

การศึกษาและพัฒนาวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางพารา

Study and Development of Electromagnetic Absorber Made by Natural Rubber

เกียรติศักดิ์ สละยอง จูติพงษ์ เลิศวิริยะประภา* กิตติศักดิ์ แพบัว และ ดนัย ต.รุ่งเรือง

ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรมดิจิทัลและ
แม่เหล็กไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ
* ผู้รับผิดชอบบทความ
titipong.l@fite.kmutnb.ac.th

Received: 21 Nov 2022
Revised: 23 Dec 2022
Accepted: 23 Dec 2022

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอความเป็นมาของการนำยางพาราไทยมาทำเป็นวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยจะเป็นการนำเสนอในด้านการศึกษาและพัฒนาวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางพาราทั้งชนิด เอสทีอาร์ไฟว์แอล (STR-5L) และการสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางข้น 60 เปอร์เซนต์ (%) รวมถึงการพัฒนาสู่การนำไปใช้งานอย่างเป็นรูปธรรม ในบทความนี้จะกล่าวถึงที่มาของการสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางพาราวิธีการออกแบบ วิธีการสร้าง สูตรสารเคมี วิธีการขึ้นรูปการทดสอบทางกายภาพ และการทดสอบทางไฟฟ้า นอกจากนี้ยังแสดงถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งพบว่าวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางพาราที่ถูกพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเทียบเท่า หรือดีกว่าวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีขายในท้องตลาด และมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง

คำสำคัญ: วัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ยางพาราชนิด STR 5L น้ำยางข้น 60% ยางพารา

Abstract

This paper presents the story of how to make the Thai rubber to be an electromagnetic (EM) absorber. This paper aims to show the study and development of the EM absorber from rubber STR-5L (Standard Thailand Rubber-5L) and fabrication of the EM absorber from 60% natural latex, which also includes the practical application of the proposed absorber. This work is intent to show the background of the EM absorber design methods, fabrication, chemical formulas, forming, physical measurement and electrical measurement. In addition, this paper shows the EM absorbance efficiency by comparing with the commercial absorber. It was found that the absorbance efficiency of the proposed absorber is equivalent or better than the commercial absorber.

Keywords: Electromagnetic Absorber, Rubber STR-5L, Latex, Natural Rubber

1. บทนำ

ปัจจุบันวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในห้องทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า ใช้ทดสอบผลิตภัณฑ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แสดงตามรูปที่ 1 เพื่อขอรับมาตรฐานด้านการ

ใช้งานมาตรฐานการผลิตและมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น มอก. เอฟซีซี ซีไอเอสพีอาร์ซี (FCC CISPRC) และ อีเอ็ม (EN) เพื่อวัดระดับความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกจากผลิตภัณฑ์สู่อากาศ การทดสอบเหล่านี้เป็นกระบวนการสร้างความเชื่อมั่นในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และนอกเหนือไปจากการขอรับมาตรฐานแล้วในปัจจุบันอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม อุปกรณ์ไอที อุปกรณ์โทรคมนาคม กลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ยานยนต์ เครื่องมือแพทย์ ระบบอุปกรณ์ให้แสงสว่าง ของเล่นเด็ก อุปกรณ์อาร์เอฟไอดี (RFID) อุปกรณ์ประกอบในรถไฟไฟฟ้าและอุปกรณ์ทางการทหาร ล้วนมีสายอากาศเป็นส่วนประกอบในการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวล้วนแล้วแต่มีความต้องการห้องทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อใช้ในการศึกษา วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

วัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นคือส่วนประกอบหลักของห้องทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่มีใช้เพื่อทำหน้าที่ลดการสะท้อนกลับของคลื่นที่มาตกกระทบบนผนังของห้องทดสอบ เพื่อที่จะทำให้ภายในห้องทดสอบกลายเป็นสภาวะปลอดคลื่น ปราศจากคลื่นรบกวนผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดสอบ ห้องทดสอบดังกล่าวนี้จึงประกอบด้วยการวางเรียงกันของวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ติดกับผนัง พื้นและเพดาน วัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมากที่สุดในห้องทดสอบและยังเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพและสมรรถนะของห้องทดสอบอีกด้วย



รูปที่ 1 ห้องทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก

ประเทศไทยมีการนำเข้าวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในราคาที่สูง ด้วยเหตุนี้เองจึงส่งผลให้การนำเข้าและการสร้างห้องทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า มีราคาสูงอย่าง

หลีกเลี่ยงไม่ได้จึงเป็นข้อจำกัดที่สำคัญ ในด้านการพัฒนาการศึกษา การวิจัย งานทางด้านสายอากาศและความเข้ากันได้ของผลิตภัณฑ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต้นทุนต่ำ เพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศและเป็นการลดต้นทุนการสร้างห้องทดสอบดังกล่าว จึงก่อให้เกิดงานวิจัย “ตัวดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดแผ่นเรียบจากยางพารา” [1-2] งานวิจัย “การพัฒนาตัวดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิดจากยางพารา” [3-4] และงานวิจัย “การพัฒนาวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางพาราเพื่อการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย” [5-7] ทั้งนี้การใช้วัสดุหลักที่เป็นยางพารามาสร้างเป็นวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้น เนื่องจากวัสดุหลักที่สร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในเชิงพาณิชย์นั้นสร้างมาจากกลุ่มวัสดุประเภท พอลิเมอร์ (Polymer) ซึ่งยางพาราที่อยู่ในวัสดุกลุ่มเดียวกัน อีกทั้งยางพาราเป็นวัสดุที่มาจากธรรมชาติ มีจำนวนมากในประเทศไทย การนำยางพารามาใช้ยังเป็นการช่วยเกษตรกร และเป็นการก่อให้เกิดทางเลือกใหม่ในการนำยางพารามาใช้งานอีกด้วย จากที่กล่าวมาแล้วนั้นจึงทำให้เกิดการศึกษาและพัฒนางานวิจัยเกี่ยวกับวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางพาราดังที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นเป็นการรวมเอาความรู้ด้านวัสดุประเภทพอลิเมอร์ และความรู้ด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาผสมผสานกัน เพื่อให้เกิดวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากแนวทางดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดการนำยางพารามาใช้เป็นวัสดุหลัก และหาวัสดุที่เป็นตัวทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดการสูญเสียพลังงานเมื่อมีการตกกระทบหรือทะลุผ่านวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น นักวิจัยจากประเทศมาเลเซียได้สร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดแผ่นเรียบ โดยใช้ยางธรรมชาติผสมกับผงเขม่าดำจากกะลามะพร้าวเผา [8-9] งานวิจัยดังกล่าวได้แสดงให้เห็นว่าวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมีความสามารถในการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดี นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่สร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิดจากแคลบผสมกับผงเขม่าดำจาก

ยางรถยนต์ [10] ผลลัพธ์จากงานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดังกล่าวมีความสามารถในการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านที่กว้างมาก แต่มีข้อจำกัดคือมีความหนาแน่นต่ำ ส่วนที่ประเทศอินเดียมีการสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิดจากยางพาราเช่นกัน [11] โดยผสมสารตัวเติม 2 ชนิด คือ ผงเขม่าดำและผงเฟอร์ไรท์ ผลลัพธ์จากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของสารตัวเติมคือ ผงเขม่าดำ ทำให้ความสามารถในการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญแต่มีข้อเสียคือ มีน้ำหนักมาก นอกจากการสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากธรรมชาติแล้วยังมีการสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากกระบวนการเคมีโดยมีผงเขม่าดำเป็นสารตัวเติม [12] งานวิจัยดังกล่าวเป็นการหาขนาดและปริมาณการเติมผงเขม่าดำที่เหมาะสมที่สุดของวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดแผ่นเรียบ 2 ชั้น ผลลัพธ์จากงานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความสามารถในการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่ที่สูงมากคือ ตั้งแต่ 30 ถึง 45 GHz มีงานวิจัยเกี่ยวกับการหาคุณลักษณะทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแผ่นโพลิที่มีส่วนผสมของผงเขม่าดำ [13] งานวิจัยกล่าวถึงการศึกษาผลการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการเติมผงเขม่าดำลงในแผ่นโพลิตัวอย่างชนิดแผ่นเรียบขนาดเล็กที่มีความหนาแน่นต่ำ สร้างขึ้นเพื่อทดสอบการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่เดียวคือ 2.45 GHz มีส่วนผสมของเขม่าดำในชิ้นงานแผ่นโพลิที่แตกต่างกัน 3 ค่า เพื่อทดสอบหาตัวแปรทางไฟฟ้า แต่งานวิจัยดังกล่าวไม่ได้ระบุว่าใช้โพลิชนิดใดในการสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเป็นโพลิที่มีความหนาแน่นต่ำเติมด้วยผงเขม่าดำในปริมาณที่เหมาะสมและมีความสามารถในการดูดซับคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้

เนื่องจากรูปทรงที่มีผลต่อการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากที่สุดจะเป็นรูปทรงพีระมิด ผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยด้านรูปทรงวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อการหารูปทรงพีระมิดที่ดีที่สุด และจากงานวิจัยที่กล่าวถึงนี้ใช้โปรแกรมจำลองทางด้านสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อหาขนาดที่เหมาะสมของรูปทรงพีระมิดโดยมีรูปทรงหรือฟองเป็นวัสดุหลักเจือปนด้วยผงเขม่าดำ [14] เนื้อหาของงานวิจัยกล่าวถึงการหาขนาดของรูปทรงพีระมิดที่ดีที่สุด ยังมีงานวิจัยที่ใช้โปรแกรมจำลองด้านสนามแม่เหล็กไฟฟ้า [15] ในการหาประสิทธิภาพของการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจาก

รูปทรงพีระมิด เมื่อมีการปรับเปลี่ยนรูปทรงของฐานกล่าวคือ พีระมิดฐานทรงสามเหลี่ยม พีระมิดฐานทรงสี่เหลี่ยม พีระมิดฐานทรงห้าเหลี่ยม พีระมิดฐานทรงหกเหลี่ยม พีระมิดฐานทรงเจ็ดเหลี่ยม พีระมิดฐานทรงแปดเหลี่ยม พีระมิดฐานทรงเก้าเหลี่ยม พีระมิดฐานทรงสิบเหลี่ยม พีระมิดฐานทรงกลม เพื่อหารูปทรงฐานที่ดีที่สุดในการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิด ผลลัพธ์จากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าการปรับเปลี่ยนรูปทรงฐานของวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นไม่มีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของผลการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิด

จากงานวิจัยและทฤษฎีที่กล่าวมานี้ มีความสอดคล้องโดยตรงกับการสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้ยางพาราและผงเขม่าดำเป็นส่วนประกอบหลักในการสร้าง และเพื่อให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากขึ้นผู้วิจัยได้นำคุณสมบัติวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิดปลายตัดที่ได้มาตรฐาน [16] มาอ้างอิงในด้านการออกแบบ ในด้านของขนาด รูปทรง รวมถึงคุณสมบัติด้านกายภาพ ด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และยังใช้วัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิดปลายแหลมที่ได้มาตรฐาน [17] มาอ้างอิงในการทดสอบคุณสมบัติด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอีกด้วย

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 วิธีการออกแบบ

ก่อนอื่นขอกล่าวถึงการออกแบบ วิธีการสร้าง เนื่องจากเป้าหมายของงานวิจัยนี้จะใช้ยางพารา ผงเขม่าดำ และสารเคมีที่ทำให้ยางพาราเป็นยางฟองเมื่อทำการขึ้นรูป เป็นส่วนประกอบหลักจากองค์ความรู้ที่ได้พอสรุปได้ว่าการสร้างวัสดุในรูปแบบยางฟองจากยางพารามี 2 รูปแบบ คือ สร้างจากยางแห้ง ผสมกับผงเขม่าดำแห้ง สารเคมีแห้ง และสร้างจากน้ำยางผสมกับผงเขม่าดำที่ผสมกับน้ำ สารเคมีชนิดน้ำ เพื่อที่จะสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนการออกแบบขนาดและรูปทรงวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นผู้วิจัยได้นำองค์ความรู้จากงานวิจัย และวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิดปลายตัดที่ได้มาตรฐาน [16] มาอ้างอิงในด้านการออกแบบในเรื่องของขนาด รูปทรง อีกทั้งยังได้จำลองเรื่องขนาดในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากการดำเนินการที่กล่าวไปแล้วนั้นผู้วิจัยจึงได้วิธีการสร้าง การออกแบบ รูปทรงและขนาดที่เหมาะสม

ตารางที่ 1 สูตรสารเคมีสำหรับยางแห้ง

สารเคมีสำหรับการทำยางพอง	อัตราส่วนร้อยละของยาง (phr)
NR STR-5L (ยางแห้ง)	100
Oil (น้ำมันพาราฟิน)	20
ZnO (สังกะสีออกไซด์)	5
Stearic acid (กรดสเตียริก)	2
Conductive carbon Black (ผงเขม่าดำชนิดนำไฟฟ้า)	20, 30
6PPD (phenyl-p-phenylenediamine) (ซิกซ์พีดี สารต้านอนุมูลอิสระยางพารา)	1
Factice (แฟกทิซ สารช่วยให้สารเคมีกระจายตัวได้ดี)	5
CBS (N-cyclohexyl benzthiazyl sulphenamide) (ซีบีเอส สารเร่งปฏิกิริยายางคงรูป)	2
TMTD (tetramethyl thiuram disulphide) (ทีเอ็มทีบี สารเร่งปฏิกิริยายางคงรูป)	1
Sulfur (กำมะถันชนิดผง)	1.2
Supercell-DP (ซูเปอร์เซลล์ดีพี สารทำยางฟู (Blowing))	5

3.2 การสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางแห้ง

การสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางแห้งนั้นผู้วิจัยใช้ยางแห้งชนิด เอสทีอาร์ไฟว์แอล ในการวิจัยและเนื่องจากได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นนักวิจัยของ การยางแห่งประเทศไทย อีกทั้งยังได้รับสูตรสารเคมี วิธีการบด การขึ้นรูปขึ้นงานที่เหมาะสมต่อการสร้างยางพองจากยางแห้ง ส่วนการเลือกใช้ผงเขม่าดำนั้นผู้วิจัยได้เลือกผงเขม่าดำแบบใช้งานเชิงอุตสาหกรรม และผงเขม่าดำชนิดนำไฟฟ้า ในการทดลองสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทั้งนี้เพื่อหาวิธีการ สูตรสารเคมีที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน จากการดำเนินการผู้วิจัยได้ปรับวิธีการ สูตรสารเคมี ซึ่งสูตรสารเคมีนั้นได้ใช้หน่วยการผสมยางโดยคิดสัดส่วนปริมาณ

สารเคมี เมื่อเทียบกับยาง 100 ส่วน (โดยน้ำหนัก) เรียกเป็น phr (part per hundred of rubber) ในการเตรียมสารเคมีที่จะใช้ในการสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 1 โดยวิธีการขึ้นรูปมีดังนี้

- ใช้เครื่องบดสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) บดยางแห้งเป็นเวลา 20 นาที หรือจนยางอ่อนตัวลง
- ทำการเติมสารเคมีดังตารางที่ 1 โดยการเติมสารเคมีแต่ละชนิดตามลำดับใช้เวลาประมาณ 5 ถึง 10 นาที
- พักยางผสมสารเคมีที่ได้ใช้เวลาพัก 16 ถึง 24 ชั่วโมง
- นำยางผสมสารเคมีที่เตรียมมาขึ้นรูปเป็นยางพองโดยการใช้เครื่องอัดเข้าแม่พิมพ์ (Compression)

ในด้านการออกแบบแม่พิมพ์สำหรับใช้กับการขึ้นรูปยางแห้งนั้นต้องเป็นเหล็กหรือโลหะเนื่องจากการให้ความร้อนต้องใช้เครื่องอัดเข้าแม่พิมพ์ และเมื่อยางเกิดการพุด้วยางจะมีแรงดันที่สูง ผู้วิจัยสร้างแม่พิมพ์ขึ้นมาโดยการนำรูปร่างและขนาดของวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิดปลายตัดที่ได้มาตรฐาน [16] มาเป็นต้นแบบเพื่อสร้างแม่พิมพ์ในการขึ้นรูป ซึ่งมีขนาดฐาน 147 มม. ด้านบน 57 มม. สูง 250 มม. เป็นพีระมิดสี่เหลี่ยมจัตุรัส และเนื่องจากขนาดของพีระมิดมีขนาดใหญ่ จึงต้องการแบ่งครึ่งรูปทรงพีระมิด เนื่องจากการขึ้นรูปยังมีขีดจำกัดกล่าวคือการที่จะกำหนดให้ยางพองฟูได้ขนาดตามที่ต้องการเป็นไปได้ยาก

3.3 การสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยาง

จากแนวคิดการทำยางพองจากน้ำยางพารา ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลสูตรสารเคมีและวิธีการทำ ซึ่งพบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำวิธีการดังกล่าวมาใช้สร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยการสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางนั้น ต้องใช้ผงเขม่าดำเป็นสารเคมีตัวเติมด้วยจึงต้องทำการกระจายตัว (Dispersion) ผงเขม่าดำกับน้ำก่อน โดยการทำผงเขม่าดำมาบดโดยใช้วิธีการปั่นด้วยลูกบอล (Ball mill) ซึ่งจะมียุทธศาสตร์การผสมสารเคมีตั้งต้นเข้ากับน้ำและสารเคมีอีกสองชนิด [3] แสดงตามตารางที่ 2 เพื่อให้ได้ผงเขม่าดำที่กระจายตัวในน้ำ แล้วนำมาใช้ให้เข้ากับสูตรการทำยางพองดังกล่าว เมื่อเตรียมสารเคมีตามตารางที่ 2 ผู้วิจัยเติมสารเคมีลงในหม้อบดแล้วนำไปกลั่นบนเครื่องปั่นทันทีใช้ความเร็วการหมุน 64 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงได้ผงเขม่าดำที่เป็นของเหลวพร้อมที่จะนำมาใช้งาน

ตารางที่ 2 การเตรียมสารตั้งต้นในการทำการกระจายตัวสารเคมี

สารเคมี	อัตราส่วน (เปอร์เซ็นต์ (%))
Conductive carbon Black (ผงเขม่าดำชนิดนำไฟฟ้า)	20
Bentonite (เบนทอนไนท์)	2
Vultamol (วัลตามอล)	2
H ₂ O (น้ำ)	76

จากการทำการกระจายตัว จะพบว่าผงเขม่าดำผสมอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาผู้วิจัยได้นำมาผสมเข้ากับสูตรการทำยางพองจากน้ำยาง [3] ตามตารางที่ 3 เพื่อทำการทดสอบขึ้นรูป โดยทดสอบขึ้นรูปเป็นแผ่นเรียบก่อน เมื่อได้ลักษณะยางพองตามต้องการแล้วจึงนำไปขึ้นรูปกับแม่พิมพ์รูปทรงพีระมิด และมีวิธีการดังนี้ [3]

- เตรียมสารเคมีโดยจัดเป็น 5 ชุด ใส่ในถ้วยหรือภาชนะ ตามการแบ่งในตารางที่ 3
- เตรียมเครื่องปั่นตีฟองขนาด 5 ลิตร ที่มีความเร็วรอบสูงสุด 200 ถึง 220 รอบต่อนาที ความเร็วกลาง 150 ถึง 160 รอบต่อนาที พร้อมภาชนะหรือหม้อปั่นขนาด 5 ลิตร
- เตรียมเตาอบ ปรับอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส
- เติมสารเคมีชุดที่ 1 ลงในภาชนะ ใช้ความเร็วระดับสูงสุดจากเครื่องปั่น ใช้เวลาปั่น 3 นาที
- เติมสารเคมีชุดที่ 2 ลงในภาชนะ ใช้ความเร็วระดับกลางจากเครื่องปั่น ใช้เวลาปั่น 1.30 นาที
- เติมสารเคมีชุดที่ 3 ลงในภาชนะ ใช้ความเร็วระดับกลางจากเครื่องปั่น ใช้เวลาปั่น 2 นาที
- เติมสารเคมีชุดที่ 4 ลงในภาชนะ ใช้ความเร็วระดับกลางจากเครื่องปั่น ใช้เวลาปั่น 2 นาที
- เติมสารเคมีชุดที่ 5 ลงในภาชนะ ใช้ความเร็วระดับกลางจากเครื่องปั่น ใช้เวลาปั่น 3 นาที ปิดเครื่องปั่น นำน้ำยางผสมสารเคมีที่ได้เทลงไปในแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ แล้วทิ้งน้ำยางที่ได้ไว้ อีก 5 นาที แล้วใช้แผ่นโลหะปิดแม่พิมพ์ไว้
- นำน้ำยางผสมสารเคมีที่ได้ไปอบในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 2.30 ชั่วโมง

- นำชิ้นงานที่ออกมาตู้อบทิ้งไว้อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที และเอาชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

ในด้านการออกแบบแม่พิมพ์สำหรับใช้ในการขึ้นรูปยางพองจากน้ำยางนั้น ผู้วิจัยใช้เป็นแม่พิมพ์ปากเปิดทำจากซิลิโคนหุ้มด้วยปูนปลาสเตอร์เพื่อเสริมความแข็งแรงและการคงรูปของซิลิโคนภายในแม่พิมพ์ โดยใช้รูปร่างและขนาดของวัสดุชุดขับเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิดปลายตัดที่ได้มาตรฐาน [16] มาเป็นต้นแบบเพื่อสร้างแม่พิมพ์ที่จะใช้ในการขึ้นรูปซึ่งมีขนาดฐาน 147 มม. ด้านบน 57 มม. สูง 250 มม. เป็นพีระมิดสี่เหลี่ยมจัตุรัส และมีการสร้างฐานด้านล่างเป็นสี่เหลี่ยมขนาด 100 มม.

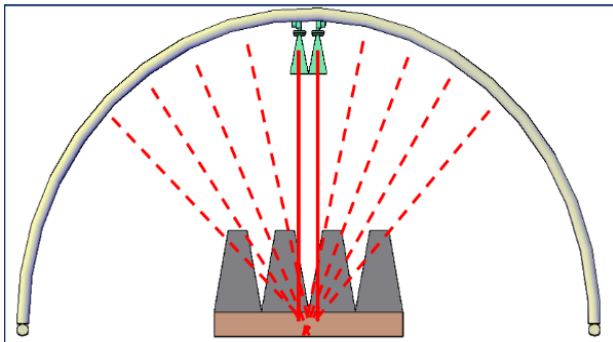
ตารางที่ 3 สูตรสารเคมีสำหรับการยางพองจากน้ำยางพารา

สารเคมี	น้ำหนัก (กรัม)	การจัด สารเคมี
60 เปอร์เซ็นต์ (%) น้ำยางข้น	167	-
10 เปอร์เซ็นต์ (%) K-oleate (น้ำยาสบู่)	15	ชุดที่ 1
50 เปอร์เซ็นต์ (%) Sulfur (น้ำกำมะถัน)	4	ชุดที่ 2
50 เปอร์เซ็นต์ (%) ZDEC (แซตติวซี)	2	
50 เปอร์เซ็นต์ (%) ZMBT (แซตเอ็มบีที)	2	
50 เปอร์เซ็นต์ (%) Wingstay L (วิงสเตย์แอล)	2	ชุดที่ 3
33 เปอร์เซ็นต์ (%) DPG (ดีพีจี)	2	
50 เปอร์เซ็นต์ (%) ZnO (น้ำสังกะสีออกไซด์)	10	ชุดที่ 4
20 เปอร์เซ็นต์ (%) Conductive Carbon Black (น้ำผงเขม่าดำ)	50	
12.5 เปอร์เซ็นต์ (%) SSF (เอสเอสเอฟ)	6	

3.4 การทดสอบด้านกายภาพ

การทดสอบคุณสมบัติครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งเน้นเพื่อให้ทราบค่าคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุชุดขับเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า ในการนำเสนอครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติที่สำคัญอย่างการทดสอบ การกระจายตัวของฟองภายในยางพองที่ได้ ทดสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope (SEM)) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-6610LV โดยได้ส่งทดสอบที่ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อดูรูปแบบของรูพรุน การกระจายตัว และขนาดฟองยาง ภายในตัวฟองยางหรือชิ้นงานที่ได้เท่านั้น ส่วนการทดสอบอื่นสามารถดูได้จากงานวิจัยของผู้วิจัย [3-7] และ

ทำการทดสอบเฉพาะวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางเท่านั้น ส่วนวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางแห้งนั้น ผู้วิจัยไม่ได้นำมาทดสอบเนื่องจากพองยางที่ได้ไม่มีความสมบูรณ์และไม่สามารถพัฒนาต่อมาเป็นวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิตได้ จึงเป็นเหตุให้หยุดการดำเนินการวิจัยและพัฒนาต่อ



รูปที่ 2 การตั้งค้ำมของสายอากาศปากแตรตัวรับและตัวส่ง

3.5 การทดสอบด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

การทดสอบครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการทดสอบการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือการที่นำสายอากาศปากแตรตัวหนึ่งเป็นตัวส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนอีกตัวเป็นตัวรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสายอากาศปากแตรทั้งสองตัวต้องไม่หันปากแตรเข้าหากัน กล่าวคือมีการทำมุมระหว่างกันและจะพิจารณาผลการทดสอบโดยอาศัยสภาวะที่มีการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากที่สุดเป็นค่าอ้างอิง ผู้วิจัยจึงใช้ค่าการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของโลหะเป็นค่าอ้างอิง และนำวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางรูปทรงพีระมิต 16 ยอด มาทดสอบเทียบกับวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิตปลายแหลมที่ได้มาตรฐาน [17] เนื่องจากการทดสอบและผลการทดสอบวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิตปลายตัดที่ได้มาตรฐานนั้นได้แสดงในงานวิจัย [4] เป็นที่เรียบร้อยแล้วและเพื่อให้เกิดแนวทางหรือองค์ความรู้เพิ่มเติมผู้วิจัยจึงได้นำวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิตปลายแหลมที่ได้มาตรฐานมาทดสอบอ้างอิงและแสดงผลการทดสอบในงานวิจัยนี้ โดยทดสอบการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ช่วงความถี่ 6 GHz ถึง 14 GHz และทำการทดสอบการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยเปลี่ยนมุมตกกระทบและการสะท้อน ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กล่าวคือการทำทดสอบนี้

จะมีการเปลี่ยนมุมของสายอากาศปากแตรตัวรับและตัวส่ง คือตั้งค่าที่มุม 90 องศา 70 องศา และ 50 องศา แสดงตามรูปที่ 2 และทำการทดสอบวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางรูปทรงพีระมิต 2 ครั้ง โดยแต่ละครั้งทดสอบห่างกัน 2 สัปดาห์ คือทดสอบครั้งที่ 1 หลังมีการตากชิ้นงานให้แห้ง 15 วัน และทดสอบครั้งที่ 2 หลังมีการตากชิ้นงานให้แห้ง 30 วัน เพื่อดูผลลัพธ์ที่ต่างกันในเรื่องของความชื้นในชิ้นงาน และเพื่อทดสอบว่าการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละมุมและแต่ละครั้งมีผลเป็นอย่างไร

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลที่ได้จากการสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางแห้ง

จากการสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางแห้งพบว่ายางพองหรือชิ้นงานที่ได้มีปัญหาเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพ กล่าวคือ ผิวไม่เรียบ การพองของยางพองไม่สม่ำเสมอคาดการณ์ได้ยาก และยังคงพบปัญหาเพิ่มเติมเมื่อพิจารณาจากพองที่พองเต็มแม่พิมพ์แต่ยังมีส่วนขอบพองไม่เต็มแม่พิมพ์ และที่สำคัญหลังจากการอบขึ้นรูปพบว่ายางพองที่ได้มีความหนาที่อยู่ที่ 25 มม. ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถทำได้หนากว่านี้และเป็นไปได้ยากที่จะนำสูตรการยางพองดังกล่าวมาใช้ เนื่องจากแม่พิมพ์รูปทรงพีระมิตที่มีอยู่มีความหนาสูงสุดถึง 45 มม. ซึ่งทำให้พอสรุปได้ว่าสูตรการทำยางพองยังคงต้องมีการพัฒนาต่อไปและยังไม่สามารถนำสูตรการทำยางพองมาใช้สร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้สำเร็จได้ จึงทำให้ต้องพักงานวิจัยวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางแห้งไว้เพียงเท่านั้น ดูกงานวิจัยเพิ่มเติมได้ที่ งานวิจัย “ตัวดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดแผ่นเรียบจากยางพารา” [1-2] และงานวิจัย “การพัฒนาตัวดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิตจากยางพารา” [3]

4.2 ผลที่ได้จากการสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยาง

จากการสร้างยางพองจากน้ำยาง พบว่ายางพองหรือชิ้นงานที่ได้เกิดการหดตัวจากขนาดเดิมอยู่บ้างแต่ก็มีขนาดที่ใกล้เคียงกับขนาดที่ต้องการ ลักษณะทางกายภาพมีลักษณะนุ่ม มีความยืดหยุ่นคืนตัวหลังมีการกดทับได้ดี และมีรูปทรงกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ แต่น้ำหนักค่อนข้างมาก อีกทั้งยังมีความชื้นค่อนข้างสูงต้องมีการตากทิ้งไว้ให้แห้ง โดยใช้เวลาในการตาก 15 ถึง 30 วัน

ขึ้นอยู่กับขนาด แต่การขึ้นรูปนั้นทำได้ง่ายสามารถขึ้นรูปได้ตามรูปทรงที่ต้องการ และยังมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานด้านการสร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสดงตามรูปที่ 3 งานวิจัยเพิ่มเติมได้ที่งานวิจัย “การพัฒนาตัวดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิดจากยางพารา” [3-4] และงานวิจัย “การพัฒนาวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางพาราเพื่อการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย” [5-7]



รูปที่ 3 วัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางรูปทรงพีระมิดปลายตัด

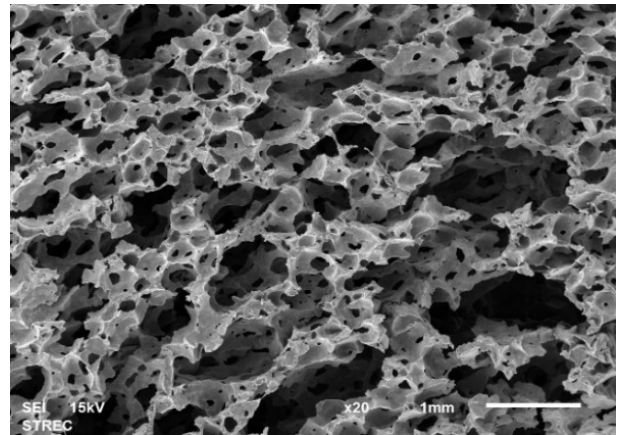
4.3 ผลที่ได้จากการทดสอบด้านกายภาพ

จากการทดสอบโดยนำตัวอย่างยางพองจากน้ำยางมาทำการส่องกล้องโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อดูรูปแบบของรูพรุน การกระจายตัว และขนาดพองภายในตัวพองยางหรือชิ้นงานที่ได้ ใช้อัตราขยายที่ 20 เท่า (20x) ผลการทดสอบที่ได้แสดงตามรูปที่ 4 และเมื่อนำมาวิเคราะห์ จะพบว่าขนาดของพองยาง มีขนาด 0.1 ถึง 1.2 มม. ส่วนการกระจายตัวของพองจะกระจายทั่วพื้นที่

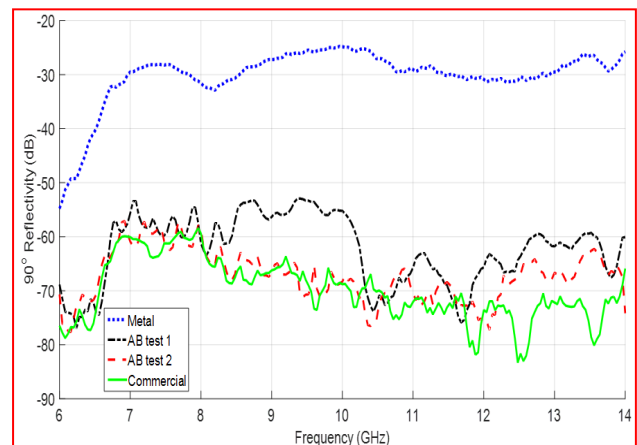
4.4 ผลที่ได้จากการทดสอบด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้ทดสอบการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ตามวิธีการที่กล่าวไป โดยผู้วิจัยได้นำวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิดปลายแหลมที่ได้มาตรฐานมาอ้างอิง ใช้วิธีทดสอบการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบมีการเปลี่ยนมุมของสายอากาศปากแตรตัวรับ และตัวส่ง ทดสอบที่ มุม 90 องศา 70 องศา และ 50 องศา ทดสอบในช่วงความถี่ 6 ถึง 14 GHz และทดสอบวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางรูปทรงพีระมิด 2 ครั้ง โดยแต่ละครั้ง

ทดสอบห่างกัน 2 สัปดาห์ ซึ่งผลการทดสอบการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสดงตามรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 7



รูปที่ 4 ผลจากการส่องกล้องโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

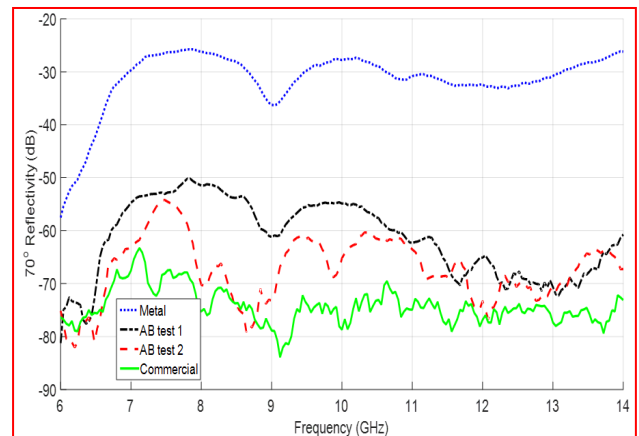


รูปที่ 5 ผลการทดสอบการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางเทียบกับวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้มาตรฐาน ในช่วงความถี่ 6 ถึง 14 GHz ที่มุม 90 องศา และทดสอบวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางรูปทรงพีระมิด 2 ครั้ง

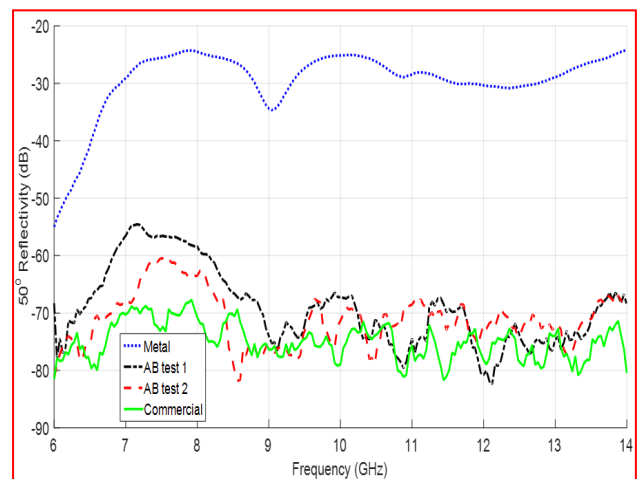
จากการทดสอบในครั้งนี้นี้จะมีความแตกต่างกันในเรื่องของมุมที่ใช้ทดสอบ แต่ผลลัพธ์ที่ได้ก็พบว่าผลการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางรูปทรงพีระมิดนั้น มีการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสูญเสียพลังงานเมื่อตกกระทบกับวัสดุดูดซับคลื่น

แม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางรูปทรงพีระมิด ไกล่เคียงหรือเทียบเท่ากับวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้มาตรฐาน แต่ในเรื่องของการทดสอบเพื่อดูผลลัพธ์ที่ต่างกันในเรื่องของความชื้นในชิ้นงานนั้น ชิ้นงานที่ยังไม่แห้งหรือยังมีความชื้นอยู่นั้นใช้ชื่อผลการทดสอบว่า AB test 1 มีการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่บ้าง แต่เมื่อชิ้นงานนั้นแห้งดีแล้วใช้ชื่อผลการทดสอบว่า AB test 2 ผลที่ได้จากการทดสอบใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้มาตรฐาน กล่าวคือ ผลการทดสอบที่มุม 90 องศา จะพบว่าการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยาง (AB test 2) ค่าที่ได้ใกล้เคียงกับวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้มาตรฐาน (Commercial) ในช่วงความถี่ 6 ถึง 12 GHz ส่วนช่วงความถี่ 12 ถึง 14 GHz ค่าที่ได้ยังด้อยกว่าวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานอยู่บ้าง ส่วนผลการทดสอบที่มุม 70 องศา นั้น จะพบว่าการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยาง (AB test 2) ค่าที่ได้ด้อยกว่าวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้มาตรฐาน (Commercial) ในช่วงความถี่ 7.5 GHz, 9 ถึง 11.8 GHz และ 13 ถึง 14 GHz อยู่บ้าง และผลการทดสอบที่มุม 50 องศา จะพบว่าการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยาง (AB test 2) ค่าที่ได้ด้อยกว่าวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้มาตรฐาน (Commercial) ในช่วงความถี่ 7.2 ถึง 8.5 GHz อยู่บ้าง และมีค่าที่ใกล้เคียงกับวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้มาตรฐาน ในช่วงความถี่ 8.5 ถึง 14 GHz ทั้งนี้ผลที่ได้จากการทดสอบมีข้อแตกต่างกันอยู่บ้างเนื่องมาจากรูปทรงที่ต่างกันวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานเป็นพีระมิดรูปทรงปลายแหลมส่วนวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางเป็นรูปทรงพีระมิดปลายตัด แต่ทั้งนี้ผลที่ได้ก็ไม่ได้แตกต่างกันมากอย่างมีนัยสำคัญ

ส่วนเรื่องการทดสอบความชื้นในชิ้นงานนั้น ชิ้นงานที่ยังไม่แห้งหรือยังมีความชื้นอยู่นั้น (AB test 1) ค่าที่ได้จะมีความแตกต่างจากชิ้นงานที่แห้งดีแล้ว (AB test 2) อยู่บ้างบางช่วงความถี่จากการทดสอบทั้ง 3 มุม และจากการทดสอบดังกล่าวนี้เพื่อดูวาระเวลาที่ยางแห้งและความชื้นในชิ้นงานมีผลกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากน้อยเพียงใด แต่ทั้งนี้เมื่อมีการนำวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางไปใช้งานจริงชิ้นงานทุกชิ้นจะมีความชื้นน้อยที่สุดหรือแห้งดีแล้วจึงจะมีการนำไปใช้งาน



รูปที่ 6 ผลการทดสอบการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางเทียบกับวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้มาตรฐาน ในช่วงความถี่ 6 ถึง 14 GHz ที่มุม 70 องศา และทดสอบวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางรูปทรงพีระมิด 2 ครั้ง



รูปที่ 7 ผลการทดสอบการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางเทียบกับวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้มาตรฐาน ในช่วงความถี่ 6 ถึง 14 GHz ที่มุม 50 องศา และทดสอบวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางรูปทรงพีระมิด 2 ครั้ง

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและพัฒนาวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการนำเสนอครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งรูปแบบการสร้างออกเป็น 2 แบบ คือ สร้างวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางแห้ง และ

สร้างวัสดุดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยาง ซึ่งการสร้างวัสดุดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางแท่งนั้นมีวิธีการที่ซับซ้อน การขึ้นรูปให้ได้รูปทรงและความหนาตามที่ต้องการนั้นทำได้ยาก ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพไม่ค่อยดีกล่าวคือ มีความหนาแน่นสูง น้ำหนักมาก และทางผู้วิจัยไม่ได้มีการพัฒนาต่อ ส่วนการสร้างวัสดุดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางนั้นมีวิธีการสร้างที่ง่าย แต่ต้องมีการเตรียมสารเคมี หรือการทำการกระจายตัวผงเคมีดำกับน้ำก่อนที่จะนำไปผสมกับน้ำยาง การขึ้นรูปให้ได้รูปทรงและให้ได้ความหนาตามที่ต้องการนั้นทำได้ง่าย แต่เมื่อทำการขึ้นรูปแล้วชิ้นงานจะมีความชื้นสูง ต้องใช้เวลาในการตากให้แห้ง มีคุณสมบัติทางกายภาพดีกล่าวคือ มีความหนาแน่นน้อย แต่มีน้ำหนักค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกับวัสดุดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานจะมีน้ำหนักมากกว่าถึง 3 เท่า

ส่วนผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางนั้น พบว่ามีคุณสมบัติที่ดี เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้ากล่าวคือ มีความหนาแน่นต่ำ มีการกระจายตัวของรูพรุนที่สม่ำเสมอมีความยืดหยุ่นที่ดี มีการคืนตัวที่ดีหลังจากเกิดการกดทับ ส่วนวัสดุดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าที่นำมาอ้างอิงนั้น ยังขาดความยืดหยุ่นแตกหักง่าย มีการคืนตัวที่น้อยมากหลังจากเกิดการกดทับ แต่มีน้ำหนักที่เบา ส่วนวัสดุดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยาง นั้นมีน้ำหนักค่อนข้างมากเนื่องจากทำมาจากน้ำยางซึ่งเป็นเรื่องธรรมชาติของวัสดุที่ทำมาจากยางธรรมชาติ

ในเรื่องคุณสมบัติการดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ใช้วัสดุดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิดปลายแหลมที่ได้มาตรฐานมาอ้างอิงในการทดสอบคุณสมบัติก็พบว่า มีความใกล้เคียงกันและบางช่วงความถี่วัสดุดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยาง มีการดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าและด้อยกว่าบ้าง

และในปัจจุบันการศึกษาและพัฒนาวัสดุดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางพาราของผู้วิจัยนั้นได้ดำเนินการวิจัยจนถึงขั้นที่สามารถนำไปใช้งานจริงได้แล้ว กล่าวคือปัจจุบันมีการนำเอาวัสดุดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าไปใช้กับโครงการ “ระบบวัดทดสอบคุณลักษณะของสายอากาศขนาดใหญ่สำหรับระบบสื่อสารโทรคมนาคมสมัยใหม่” [18] ซึ่งโครงการดังกล่าวมีการสร้างห้องปลอดคลีนแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้ผู้วิจัยมองว่าหากมีการนำองค์ความรู้ที่มีไปใช้จะทำให้เกิดประโยชน์ทั้งสองฝ่าย โดย

การร่วมมือดังกล่าวมีกระบวนการปรึกษาถึงแนวทางการนำไปใช้งาน และได้ข้อสรุปคือผู้วิจัยต้องผลิตวัสดุดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าจำนวน 220 ชิ้น ไปทดแทนวัสดุดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าที่นำเข้าจากต่างประเทศ โดยใช้ทดแทนบริเวณพื้นห้อง เนื่องจากบริเวณพื้นห้องต้องมีการเดินเข้าออกทำให้วัสดุดูดซับคลีนดังกล่าวเสียหายได้ง่าย จึงมาใช้วัสดุดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าจากงานวิจัยที่มีความทนทานและยืดหยุ่นสูงกว่า และอนุญาตให้เป็นพื้นที่ใช้งานอ้างอิงได้ และที่สำคัญงานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมานี้มีการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว [19-20]

6. กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยในบทความนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก

- โครงการ “ตัวดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิดจากยางพารา” ทุน สกว.: โครงการวิจัยขนาดกลางเรื่องยางพารา ปี 2555
- โครงการ “ตัวดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิดจากยางพารา (ระยะที่ 2)” ทุนวิจัยและนวัตกรรมในประเด็นสำคัญของประเทศ : กลุ่มเรื่องยางพารา ปี 2556 สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)
- โครงการ “การออกแบบตัวดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางพาราร่วมกับพื้นผิวที่มีคุณลักษณะการดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าตอบสนองทางความถี่”: ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2560 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- โครงการ “การพัฒนาตัวดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางพาราเพื่อการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย” กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กองทุนส่งเสริม ววน.): งบประมาณด้าน ววน. ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] เกียรติศักดิ์ สละยอง. *ตัวดูดซับคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดแผ่นเรียบจากยางพารา*. คุรุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2556.

- [2] K. Salayong and T. Lertwiriaprapa, "Study of electromagnetic absorber made by natural rubber," *IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications (CAMA)*, DOI : 10.1109/CAMA.2015.7428183., 2015.
- [3] เกียรติศักดิ์ สละยอง. การพัฒนาตัวดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปทรงพีระมิดจากยางพารา. คุรุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2561.
- [4] K. Salayong, T. Lertwiriaprapa, K. Phaebua, P. Akkaraekthalin, and Hsi-Tseng Chou, "Electromagnetic Absorber Made by Natural Rubber," *IEICE Transactions on Communications*., DOI : 10.1587/transcom.2018ISI0002., 2018.
- [5] K. Salayong, K. Phaebua and T. Lertwiriaprapa, "Performance Investigations of Electromagnetic Absorber Made of Natural Rubber," *International Conference on Electrical Engineering / Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology*. 19-22 May. *Empress Hotel Chiang Mai* : 353-356, DOI : 10.1109/ECTI-CON51831.2021.9454738., 2021.
- [6] K. Salayong, T. Lertwiriaprapa, D. Torrungrueng, S. Suksai, P. Pongmuksuwan and W. Kitisatorn, "Electromagnetic wave absorbing properties of carbon black-filled natural rubber latex," *Materials Today : Proceedings*., 52, 2015. DOI : 10.1016/j.matpr.2021.10.425., 2021.
- [7] P. Pongmuksuwan, K. Salayong, T. Lertwiriaprapa and W. Kitisatorn, "Electromagnetic Absorption and Mechanical Properties of Natural Rubber Composites Based on Conductive Carbon Black and Fe₃O₄," *Materials*., 15(19), 6532. DOI : 10.3390/ma15196532., 2022.
- [8] M. K. M. Salleh, M. Yahya, Z. Awang, W. N. W. Muhamad, A. M. Mozi and N. Yaacob, "Single Layer Coconut Shell-Based Rubber Microwave Absorbers," *TENCON 2011 - 2011 IEEE Region 10 Conference*. 21-24 November. *Bali INDONESIA* : 1110-1113, DOI : 10.1109/TENCON.2011.6129283., 2011.
- [9] M. K. M. Salleh, M. Yahya, Z. Awang, W. N. W. Muhamad, A. M. Mozi and N. Yaacob, "Binomial Multi-Layer Coconut Shell-Based Rubber Microwave Absorber Design," *IEEE International RF and Microwave Conference RFM*., 12-14 December. *Negeri Sembilan MALAYSIA* : 187-190, DOI : 10.1109/RFM.2011.6168726., 2011.
- [10] F. Malek, E. M. Cheng, O. Nadiyah, H. Nornikman, M. Ahmed, M. Z. A. Abd Aziz, A. R. Osman, P. J. Soh3, A. A. H. Azremi, A. Hasnain and M. N. Taib6, "Rubber tire dust-rice husk pyramidal microwave absorber," *PIER*., vol. 117, 449-477. DOI : 10.2528/PIER11040801., 2011.
- [11] E. J. Zachariah, K. Vasudevan, G. Sreenivas, P. Mohanan, P. A. Pravinkumar and K. G. Nair, "Microwave Absorbing Material Using Rubber & Carbon," *IJPAP*., Vol. 18. No.3., 216-218., 1980.
- [12] S. Takano, T. Yasuzumi, K. Moriuchi, T. Sakata, T. Ozaki and O. Hashimoto, "Optimum design of wave absorbers using foamed polyimide containing carbon black based on genetic algorithm," *International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications*. 12-16 September. *Torino ITALY* : 664-667, DOI : 10.1109/ICEAA.2011.6046421., 2011.
- [13] Z. Fang, C. Li, J. Sun, H. Zhang and J. Zhang, "The electromagnetic characteristics of carbon foams," *Science Direct Carbon* 45 (15) : 2873-2879. DOI : 10.1016/j.carbon.2007.10.013., 2007.
- [14] TDK RF Solutions. (14 January 2016). *Inc. Microwave Absorbers*. [Online] Available : <http://www.tdk-components.de/>

- [15] H. Nornikman, P.J Soh and A.A.H Azremi, "Performance of Different Polygonal Microwave Absorber Design Using Novel Material". *The 2009 International Symposium on Antennas and Propagation*. 26-29 June. Shonan Village Centre Auditorium JAPAN : 1151-1154., 2009.
- [16] E&C Anechoic Chambers NV. (14 January 2016). *ECCOSORB VHY-18-NRL Pyramidal Hybrid Absorber*. [Online] Available : <http://www.ecanechoicchambers.com/>
- [17] NANJING LOPU TECHNOLOGIES. (21 November 2021). *LOPU LPPFA Microwave RF absorber PU Foam based Pyramid RF Absorbers*. [Online] Available : <https://www.rf-absorbing.com/sale-8432709-microwave-rf-absorber-pu-foam-based-pyramid-rf-absorbers.html>
- [18] ดนัย ต.รุ่งเรือง, กิตติศักดิ์ แพบัว และ ฐิติพงษ์ เลิศวิริยะ ประภา, "ความต้องการระบบวัดทดสอบคุณลักษณะของสายอากาศสำหรับอุตสาหกรรมโทรคมนาคมของประเทศไทย," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ* ปีที่ 30(1), DOI : 10.14416/j.kmutnb.2019.10.002., 2563.
- [19] ฐิติพงษ์ เลิศวิริยะประภา และ คณะ (22 มกราคม 2561). "ตัวดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากยางธรรมชาติ". ประเทศไทย. อนุสิทธิบัตร เลขที่คำขอ 1603002078.
- [20] ฐิติพงษ์ เลิศวิริยะประภา และ คณะ (29 ธันวาคม 2564). "สูตรส่วนผสมและกรรมวิธีการผลิตวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากน้ำยางพารา" ประเทศไทย. อนุสิทธิบัตร เลขที่คำขอ 2103003809.