์, 20 พีเอชอาร์, 40 พีเอชอาร์ และ 80 พีเอชอาร์ เป็นอัตราส่วนที่มีความแข็งสูงที่สุด ตามลำดับ

4.5 การทดสอบความต้านทานแรงดึง

ในส่วนของสมบัติความต้านทานแรงดึงของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ ที่อัตราส่วนต่างๆ สามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.17

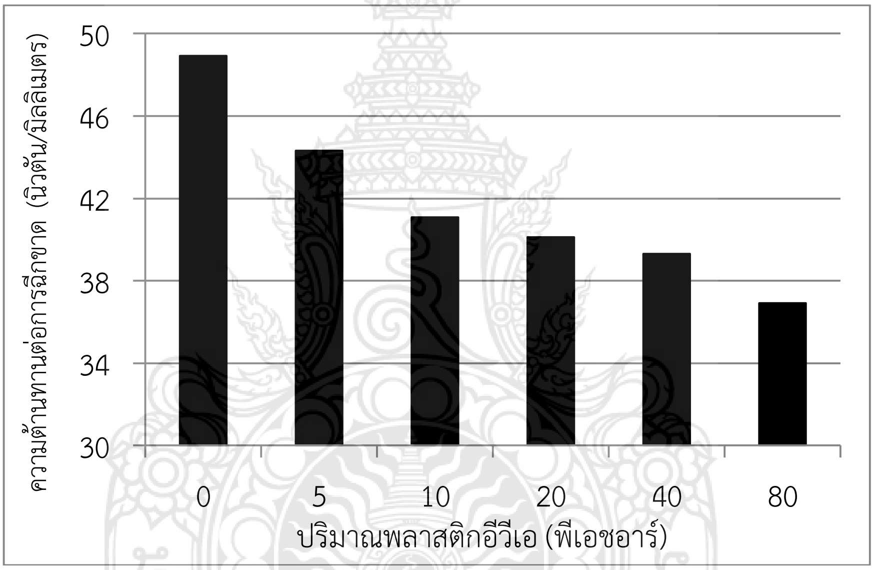


รูปที่ 4.17 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.17 พบว่า แผ่นกระเบื้องยางพาราที่ผสมพลาสติกอีวีเอทุกอัตราส่วน ตั้งแต่ 5 พีเอชอาร์ มีส่วนทำให้ความต้านทานแรงดึงของแผ่นกระเบื้องยางดังกล่าวมีค่าลดต่ำลง ทั้งนี้ เป็นผลมาจากพลาสติกอีวีเอจากโรงงานเป็นวัสดุที่มีความต้านทานแรงดึงต่ำกว่าแผ่นกระเบื้องยางพารา รวมทั้งพลาสติกอีวีเอ ยังถูกผ่านการบดย่อยให้มีลักษณะเป็นเม็ด กลมๆ สั้นๆ (ดังรูปที่ 4.1) จึงไม่สามารถช่วยรับแรงดึงให้กับแผ่นกระเบื้องยางพาราได้ (Barlow, 1993; Jesse, 1992) นอกจากนี้ การผสมพลาสติกอีวีเอลงไปในแผ่นยางพารานั้น ยังใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของพลาสติกอีวีเอ จึงทำให้พลาสติกอีวีเอบางส่วนมีหน้าที่เป็นมวลรวม และยางพาราต้องยึดเหนี่ยวพลาสติกอีวีเอไว้ไม่ให้หลุดออกอีกด้วย (รูปที่ 4.10 ถึง 4.12) ค่าความต้านทานแรงดึงจึงลดต่ำลงดังกล่าว

4.6 การทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาด

การทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาดของแผ่นกระเบื้องยางพาราที่ผสมพลาสติกอีวีเอสามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.18

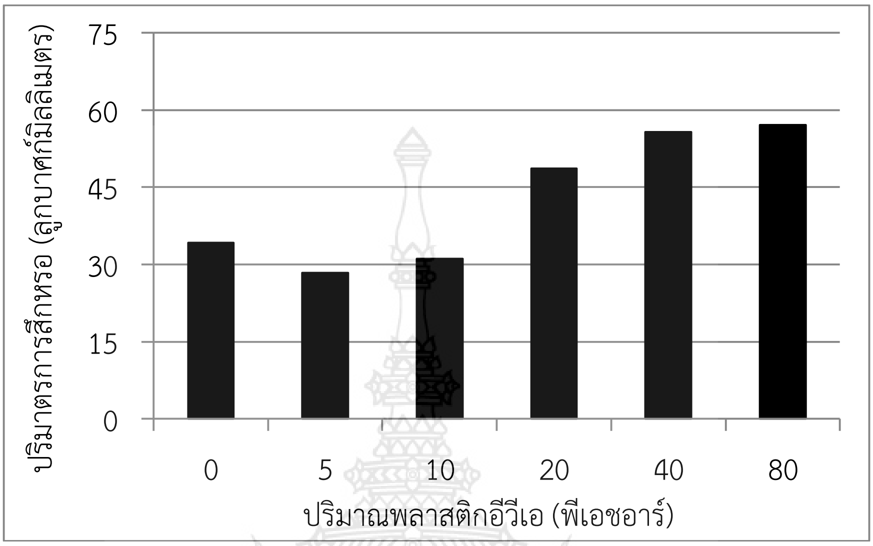


รูปที่ 4.18 ผลการทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาดของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ

ผลการทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาดของแผ่นกระเบื้องยางผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 4.18 พบว่า พลาสติกอีวีเอที่ผสมลงในแผ่นกระเบื้องยางที่ปริมาณเพิ่มขึ้น จะส่งผลต่อสมบัติด้านความต้านทานต่อการฉีกขาดที่ลดลง โดยกระเบื้องยางพาราที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอ หรือกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ อัตราส่วน 0 พีเอชอาร์ จะมีค่าความทนทานต่อการฉีกขาดสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 5 พีเอชอาร์, 10, พีเอชอาร์, 20 พีเอชอาร์, 40 พีเอชอาร์ และ 80 พีเอชอาร์ มีค่าความทนทานต่อการฉีกขาดต่ำที่สุด ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับแนวโน้มผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Holfmann, 1989)

4.7 การทดสอบปริมาณการสึกหรอ

ปริมาณการสึกหรอ เป็นสมบัติที่ได้จากการนำแผ่นยางธรรมชาติมาผ่านการขัดสีด้วยวัสดุที่มีความขรุขระ ซึ่งมีผลต่อความคงทนในการใช้งาน ซึ่งจากการทดสอบปริมาณการสึกหรอของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.19

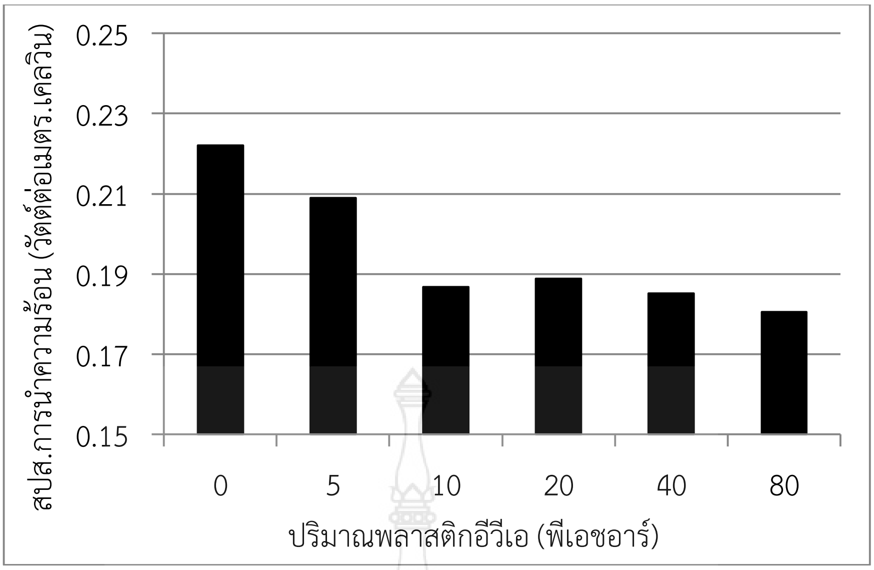


รูปที่ 4.19 ผลการทดสอบการสึกหรอของแผ่นกระเบื้องยางพารา
ผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.19 พบว่า การผสมพลาสติกอีวีเอในอัตราส่วน ไม่เกิน 10 พีเอชอาร์ มีแนวโน้มช่วยลดปริมาตรการสึกหรอของแผ่นกระเบื้องยางลงได้ แต่เมื่อผสมพลาสติกอีวีเอในอัตราส่วนที่สูงกว่านี้ จะทำให้เกิดการสึกหรอมากขึ้น โดยเฉพาะกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติก ที่อัตราส่วน 80 พีเอชอาร์ จะมีปริมาณการสึกหรอมากเกือบ 2 เท่า ของแผ่นกระเบื้องยางพาราที่ไม่มีการผสมพลาสติกอีวีเอ และแผ่นกระเบื้องยางพาราที่ผสมพลาสติกอีวีเอ อัตราส่วน 5 พีเอชอาร์

4.8 การทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.20

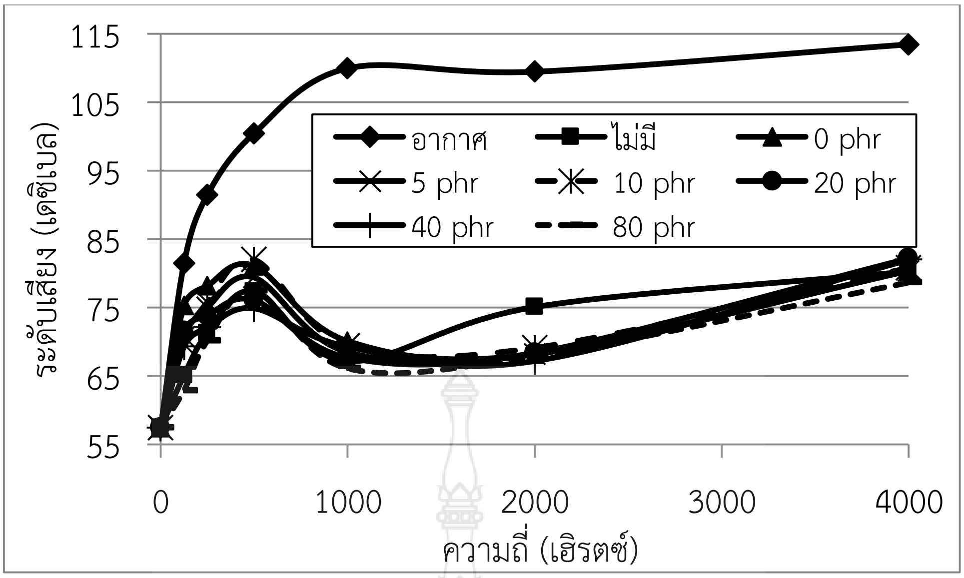


รูปที่ 4.20 ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องยางพารา ผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.20 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณพลาสติกอีวีเอมีผลต่อสมบัติด้านสัมประสิทธิ์การนำความร้อน โดยแผ่นกระเบื้องยางที่มีปริมาณพลาสติกอีวีเอมาก จะมีแนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำกว่าแผ่นกระเบื้องยางที่มีปริมาณพลาสติกอีวีเอน้อย หรือไม่มีพลาสติกอีวีเอเลย เนื่องจากพลาสติกอีวีเอที่นำมาใช้เป็นวัสดุที่มีรูพรุน (รูปที่ 4.1 ถึง 4.8) สูงกว่ายางธรรมชาติ (Jesse, 1992) ซึ่งรูพรุนดังกล่าวจะมีสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี (ธนัญชัย และคณะ, 2549) ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องยางผสมพลาสติกอีวีเอจึงลดลง ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ลดต่ำลงนั้นแสดงให้เห็นถึงความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการนำแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอไปใช้ในอาคารประหยัดพลังงาน

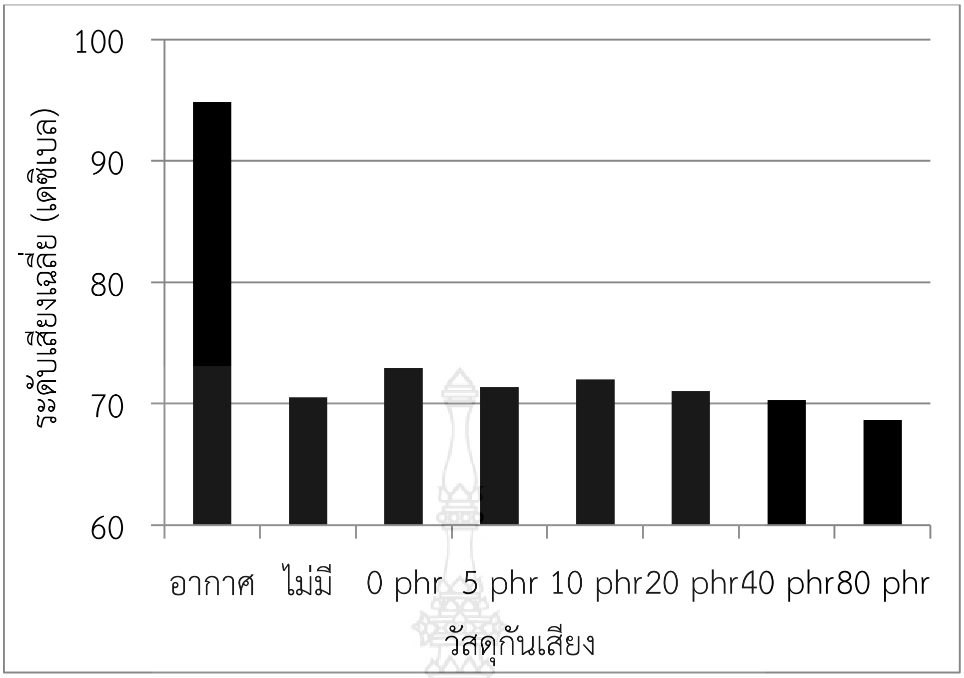
4.9 การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ ซึ่งส่งผ่านออกมาจากห้องจำลอง โดยเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์ (Hz) สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 ผลการทดสอบระดับเสียงที่ออกจากห้องจำลองเมื่อติดตั้งแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ

จากระดับเสียงที่ผ่านออกจากห้องจำลองในรูปที่ 4.21 ซึ่งภายในมีการติดตั้งแหล่งกำเนิดเสียงที่ความถี่ต่างๆ ไว้ โดยการวัดระดับเสียงแต่ละค่า ประกอบด้วย “อากาศ” เป็นการวัดระดับเสียงที่ออกจากห้องจำลองโดยไม่มีวัสดุใดๆ กั้น ส่วน “ไม่มี” เป็นการวัดระดับเสียงบนแผ่นคอนกรีตที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นกระเบื้องยาง และ “0 phr ถึง 80 phr” เป็นการวัดระดับเสียงที่ออกจากห้องจำลองผ่านแผ่นคอนกรีตที่มีการติดตั้งแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอัตราส่วนต่างๆ ตั้งแต่ 0 พีเอชอาร์ ถึง 80 พีเอชอาร์ โดยพบว่า แผ่นยางธรรมชาติที่มีปริมาณพลาสติกอีวีเอในอัตราส่วนต่างๆ จะมีประสิทธิภาพในการป้องกันเสียงได้ดีแตกต่างกันแต่ละความถี่ โดยแผ่นยางธรรมชาติที่มีปริมาณพลาสติกอีวีเอต่ำ จะสามารถป้องกันเสียงที่มีความถี่ต่ำได้ดี ในขณะที่แผ่นยางธรรมชาติที่มีปริมาณพลาสติกอีวีเอสูง จะสามารถป้องกันเสียงที่มีความถี่สูงได้ดี ซึ่งเป็นผลมาจากการผสมพลาสติกอีวีเอในปริมาณมาก จะทำให้โครงสร้างภายในเกิดช่องว่าง กลายเป็นวัสดุแบบรูพรุน (Porous absorber) หรือวัสดุที่มีเซลล์เปิดอยู่ภายในค่อนข้างมาก (รูปที่ 4.9 ถึง 4.12) ซึ่งช่วยให้เกิดการสูญเสียพลังงานในรูปของการเสียดทานและความหนืด (Frictional and Viscous Loss) ได้อย่างสมบูรณ์ จึงทำให้สามารถดูดซับเสียงในช่วงความถี่สูงได้ดี (ศักดิ์ชัย, 2541; บุรฉัตร , 2544) และเมื่อนำระดับเสียงทุกความถี่มาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ย จะได้ผลการทดสอบ ดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 ผลการทดสอบระดับเสียงเฉลี่ยที่ได้จากการรวมคลื่นเสียงความถี่ต่างๆ ซึ่งออกจากห้องจำลองที่ติดตั้งของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเออัตราส่วนต่างๆ

ในรูปที่ 4.22 พบว่า การมีแผ่นคอนกรีต และแผ่นคอนกรีตที่ติดตั้งแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ จะมีการป้องกันระดับเสียงได้ดีกว่าการไม่ติดตั้งแผ่นวัสดุใดๆ อย่างมาก โดยแผ่นคอนกรีตที่ติดตั้งแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอในปริมาณมาก จะมีแนวโน้มประสิทธิภาพการป้องกันเสียงที่ดีกว่าแผ่นกระเบื้องยางพาราที่ผสมพลาสติกในปริมาณน้อย โดยแผ่นคอนกรีตที่ติดตั้งแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอในอัตราส่วน 80 พีเอชอาร์ จะมีค่าระดับเสียงเฉลี่ย 68.67 เดซิเบล ในขณะที่แผ่นคอนกรีตซึ่งติดตั้งกระเบื้องยางพาราที่ไม่มีพลาสติกอีวีเอ จะมีค่าระดับเสียงเฉลี่ย 72.96 เดซิเบล

4.10 การสร้างแบบจำลองการใช้งานจริง

จากการพิจารณาสมบัติต่างๆ ของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ เพื่อนำมาใช้สร้างแบบจำลองการใช้งานจริง พบว่า แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ อัตราส่วน 10 พีเอชอาร์ จะเป็นอัตราส่วนที่มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่มีสมบัติทางกายภาพที่ดี และมีสมบัติทางกลที่ไม่ต่ำเกินไป ในขณะที่อัตราส่วนนี้ จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำ และมีประสิทธิภาพการป้องกันเสียงสูงกว่าแผ่นกระเบื้องยางพาราที่ไม่มีพลาสติกอีวีเออย่างเห็นได้ชัด

เมื่อนำแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอมาทดสอบใช้งานเป็นแผ่นกระเบื้องปูพื้น พบว่า การทากาวขาว (รูปที่ 4.23) ให้กับแผ่นกระเบื้องยางพาราที่ต้องการติดตั้ง ตลอดจนการกดน้ำหนักแผ่นกระเบื้องยางเพื่อปูลงบนพื้นผิวต่างๆ นั้น จะมีกระบวนการทำงานทั้งหมด เหมือนกับการใช้แผ่นกระเบื้องยางทั่วไป แต่จะมีความแตกต่างแต่เพียงลักษณะของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่นำมาใช้งาน จะมีการอ่อนตัวหรือโค้งงอมากเกินไป ซึ่งทำให้การติดตั้งทำได้ไม่ค่อยเรียบมากนัก อย่างไรก็ตาม การที่แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอดังกล่าวสามารถอ่อนตัวได้มากนั้น จะมีผลดีต่อการนำไปประยุกต์ใช้ปูพื้นในบริเวณที่ต้องการการดูดซับแรงกระแทกค่อนข้างมาก เช่น พื้นโรงเรียนเด็กเล็ก และบ้านสำหรับผู้สูงอายุ เป็นต้น ทั้งนี้ ผลการสร้างแบบจำลองพื้นที่ปูด้วยแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ สามารถสรุปได้ ดังนี้

รูปที่ 4.23 กาวขาวสำหรับติดตั้งแผ่นกระเบื้องยางลงบนพื้นคอนกรีต

รูปที่ 4.24 การติดตั้งแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอลงบนพื้นคอนกรีตด้วยกาวขาว

รูปที่ 4.25 พื้นที่ทำการติดตั้งแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วน 10 พีเอชอาร์

รูปที่ 4.26 ลักษณะการติดตั้งแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วน 10 พีเอชอาร์

รูปที่ 4.27 การปูแผ่นยางธรรมชาติผสมขุยมะพร้าวอัตราส่วน 10 พีเอชอาร์ ลงบนพื้น

4.11 การยื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตร

จากผลการวิจัยในโครงการ "ผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม" สามารถยื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตรได้ จำนวน 1 คำขอ คือ เรื่อง "แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง และกรรมวิธีการผลิต"

โดยได้รับคำแนะนำจาก หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (TLO-RMUT) ในการดำเนินการร่าง จัดเตรียมเอกสาร และยื่นคำขออนุสิทธิบัตรในนาม "มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร" ดังรายละเอียดในภาคผนวก

4.12 การเขียนบทความวิจัยส่งลงในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ

ได้เขียนและส่งบทความเรื่อง "ผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม" เพื่อตีพิมพ์ลงใน "วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต" ดังรายละเอียดในภาคผนวก

4.13 การถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่กลุ่มเป้าหมายสำหรับนำไปใช้ประโยชน์

จากการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากโครงการ “ผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม” ให้แก่กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ หน่วยงานภาครัฐ หน่วยงานภาคเอกชน ชุมชน บริษัท และห้างร้านต่างๆ นั้น พบว่า มีกลุ่มเป้าหมายในส่วนผู้ประกอบการสนใจผลงานวิจัย และได้นำผลงานบางส่วนไปประยุกต์ใช้เบื้องต้นแล้ว จำนวน 1 ราย คือ ห้างหุ้นส่วนจำกัด พี.ที. สุพรรณ วัสดุก่อสร้างและการเกษตร ดังรายละเอียดในภาคผนวก

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินโครงการ “ผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม” สามารถสรุปผล และข้อเสนอแนะได้ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

จากการดำเนินงานทั้งหมดของโครงการ สามารถสรุปผลโดยแบ่งตามวัตถุประสงค์ได้ ดังนี้

1) ส่วนผสมที่เหมาะสำหรับผลิตกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอย่างอีวีเอ คือ อัตราส่วน 10 พีเอชอาร์ ประกอบด้วย ยางพาราแท่ง เกรด STR20 100 ส่วนโดยน้ำหนัก, ซิงค์ออกไซด์ 5 ส่วนโดยน้ำหนัก, กรดสเตียริก 2 ส่วนโดยน้ำหนัก, กำมะถัน 3 ส่วนโดยน้ำหนัก, เมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอล 0.5 ส่วนโดยน้ำหนัก, ไดฟินิลกัวนิดีน 0.2 ส่วนโดยน้ำหนัก และพลาสติกอีวีเอ 10 ส่วนโดยน้ำหนัก เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่มีสมบัติทางกายภาพที่ดี และมีสมบัติทางกลที่ไม่ต่ำเกินไป ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและประสิทธิภาพการป้องกันเสียง จะดีกว่าแผ่นกระเบื้องยางพาราที่ไม่มีพลาสติกอีวีเออย่างเห็นได้ชัด

2) กระบวนการผลิตกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นการใช้เครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้งในการผสมยางพาราแท่ง สารตัวเติม และพลาสติกอีวีเอ โดยเริ่มจากการบดยางพาราแท่งก่อน แล้วจึงเติมพลาสติกอีวีเอลงไป ทำการผสมจนเข้ากัน จากนั้นเติมซิงค์ออกไซด์, กรดสเตียริก, เมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอล, ไดฟินิลกัวนิดีน และกำมะถัน ตามลำดับ นำส่วนผสมที่ได้ไปอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ได้แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ

3) ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม พบว่า พลาสติกอีวีเอ สามารถช่วยพัฒนาประสิทธิภาพการป้องกันเสียง และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนให้ดีขึ้นได้ ในขณะที่สมบัติทางกายภาพและทางกลกลับมีค่าที่ด้อยลงเล็กน้อย กล่าวคือ ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง ความแข็ง และปริมาณการสึกหรอเพิ่มสูงขึ้น และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ความหนาแน่น ความต้านทานแรงดึง และความทนการฉีกขาดมีค่าลดต่ำลง

4) แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ สามารถติดตั้งและใช้งานได้เหมือนกับแผ่นกระเบื้องยางทั่วไปทุกประการ แต่จะแตกต่างกันเพียงลักษณะของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่นำมาใช้งาน จะมีการอ่อนตัวหรือโค้งงอมากเกินไป ซึ่งทำให้การติดตั้งทำได้ไม่ค่อยเรียบมากนัก แต่การที่แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอดังกล่าวสามารถอ่อนตัวนั้น จะส่งผลดีต่อการนำไปประยุกต์ใช้ปูพื้นในบริเวณที่ต้องการการดูดซับแรงกระแทกค่อนข้างมาก เช่น พื้นโรงเรียนเด็กเล็ก และบ้านสำหรับผู้สูงอายุ เป็นต้น

5) เมื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอให้แก่ผู้ประกอบการ ชุมชน และประชาชนทั่วไป ผ่านทางการนำเสนอและตีพิมพ์ผลงานในการประชุมวิชาการระดับชาติ จำนวน 1 ครั้ง การยื่นคำขอรับสิทธิบัตร จำนวน 1 คำขอ ตลอดจนการประชาสัมพันธ์ให้กับบริษัทที่สนใจ ทำให้มีบริษัทที่สนใจนำผลงานที่ทำการศึกษาวิจัยนี้ ไปใช้ประโยชน์แล้ว จำนวน 1 บริษัท

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาต่อไป ควรมีการพัฒนาแนวทางการนำแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอไปใช้ประโยชน์ เพื่อให้สามารถใช้งานผลงานวิจัยได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น รวมทั้ง อาจมีการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มเส้นใยต่างๆ ลงไป เพื่อให้แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ มีสมบัติทางกายภาพและทางกลที่ดีขึ้นได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เอกสารอ้างอิง

บุญธรรม นิธิอุทัย, 2530. **ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์และคุณสมบัติ**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุรฉัตร วิริยะ, 2544. **การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพืชแห้งและเส้นใยแก้ว.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ประชุม คำพุฒ และกิตติพงษ์ สุวีโร, 2555. การใช้น้ำยางวัลคาไนซ์เพื่อพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษพลาสติกเอทธิลีนไวนิลอะซิเตท. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 8**. สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย (สคท.), ณ โรงแรมอมารี ออคิด พัทยา จ.ชลบุรี.

ปุญญานิช อินทรพัฒน์, 2551. **เทอร์โมพลาสติกยางธรรมชาติจากการเบลนด์ระหว่างยางธรรมชาติกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตทโดยใช้กราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิไดเมทิลเมทาคริโลอิลออกซีเมทิลฟอสฟอเนตเป็นสารเพิ่มความเข้ากันได้**, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

พงศ์พัน วรสุนทโรสถ, 2540. **วัสดุก่อสร้าง**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

พรพรรณ นิธิอุทัย, 2528. **สารเคมีสำหรับยาง**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

วราภรณ์ ขจรไชยกุล, 2523. **วิทยาการขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับยางแห้ง**. งานอุตสาหกรรมยาง ศูนย์วิจัยการยาง หาดใหญ่.

วิสุทธิ์ แก้วสกุล, 2551. **เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์จากการเบลนด์ยางธรรมชาติกับโคพอลิเมอร์ของเอทิลีนกับไวนิลอะซิเตท**.วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

ศักดิ์ชัย อมรศักดิ์ชัย, 2541. **การศึกษาประสิทธิภาพในการลดเสียงของวัสดุเหลือใช้เมื่อใช้ซีเมนต์เป็นสารเชื่อมประสาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล.

ศุภชัย แก้วจัง, 2552. **การพัฒนาบล็อกปูพื้นที่ทำจากยางธรรมชาติและยาง EPDM เหลือทิ้ง**, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและระบบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2548ก. **ประกาศการขอรับทุนโครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพารา.** โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่ายอุตสาหกรรม, 7 หน้า.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2548ข. **ประกาศรับข้อเสนอโครงการวิจัยยางพาราใหม่**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.trf.or.th.

เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์, 2537. **เทคโนโลยียาง**, ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Abdullah Keyvani, Sasan Somi, and Özgür Eren, 2014. Humidity intrusion effects on the properties of sound acoustic of autoclaved aerated concrete. **International Journal of Research in Engineering and Technology**, Vol.3 No.2, pp. 6 – 11.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2014a. **ASTM D1817: Standard Test Method for Rubber Chemicals Density**. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2014b. **ASTM D570: Standard Test Method for Water Absorption of Plastics.** Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2014c. **ASTM D2240: Standard Test Method for Rubber Property Durometer Hardness**. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2014d. **ASTM D412: Standard Test Method for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers-Tension**. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2014e. **ASTM D624: Standard Test Method for Tear Strength of Conventional Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers**. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2014f. **ASTM D1630: Standard Test Method for Rubber Property-Abrasion Resistance**. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2014g. **ASTM C177: Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded Hot-Plate Apparatus.** Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.

Barlow, Fred W., 1993. **Rubber Compounding : Principles, Materials, and Techniques**. 2nd Edition.

Holfmann, W., 1989. **Rubber Technology Handbook**. Hanser Publishers. Munich.

Jesse Edenbaum, 1992. **Plastics additives and modifiers handbook**. New York: Van Nostrand Reinhold, p.95–101.

Subramanium, A, 1980. **Molecular Weight and Molecular Weight Distribution of Natural Rubber**, RRIM Technology Bulletin, p.6.

ภาคผนวก

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

ผศ.ดร.วิหาร ดีปัญญา[1*], ว่าที่ ร.อ.กิตติพงษ์ สุวีโร[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเอทธิลีนไวนิลอะซิเตท (พลาสติกอีวีเอ) จากโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้ยางพาราแท่ง 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 เมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอล เท่ากับ 0.5 phr ไดฟินิลกัวนิดีน 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; เศษพลาสติกเอทธิลีนไวนิลอะซิเตท; กระเบื้องปูพื้น; กระเบื้องปูผนัง

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร
E-mail : wiharn.d@rmutp.ac.th

[2] หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล จังหวัดปทุมธานี
E-mail :siam_macho@hotmail.com

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

บทนำ

จากนโยบายสนับสนุนให้มีการเพาะปลูกยางพาราในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของรัฐบาล ทำให้ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกยางพารามากอันดับต้นๆ ของโลก โดยมีเนื้อที่ปลูกยางพารามากกว่า 12.3 ล้านไร่ คิดเป็นผลผลิตยางที่ออกสู่ตลาดประมาณ 2.4 ล้านตันต่อปี [1] เช่นเดียวกับประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และจีนที่เริ่มเพาะปลูกยางพารากันมากขึ้น ซึ่งปริมาณยางพาราที่เพิ่มสูงขึ้นนี้ส่งผลอย่างมากต่อราคาของยางพาราที่ตกต่ำลง ทำให้ต้องมีการแปรรูปยางพาราเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้น เพื่อช่วยรักษาและเพิ่มเสถียรภาพให้กับราคายางพาราได้ โดยแผ่นกระเบื้องยางเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์จากยางพาราที่มีจำนวนผู้ต้องการใช้งานค่อนข้างมาก เนื่องจากแผ่นกระเบื้องยางดังกล่าวสามารถใช้งานได้หลากหลาย เช่น การปูพื้นกันลื่น การบุผนังเพื่อความสวยงาม การหุ้มเป็นฉนวนไฟฟ้าให้เครื่องจักร และการบุในบริเวณที่ต้องการป้องกันการกระแทก เป็นต้น สามารถปูพื้นบนผิวต่างๆ ได้ง่ายด้วยกาวขาว เช่น พื้นคอนกรีต, พื้นหินขัด, พื้นไม้เก่าหรือใหม่ เป็นต้น [2] แต่การนำยางพารามาผลิตเป็นกระเบื้องยางนั้น จำเป็นต้องเติมสารเคมีและวัสดุต่างๆ ร่วมด้วย เพื่อให้กระเบื้องยางที่ได้มีสมบัติตามต้องการ และมีต้นทุนที่ไม่สูงเกินไปเมื่อเทียบกับแผ่นกระเบื้องยางสังเคราะห์ ทั้งนี้ จึงต้องมีการหาสารเคมีและวัสดุมาเพิ่มเติม ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เศษพลาสติกเอทธิลีนไวนิลอะซิเตทหรืออีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate, EVA) มาใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มสำหรับเติมแต่งยางพารา โดยเศษพลาสติกอีวีเอเป็นขยะเหลือทิ้งที่มีอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมกว่า 1,000 โรง (ประเทศไทยส่งออกผลิตภัณฑ์จากพลาสติกอีวีเอมากเป็น

อันดับ 5 ของโลก) เช่น โรงงานรองเท้าแตะ โรงงานรองเท้ากีฬา โรงงานยางรัดของชนิดหดได้ โรงงานอุปกรณ์ทางการแพทย์ โรงงานกาวหลอมด้วยความร้อน โรงงานของเด็กเล่น โรงงานฉนวนหุ้มลวดไฟฟ้า โรงงานเฟอร์นิเจอร์ โรงงานภาชนะบรรจุของแช่แข็ง และโรงงานกรวยที่กั้นถนนพลาสติก เป็นต้น เนื่องจากเศษพลาสติกชนิดนี้ ไม่สามารถนำมารีไซเคิลได้ทั้งหมด เพราะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้อยลง จึงต้องกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบซึ่งส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก [3] โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทดสอบสมบัติของแผ่นกระเบื้องยางพาราที่มีเศษพลาสติกอีวีเอเป็นส่วนประกอบ ซึ่งจะมีส่วนช่วยรักษาเสถียรภาพด้านราคายางพาราและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

วัสดุและอุปกรณ์

ในส่วนของวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ประกอบด้วย ยางพาราแท่งชนิด STR20 (รูปที่ 1), ซิงค์ออกไซด์ (ZnO), กรดสเตียริก (Stearic Acid), กำมะถัน (Sulfur), เมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอล (Mercaptobenzothiazole, MBT), ไดฟินิลกัวนิดีน (Diphenylguanidine, DPG), พลาสติกเอทธิลีนไวนิลอะซิเตท, เครื่องบดพลาสติก (พร้อมตะแกรงเบอร์ 4), เครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง (รูปที่ 2), เครื่องรีโอมิเตอร์แบบจานแกว่ง (Oscillating Disc Rheometer, ODR), เครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน (รูปที่ 3), เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM), เครื่องทดสอบความสึกหรอ, เครื่องทดสอบความแข็ง, เครื่องทดสอบทดสอบความทนการฉีกขาด, เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน, กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) และชุดอุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำ

รูปที่ 1 ยางพาราแท่งชนิด STR20

รูปที่ 2 เครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง

รูปที่ 3 เครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน

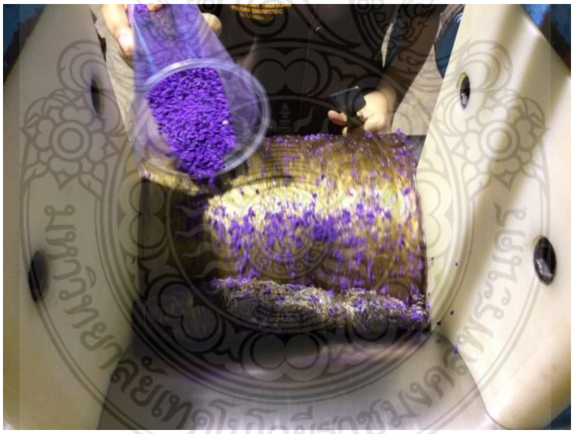
วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม มีดังนี้ 1) ออกสูตรกระเบื้องยาง จำนวน 6 สูตร โดยคิดเป็นปริมาณสัดส่วนของสารเคมีเทียบจาก 100 ส่วนของยางโดยน้ำหนัก (Part Per Hundred Rubber, phr, pphr) ดังตารางที่ 1, 2) บดพลาสติกอีวีเอด้วยเครื่องบดพลาสติก (พร้อมตะแกรงเบอร์ 4), 3) เตรียมตัวอย่างทดสอบเริ่มจากการบดยางด้วยเครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง, 4) เติมเศษพลาสติกอีวีเอบดเข้ากับยาง แล้วเติมซิงค์ออกไซด์และกรดสเตียริก, 5) เติมเมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอล ไดฟินิลกัวนิดีน และกำมะถัน เพื่อให้เกิดการคงรูป, 6) ทดสอบการคงรูปของชิ้นงานโดยใช้เครื่องรีโอมิเตอร์แบบจานแกว่ง, 7) ขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องยาง โดยนำส่วนผสมที่ได้ไปอัดในเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ได้แผ่นกระเบื้อง

ยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ (รูปที่ 4 - 7), 8) ทดสอบความหนาแน่น ตาม ASTM D1817 [4], 9) ทดสอบการดูดซึมน้ำ ตาม ASTM D570 [5], 10) ทดสอบความแข็ง ตาม ASTM D2240 [6], 11) ทดสอบความต้านทานแรงดึง ตาม ASTM D412 [7], 12) ทดสอบความทนการฉีกขาด ตาม ASTM D624 [8], 13) ทดสอบความสึกหรอ ตาม ASTM D1630 [9], และ 14) ทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตาม ASTM D624 [10]

ตารางที่ 1 สูตรพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอ (phr)

สูตร	**ยางพารา STR20**	**ซิงค์ออกไซด์**	**กรดสเตียริก**	**กำมะถัน**	**เมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอล**	**ไดฟินิลกัวนิดีน**	**พลาสติกอีวีเอ**
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



รูปที่ 4 การผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันด้วยเครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง

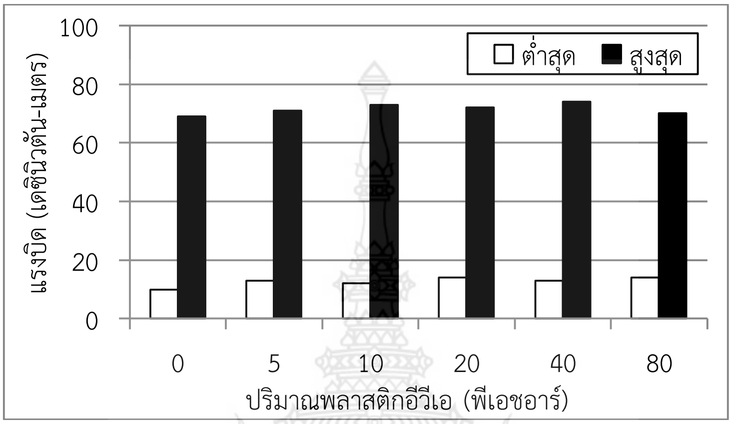
รูปที่ 5 การนำส่วนผสมที่เข้ากันแล้วใส่ภายในแบบหล่อก่อนการอัดขึ้นรูป

รูปที่ 6 การนำถอดแบบหล่อกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอ

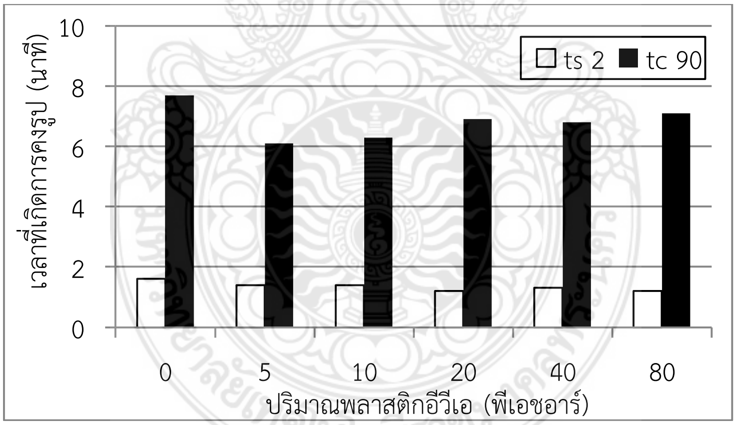
รูปที่ 7 ผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอ

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

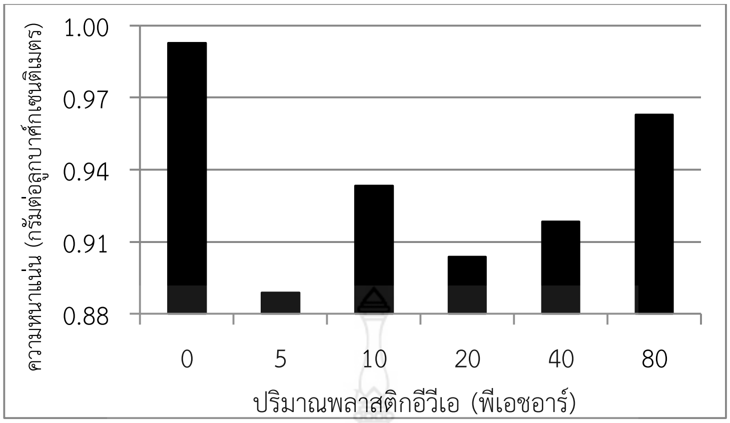
จากการทดสอบการคงรูป สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอ ทั้ง 6 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังนี้



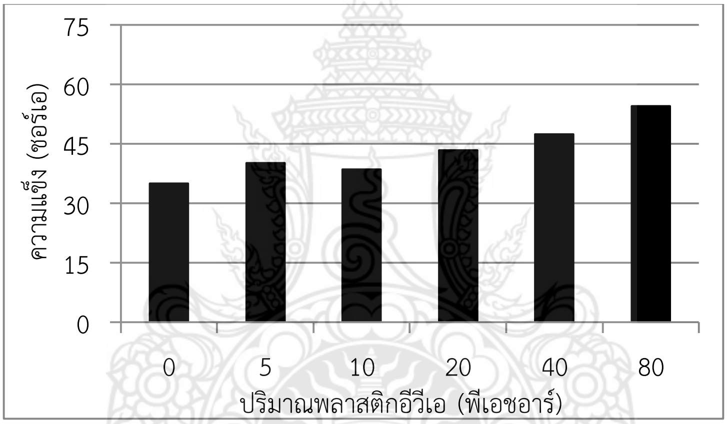
รูปที่ 8 ผลการทดสอบแรงบิดของส่วนผสมสำหรับขึ้นรูปกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอ



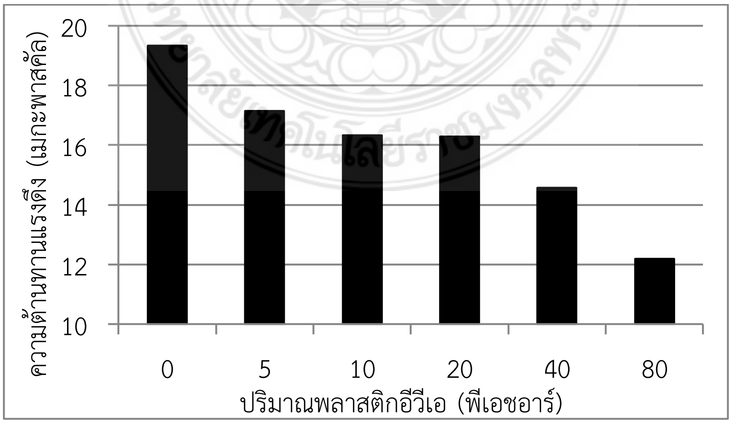
รูปที่ 9 ผลการทดสอบเวลาที่เกิดการคงรูป ของส่วนผสมสำหรับขึ้นรูป
กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอ



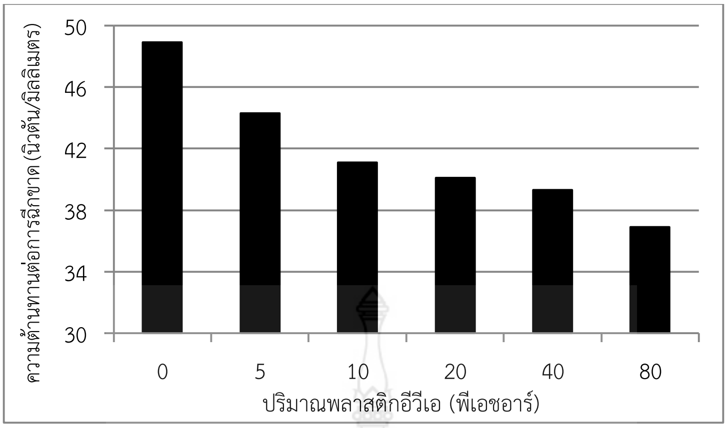
รูปที่ 10 ผลการทดสอบความหนาแน่นของกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอ



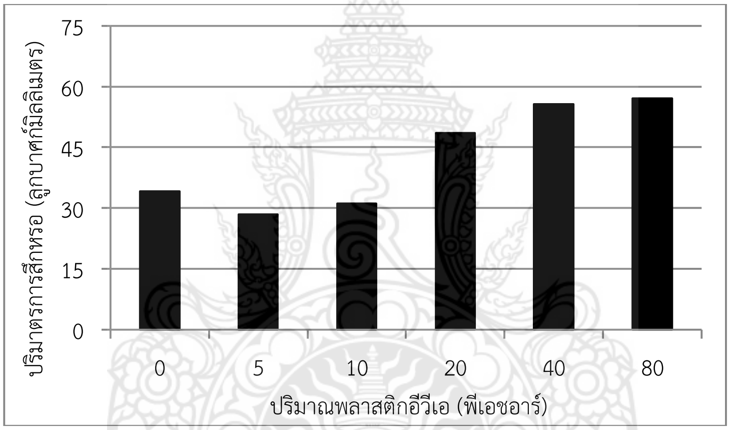
รูปที่ 11 ผลการทดสอบความแข็งของกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอ



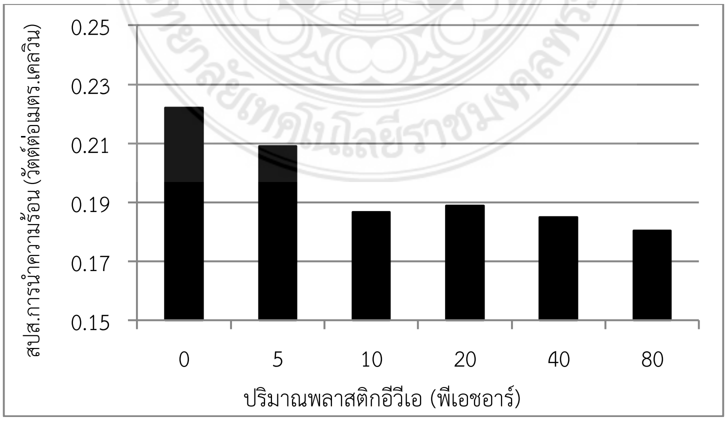
รูปที่ 12 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอ



รูปที่ 13 ผลการทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาดของกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอ

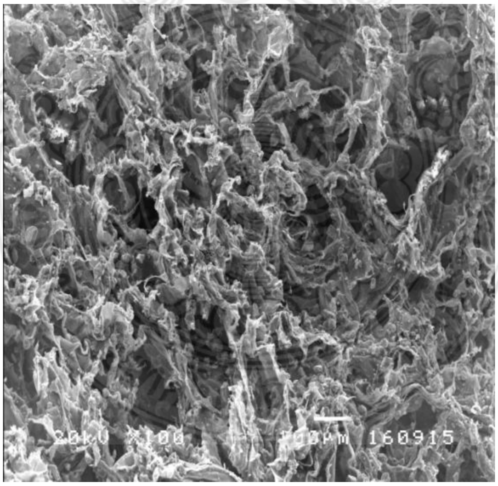


รูปที่ 14 ผลการทดสอบการสึกหรอของกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอ

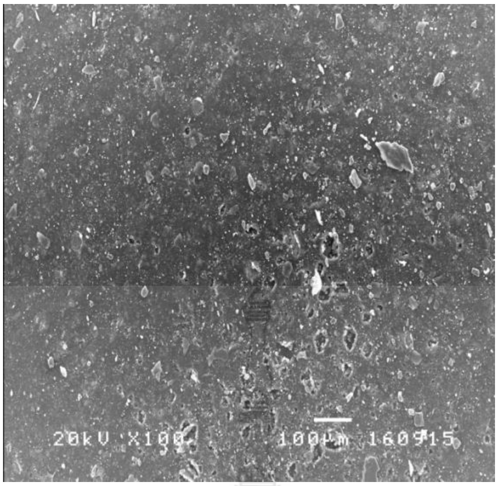


รูปที่ 15 ผลการทดสอบการสึกหรอของกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอ

การผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอลงในกระเบื้องยางพาราในอัตราส่วน ตั้งแต่ 0 พีเอชอาร์ ถึง 80 พีเอชอาร์ ส่งผลกระทบต่อสมบัติต่างๆ ของกระเบื้องยางพาราที่เปลี่ยนไป พบว่า แรงบิดต่ำสุดที่เกิดในขณะคงรูปของส่วนผสมมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณพลาสติกอีวีเอ (รูปที่ 8 และ 9) ซึ่งมีผลต่อค่าความหนืดที่มากขึ้นของส่วนผสมภายในแบบหล่อ และเมื่อขึ้นรูปกระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอแล้ว ได้ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ โดยค่าความหนาแน่นมีค่าลดลง (รูปที่ 10) และความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น (รูปที่ 11) เมื่อแผ่นกระเบื้องยางมีปริมาณของเศษพลาสติกที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าการดูดซึมน้ำ เท่ากับร้อยละ 0 ในทุกอัตราส่วน ซึ่งจะส่งผลดีเมื่อนำไปใช้เป็นวัสดุปูพื้นและบุผนัง แต่สำหรับสมบัติทางกลอย่างความต้านทานแรงดึง และความทนต่อการฉีกขาด ของกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอทุกอัตราส่วนมีค่าต่ำกว่ากระเบื้องยางพาราที่ไม่มีส่วนผสมของพลาสติกอีวีเอ แต่สำหรับสมบัติการทนต่อการสึกหรอ จะมีค่าดีขึ้นเล็กน้อย เมื่อมีการผสมพลาสติกอีวีเอลงในกระเบื้องยางพาราในอัตราส่วน ไม่เกิน 10 พีเอชอาร์ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากขยะพลาสติกอีวีเอจากโรงงานเป็นวัสดุที่มีสมบัติทางกลต่ำกว่าแผ่นกระเบื้องยางพารา รวมทั้งพลาสติกดังกล่าว เป็นวัสดุที่มีรูพรุนสูง และยังถูกบดย่อยจนมีลักษณะเป็นเม็ด กลมๆ สั้นๆ (ดังรูปที่ 4 และ 16) จึงไม่สามารถช่วยพัฒนาสมบัติทางกลให้กับแผ่นกระเบื้องยางพาราได้ [11 – 12] นอกจากนี้ การผสมพลาสติกอีวีเอลงไปในแผ่นยางพารานั้น ยังใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของพลาสติกอีวีเอ จึงทำให้พลาสติกอีวีเอบางส่วนไม่เกิดการละลายและจับตัวเข้ากับยาง ทำให้ยางพาราต้องยึดเหนี่ยวพลาสติกอีวีเอบางส่วนไว้ไม่ให้หลุดออกอีกด้วย ดังรูปที่ 17 แต่การที่กระเบื้องยางพารามีพลาสติกอีวีเอ จึงช่วยในค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลง และเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี [13]



รูปที่ 16 ภาพขยายเศษพลาสติกอีวีเอที่ผ่านการบดแล้วด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 17 ภาพขยายกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ 80 พีเอชอาร์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100 เท่า

บทสรุป

จากการพัฒนาและทดสอบสมบัติต่างๆ ของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่เหลือทิ้งในโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้สามารถสรุปอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปได้ คือ กระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ อัตราส่วน 10 พีเอชอาร์ ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีสมบัติเหมาะสำหรับนำไปปูพื้นและตกแต่งผนังอาคาร เนื่องจากมีค่าความแข็งและความต้านทานการสึกหรอที่มากขึ้น รวมทั้งความหนาแน่นและสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าที่ลดต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับกระเบื้องยางพาราที่ไม่มีพลาสติกอีวีเอ ทำให้แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่พัฒนามีความเป็นไปได้อย่างมากที่จะผลิตออกมาในเชิงพาณิชย์ได้ ทั้งนี้ การศึกษาในครั้งต่อๆ ไป ควรมีการเพิ่มเติมเส้นใยเพื่อช่วยในการพัฒนาสมบัติทางกลให้เพิ่มสูงขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2558

บรรณานุกรม

[1] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2548. ประกาศการขอรับทุนโครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพารา. โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่ายอุตสาหกรรม, 7 หน้า.

[2] พงศ์พัน วรสุนทโรสถ, 2540. วัสดุก่อสร้าง. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
[3] ประชุม คำพุฒ และกิตติพงษ์ สุวีโร, 2555. การใช้น้ำยางวัลคาไนซ์เพื่อพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษพลาสติกเอทธิลีนไวนิลอะซิเตท. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 8. สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย (สคท.), ณ โรงแรมอมารี ออคิด พัทยา จ.ชลบุรี.
[4] American Society for Testing and Materials (ASTM), 2014. ASTM D1817: Standard Test Method for Rubber Chemicals Density. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.
[5] American Society for Testing and Materials (ASTM), 2014. ASTM D570: Standard Test Method for Water Absorption of Plastics. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.
[6] American Society for Testing and Materials (ASTM), 2014. ASTM D2240: Standard Test Method for Rubber Property Durometer Hardness. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.
[7] American Society for Testing and Materials (ASTM), 2014. ASTM D412: Standard Test Method for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers-Tension. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.
[8] American Society for Testing and Materials (ASTM), 2014. ASTM D624: Standard Test Method for Tear Strength of Conventional Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.
[9] American Society for Testing and Materials (ASTM), 2014. ASTM D1630: Standard Test Method for Rubber Property-Abrasion Resistance. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.
[10] American Society for Testing and Materials (ASTM), 2014. ASTM C177: Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded Hot-Plate Apparatus. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.
[11] Barlow, Fred W., 1993. Rubber Compounding : Principles, Materials, and Techniques. 2nd Edition.
[12] Jesse Edenbaum, 1992. Plastics additives and modifiers handbook. New York: Van Nostrand Reinhold, p.95–101.
[13] ธนัญชัย ปคุณวรกิจ, พันธุดา พุฒิไพโรจน์, วรธรรม อุ่นจิตติชัย, และพรรณจิรา ทิศาวิภาต, 2549. ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. Journal of Architectural/Planning Research and Studies. Volume 4, Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University.

คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

☐ การประดิษฐ์

☐ การออกแบบผลิตภัณฑ์

☑ อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ 2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ 2535 และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ 2542

สำหรับเจ้าหน้าที่

วันรับคำขอ	เลขที่คำขอ
วันยื่นคำขอ	
สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	
ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์ ประเภทผลิตภัณฑ์	
วันประกาศโฆษณา	เลขที่ประกาศโฆษณา
วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่	

1.ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์

แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง และกรรมวิธีการผลิต

2.คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่

ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)		
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	3.1 สัญชาติ	ไทย
ที่อยู่ เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร	3.2 โทรศัพท์	0 2282 9009, 08 8274 0869
รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย	3.3 โทรสาร	0 2282 9009
	3.4 อีเมล์	choositpakamas765@gmail.com

4.สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☑ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5.ตัวแทน(ถ้ามี)/ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์)		
ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร ที่อยู่ เลขที่ 8/3 หมู่ที่8 ถนนพุทธรักษา	5.1 ตัวแทนเลขที่	2262
ตำบลท้ายบ้านใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ	5.2 โทรศัพท์	08 1199 4705
รหัสไปรษณีย์ 10280 ประเทศไทย	5.3 โทรสาร	0 2549 4032
	5.4 อีเมล์	siam_macho@hotmail.com

6.ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา ที่อยู่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10800 และ ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 39 หมู่ที่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก คลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110 ประเทศไทย

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม

ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร

เลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ

☐ คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง ☐ ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ ☐ ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่อาจระบุรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

8.การยื่นคำขอนอกราชอาณาจักร

วันยื่นคำขอ	เลขที่คำขอ	ประเทศ	สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	สถานะคำขอ
8.1				
8.2				
8.3				

8.4 ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอสิทธิให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย

☐ ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ ☐ ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้

9.การแสดงการประดิษฐ์ หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด

วันแสดง วันเปิดงานแสดง ผู้จัด

10.การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ

10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ	10.2 วันที่ฝากเก็บ	10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ

11.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำเป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอยื่นเป็นภาษา

☐ อังกฤษ ☐ ฝรั่งเศส ☐ เยอรมัน ☐ ญี่ปุ่น ☐ อื่นๆ

12.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้ หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ

☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา

13.คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย

- ก. แบบพิมพ์คำขอ 2 หน้า
- ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์ 2 หน้า
- ค. ข้อถือสิทธิ 1 หน้า
- ง. รูปเขียน รูป หน้า
- จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์
  - ☐ รูปเขียน รูป หน้า
  - ☐ ภาพถ่าย รูป หน้า
- ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์ 1 หน้า

14.เอกสารประกอบคำขอ

- ☑ เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
- ☐ หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
- ☑ หนังสือมอบอำนาจ
- ☐ เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ
- ☐ เอกสารการขอนับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย
- ☐ เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ
- ☐ เอกสารอื่น ๆ

15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า

☑ การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/ อนุสิทธิบัตรมาก่อน

☐ การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก...

16.ลายมือชื่อ (☑ ผู้ขอรับสิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตร; ☐ ตัวแทน)

(ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร)

ตัวแทนผู้รับมอบอำนาจ

หมายเหตุ บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

รายละเอียดการประดิษฐ์

<u>ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์</u>

แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง และกรรมวิธีการผลิต

<u>สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์</u>

สาขาวิศวกรรมวัสดุที่เกี่ยวข้องกับแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง และกรรมวิธีการผลิต

<u>ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง</u>

จากนโยบายในการส่งเสริมสนับสนุนให้มีการปลูกยางพาราเพิ่มมากขึ้นในพื้นที่แถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือของรัฐบาล และปริมาณการปลูกยางพาราในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และประเทศจีน แสดงให้เห็นถึง ผลผลิตยางออกที่จะสู่ตลาดในปริมาณที่มากขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลต่อราคาของยางพาราที่มีแนวโน้มตกต่ำอย่างมาก ถือได้ว่า เป็นปัญหาใหญ่สำหรับประเทศไทยที่อยู่ในฐานะผู้ผลิตและส่งออกยางพารามากเป็นอันดับต้นๆ ของโลก โดยมีเนื้อที่ปลูกประมาณ 12.3 ล้านไร่ มีผลผลิตส่งออกปีละประมาณ 2.4 ล้านตัน มูลค่า 100,000 ล้านบาท/ปี ส่งออกไปในรูปน้ำยางข้น (Concentrate Latex) ยางแผ่นรมควัน (Ribbed Smoke Sheet : RSS) ยางอบแห้ง (Air Dried Sheet : ADS) และยางแท่ง (Standard Thai Rubber : STR) และที่ตลาดต้องการมากที่สุด คือ ยางแผ่นรมควันชั้น 3 (RSS 3) และยางแท่งเบอร์ 20 (STR 20)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของยางพาราอย่าง แผ่นกระเบื้องยาง จึงเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาราคายางพาราตกต่ำที่ดีที่สุด เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์มีปริมาณความต้องการใช้ที่สูงตามการขยายตัวของประชากร ที่อยู่อาศัย และเศรษฐกิจ ประกอบกับ ปัญหาขยะเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกเอทธิลีนไวนิลอะซิเตทหรืออีวีเอที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ มากกว่า 1,000 โรงงาน (ประเทศไทยส่งออกผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากอีวีเอมากเป็นอันดับ 5 ของโลก) เป็นวัสดุพรุนที่มีความยืดหยุ่นแตกต่างกันตามแต่ละอุตสาหกรรม อาทิเช่น รองเท้าแตะ รองเท้ากีฬา ยางรัดของชนิดหดได้ อุปกรณ์ทางการแพทย์ชนิดใช้ครั้งเดียว กาวหลอมด้วยความร้อน ของเด็กเล่น ฉนวนหุ้มลวดไฟฟ้า เฟอร์นิเจอร์ ภาชนะบรรจุของแช่แข็ง และกรวยที่กั้นถนนพลาสติก เป็นต้น เนื่องจากวัสดุดังกล่าวไม่สามารถนำมารีไซเคิลได้ทั้งหมด เพราะจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้อยลงเรื่อยๆ จึงทำให้ต้องกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบ ซึ่งส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก เมื่อพิจารณาจากลักษณะ ส่วนประกอบ และสมบัติในการหลอมละลายของเศษหรือโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง พบว่า พลาสติกดังกล่าว มีรูพรุนค่อนข้างมาก น้ำหนักเบา และเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี จึงเหมาะกับการนำไปใช้พัฒนาเป็นวัสดุก่อสร้างต่างๆ

กระเบื้องยาง เป็นวัสดุปูพื้นที่สามารถใช้ประโยชน์ได้มากกว่าวัสดุปูพื้นทั่วไป จากสมบัติที่ยืดหยุ่นพื้นผิวไม่ลื่น เป็นฉนวนไฟฟ้า และอ่อนตัวง่าย ทำให้สามารถลดการเกิดและความรุนแรงจากอุบัติเหตุ ดูดซับเสียงดี ป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วผ่านร่างกายในกรณีเครื่องใช้ไฟฟ้ามีปัญหา และใช้ปูพื้นบนผิวต่างๆ ได้ดี เช่น

พื้นคอนกรีต, พื้นหินขัด, พื้นไม้เก่าหรือใหม่ เป็นต้น แต่พื้นผิวจะต้องมีผิวหน้าเรียบ แข็ง แห้ง และสะอาด ลักษณะผิวหน้าของพื้นมีส่วนช่วยให้กระเบื้องยางที่ปูนั้น ดูสวย เรียบ และทนทานขึ้น สำหรับการติดตั้งก็ง่ายโดยใช้เพียงกาวขาวก็สามารถยึดแผ่นกระเบื้องยางกับพื้นผิวได้ทันที

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอ นอกจากเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพาราแล้ว ยังช่วยลดปัญหาขยะพลาสติกจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ยากต่อการกำจัด ซึ่งมีส่วนให้ประเทศชาติมีความมั่นคงด้านราคายางพาราและสิ่งแวดล้อมที่ดีอย่างยั่งยืน

<u>ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์</u>

ลักษณะของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง ประกอบด้วย ยางพาราแท่งเกรด STR20, ซิงค์ออกไซด์ (ZnO), กรดสเตียริก (Stearic Acid), กำมะถัน ชนิด Rhombic Sulfur, เมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอล (Mercapto benzthiazole, MBT), ไดฟินิลกัวนิดีน (Diphenyl Guanidine, DPG) และโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง ทำการผสมส่วนผสมทั้งหมดด้วยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง ใส่ส่วนผสมลงแบบหล่อ และอัดด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน ได้แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง

ความมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้ เพื่อใช้เป็นแผ่นกระเบื้องยางปูพื้น บุผนัง แผ่นยางรองเครื่องจักร และแผ่นยางอื่นๆ สำหรับบ้านพักอาศัย และอุตสาหกรรมทั่วไป

<u>การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์</u>

ส่วนผสมของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง ประกอบด้วย

- ยางพาราแท่ง เกรด STR 20	ปริมาณ	100	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- โฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง	ปริมาณ	5 - 80	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- ซิงค์ออกไซด์	ปริมาณ	5	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- กรดสเตียริก	ปริมาณ	2	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- กำมะถัน ชนิด Rhombic Sulfur	ปริมาณ	3	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- เมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอล	ปริมาณ	0.5	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- ไดฟินิลกัวนิดีน	ปริมาณ	0.2	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

การเตรียมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้งสำหรับใช้เป็นส่วนผสมของแผ่นกระเบื้องยางพารานั้น ต้องทำการบดย่อยขนาดโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้งด้วยเครื่องบดพลาสติก เพื่อให้โฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้งมีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 หรือมีขนาดเล็กกว่า 4.76 มิลลิเมตร

กรรมวิธีการผลิตแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง เริ่มจากบดยางพาราแท่งเกรด STR 20 เพื่อเติมส่วนผสมอื่นๆ ด้วยเครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง ทำการเติมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้งที่บดย่อยแล้ว ลงในยางพาราที่บดภายในเครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง ผสมจนเข้ากัน แล้วจึงผสมซิงค์ออกไซด์และกรดสเตียริกลงในส่วนผสมที่กำลังบดอยู่ในเครื่อง จากนั้น เติมเมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอลและไดฟินิลกัวนิดีน แล้วทำการผสมจนเข้ากัน และเติมกำมะถัน ชนิด Rhombic Sulfur เพื่อให้เกิดการคงรูป แล้วทำการผสมจนส่วนผสมเข้ากันทั้งหมด นำส่วนผสมที่เข้ากันดีแล้ว ใส่ลงในแบบหล่อเพื่อเตรียมขึ้นรูปเป็นแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง ทำการขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้งด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 – 6 นาที จนแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้งเกิดการคงรูป ก่อนนำไปใช้งานต่อไป

<u>วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด</u>

ดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถือสิทธิ

1. ส่วนผสมของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง ประกอบด้วย

- ยางพาราแท่ง เกรด STR 20	ปริมาณ	100	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- โฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง	ปริมาณ	5 - 80	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- ซิงค์ออกไซด์	ปริมาณ	5	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- กรดสเตียริก	ปริมาณ	2	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- กำมะถัน ชนิด Rhombic Sulfur	ปริมาณ	3	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- เมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอล	ปริมาณ	0.5	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- ไดฟินิลกัวนิดีน	ปริมาณ	0.2	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

2. กรรมวิธีการผลิตแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง ตามข้อถือสิทธิ 1 มีดังนี้

ก. เตรียมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง โดยการบดย่อยขนาดโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้งด้วยเครื่องบดพลาสติก เพื่อให้โฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้งมีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 หรือมีขนาดเล็กกว่า 4.76 มิลลิเมตร

ข. บดยางพาราแท่ง เกรด STR 20 เพื่อเติมส่วนผสมอื่นๆ ด้วยเครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง

ค. ทำการเติมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง ลงในยางพาราที่บดภายในเครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง ผสมจนเข้ากัน

ง. แล้วจึงผสมซิงค์ออกไซด์และกรดสเตียริกลงในส่วนผสมที่กำลังบดอยู่ในเครื่อง

จ. เติมเมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอลและไดฟินิลกัวนิดีน แล้วทำการผสมจนเข้ากัน

ฉ. เติมกำมะถัน ชนิด Rhombic Sulfur เพื่อให้เกิดการคงรูป แล้วทำการผสมจนส่วนผสมเข้ากันทั้งหมด

ช. นำส่วนผสมที่เข้ากันดีแล้ว ใส่ลงในแบบหล่อเพื่อเตรียมขึ้นรูปเป็นแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง

ซ. ขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้งด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 – 6 นาที จนเกิดการคงรูป

บทสรุปการประดิษฐ์

แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง ประกอบด้วย ยางธรรมชาติแท่ง เกรด STR20, ซิงค์ออกไซด์ (ZnO), กรดสเตียริก (Stearic Acid), กำมะถัน ชนิด Rhombic Sulfur, เมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอล (Mercapto benzthiazole, MBT), ไดฟินิลกัวนิดีน (Diphenyl Guanidine, DPG) และโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง ทำการผสมส่วนผสมทั้งหมดด้วยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง ใส่ส่วนผสมลงแบบหล่อ และอัดด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน ได้แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง สำหรับใช้เป็นแผ่นกระเบื้องยางปูพื้น บุผนัง แผ่นยางรองเครื่องจักร และแผ่นยางอื่นๆ สำหรับบ้านพักอาศัยและอุตสาหกรรมทั่วไป

หนังสือสัญญาโอนสิทธิขอรับสิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตร

เขียนที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล
เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

วันที่ 10 กันยายน 2558

สัญญาระหว่างผู้โอน คือ **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา** ที่อยู่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10800 ประเทศไทย และ **ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร** ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 39 ม.1 ถ.รังสิต-นครนายก คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110 ประเทศไทย โดยมีผู้รับโอน คือ **มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร** โดย รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์ ตำแหน่ง อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร เลขที่ 399 ถ.สามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย

โดยสัญญานี้ ผู้โอนซึ่งเป็นผู้ประดิษฐ์ **แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้งและกรรมวิธีการผลิต** ขอโอนสิทธิในการประดิษฐ์ดังกล่าว ซึ่งรวมถึงสิทธิขอรับอนุสิทธิบัตรและสิทธิอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้แก่ผู้รับโอน โดยผู้รับโอนได้จ่ายค่าตอบแทนที่เหมาะสมให้แก่ผู้โอน

เพื่อเป็นพยานหลักฐานแห่งการนี้ ผู้โอนและผู้รับโอนได้ลงลายมือชื่อไว้ข้างล่างนี้

(ลงชื่อ) ผู้โอน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา)

(ลงชื่อ) ผู้โอน
(ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร)

(ลงชื่อ) ผู้รับโอน
(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)

(ลงชื่อ) พยาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล)

(ลงชื่อ) พยาน
(ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์)

หนังสือมอบอำนาจ

ข้าพเจ้า **มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร** โดย รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์ ตำแหน่ง อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย ขอมอบหมายและแต่งตั้งให้ **ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร** (ตัวแทนสิทธิบัตรเลขที่ 2262) ที่อยู่ เลขที่ 8/3 หมู่ที่ 8 ถนนพุทธรักษา ตำบลท้ายบ้านใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10280 ประเทศไทย เป็นตัวแทนและผู้รับมอบอำนาจของข้าพเจ้าอันแท้จริงและชอบด้วยกฎหมายเพื่อข้าพเจ้าและในนามข้าพเจ้าให้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตรและให้ได้มาซึ่งสิทธิบัตรภายใต้ชื่อ “**แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมโฟมพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง และกรรมวิธีการผลิต** ” ให้รับโอนการประดิษฐ์การออกแบบผลิตภัณฑ์สิทธิบัตรและคำขอรับสิทธิบัตรต่างๆ และเพื่อความประสงค์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในนามของข้าพเจ้า ให้ลงนามและยื่นบรรดาหนังสือและเอกสารทั้งมวลซึ่งตัวแทนผู้รับมอบอำนาจในฐานะดังที่ได้กล่าวมาแล้วอาจคิดเห็นว่าเป็นการจำเป็นหรือพึงต้องการ ให้เปลี่ยนแปลงแก้ไขและเพิกถอนคำขอรับสิทธิบัตรและเอกสารต่างๆ เช่นว่ามานั้น ให้ไปปฏิบัติการ ณ สถานที่ราชการหรือ ณ ที่อื่นใด ให้ต่อสู้หรือป้องกันคำขอและสิทธิบัตรให้พ้นจากการปฏิเสธการคัดค้านหรือการขัดขวางใดๆ ให้ยื่นคำร้องคัดค้านและคำอุทธรณ์ ให้ชำระค่าธรรมเนียมทั้งหลายทั้งปวง และให้แต่งตั้งตัวแทนช่วงภายใต้อำนาจของตัวแทนผู้รับมอบอำนาจเพื่อกระทำกิจการอย่างหนึ่งอย่างใดหรือกระทำการทั้งมวลดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น และให้มีอำนาจยกเลิกการแต่งตั้งตัวแทนช่วงได้ตามอำเภอใจเช่นเดียวกัน และโดยหนังสือนี้ข้าพเจ้าขอยืนยันและให้สัตยาบันรับรองทุกสิ่งทุกอย่างที่ตัวแทนของข้าพเจ้าหรือตัวแทนช่วงอาจได้กระทำไปโดยชอบด้วยกฎหมายอาศัยอำนาจแห่งหนังสือนี้

ลงวันที่ ณ วันที่ 10 กันยายน 2558

(ลงชื่อ) ผู้มอบอำนาจ

(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)

(ลงชื่อ) ผู้รับมอบอำนาจ

(ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร)

(ลงชื่อ) พยาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา)

(ลงชื่อ) พยาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล)

ห้างหุ้นส่วนจำกัด พี.ที. สุพรรณ วัสดุก่อสร้างและการเกษตร
P.T. SUPHAN CONSTRUCTION MATERIALS AND AGRICULTURE LIMITED PARTNERSHIP
เลขที่ 80 หมู่ที่ 4 ตำบล สนามชัย อำเภอเมือง สุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี 72000

วันที่ 14 กันยายน 2558

เรื่อง ขอขอบคุณ ผศ.ดร.วิหาร ดีปัญญา
ในงานวิจัยเรื่อง ผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ด้วยทาง ห้างหุ้นส่วนจำกัด พี.ที. สุพรรณ วัสดุก่อสร้างและการเกษตร ได้นำส่วนหนึ่งของผลงานวิจัยของ ผศ.ดร.วิหาร ดีปัญญา ในงานวิจัยเรื่อง ผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกเหลือทิ้ง และเป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งช่วยให้ ห้างหุ้นส่วน สามารถลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มรายได้มากขึ้น

ในการนี้ ทางบริษัทจึงขอขอบคุณมายัง ผศ.ดร.วิหาร ดีปัญญา ในงานวิจัยเรื่อง ผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความช่วยเหลือมา ณ ที่นี้

ขอแสดงความนับถือ

ห้างหุ้นส่วนจำกัด พี.ที. สุพรรณ วัสดุก่อสร้างและการเกษตร
P.T. SUPHAN CONSTRUCTION MATERIALS AND AGRICULTURE LIMITED PARTNERSHIP

นางสาวปวีณา อ่อนสนิท
ตำแหน่ง หุ้นส่วนกรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร