

การพัฒนากระเบื้องยางธรรมชาติผสมเศษขยะพลาสติก เอทิลีนไวนิลอะซิเตทแบบละเอียด

Development of Low Cost Natural Rubber Floor Tile Mixed with Fine Ethylene Vinyl Acetate Plastic Waste

วิหาร ดีปัญญา^{1*} และกิตติพงษ์ สุวีโร²

Wiharn Deepanya^{1*} Kittipong Suweero²

wiharn.d@rmutp.ac.th^{1*}, kittipong.s@en.rmutt.ac.th²

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

² ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

² Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received: March 22, 2018

Revised: May 15, 2018

Accepted: August 20, 2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางธรรมชาติผสมเศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท (พลาสติกอีวีเอ) แบบความละเอียด โดยใช้ยางธรรมชาติแท้ STR20 ในปริมาณเท่ากับ 100 phr ต่อเศษขยะพลาสติกอีวีเอที่ผ่านการย่อยผ่านตะแกรงเบอร์ 10 ในปริมาณ 0, 5, 10, 20, 40, และ 80 phr ตามลำดับ และผสมปริมาณสารเคมีในอัตราส่วนคงที่ ประกอบด้วย ซิงค์ออกไซด์ เท่ากับ 5 phr กรดสเตียริก เท่ากับ 2 phr เมอร์แคปโทเบนโซไทอาซอล เท่ากับ 0.5 phr ไดฟีนิลกวานิดีน เท่ากับ 0.2 phr และกำมะถัน เท่ากับ 3 phr ทำการบดผสมด้วยเครื่องบดแบบสองลูกกลิ้ง แล้วอัดขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดแบบร้อน ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ได้แผ่นยางธรรมชาติ ขนาด 30x30x0.2 เซนติเมตร ทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน ASTM พบว่า กระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอ อัตราส่วน 10 phr มีสมบัติที่เหมาะสมสำหรับนำไปปูพื้น เนื่องจากมีค่าความแข็ง ความต้านทานแรงดึง และความต้านทานการสึกหรอที่มากขึ้น ส่วนความหนาแน่นและสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับกระเบื้องยางธรรมชาติที่ไม่มีพลาสติกอีวีเอ

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ; เศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท; ความละเอียดสูง; กระเบื้องปูพื้น

Abstract

This research aims to develop the natural-rubber floor tiles mixed with fineness ethylene vinyl acetate plastic wastes (EVA plastics) from the factories. The study use natural-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, mercaptobenzothiazole at 0.5 phr, diphenyl guanidine at 0.2 phr and sulfur at 3 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 natural-rubber floor tiles are tested under ASTM standard. From the results, it is found that the natural-rubber floor tiles mixed with 10 phr of EVA plastics is the suitable ratio for using as the rubber floor tiles in building. This ratio can increase the hardness, tensile strength and wear resistant properties, and decrease the density and thermal insulation properties when compare to the natural-rubber floor tiles without EVA plastic.

Keywords: natural-rubber; ethylene vinyl acetate plastic waste; high fineness; floor tile

1. บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ยางธรรมชาติหรือยางพารา เป็นพืชเศรษฐกิจที่ได้รับการส่งเสริมจากรัฐบาลให้มีการปลูกอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากเป็นอันดับต้นๆ ของโลก มีเนื้อที่เพาะปลูกประมาณ 12.3 ล้านไร่ มีผลผลิตส่งออกปีละประมาณ 2.4 ล้านตัน มูลค่า 100,000 ล้านบาทต่อปี ส่วนใหญ่ส่งออกในรูปแบบของน้ำยางชั้นยางแผ่นรมควัน ยางอบแห้ง และยางแท่ง [1] แต่ด้วยปริมาณการปลูกยางธรรมชาติของกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และประเทศจีนที่เริ่มหันมาเพาะปลูกกันมากขึ้น ส่งผลต่อราคาของยางธรรมชาติที่มีแนวโน้มตกต่ำลง การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นกระเบื้องยางจากยางธรรมชาติ จึงเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาราคายางธรรมชาติตกต่ำที่ดีที่สุดทางหนึ่ง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างที่มีปริมาณความต้องการใช้สูงตามการขยายตัวของประชากร ที่อยู่อาศัย และเศรษฐกิจ สามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลายมากกว่าวัสดุพื้นทั่วไป เนื่องจากสมบัติที่ยืดหยุ่นดี พื้นผิวไม่ลื่นเป็นฉนวนไฟฟ้า และอ่อนตัวง่าย ลดการเกิดและความรุนแรงจากอุบัติเหตุ ป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วผ่านร่างกาย รวมทั้งใช้ปูพื้นบนผิวต่างๆ ได้ เช่น พื้นคอนกรีต พื้นหินขัด พื้นไม้เก่าหรือใหม่ เป็นต้น โดยการใช้กาวยา (ไดโนกลู) [2] แต่ปัญหาที่สำคัญที่สุดของแผ่นกระเบื้องยาง โดยเฉพาะกระเบื้องยางสังเคราะห์ เพราะยางธรรมชาติเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความจำเป็นต้องใส่สารเติมแต่งค่อนข้างมาก เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีสี มีความคงทน และมีคุณสมบัติตามต้องการ ด้วยเหตุนี้ จึงมีความจำเป็นต้องหาวัสดุเหลือทิ้งมาผสมเป็นสารเติมแต่งให้กับยางธรรมชาติได้ดี ทดแทนสารเติมแต่งที่มีราคาสูง จากปัญหาปริมาณขยะพลาสติกเอทิลีนไวน์ลอะซิเตท (Ethylene Vinyl Acetate) หรืออีวีเอ (EVA) ที่ไม่สามารถรีไซเคิล

ได้ทั้งหมดของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ มากกว่า 1,000 โรงงาน (ประเทศไทยส่งออกผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากอีวีเอมากเป็นอันดับ 5 ของโลก) เมื่อพิจารณาจากลักษณะและความเป็นไปได้ของการนำไปใช้เป็นสารตัวเติมในผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ พบว่า เศษขยะพลาสติกอีวีเอ สามารถบดย่อยให้มีขนาดเล็กและผสมเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์ได้ดี มีคุณสมบัติให้สีเมื่อผสมเข้ากับยางธรรมชาติ มีแนวโน้มช่วยพัฒนาสมบัติทางกายภาพและทางกล และด้วยจุดหลอมเหลวของเศษขยะพลาสติกชนิดนี้ที่แตกต่างจากยางธรรมชาติ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางธรรมชาตินี้มีสมบัติในการดูดซับแรงกระแทกเพราะช่องว่างระหว่างเนื้อผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ เศษขยะพลาสติกอีวีเอยังเป็นวัสดุที่ไม่มีมูลค่า และเป็นปัญหาของผู้ประกอบการในการกำจัดอีกด้วย [3] โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนากระเบื้องยางธรรมชาติผสมเศษขยะพลาสติกเอทิลีนไวน์ลอะซิเตทแบบละเอียด ซึ่งนอกจากจะเพิ่มมูลค้ายางธรรมชาติแล้ว ยังช่วยลดปัญหาขยะพลาสติกจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ยากต่อการกำจัด รวมทั้งมีส่วนพัฒนาประเทศชาติให้มีความมั่นคงด้านราคายางธรรมชาติ และมีสิ่งแวดล้อมที่ดีอย่างยั่งยืนต่อไป

2. วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ยางธรรมชาติแท่งเกรด STR20 เศษพลาสติกเอทิลีนไวน์ลอะซิเตท (Ethylene Vinyl Acetate, EVA) จากโรงงานรองเท้าในจังหวัดสมุทรปราการ บดย่อยให้มีขนาดเล็กด้วยเครื่องบดพลาสติก ดังรูปที่ 1 และ 2 กำมะถัน ชนิด Rhombic Sulfur ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) กรดสเตียริก (Stearic Acid) เมอร์แคปโตเบนโซไทเอซอล (Mercapto Benzthiazole, MBT) ไดฟีนิลกวานิดีน (Diphenyl Guanidine, DPG) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล แบบหล่อแผ่นกระเบื้องยาง ขนาด 15 x 15 x 0.2 เซนติเมตร ตู้อบ ชุดอุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่น เครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง

(Two - Roll Mill) เครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน (Compression Molding) เครื่องทดสอบความหนืด (Mooney Viscometer) เครื่องทดสอบการคงรูป (Oscillating Disc Rheometer, ODR) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM) เครื่องวัดความแข็งแบบชอร์เอ (Shore A) เครื่องทดสอบความสึกหรอของยาง (Abrasion Resistance) และเครื่องตัดตัวอย่าง



รูปที่ 1 เศษขยะพลาสติกอีวีเอ

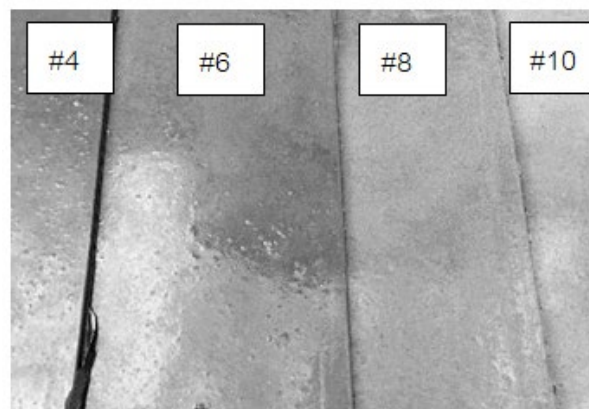


รูปที่ 2 พลาสติกอีวีเอหลังการบดย่อย

3. การออกแบบอัตราส่วนผสม

ออกแบบอัตราส่วนผสมหรือสูตรของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอ ความละเอียดสูง ได้แก่ ยางธรรมชาติ 100 phr (Part Per Hundred Rubber; phr) ซิงค์ออกไซด์ 5 phr กรดสเตียริก 2 phr กำมะถัน 3 phr เมอร์แคปโตเบนโซไทเอซอล 0.5 phr ไดฟีนิลกัวนิดิน 0.2 phr และ

เศษพลาสติกอีวีเอ 20 phr จากสูตรดังกล่าว จะมี การปรับเปลี่ยนขนาดของเศษพลาสติกอีวีเอ จำนวน 4 ขนาด ได้แก่ ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร), ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 6 (3.35 มิลลิเมตร), ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 8 (2.36 มิลลิเมตร) และขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 10 (2 มิลลิเมตร) เพื่อหาขนาดที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาจากความเรียบเนียนของพื้นผิวแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอ ดังรูปที่ 3 พบว่า ขนาดเศษพลาสติกอีวีเอผ่านตะแกรงเบอร์ 10 เป็นขนาดที่เหมาะสมที่สุด รองลงมาคือ ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 8 ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 6 และขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ได้แผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอมีลักษณะที่หยาบที่สุด ตามลำดับ จากนั้นจึงนำสูตรและขนาดเศษพลาสติกอีวีเอผ่านตะแกรงเบอร์ 10 สำหรับหาปริมาณเศษพลาสติกอีวีเอที่เหมาะสม โดยใช้ส่วนผสมเดิม แต่มีการปรับเฉพาะปริมาณเศษพลาสติกอีวีเอ จำนวน 6 ปริมาณ ได้แก่ เศษพลาสติกอีวีเอ 0 phr (EVA 0) 5 phr (EVA 5) 10 phr (EVA 10) 20 phr (EVA 20) 40 phr (EVA 40) และ 80 phr (EVA 80)



รูปที่ 3 พื้นผิวของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอขนาดต่างๆ

4. การขึ้นรูปและทดสอบตัวอย่าง

เริ่มจากชั่งน้ำหนักส่วนผสมในการขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอตามที่ออกแบบ จากนั้นทำการบดยางธรรมชาติแท่งเกรด STR20 สำหรับผสมส่วนผสมอื่นๆ ด้วยเครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง ด้วยอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วปานกลาง ท้ายเติมสารซึ่งค์ออกไซด์และกรดสเตียริกลงในส่วนผสมที่กำลังบด แล้วจึงเติมเศษพลาสติกอีวีเอที่ผ่านการบดย่อยแล้วลงในยางธรรมชาติที่บดภายในเครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง ดังรูปที่ 4 จากนั้นเติมเมอร์แคปโตเบนโซไทเอโซลและไดฟีนิลกวินิลีนลงไปในส่วนผสม ส่วนผสมจนเข้ากัน แล้วจึงเติมกำมะถันเพื่อช่วยให้ส่วนผสมเกิดการคงรูป และทดสอบการคงรูปของส่วนผสมทั้งหมด โดยใช้เครื่องทดสอบความหนืด และเครื่องทดสอบการคงรูป (ODR) ต่อไปให้นำส่วนผสมที่เข้ากันดีแล้วใส่ลงในแบบหล่อที่รองด้วยแผ่นพลาสติกสำหรับป้องกันการติดแบบของส่วนผสม เพื่อขึ้นรูปเป็นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอ ดังรูปที่ 5 ทำการขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส จนยางธรรมชาติเกิดการคงรูป ดังรูปที่ 6 แล้วจึงนำแผ่นกระเบื้องยางที่ขึ้นรูปแล้วออกจากแบบหล่อและแผ่นพลาสติกรองแบบ ได้แผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 4 การเติมเศษพลาสติกอีวีเอลงในยางธรรมชาติ



รูปที่ 5 การใส่ส่วนผสมในแบบหล่อที่รองด้วยแผ่นพลาสติก



รูปที่ 6 การขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดความร้อน



รูปที่ 7 การนำแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอออกจากแบบหล่อ

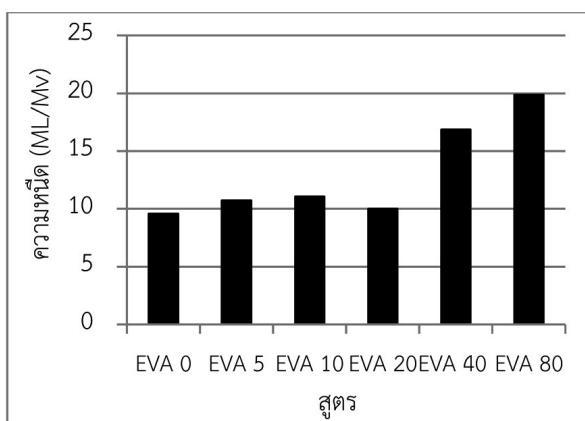
ทดสอบสมบัติต่างๆ ที่จำเป็นต่อการใช้งาน ตามมาตรฐาน ASTM [4] โดยใช้จำนวนตัวอย่างทดสอบ 5 ตัวอย่างต่ออัตราส่วนต่อการทดสอบ ประกอบด้วย ความหนาแน่น ตามมาตรฐาน ASTM D1817 การดูดซึมน้ำ ตามมาตรฐาน ASTM D570 ความแข็งตามมาตรฐาน ASTM D2240 ความต้านทานแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM D412 ความทนการฉีกขาดตามมาตรฐาน ASTM D624 ความสึกหรอ ตามมาตรฐาน ASTM D1630 และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177

5. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

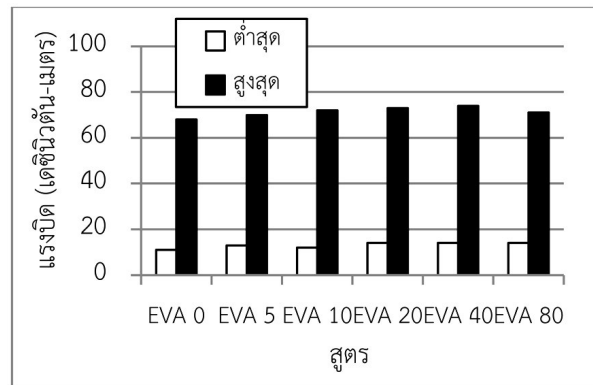
จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางธรรมชาติผสมเศษขยะพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท (อีวีเอ) ความละเอียดสูงจากโรงงานอุตสาหกรรมตามมาตรฐาน ASTM และมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังต่อไปนี้

5.1 ความหนืดและการคงรูปของส่วนผสม

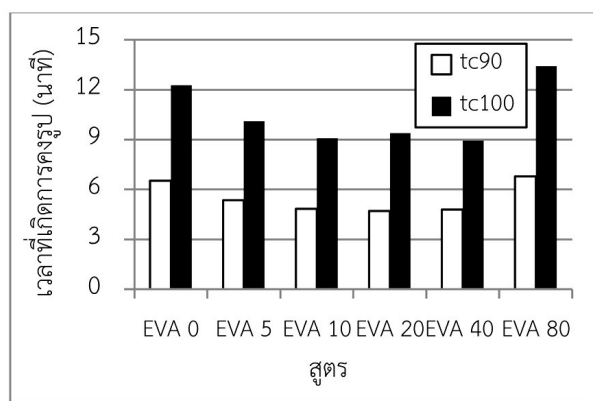
ผลการทดสอบความหนืดและการคงรูปของส่วนผสมในการขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอทุกสูตร สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 8 ถึง 10



รูปที่ 8 ผลการทดสอบความหนืดส่วนผสมของตัวอย่าง



รูปที่ 9 ผลการทดสอบแรงบดของตัวอย่าง



รูปที่ 10 ผลการทดสอบเวลาที่เกิดการคงรูประหว่าง ts_2 และ tc_{90} ของตัวอย่าง

จากรูปที่ 8 ถึง 10 พบว่า การผสมเศษพลาสติกอีวีเอในปริมาณที่มากขึ้น จะทำให้ส่วนผสมมีความหนืดและค่าแรงบดต่ำสุดขณะกระบวนการคงรูปมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเมื่อนำส่วนผสมดังกล่าวไปใส่แบบหล่อและอัดขึ้นรูป จะทำให้การไหลตัวของส่วนผสมทำได้ยากมากขึ้นเนื่องจากพลาสติกอีวีเอและยางธรรมชาติมีจุดหลอมเหลวต่างกัน [7-9] ส่วนระยะเวลาใช้ในการคงรูปแผ่นกระเบื้องยางของส่วนผสมที่มีปริมาณเศษพลาสติกอีวีเอมากจะมีค่าลดลง แต่การผสมเศษพลาสติกอีวีเอในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้เวลาที่ใช้ในการคงรูปของส่วนผสมกลับเพิ่มมากขึ้น

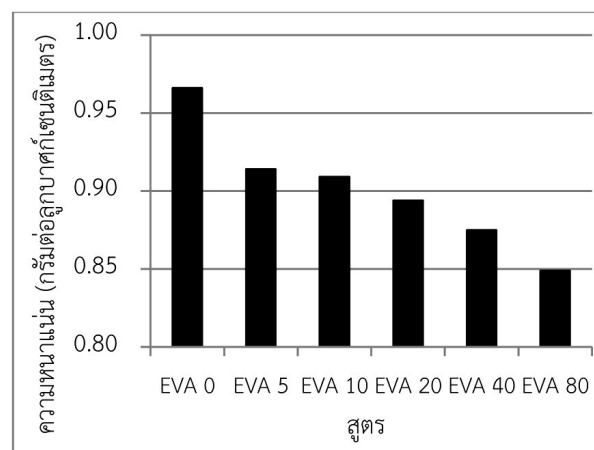
5.2 ความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำ

ผลการทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอ ดังรูปที่ 11 พบว่า การผสมเศษพลาสติกอีวีเอ ลงในแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอ ปริมาณมากขึ้น จะมีผลทำให้ความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติต่ำกว่าแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอ หรือผสมพลาสติกอีวีเอในปริมาณน้อย โดยแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติที่ไม่มีการผสมพลาสติกอีวีเอ (สูตร EVA 0) มีความหนาแน่นสูงสุด รองลงมาคือ แผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติที่ผสมพลาสติกอีวีเอสูตร EVA 5, สูตร EVA 10, สูตร EVA 20, สูตร EVA 40 และแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติที่ผสมพลาสติกอีวีเอสูตร EVA 80 เป็นสูตรที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากลักษณะความพรุนของเนื้อพลาสติกอีวีเอ (รูปที่ 12) และความหนาแน่นของเศษพลาสติกอีวีเอที่ใช้ในงานวิจัยมีค่าประมาณ 0.930 - 0.965 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร [5] ซึ่งต่ำกว่าแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอ (สูตร EVA 0) ที่เท่ากับ 0.966 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร นอกจากนี้ การผสมพลาสติกอีวีเอลงในแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติ จะทำให้เกิดช่องว่างขนาดเล็กภายในเนื้อขึ้น เนื่องจากพลาสติกอีวีเอและยางธรรมชาติมีจุดหลอมเหลวต่างกัน [7-9] (ดังรูปที่ 13) เหล่านี้ จะทำให้ความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอมีแนวโน้มต่ำลง [6] อย่างไรก็ตาม ช่องว่างภายในเนื้อที่เกิดขึ้นเบื้องต้น จะยังคงเล็กมากและไม่ทำให้เกิดการดูดซึมน้ำ หรือมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 0

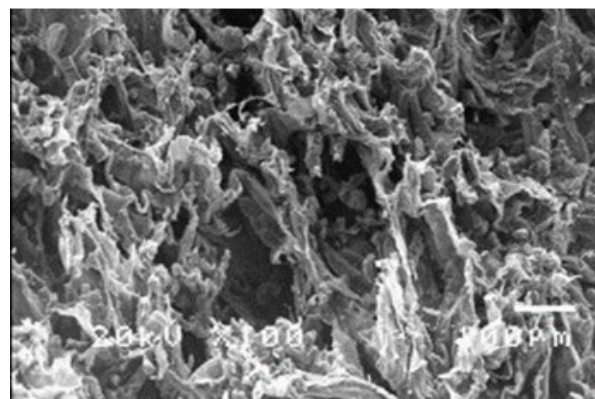
5.3 ความแข็ง

ผลจากการทดสอบความแข็งแบบชอร์เอ (Shore-A) ของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอ ทั้ง 6 อัตราส่วน ดังรูปที่ 14 พบว่า การผสมเศษพลาสติกอีวีเอในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมากขึ้น มีผลต่อ

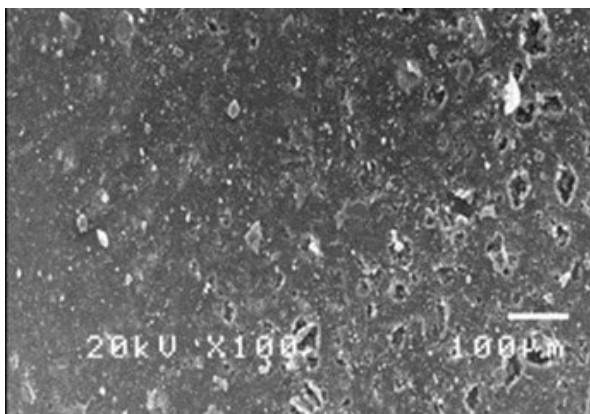
ความแข็งของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้น โดยแผ่นยางธรรมชาติที่ไม่ผสมเศษพลาสติกอีวีเอ (สูตร EVA 0) จะมีค่าความแข็งต่ำที่สุด รองลงมาคือ แผ่นยางธรรมชาติผสมเศษพลาสติกอีวีเอ สูตร EVA 5, สูตร EVA 10, สูตร EVA 20, สูตร EVA 40 และสูตร EVA 80 เป็นอัตราส่วนที่มีความแข็งสูงที่สุดตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากค่าความแข็งส่วนใหญ่ของเศษพลาสติกอีวีเอที่ใช้ในการวิจัยมีค่าสูงกว่าแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอ โดยมีค่าเท่ากับ 75 ชอร์เอ [5] ในขณะที่แผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอ มีค่าความแข็งค่อนข้างต่ำเพียง 35.1 ชอร์เอ ดังนั้น เมื่อผสมเศษพลาสติกอีวีเอลงในแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติ จึงทำให้ค่าความแข็งของแผ่นกระเบื้องมีค่าเพิ่มมากขึ้นดังกล่าว



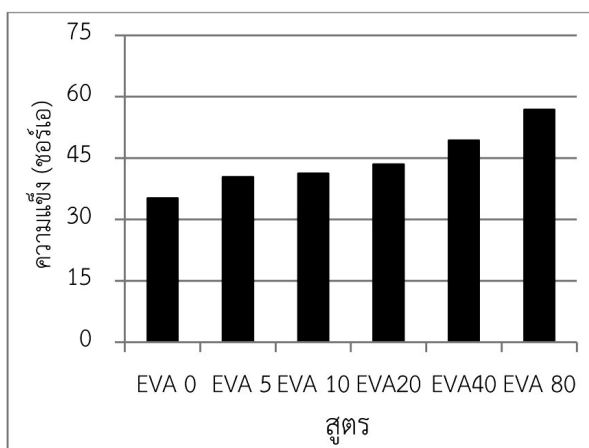
รูปที่ 11 ผลการทดสอบความหนาแน่นของตัวอย่าง



รูปที่ 12 ภาพขยายเศษพลาสติกอีวีเอด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 13 ภาพขยายกระเบื้องยางพาราผสมพลาสติก
อีวีเอ สูตร 80 ด้วยกล้อง SEM
ที่กำลังขยาย 100 เท่า

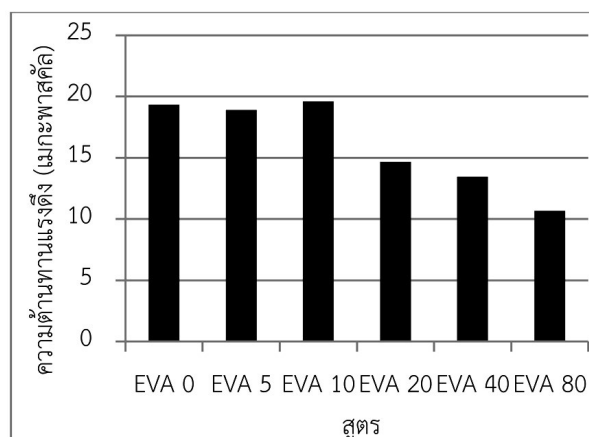


รูปที่ 14 ผลการทดสอบความแข็งแรงของตัวอย่าง

5.4 ความต้านทานแรงดึง

สำหรับผลการทดสอบสมบัติความต้านทานแรงดึงของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอ ทั้ง 6 สูตร ในรูปที่ 15 พบว่า แผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติที่ผสมพลาสติกอีวีเอในปริมาณที่ไม่สูงมากคือ ไม่เกินกว่าสูตร EVA 10 มีส่วนทำให้ความต้านทานแรงดึงของแผ่นกระเบื้องยางดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงหรือสูงกว่าแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอเล็กน้อย ทั้งนี้ เป็นผลมาจากพลาสติกอีวีเอจากโรงงานเป็นวัสดุที่มีความต้านทานแรงดึงใกล้เคียงกับแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติ (เท่ากับ 18 ถึง 29 เมกะพาสคัล) [5] แต่เมื่อผสมพลาสติกอีวีเอ

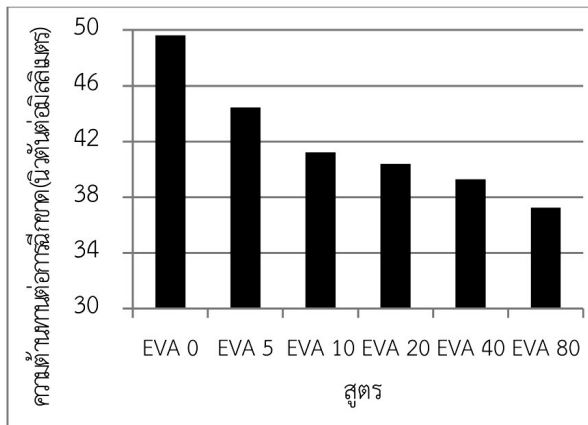
ในปริมาณที่สูงมากขึ้น ทั้งสูตร EVA 20, สูตร EVA 40 และ EVA 80 จะส่งผลต่อค่าความต้านทานแรงดึงที่ลดต่ำลง แต่การผสมพลาสติกอีวีเอในปริมาณมากซึ่งทำให้เกิดช่องว่างภายในเนื้อกระเบื้องยางที่มากขึ้น ดังจะเห็นได้จากความหนาแน่นของกระเบื้องยางที่ลดลง และช่องว่างเหล่านี้จะทำให้พื้นที่รับแรงดึงและค่าความต้านทานแรงดึงของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอดังกล่าวมีค่าลดน้อยลง [7-9]



รูปที่ 15 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง
ของตัวอย่าง

5.5 ความต้านทานต่อการฉีกขาด

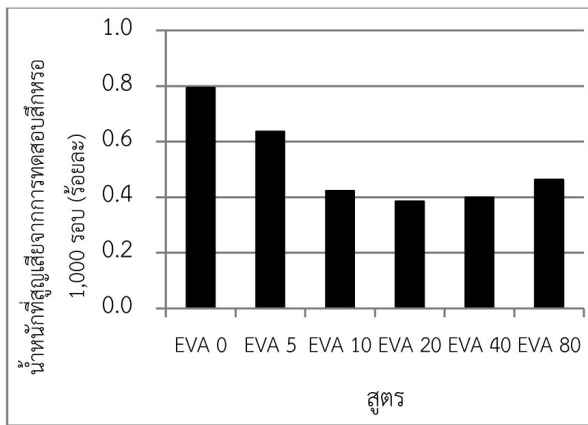
การทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาดของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติที่ผสมพลาสติกอีวีเอสามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 16 โดยพบว่าพลาสติกอีวีเอที่ผสมลงในแผ่นกระเบื้องยางที่ปริมาณเพิ่มขึ้น จะส่งผลต่อสมบัติด้านความต้านทานต่อการฉีกขาดที่ลดลง โดยกระเบื้องยางธรรมชาติที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอ (สูตร EVA 0) จะมีค่าความทนทานต่อการฉีกขาดสูงสุด รองลงมาคือ สูตร EVA 5, สูตร EVA 10, สูตร EVA 20, สูตร EVA 40 และสูตร EVA 80 มีค่าความทนทานต่อการฉีกขาดต่ำที่สุด ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มใกล้เคียงกับการที่ปริมาณเศษพลาสติกอีวีเอมีผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง



รูปที่ 16 ผลการทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาดของตัวอย่าง

5.6 ปริมาณการสึกหรอ

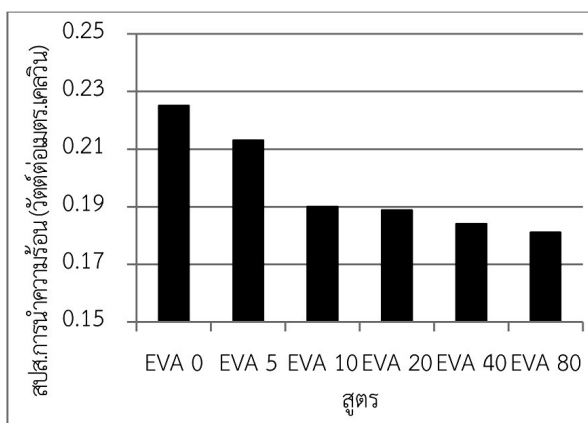
ผลการทดสอบปริมาณการสึกหรอของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอสูตรต่างๆ เป็นคุณสมบัติที่จำเป็นต่อความคงทนในการใช้งาน โดยแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอสูตรที่มีการสูญเสียน้ำหนักน้อย จะเป็นอัตราส่วนที่สามารถใช้งานได้ยาวนานและคงทนมากกว่าแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอที่มีการสูญเสียน้ำหนักมาก จากรูปที่ 17 พบว่า การผสมพลาสติกอีวีเอลงในส่วนผสมของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติ จะมีผลต่อความต้านทานการสึกหรอที่เพิ่มมากขึ้น หรือมีผลทำให้น้ำหนักที่สูญเสียจากการขัดสีลดลง โดยแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอสูตร EVA 20 เป็นอัตราส่วนที่ต้านทานการสึกหรอที่ดีที่สุด แต่เมื่อผสมพลาสติกอีวีเอในสูตรที่มากกว่า EVA 20 จะเริ่มมีผลทำให้แผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติเกิดการสึกหรอมีค่าเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากพลาสติกอีวีเอไม่สามารถรวมกับยางธรรมชาติเป็นเนื้อเดียวกันโดยสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม การสึกหรอของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติที่ผสมพลาสติกอีวีเอสูตรต่างๆ ทั้งหมด ก็ยังคงต่ำกว่าแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอ



รูปที่ 17 ผลการทดสอบการสึกหรอของตัวอย่าง

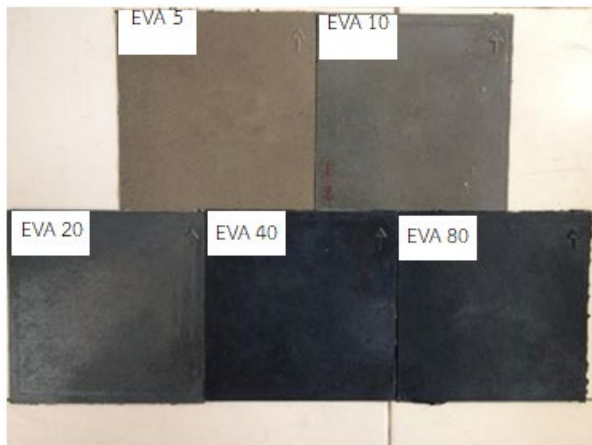
5.7 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอที่อัตราส่วนต่างๆ ในรูปที่ 18 สามารถแสดงให้เห็นว่าพลาสติกอีวีเอมีผลต่อสมบัติด้านสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอที่ลดต่ำลง โดยแผ่นกระเบื้องยางที่ไม่ผสมพลาสติกอีวีเอ จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูงที่สุด รองลงมาคือ สูตร EVA 5, สูตร EVA 10, สูตร EVA 20, สูตร EVA 40 และสูตร EVA 80 จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำที่สุดตามลำดับทั้งนี้เป็นผลมาจากพลาสติกอีวีเอที่นำมาใช้เป็นวัสดุที่มีรูพรุน (รูปที่ 12) มากกว่ายางธรรมชาติ [8] ซึ่งรูพรุนดังกล่าวจะมีสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีและมีผลต่อสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ลดต่ำลง [10]



รูปที่ 18 ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของตัวอย่าง

นอกจากคุณสมบัติของกระเบื้องยางธรรมชาติ จะเปลี่ยนไปตามปริมาณเศษพลาสติกอีวีเอที่ผสม แล้ว ยังมีผลต่อลักษณะและสีของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติด้วย ดังรูปที่ 19



รูปที่ 19 แผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติ ผสมพลาสติกอีวีเอ สูตรต่างๆ

จากลักษณะและสีของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอ ดังรูปที่ 19 สามารถสรุปได้ว่า พื้นผิวของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติก อีวีเอสูตรที่มีปริมาณเศษพลาสติกอีวีเอมาก จะมีลักษณะที่ขรุขระเป็นเม็ดต่างๆ มากกว่าแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอสูตรที่มีปริมาณเศษพลาสติกอีวีเอน้อย คล้ายกับการนำเศษพลาสติกอีวีเอที่มีขนาดหยาบมาผสม และสีของแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอสูตรที่มีปริมาณเศษพลาสติกอีวีเอมาก จะมีสีที่เปลี่ยนไปตามสีของเศษพลาสติกอีวีเอชัดเจนกว่าแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอสูตรที่มีปริมาณเศษพลาสติกอีวีเอน้อย โดยจะเปลี่ยนจากสีน้ำตาลอ่อนเป็นสีของเศษพลาสติกอีวีเอ

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนากระเบื้องยางธรรมชาติผสมเศษขยะพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทแบบละเอียด สามารถสรุปได้ว่า เศษขยะพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท (อีวีเอ) สามารถบดย่อยให้มีขนาดเล็กกว่า 2

มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องบดพลาสติก พร้อมตะแกรงเบอร์ 10 ทำให้ได้เศษขยะพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทความละเอียดสูงสำหรับใช้เป็นสารเติมแต่งในผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางธรรมชาติต้นทุนต่ำได้ โดยอัตราส่วนผสมหรือสูตรที่เหมาะสมสำหรับผลิตเป็นกระเบื้องยางธรรมชาติจากเศษขยะพลาสติกอีวีเอความละเอียดสูง คือ สูตร EVA 10 เนื่องจากเป็นสูตรกระเบื้องยางธรรมชาติผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอที่มีพื้นผิวเรียบ สีอ่อน (สามารถปรับแต่งสีเพิ่มเติมได้) และมีคุณสมบัติที่ดีกว่าสูตรกระเบื้องยางธรรมชาติสูตรที่ผสมเศษขยะพลาสติกอีวีเอมากกว่า โดยมีคุณสมบัติทางกล ประกอบด้วย ความหนาแน่น 0.909 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความแข็ง 41.2 ชอร์เอ น้ำหนักที่สูญเสียจากการขัดสี 1,000 รอบ ร้อยละ 0.353 ความต้านทานการฉีกขาด 41.2 นิวตันต่อมิลลิเมตร ความต้านทานแรงดึง 19.6 เมกะพาสคัล และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.190 วัตต์ต่อเมตร.เคลวินทั้งนี้เศษพลาสติกอีวีเอปริมาณที่เหมาะสมสามารถลดความหนาแน่น และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน และเพิ่มความแข็ง ความต้านทานการสึกหรอ และความต้านทานแรงดึงให้กับแผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติได้

สำหรับการศึกษาต่อไป ควรมีการพัฒนาคุณสมบัติด้านความต้านทานการลามไฟ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางธรรมชาติผสมเศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท (อีวีเอ) ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ ได้หลากหลาย และมีคุณสมบัติที่โดดเด่นกว่าแผ่นกระเบื้องยางทั่วไป นอกจากนี้ อาจมีการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มเส้นใยต่างๆ ลงไป เพื่อให้แผ่นกระเบื้องยางธรรมชาติผสมพลาสติกอีวีเอ มีสมบัติทางกายภาพและทางกลที่ดีขึ้นได้

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปี 2560 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] The Thailand Research Fund. Research Fund Announcement of Small Research Project in Para Rubber Topic. Bangkok: The Thailand Research Fund; 2005. (in Thai)
- [2] Worrasoontaroste P. Construction Materials. Bangkok: Se-Education Publishers; 1997. (in Thai)
- [3] Khamput P. and Suweero K. Using Vulcanized Latex to Develop the Properties of Concrete Block Mixed with Ethylene Vinyl Acetate Plastic. Proceeding of 8th Annual Concrete Conference. Chonburi: ACI Partners with Thailand Concrete Association; 2012. (in Thai)
- [4] American Society for Testing and Materials (ASTM). Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia: American Society for Testing and Materials; 2014.
- [5] Dupont. Compare EVA Grades and Performance Properties. Delaware: E.I. du Pont de Nemours and company; 2012.
- [6] Subramaniam, A.. Molecular Weight and Molecular Weight Distribution of Natural Rubber. RRIM Technology Bulletin. 1980; 4: 1-25.
- [7] Barlow, Fred W.. Rubber Compounding : Principles, Materials, and Techniques. 2nd ed. Florida: CRC Press; 1993.
- [8] Jesse Edenbaum. Plastics additives and modifiers handbook. New York: Van Nostrand Reinhold; 1992
- [9] Holfmann, W.B.. Rubber Technology Handbook. Munich: Hanser Publishers; 1989.
- [10] Pakunworakij T., Puthipiroj P., Oonjittichai W. and Tisavipat P. Thermal resistance efficiency of building insulation material from agricultural waste. Journal of Architectural/Planning Research and studies. 2006; 3(4): 119-126. (in Thai)