

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

โครงการ ผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลอง โดยดำเนินการวิจัยและพัฒนา ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และหน่วยงานภาครัฐอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1) ยางพาราแท่งเกรด STR20 ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ยางพาราแท่ง เกรด STR20

2) เศษพลาสติกเอทิลีนไวน์อะซิเตท (Ethylene Vinyl Acetate, EVA) จากโรงงานรองเท้าใน จังหวัดสมุทรปราการ 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) เมอร์แคปโตเบนโซไทเอซอล (Mercapto Benzthiazole, MBT)
- 7) ไดฟีนิลกัวนิดีน (Diphenyl Guanidine, DPG)
- 8) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล
- 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) เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing Machine, UTM) ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 เครื่องทดสอบแรงดึง

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

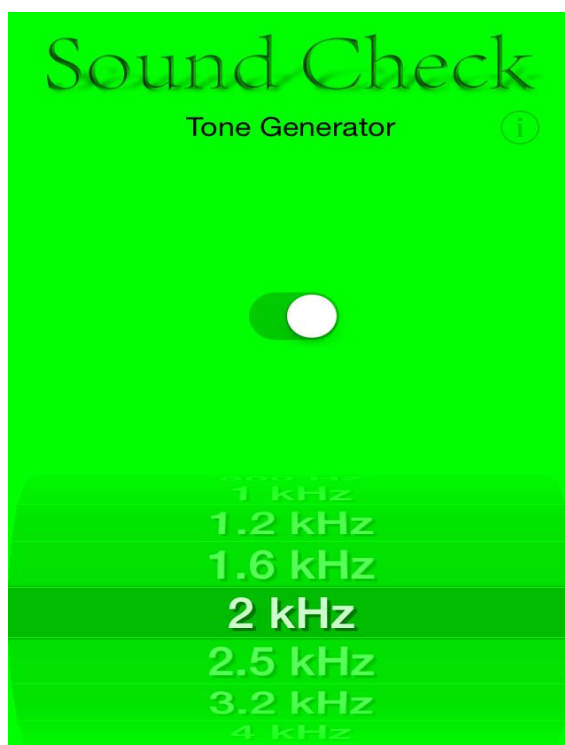
17) เครื่องตัดตัวอย่าง ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 เครื่องตัดตัวอย่าง

18) ชุดอุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่น ได้แก่ ตลับเมตร, เวอร์เนียคาลิปเปอร์ 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



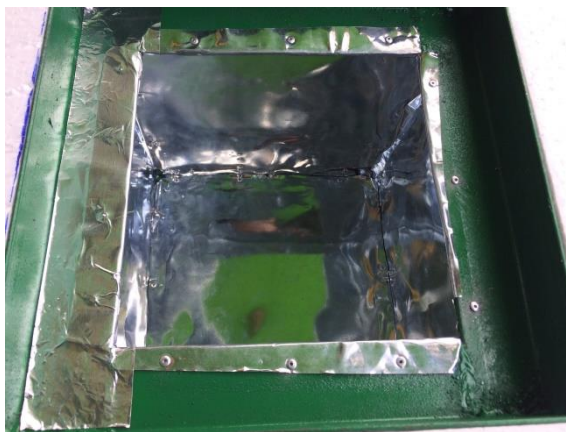
รูปที่ 3.16 โปรแกรม Sound Check Tone Generator ที่ใช้ในการควบคุมความถี่เสียง

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 บูภายในด้วยแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี และติดตั้งแผ่นโฟมหนา 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	เมอร์แคปโตเบนโซไทเอซอล	ไดฟนิลควินดีน	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) ชั่งน้ำหนักส่วนผสมในการขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอตามที่ต้องการ
- 2) บดยางพาราแท่ง เกรด STR20 สำหรับผสมส่วนผสมอื่นๆ ด้วยเครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง โดยใช้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วปานกลาง
- 3) เติมเศษพลาสติกอีวีเอที่ผ่านการบดย่อยแล้วลงในยางพาราที่บดภายในเครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การเติมเศษพลาสติกอีวีเอลงในยางพารา

4) ทอยเติมสารซิงค์ออกไซด์และกรดสเตียริกลงในส่วนผสมที่กำลังบดอยู่ ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 การผสมสารตัวเติมลงในยางพารา

- 5) ทำการเติมเมอร์แคปโตเบนโซไทเอซอลและไดฟีนิลกวินดีนลงไปในส่วนผสมที่กำลังบด
- 6) ผสมส่วนผสมจนเข้ากัน แล้วจึงเติมกำมะถันเพื่อช่วยให้ส่วนผสมเกิดการคงรูป
- 7) ทดสอบการคงรูปของส่วนผสมทั้งหมด โดยใช้เครื่องทดสอบการคงรูป (ODR)
- 8) นำส่วนผสมที่เข้ากันดีแล้วใส่ลงในแบบหล่อที่รองด้วยแผ่นพลาสติกสำหรับป้องกันการติดแบบของส่วนผสม เพื่อขึ้นรูปเป็นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ ดังรูปที่ 3.23 และ 3.25



รูปที่ 3.23 การใช้เกียงเหล็กช่วยในการนำส่วนผสมออกจากเครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง



รูปที่ 3.24 นำส่วนผสมใส่ลงในแบบหล่อที่รองด้วยแผ่นพลาสติกสำหรับป้องกันการติดแบบของส่วนผสม



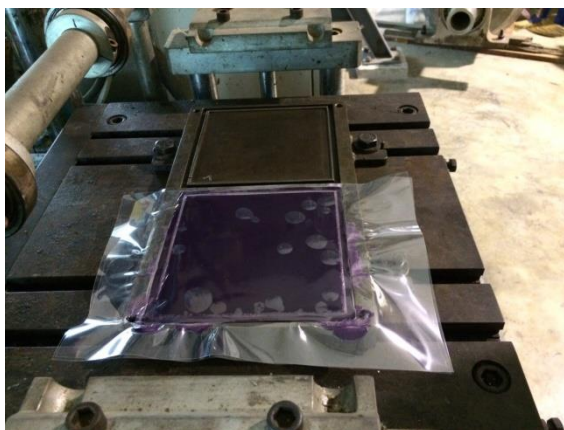
รูปที่ 3.25 การนำส่วนผสมที่เข้ากันแล้วใส่ในเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน

9) ขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ ด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส จนยางพาราเกิดการคงรูป ดังรูปที่ 3.26

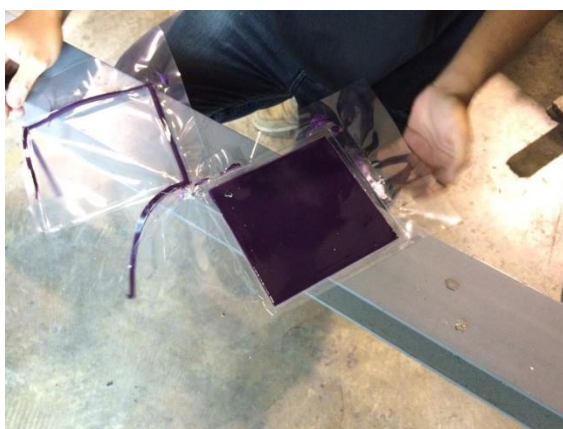


รูปที่ 3.26 การอัดขึ้นรูปส่วนผสมของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ โดยเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน

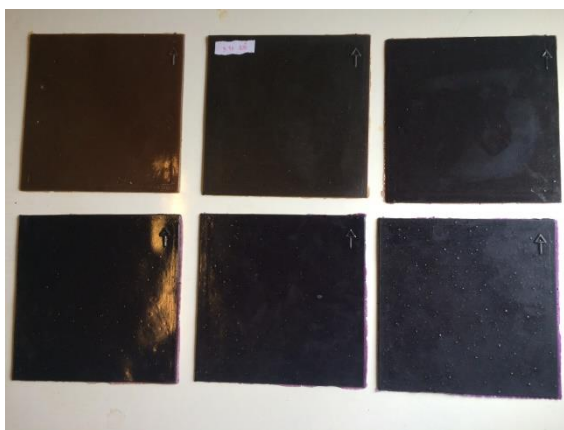
10) นำแผ่นกระเบื้องยางที่ขึ้นรูปแล้ว ออกจากแบบหล่อและแผ่นพลาสติกทรงแบบ ได้แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ สำหรับนำไปใช้งานและทดสอบต่อไป ดังรูปที่ 3.27 ถึง 3.30



รูปที่ 3.27 การนำแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอออกจากแบบหล่อ



รูปที่ 3.28 การนำพลาสติกทรงแบบออกจากแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ



รูปที่ 3.29 แผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดความร้อน



รูปที่ 3.30 การกระจายของพลาสติกอีวีเอในแผ่นกระเบื้องยางพารา

3.4 การทดสอบสมบัติของแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ

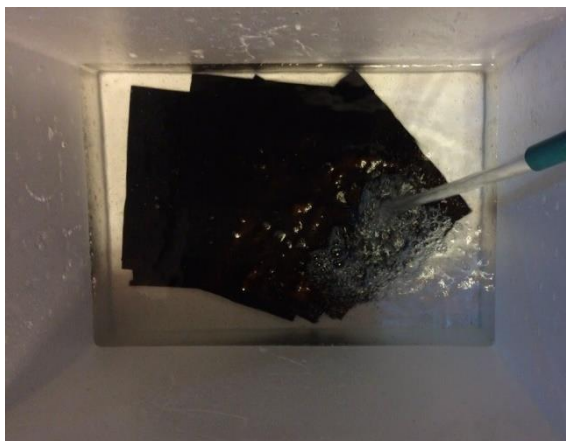
ทดสอบสมบัติต่างๆ ที่จำเป็นต่อการใช้งานแผ่นกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ ตามมาตรฐาน ASTM และมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย

- 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

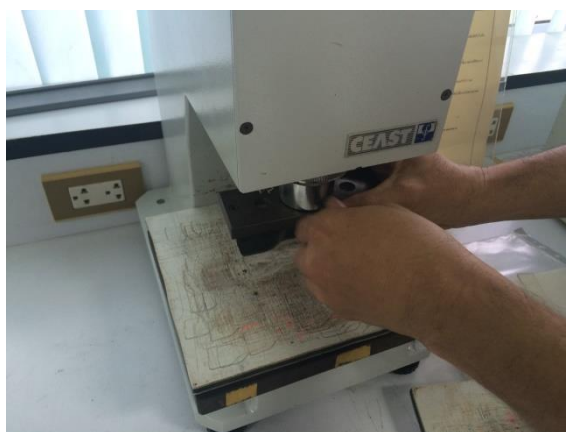
(Abdullah et al., 2014)



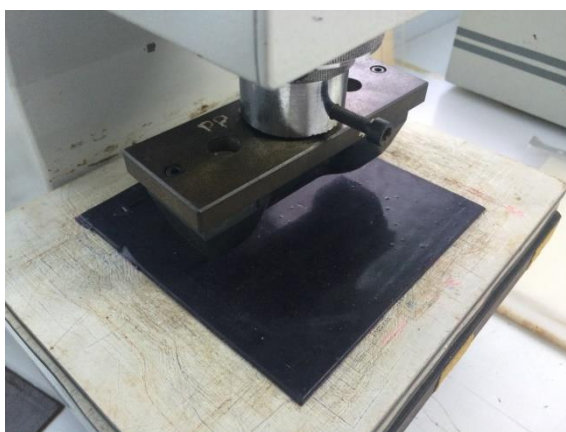
รูปที่ 3.31 การชั่งน้ำหนักของกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติกอีวีเอ



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 แล้วใช้กาวขาวทาลงบนแผ่นยางธรรมชาติผสมยูรีเทนพรีวในด้านที่ต้องการปูลงบนพื้น ทำการปูแผ่นกระเบื้องยางดังกล่าวลงในพื้นที่ที่ต้องการ โดยหันด้านที่ทาขาวลงบนพื้นผิว ทั้งนี้ ให้สังเกตกระบวนการทำงานทุกขั้นตอนว่า แผ่นกระเบื้องยางพาราที่พัฒนา จะเหมือนหรือแตกต่างจากการใช้แผ่นกระเบื้องยางทั่วไปอย่างไร