ผ ค ญ งต ธคศ ฒพ ผ ง ผ ศงค ชคผ ดษ
Development of Natural Rubber Mixed the Carbon Black for the Green Flooring Product

ตฒฒ ำว ยธค ฒ[1] ษ ผญศ ฒ [2] ณผ คฒ [3] ศ ปผญฐฒ ภ [4]

[1,2,3] *โครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย จ. สงขลา*
[4] *โปรแกรมวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จ. สงขลา*
**Corresponding*

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาส่วนผสมในการผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้นรักษ์โลกโดยผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูป และเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นปูพื้นรักษ์โลก วัสดุสำหรับผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้นรักษ์โลกประกอบด้วยยางธรรมชาติ 1 กิโลกรัม คาร์บอนแบล็คที่ได้จากการขยะพลาสติก 3.30 phr และ 23.30 phr อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 5 phr กรดฟอร์มิก 80 ml กำมะถัน 5 phr และหินเกล็ด วิธีการทดลอง ทำการขึ้นรูปน้ำยางธรรมชาติและส่วนผสม อบที่อุณหภูมิ 60 ^{0}C จำนวน 25 ชั่วโมง และอัดด้วยครื่องอัดไฮดรอลิกและตั้งอุณหภูมิ 120 ^{0}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำการรตรวจสอบทางกายภาพ และทดสอบสมบัติทางกล ผลการศึกษาพบว่า แผ่นปูพื้นรักษ์โลกมีลักษณะทางกายภาพ เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 2377-2559 ความต้านแรงดัด เท่ากับ 4.824 และ 5.760 MPa ค่าความต้านทานแรงดึง เท่ากับ 188.33 และ 234.33 MPa ค่าความแข็งของแผ่นปูพื้นรักษ์โลกแข็งในระดับปานกลาง ตามมาตรฐาน มอก. 2377-2559 และการดูดซับน้ำเป็นตามมาตรฐาน มอก. 387-2531 แผ่นปูพื้นรักษ์โลกมีคุณสมบัติสำหรับปูพื้นนอกอาคาร เนื่องจากมีค่าความแข็งปานกลาง มีความต้านแรงดัด และมีความยืดหยุ่นสูง

คำสำคัญ: แผ่นปูพื้นรักษ์โลก, คาร์บอนแบล็ค, น้ำยางธรรมชาติ

Abstract

This study aims to the development of natural rubber mixed the carbon black for the green flooring Product by compression molding and to study the effectiveness of the green flooring product. The materials for green flooring products include natural rubber 1 kg, carbon black from plastic waste 3.30 and 23.30 phr, nano zinc oxide particles 5 phr, formic acid 80 ml, sulfur 5 phr and stone flakes. The experimental method, forming the natural rubber and mixed, baking at 60 0 C for 25 hours and compression molding with hydraulic pressing at 120 ^{0}C for 1 hour, physical inspections and mechanical properties testing. The results showed the green flooring product physically following TIS 2377-2559, the bending strength was 4.824 and 5.760 MPa, tensile strength was 188.33 and 234.33 MPa, the hardness of the green flooring products following TIS 2377-2559 and water absorption following TIS 387-2531.

ในทางตรงกันข้ามเวลาในการคงรูปยาง สมบัติความแข็ง และสมบัติการดูดซับพลังงานเพิ่มขึ้น โดยสามารถดูดซับพลังงานได้มากที่สุด [2] ในส่วนการศึกษาวิธีการใช้เศษหินพัมมิซพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นสำหรับชุมชน ทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.378 - 2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ผลการทดสอบพบว่า บล็อกปูพื้นที่มีปริมาณเศษหินพัมมิซมาก มีความต้านทานแรงดัดตามขวาง และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่า บล็อกปูพื้นที่มีปริมาณเศษหินพัมมิซน้อย ส่วนการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อบล็อกปูพื้นมีปริมาณเศษหินพัมมิซมาก [3] และปัจจุบันประเทศไทยได้มีการนำดินซีเมนต์มาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างอย่างแพร่หลาย แต่เมื่ออยู่ในสภาวะน้ำท่วมขังจะทำให้การรับกำลังลดลง เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติด้านการซึมน้ำของดินซีเมนต์ การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการนำยางพารามาประยุกต์ใช้กับดินซีเมนต์ โดยนำดิน ดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราเพื่อดูค่าการซึมน้ำ และพบว่าสมบัติในด้านการซึมน้ำของดินซีเมนต์ผสมด้วยน้ำยางพารามีความสามารถการซึมน้ำได้ดี [4] ได้มีผู้ศึกษาการวัลคาไนซ์และสมบัติเชิงกลของยาง STR 20 ผสมยางครัม ในช่วง 50 - 150 phr และกรรมวิธีในการขึ้นรูปบล็อกปูพื้นซึ่งผิวด้านบนทำจากวัสดุผสม ยางธรรมชาติผสมยางครัมและส่วนฐานทำจากพลาสติกโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง จากการทดสอบพบว่าค่าการกระเด้งตัวของบล็อกปูพื้นเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณยางครัมลดลง ในทางตรงข้ามเมื่อส่วนฐานของบล็อกปูพื้นหนาขึ้นค่าการกระเด้งตัวของบล็อกปูพื้นลดลง [5]

สำหรับในการศึกษาครั้งนี้มีแนวคิดที่จะนำน้ำยางธรรมชาติมาใช้เพื่อเพิ่มปริมาณการใช้งานยางธรรมชาติ ซึ่งได้ใช้น้ำยางสด หาได้ง่าย ราคาไม่แพง มาเพื่อทำการศึกษาและพัฒนาแผ่นปูพื้นรักษ์โลกที่เป็นวัสดุผสมเพื่อใช้ปูพื้นภายนอกอาคารโดยใช้ยางธรรมชาติ คาร์บอนแบล็คที่ได้จากการเผาขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิส อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ กรดฟอร์มิก กำมะถันและหินเกล็ด ผสมเข้าด้วยกัน เพื่อลดต้นทุน และเพื่อใช้ยางธรรมชาติเป็นตัวประสาน ดังนั้นแนวทางดังกล่าวเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับยางพาราเพื่อแปรรูปเป็นแผ่นปูพื้นรักษ์โลกรวมถึงการพัฒนาให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

ฒา พาคค

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

2.1.1 น้ำยางธรรมชาติ (Natural Rubber) จะมีลักษณะการแบ่งตามส่วนประกอบและชนิดของยางธรรมชาติ คือ น้ำยางสด องค์ประกอบของน้ำยางสด ของเหลวสีขาวหรือสีครีมที่ไหลออกมาจากต้นยางนั้นเรียกว่าน้ำยางสด (Field Latex) หรือน้ำยางธรรมชาติ ดังรูปที่ 1 น้ำยางจัดเป็นสารแขวนลอย เพราะมีอนุภาคยางแขวนลอยปนอยู่ ซึ่งหากตั้งน้ำยางทิ้งไว้นาน น้ำยางและน้ำจะเกิดการแยกชั้นออกจากกัน องค์ประกอบส่วนใหญ่ของน้ำยางสดคือ น้ำ ซึ่งมีประมาณ 50-80 เปอร์เซ็นต์ และมีเนื้อยางเพียง 20-45 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปน้ำยางสดที่ออกมาจากต้นยางจะคงสภาพความเป็นน้ำยางได้ไม่เกิน 3-6 ชั่วโมง เนื่องจากแบคทีเรียในอากาศ และจากเปลือกของต้นยางจะลงไปในน้ำยาง และกินสารอาหารที่อยู่ในน้ำยาง เช่น โปรตีน น้ำตาล เป็นต้น ทำให้แบคทีเรียเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่สิ่งที่เกิดขึ้นจากการย่อยของแบคทีเรียคือ ก๊าซชนิดต่าง ๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และกรดไขมันระเหยได้ (Volatile Fatty Acid) เมื่อปริมาณกรดที่ระเหยง่ายในน้ำยางเพิ่มมากขึ้น น้ำยางจะเกิดการสูญเสียสภาพ สังเกตได้จากการที่น้ำยางจะค่อย ๆ มีความหนืดมากขึ้น เพราะอนุภาคยางเริ่มจับตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ และค่อยขยายเป็นก้อนใหญ่ขึ้นจนน้ำยางสูญเสียสภาพเกิดการบูดเน่าและมีกลิ่นเหม็น ซึ่งอัตราการเกิดกระบวนการทั้งหมดจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างไม่ว่าจะเป็นเรื่องอุณหภูมิ สภาพแวดล้อม ความคงตัวของน้ำยาง พันธุ์ยาง ฯลฯ น้ำยางธรรมชาติ หรือน้ำยางสดที่ได้จากต้นยางธรรมชาติแต่ละต้น และแต่ละพื้นที่ มีคุณภาพที่แตกต่างกัน และยังเสียสภาพได้ง่าย ดังนั้นน้ำยางธรรมชาติที่ใช้จะผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้นด้วยการเหวี่ยงที่ความเร็ว 20,000 รอบ/นาที โดยน้ำยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้นแล้วจะมีปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางสด (DRC) ประมาณร้อยละ 65



ฆ น้ำยางธรรมชาติ

2.1.2 ผงคาร์บอน (Carbon black) เป็นเขม่าสีดำที่ได้จากการเผาแบบย่อยสลายภายใต้การควบคุม ของเชื้อเพลิงประเภทไฮโดรคาร์บอน โดยอาจเกิดปนกันอยู่กับสารกลุ่มฟูลเลอรีน ผงคาร์บอนมีหลายชนิด บางชนิดก็มีขนาดนาโนเท่านั้น แต่บางชนิดก็เป็นส่วนผสมของอนุภาคขนาดนาโนและอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ ผงคาร์บอน สามารถแบ่งกลุ่มใหญ่ๆ เป็น 5 กลุ่มตามระบบของ IUPAC [6] ได้แก่ แชนแนลแบล็ค เฟอร์นาซ อะเซทิลีนแบล็ค แล็มพ์แบล็ค เ ทอร์มัลแบล็ค ผงคาร์บอน เป็นวัสดุนาโนที่อาจจะได้รับการใช้งานในอุตสาหกรรมมากที่สุดในโลก ประมาณไว้ในปี พ.ศ. 2548 ว่ามีการผลิตคาร์บอนแบล็คทั่วโลกไม่ต่ำกว่าปีละ 10 ล้านตัน โดยที่ร้อยละ 70 ใช้ในอุตสาหกรรมยางรถยนต์ ร้อยละ 20 ใช้ผสมในสินค้ายางประเภทอื่นให้มีสีดำ ส่วนอีกร้อยละ 10 ใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ [7] การผสมผงคาร์บอน ซึ่งบางส่วนมีขนาดนาโน เข้าไปในยางรถยนต์เพื่อไม่ให้ยางสึกเร็ว โดยมีผลพลอยได้ในการทำให้ยางรถยนต์เกาะถนนได้ดีขึ้นบ้าง ในการวิจัยจะใช้คาร์บอนแบล็คที่ได้จากการเผาขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิสมี ขนาดอนุภาค 70-180 nm ดังรูปที่ 2

ข คาร์บอนแบล็ค

2.1.3 กำมะถัน เป็นสารที่ใช้ในกระบวนการวัลคาไนเซชัน (Vulcanization) ในยางธรรมชาติ เมื่อกำมะถันถูกเติมลงไปในยางธรรมชาติและยางธรรมชาตินั้นได้รับความร้อน ซึ่งส่งผลทำให้ยางมีสมบัติที่ดีขึ้น คือ เมื่อร้อนไม่เหลว เมื่อเย็นไม่แข็ง ไม่เหนียว ไม่ละลายในตัวทำละลาย ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดการเชื่อมโยงของโมเลกุล ซึ่งเรียกว่าเกิดพันธะการเชื่อมโยง (Crosslink) การวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ สารที่นิยมใช้จะเป็นกำมะถัน

2.1.4 หินเกล็ด (Scree) โดยขนาดของหินเกล็ดที่ใช้ประมาณ ¼ นิ้ว ปริมาตรของหินเกล็ดที่ใช้ 300x300x25 มม^3

2.1.5 อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ มีลักษณะเป็นผงที่ไม่ละลายในน้ำและใช้ผสมในผลิตภัณฑ์หลายชนิดเช่น ยาง พลาสติก เซรามิก แก้ว น้ำมันเครื่อง สีทา สารยึดเกาะ อาหาร แบตเตอร์รี่ และอื่นๆ ในธรรมชาติพบในรูปซินไซต์ แต่ส่วนใหญ่ได้จากการสังเคราะห์

2.1.6 กรดฟอร์มิก 80 ml/น้ำยางธรรมชาติ 1 กิโลกรัม

2.1.7 เครื่องอัดร้อนอัดไฮดรอลิก ดังแสดงในรูปที่ 3 ใช้สำหรับอัดขึ้นรูปแผ่นชิ้นงานตัวอย่าง

ข 3 เครื่องอัดร้อนอัดไฮดรอลิก

2.1.8 แม่แบบสำหรับขึ้นรูปแผ่นชิ้นงานตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 4 แม่แบบขนาด 300 x 300 x 25 มม^3 สำหรับเทแผ่นชิ้นงานที่ส่วนผสมที่ผสมไว้

ข 4 แบบสำหรับขึ้นรูปแผ่นชิ้นงานตัวอย่าง

2.1.9 เครื่องชั่งดิจิตอลที่มีความละเอียด ที่ความละเอียด 0.01 กรัม ใช้สำหรับการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำของแผ่นปูพื้นรักษ์โลก

2.2 ขั้นตอนการดำเนินการ

ในการวิเคราะห์ผลกระทบของขนาดและปริมาณน้ำยางสดต่อสมบัติ ทห ย

ส่วนผสมในการผลิตแผ่นปูพื้นรักษ์โลก (phr)		
คาร์บอนแบล็คที่ได้จากการเผาขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิส	3.30	23.30
อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์	5	5
กำมะถัน	5	5

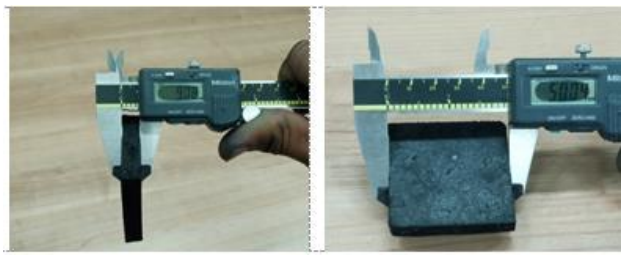
2.2.2 กรดฟอร์มิกที่ทำการเจือจาง 80 ml /น้ำยางธรรมชาติ 1 กิโลกรัม นำหินเกล็ดขนาด ¼ นิ้วใส่ในแบบให้เต็มแบบ แล้วเทน้ำยางสดที่สผมแล้วในแบบเพื่อแทนที่ช่องว่างของหินเกล็ด รอน้ำยางสดจับตัวกัยหินเกล็ดแล้วนำแผ่นพื้นที่ได้ออกจากแบบ ผึ่งแดดไว้ 5 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำสะเด็ดน้ำ

2.2.3 นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 60 ^{0}C จำนวน 25 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น แล้วนำออกจากเตาอบมาวางที่สภาวะปกติจำนวน 1 ชั่งโมง

3.2.4 อัดด้วยเครื่องอัดอัดไฮดรอลิกและตั้งอุณหภูมิ 120 ^{0} โดยนำแผ่นฟิล์มใสมาใส่แบบเพื่อป้องกันการติดแม่พิมพ์ และนำแผ่นพื้นที่ได้ใส่ลงในแม่พิมพ์และทำการปิดแผ่นฟิล์มอีกครั้งด้านบน อัดแผ่นพื้นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำแผ่นพื้นออกจากแบบ ผึ่งที่สภาวะบรรยากาศ

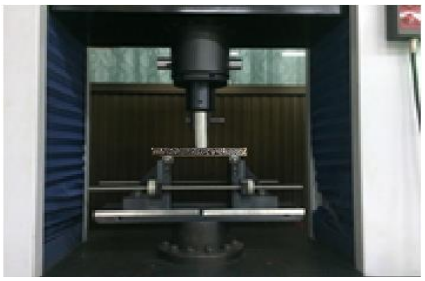
2.2.5 นำแผ่นปูพื้นรักษ์โลกทำการตรวจสอบทางกายภาพ และผลการทดสอบสมบัติทางกล

1) การทดสอบทดสอบสมบัติทางกลและทางกายภาพ ใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์วัดขนาดหนาตรงจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ ใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์วัดความกว้าง และความยาวของชิ้นทดสอบโดยวางเครื่องมือให้ทำมุมกับแนวระนาบของชิ้นทดสอบ ประมาณ 45^{0} ดังรูปที่ 6 เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนตาม มอก. 2377-2559



ขว 6 การวัดขนาดหนา ความกว้าง และความยาวชิ้นทดสอบ

2) การทดสอบแรงดัด โดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติทางกลแบบอเนกประสงค์ที่มีหัวกดเป็นรูปครึ่งวงกลม แท่งรองรับมีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม ดังรูปที่ 7



ขว 7 เครื่องทดสอบสมบัติทางกลแบบอเนกประสงค์

ชิ้นทดสอบขนาด 50×200 มิลลิเมตร แล้ววางชิ้นทดสอบบนแท่งรองรับซึ่งมีระยะห่างกัน 150 มิลลิเมตร ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับข้างละประมาณ 25 มิลลิเมตร ใช้แรงกดลงที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั้งชิ้นทดสอบเสียหาย หาค่าความต้านแรงดัดได้จากสมการที่ 2.1

———— (2.1)

เมื่อ คือ ความต้านแรงดัด (Mpa), คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ (N), คือ ระยะห่างของแท่งรองรับ (mm), คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวชิ้นทดสอบ (mm) และ คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ (mm)

3) การทดสอบแรงดึง จะทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D638-99 โดยใช้เครื่องทดสอบ เอนกประสงค์ ความเร็วที่ใช้ในการทดสอบดึง คือ 5 มิลลิเมตรต่อนาที และทดสอบในอุณหภูมิห้อง 25 °C ในการออกแบบส่วนใหญ่ จะใช้ค่าซึ่งได้จากการทดสอบนี้ไปใช้ในการคำนวณเพื่อกำหนดขนาดและรูปร่างของชิ้นงาน โดยทำการดึงชิ้นงานทดสอบจนขาดออกจากกัน ผลจากการวัดแรงที่มากระทำต่อวัสดุ ณ ตำแหน่งที่เกิดการแตกหักเรียกว่าความเค้นสูงสุดเนื่องจากแรงดึง (Ultimate Tensile Stress) หรือ ความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) หาค่าแรงดึงได้จากสมการที่ 2.2

– (2.2)

เมื่อ คือ หน่วยแรงดึงสูงสุด, คือ แรงดึงกระทำสูงสุด และ คือ พื้นที่หน้าตัดที่รับแรง

4) การดูดซับน้ำ ทำการทดสอบโดยนำชิ้นงานขนาด 50x50x25 มม^{3} อบที่อุณหภูมิ 50 ^{0}C 24 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น ชั่งน้ำหนักก่อนแช่น้ำ หลังจากนั้นนำไปแช่น้ำกลั่น 1 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักหลังแช่น้ำ และทำการบันทึกค่า

ง พาคค

ผลการทดลอง จากแผ่นปูพื้นรักษ์โลก ศึกษาส่วนผสมของแผ่นปูพื้นรักษ์โลก และ ผลการตรวจสอบทางกายภาพ และผลการทดสอบสมบัติทางกล จากการทดลอง ปรากฏผลดังนี้

3.2.1 ลักษณะทางกายภาพ ขนาด ความกว้าง 300±1.5 มม ความยาว 300±1.5 มม ความหนา 25±2 มม ความคลาดเคลื่อนเป็นไปตาม มอก. 2377-2559 ดังตารางที่ 2

ข 2 ผลการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ

แผ่นปูพื้นรักษ์โลกที่ผสมคาร์บอนแบล็คที่ 3.30 phr			แผ่นปูพื้นรักษ์โลกที่ผสมคาร์บอนแบล็ค 23.30 phr		
ความกว้าง (mm)	ความยาว (mm)	ความหนา (mm)	ความกว้าง (mm)	ความยาว (mm)	ความหนา (mm)
300.5	300.0	24.9	301.5	301.6	25.1
301.3	301.0	25.1	301.6	301.5	25.2
300.2	301.5	25.0	301.4	301.4	25.0
ค่าเฉลี่ย					
300.7	300.8	25.0	301.5	301.5	25.1

3.2.1 การทดสอบแรงดัด โดยตัดแผ่นปูพื้นรักษ์โลกขนาด 25x50x150 มม^3 ผลการทดสอบแรงดัด พบว่าความต้านแรงดัดของแผ่นปูพื้นรักษ์โลกปริมาณคาร์บอนแบล็คที่ได้จากการเผาขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิส 3.30 phr เท่ากับ 4.824 MPa และความต้านแรงดัดของแผ่นปูพื้นรักษ์โลกปริมาณคาร์บอนแบล็คที่ได้จากการเผาขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิส 23.30 phr เท่ากับ 5.760 MPa จากการทดสอบความต้านแรงดัดของแผ่นปูพื้นรักษ์โลก ซึ่งเป็นสมบัติที่แสดงถึงความแข็งแรงของแผ่นจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการยืดเกาะละการกระจายตัวของยาง ดังรูปที่ 8 และ 9

ข 8 ความต้านแรงดัดของแผ่นปูพื้นรักษ์โลกปริมาณคาร์บอนแบล็ค 3.30 phr

ข 9 ความต้านแรงดัดของแผ่นปูพื้นรักษ์โลกปริมาณคาร์บอน 23.30 phr

3.2.2 ผลการทดสอบแรงดึง ชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบเป็นลักษณะ Dumb-bells พบว่าค่าความต้านทานแรงดึงของแผ่นปูพื้นรักษ์โลกที่ผสมคาร์บอนแบล็คที่ได้จากการเผาขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิส 3.30 phr เท่ากับ 188.33 อัตราการยืดตัวเท่ากับ 79 % และค่าความต้านทานแรงดึงของแผ่นปูพื้นรักษ์โลกที่ผสมคาร์บอนแบล็คที่ได้จากการเผาขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิส 23.30 phr เท่ากับ 234.33 MPa อัตราการยืดตัวเท่ากับ 99 % ดังตารางที่ 3 ดังรูปที่ 10

ข 3 ค่าความต้านทานแรงดึงของแผ่นปูพื้นรักษ์โลก

แผ่นปูพื้นรักษ์โลกที่ผสมคาร์บอนแบล็ค 3.30 phr			แผ่นปูพื้นรักษ์โลกที่ผสมคาร์บอนแบล็ค 23.30 phr		
ค่าความต้านทานแรงดึง (MPa)			ค่าความต้านทานแรงดึง (MPa)		
185	192	188	235	236	232
ค่าเฉลี่ย 188.33			ค่าเฉลี่ย 234.33		

ข 0 ค่าความแข็งแรงของแผ่นปูพื้นรักษ์โลก ปริมาณคาร์บอนแบล็ค 23.30 phr

3.2.3 ผลการทดสอบความแข็ง พบว่าค่าความแข็งของแผ่นปูพื้นรักษ์โลกที่ผสมคาร์บอนแบล็คที่ได้จากการเผาขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิส 3.30 phr เท่ากับ 50.75 Durometer type A และ ค่าความแข็งของแผ่นปูพื้นรักษ์โลกที่ผสมคาร์บอนแบล็คที่ได้จากการเผาขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิส 23.30 phr เท่ากับ 62.00 Durometer type A ซึ่งให้ค่าความแข็งในระดับปานกลาง และจัดอยู่ในยางปูพื้นชนิดความแข็ง 50 และยางปูพื้นชนิดความแข็ง 60 เป็นตาม มอก. 2377-2559 ดังตารางที่ 4

ข □ค่าความแข็งของแผ่นปูพื้นรักษ์โลก

แผ่นปูพื้นรักษ์โลกที่ผสมคาร์บอนแบล็คที่ 3.30 phr				แผ่นปูพื้นรักษ์โลกที่ผสมคาร์บอนแบล็คที่ 23.30 phr			
ค่าความแข็ง (Duromrter A)							
55	49	48	51	62	63	62	61

3.2.4 ผลการทดสอบการดูดซับน้ำ ทำการทดสอบโดยนำชิ้นงานขนาด 50x50x25 มม^3 อบที่อุณหภูมิ 50 ^{0}C ใช้เวลา 24 ชม. ปล่อยให้เย็น ชั่งน้ำหนักก่อนแช่น้ำหลังจากนั้นนำไปแช่น้ำกลั่น 1 ชม แล้วชั่งน้ำหนักหลังแช่น้ำ พบว่าการดูดซับน้ำของแผ่นปูพื้นรักษ์โลกที่ผสมคาร์บอนแบล็คที่ได้จากการเผาขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิส 3.30 phr เท่ากับ 5.71% และการดูดซับน้ำของแผ่นปูพื้นรักษ์โลกที่ผสมคาร์บอนแบล็คที่ได้จากการเผาขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิส 23.30 phr เท่ากับ 2.61% ซึ่งถือว่าน้อยกว่า 10% เป็นตาม มอก. 387-2531 และถือว่าการยึดเหนี่ยวของยางดีขึ้น ตารางที่ 5

ข ค่าการดูดซับน้ำของแผ่นปูพื้นรักษ์โลก

แผ่นปูพื้นรักษ์โลกที่ผสมคาร์บอนแบล็คที่ 3.30 phr			แผ่นปูพื้นรักษ์โลกที่ผสมคาร์บอนแบล็ค 23.30 phr		
น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)					
90.00	90.10	90.25	90.01	90.05	90.10
น้ำหนักหลังแช่น้ำ(กรัม)					
92.55	95.55	97.70	92.00	91.68	93.55
การการดูดซับน้ำเวลา 1 ชม.					
2.25	5.45	4.45	1.99	1.63	3.45
2.83%	6.05%	8.25%	2.21%	1.81%	3.82%
ค่าเฉลี่ย 5.71%			ค่าเฉลี่ย 2.61 %		

4. ต ร ง

แผ่นปูพื้นรักษ์โลก เป็นแผ่นปูพื้นที่ช่วยลดแรงกระแทกเมื่อหกล้ม ติดตั้งง่ายและทนต่อสภาพอากาศต่าง ๆ ได้ ซึ่งเป็นวัสดุผสมที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ปูพื้นภายนอกอาคารโดยใช้ยางธรรมชาติ คาร์บอนแบล็คที่ได้จากการเผาคาร์บอนจากขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิส อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ กรดฟอร์มิก กำมะถันและหินเกล็ด ผสมเข้าด้วยกัน และมีสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

4.1 ความต้านแรงดัดของแผ่นปูพื้นรักษ์โลกปริมาณคาร์บอนแบล็คที่ได้จากการเผาขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิส 3.30 phr เท่ากับ 4.824 MPa และความต้านแรงดัดของแผ่นปูพื้นรักษ์โลกปริมาณคาร์บอนแบล็คที่ได้จากการเผาขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิส 23.30 phr เท่ากับ 5.760 MPa จากการทดสอบความต้านแรงดัดของแผ่นปูพื้นรักษ์โลก ซึ่งเป็นสมบัติที่แสดงถึงความแข็งแรงของแผ่นจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการยึดเกาะและการกระจายตัวของยาง

4.2 ค่า

to Humans Volume 93. *International Agency for Research on Cancer*, World Health Organization. p. 47.

[7] Auchter J. F. (2005). Chemical Economics Handbook: Carbon Black, Menlo Park, CA, SRI Consulting.