

การศึกษาสมบัติทางกลและทางความร้อนของผลิตภัณฑ์แผ่นลูฟเวอร์พลาสติกคอมโพสิต สำหรับ การใช้งานทางด้านสถาปัตยกรรม

A study of Mechanical and Thermal Properties of Louver Panel Product Plastic Composite for Architectural Applications

บุษบา การุณสิต¹ ไกรสุข บุญประดิษฐ์¹ ปฏิภาณ นิลเพ็ชร^{2*} และ ไชยภรณ์ รัมมะรัตน์³

¹สำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

³บริษัท ยูจิ้น ประเทศไทย จำกัด

Budsaba Karoonsit¹ Krai Suk Boonpradit¹ Patiparn Ninpetch^{2*} and Chaiyapat Rammarat³

¹Science and Technology Research Institute,

King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 10800

²Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, 12110

³U-JIN (Thailand) co.,ltd.

*Corresponding author Email: patiparn.n@en.rmutt.ac.th

(Received: June 12, 2025; Revise: June 29, 2025; Accepted: June 29, 2025)

บทคัดย่อ

วัสดุพลาสติกคอมโพสิต (Plastic Composite, PC) เป็นหนึ่งในประเภทของวัสดุที่ได้รับความนิยมในการการผลิตเป็นแผ่นลูฟเวอร์ เพื่อนำไปใช้งานด้านสถาปัตยกรรม ตกแต่ง เพิ่มความสวยงามให้แก่อาคารทั้งภายในและภายนอก เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงและความทนทานสูง และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การศึกษาสมบัติทางวัสดุของแผ่นบานเกล็ดที่ผลิตจากวัสดุไม้พลาสติกคอมโพสิตจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้สามารถเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับงานด้านสถาปัตยกรรม ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเชิงเปรียบเทียบของสมบัติเชิงกลและทางความร้อนของผลิตภัณฑ์แผ่นลูฟเวอร์พลาสติกคอมโพสิตสามชนิดที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน โดยอาศัยวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) ขึ้นงานทดสอบถูกทดสอบจำนวน 5 ชิ้นในแต่ละกรณี ผลลัพธ์ที่ได้รับจากการศึกษานี้ พบว่าวัสดุ PC I มีค่าความแข็ง ค่าต้านทานแรงดึง และระยะยืดตัวสูงสุดที่ 56 Shore D 13.08 MPa และ ร้อยละ 2.14 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแข็งแรงและความเหนียวที่ดี และวัสดุ PC I ยังมีความสามารถในการต้านทานแรงกระแทกและการโค้งงอได้ดีกว่าวัสดุ PC II และ PC III ซึ่งมีความสามารถในการต้านทานแรงกระแทกและการโค้งงอที่ต่ำกว่า ในการทดสอบอุณหภูมิการอ่อนตัวพบว่าวัสดุ PC I PC II และ PC III มีอุณหภูมิการอ่อนตัวที่แตกต่างกันเล็กน้อย แต่ไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนแสดงให้เห็นว่าสมบัติทางความร้อนและค่าพลังงานในการสลายพันธะของวัสดุ PC I PC II และ PC III มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผลลัพธ์จากการศึกษาจะเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นลูฟเวอร์พลาสติกคอมโพสิตที่มีคุณภาพสูง ตอบสนองทั้งด้านความสวยงามและความคงทนอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: วัสดุพลาสติกคอมโพสิต ผลิตภัณฑ์แผ่นลูฟเวอร์ สมบัติทางกล และสมบัติทางความร้อน

Abstract

Plastic Composite (PC) is a material extensively utilized in the production of louver panels for architectural and decorative purposes. It enhances the aesthetics of both interior and exterior buildings due to its lightweight, strength, durability, and environmental friendliness. Therefore, studying the material properties of louver panels made from PC is essential to select the most suitable and efficient material for architectural applications. This research focuses on a comparative study of the mechanical and thermal properties of three types of louver panel product plastic composite according to the standards of the American Society for Testing and Materials (ASTM). Each case was evaluated with five test specimens. The results revealed that PC I has the highest hardness, tensile strength, and elongation of 56 Shore D, 13.08 MPa, and 2.14%, respectively, indicating good strength and toughness. PC I also demonstrated better impact resistance and bending resistance than PC II and PC III, which exhibited lower impact resistance and flexural strength. In the deflection temperature test, the testing results indicated that PC I, PC II, and PC III manifested slight differences in deflection temperature, but no significant differences were observed. Moreover, the thermal analysis showed that thermal properties and bond dissociation energy values of the materials PC I, PC II, and PC III exhibit no significant differences. The findings from this study can provide guidelines for the development of high-quality louver panels that effectively meet both aesthetic and durability requirements.

Keywords: Plastic Composite, Louver Panel Product, Mechanical Property, and Thermal Property

1. บทนำ

แผ่นลูฟเวอร์ (Louver panel) เป็นผลิตภัณฑ์ได้รับความนิยมในงานด้านสถาปัตยกรรม เนื่องจากแผ่นลูฟเวอร์สามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มความสวยงาม ควบคุมแสง และสร้างบรรยากาศที่เป็นธรรมชาติทั้งภายในและภายนอกอาคาร [1] ในปัจจุบัน วัสดุที่นิยมนำมาทำแผ่นลูฟเวอร์มีความหลากหลาย เช่น เมทัลชีท ไม้จริง ไม้สังเคราะห์ พลาสติกคอมโพสิต และอลูมิเนียมลายไม้ [2] ซึ่งแผ่นลูฟเวอร์ที่ผลิตจากวัสดุแต่ละประเภท มีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกันในด้าน ความแข็งแรง ความทนทานต่อสภาพอากาศ ความสามารถในการต้านทานเชื้อรา และการเปลี่ยนแปลงของขนาดเมื่อสัมผัสกับความชื้น ดังนั้น การศึกษาประเมินสมบัติทางวัสดุของแผ่นลูฟเวอร์จึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้สามารถเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในงานก่อสร้างและตกแต่ง นอกจากนี้ ปัจจัยด้านความยั่งยืนและสิ่งแวดล้อมก็เป็นประเด็นสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกใช้วัสดุสำหรับการผลิตแผ่นลูฟเวอร์ โดยการใช้ไม้จริงอาจส่งผลกระทบต่อการตัดไม้ทำลายป่า ในขณะที่วัสดุทดแทน เช่น พลาสติกคอมโพสิต สามารถช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ แต่ยังต้องพิจารณาถึงกระบวนการผลิตและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว [3] ดังนั้น การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุแต่ละประเภทไม่เพียงแต่ช่วยให้เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับงานสถาปัตยกรรม แต่ยังสามารถนำไปสู่การพัฒนาวัสดุที่มีความทนทาน ปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ซึ่งเป็นแนวทางที่สำคัญในการออกแบบและก่อสร้างอย่างยั่งยืนในอนาคต การพัฒนาวัสดุแผ่นลูฟเวอร์ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมไม่เพียงช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ แต่ยังช่วยลดต้นทุนการบำรุงรักษาและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานได้ดียิ่งขึ้น วัสดุที่มีความแข็งแรงและความทนทานสูงสามารถลดความ

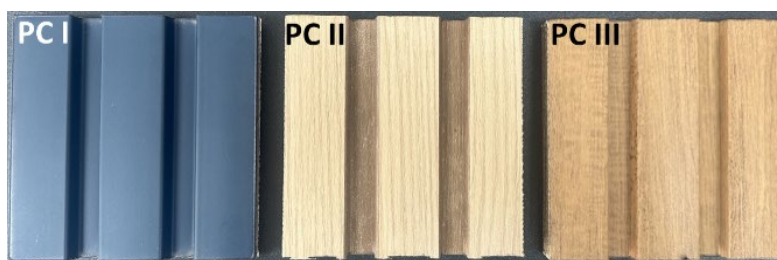
เสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากปัจจัยภายนอก เช่น การเปลี่ยนแปลงของสภาพ สภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น และรังสียูวี และแรงกระแทก ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการใช้งานระยะยาวในงานก่อสร้างและตกแต่งอาคาร อีกประเด็นที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบและพัฒนาแผ่นลูฟเวอร์ คือ มาตรฐานและข้อกำหนดทางอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นปัจจัยที่กำหนดคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แผ่นลูฟเวอร์ที่นำมาใช้ในงานทางสถาปัตยกรรม ในหลายประเทศมีมาตรฐาน เช่น American Society for Testing and Materials (ASTM) ที่กำหนดวิธีการทดสอบและเกณฑ์ในการประเมินสมบัติของวัสดุ เช่น ค่าต้านทานแรงดึง การทนทานต่อการผุกร่อน หรือการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิและความชื้นที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ต้นทุนและความคุ้มค่าในการใช้งาน ก็เป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง เนื่องจากการเลือกใช้วัสดุแต่ละประเภทมีผลต่อค่าใช้จ่ายในระยะยาว แม้ว่าไม่จริงอาจให้ความสะดวกและความรู้สึกเป็นธรรมชาติ แต่ก็มีข้อจำกัดในด้านราคาและความต้องการดูแลรักษา ในขณะที่วัสดุสังเคราะห์หรือวัสดุผสม เช่น PC หรือไม้เคลือบสารป้องกันความชื้น อาจมีต้นทุนที่ต่ำกว่าและมีอายุการใช้งานยาวนานกว่า Nukala et al. [4] พบว่าความแข็งแรงทางกลของวัสดุไม้พลาสติกผสม wood polymer composites (WPCs) สามารถปรับปรุงได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มปริมาณ recycled wood waste (RWW) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความแข็งแรงเพิ่มจาก 26.59 เป็น 34.30 MPa พร้อมกับเสถียรภาพทางความร้อนที่ดีขึ้น Redhwi et al. [5] ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติการยึดตัวของ WPCs โดยเฉพาะในวัสดุที่ใช้ HDPE และ PP และได้พบว่าเมื่อมีปริมาณเส้นใยไม้เกินร้อยละ 27 โดยน้ำหนัก จะส่งผลเสียต่อความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์แผ่นลูฟเวอร์ นอกจากนี้ Guo et al. [6] ได้ศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของวัสดุคอมโพสิตไม้พลาสติก ที่มีเส้นใยต่างชนิด ปริมาณเส้นใยที่ต่างกัน จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิการสลายตัวด้วยความร้อน อุณหภูมิหลอมเหลว อุณหภูมิการตกผลึก ระดับผลึก มีค่ามากกว่าวัสดุที่ใช้ผงไม้ขัดพื้นและเคลือบเพียงเล็กน้อย และเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยไม้ อุณหภูมิหลอมเหลวและระดับผลึกของ WPCs จะลดลง

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาเชิงเปรียบเทียบของสมบัติเชิงกลและทางความร้อนของวัสดุพลาสติกคอมโพสิตสามชนิดที่มีองค์ประกอบแตกต่างกันการโดยอาศัยวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาจะเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นลูฟเวอร์พลาสติกคอมโพสิตที่มีคุณภาพสูง ให้ตอบโจทย์ทั้งด้านความสะดวกและความคงทนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อรองรับการใช้งานทางด้านสถาปัตยกรรมที่ต้องการความคงทนและความสวยงาม

2. วัสดุและวิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 วัสดุ (Materials)

วัสดุในการศึกษานี้ คือ วัสดุพลาสติกคอมโพสิต (Plastic Composite) จำนวน 3 ประเภท ที่มีสีของผิวหน้าที่แตกต่างกัน ได้แก่ สีน้ำเงิน สีครีม และสีน้ำตาลอ่อน (PC I, PC II, PC III) จากบริษัท บริษัท ยูจีน ประเทศไทย จำกัด ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วัสดุพลาสติกคอมโพสิต (PC) ในการศึกษา

2.2 การทดสอบสมบัติทางกล (Mechanical testing)

การทดสอบสมบัติเชิงกลในการศึกษานี้ ประกอบไปด้วย 1) การทดสอบค่าความแข็ง (Hardness) 2) การทดสอบค่าต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และระยะยืดตัวสูงสุด (Strain at break) 4) การทดสอบค่าต้านทานแรงกระแทก (Impact resistance) และ 5) การทดสอบค่าต้านทานการโค้งงอ (Flexural strength)

การทดสอบค่าความแข็ง (Hardness) ของชิ้นงาน ได้ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D2240 (Shore D) [7] โดยชิ้นงานทดสอบถูกเตรียมให้มีขนาดความกว้าง 10 มม. ความยาว 100 มม. และความหนา 3 มม. ในการทดสอบใช้เครื่องทดสอบ durometers PCT model 408 โดยทำการกดค่าความแข็งกระจายทั่วทั้งบริเวณชิ้นงาน สำหรับการทดสอบค่าต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และระยะยืดตัวสูงสุด (Strain at break) ของการศึกษานี้ ได้ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D638 (Type I) [8] โดยชิ้นงานทดสอบถูกเตรียมให้มีขนาดความกว้าง 13 มม. ความยาว 165 มม. และความหนา 3 มม. ในการทดสอบใช้เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine: Comotech QC-506M1 ที่ใช้ความเร็วดึง (Cross-head speed) 50 มม./นาที ขั้นตอนการทดสอบค่าต้านแรงกระแทก (Impact) ได้ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D256 (Izod V notch) [9] โดยชิ้นงานทดสอบถูกเตรียมให้มีขนาดความกว้าง 6 มม. ความยาว 65 มม. และความหนา 3 มม. ทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบ Zwick/Roll HIT5.5P และกำหนดค่าน้ำหนักของ Pendulum ในการทดสอบเท่ากับ 2.75 จูล และการทดสอบการต้านทานการโค้งงอ (Flexural Strength) ได้ดำเนินการตามการทดสอบของมาตรฐาน ASTM D790 [10] โดยชิ้นงานทดสอบถูกเตรียมให้มีขนาดความกว้าง 9.6 มม. ความยาว 191 มม. และความหนา 3 มม. ทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine: Comotech QC-506M1 โดยในการทดสอบสมบัติเชิงกลของการศึกษานี้ ชิ้นงานทดสอบถูกทดสอบจำนวน 5 ชิ้นในแต่ละกรณี และนำค่าผลการทดสอบที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

2.3 การทดสอบอุณหภูมิการแอ่นตัว (Deflection temperature testing)

การทดสอบหาค่าอุณหภูมิการแอ่นตัว (Deflection temperature) ได้ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D648 [11] และดำเนินการทดสอบด้วยเครื่อง Ceast HDT 3 Vicat Tester และกำหนดช่วงอุณหภูมิการทดสอบระหว่าง 25 ถึง 230 องศาเซลเซียส ที่มีอัตราการความร้อน (Heating rate) เท่ากับ 120 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง ภายใต้ค่าความเค้นที่กระทำกับชิ้นงานทดสอบเท่ากับ 0.455 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร การศึกษานี้ วัสดุ PC ทั้ง 3 ประเภท ถูกทดสอบจำนวน 3 ชิ้นและนำค่าผลการทดสอบที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

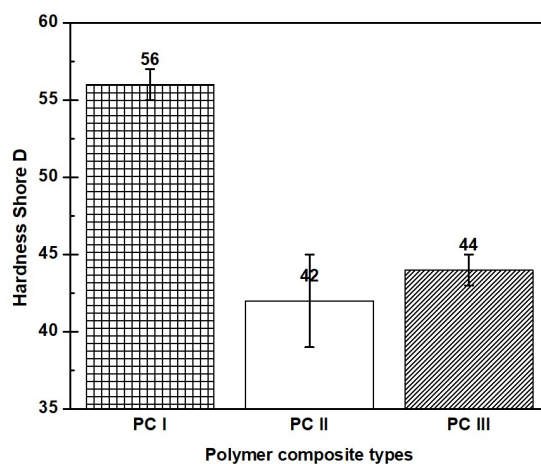
2.4 การทดสอบสมบัติทางความร้อน (Thermal properties testing)

การทดสอบสมบัติทางความร้อน (Thermal properties) เช่น อุณหภูมิการเกิดผลึก (T_c) อุณหภูมิการหลอมละลาย (T_m) เอลทาลปีของการเกิดผลึก (ΔH_c) และ เอลทาลปีของการหลอมละลาย (ΔH_m) [12] ของชิ้นงานทดสอบ ได้อาศัยการทดสอบด้วยเทคนิค Differential Scanning Calorimetry (DSC) ในขั้นตอนการทดสอบ ชิ้นงานทดสอบทั้ง 3 ประเภทจะถูกเตรียมให้เป็นชิ้นงานขนาดเล็กที่มีน้ำหนัก 3.5 ± 0.2 มิลลิกรัม ในระหว่างการทดสอบชิ้นงานทดสอบถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิเท่ากับ 500 องศาเซลเซียส จากนั้นทำให้ชิ้นงานทดสอบมีอุณหภูมิที่ลดลงเท่ากับ 0 องศาเซลเซียส และให้ความร้อนที่อุณหภูมิเท่ากับ 500 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการให้ความร้อนและการเย็นตัวคงที่เท่ากับ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนที่มีอัตราการไหลเท่ากับ 50 มิลลิลิตรต่อนาที

3. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

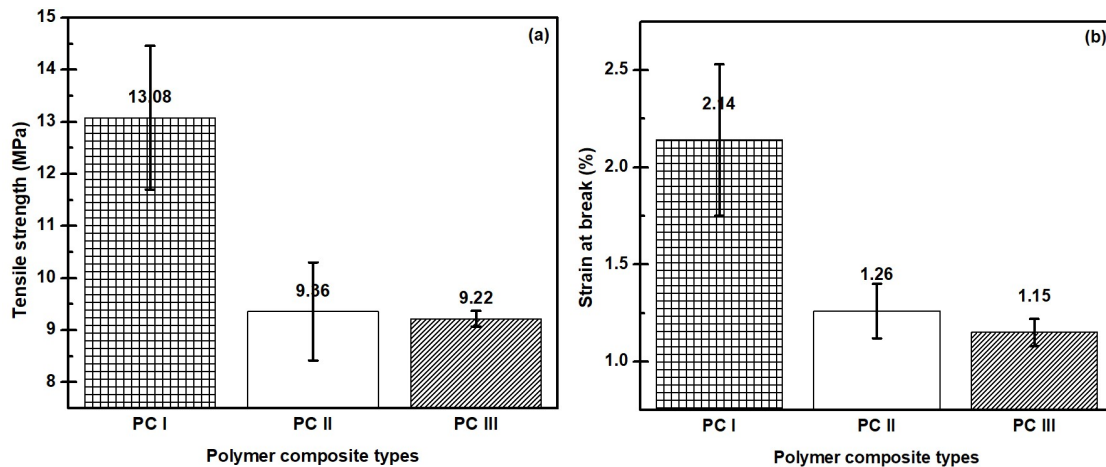
3.1 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล

ผลการทดสอบค่าความแข็ง (Hardness) ของวัสดุพลาสติกคอมโพสิต (PC) ประเภท I II และ III ถูกแสดงดังรูปที่ 2 ผลการทดสอบพบว่าค่าความแข็งเฉลี่ยของวัสดุ PC I, PC II, และ PC III มีค่าเท่ากับ 56, 42 และ 44 Shore D ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าวัสดุ PC I มีค่าความแข็งที่สูงที่สุด

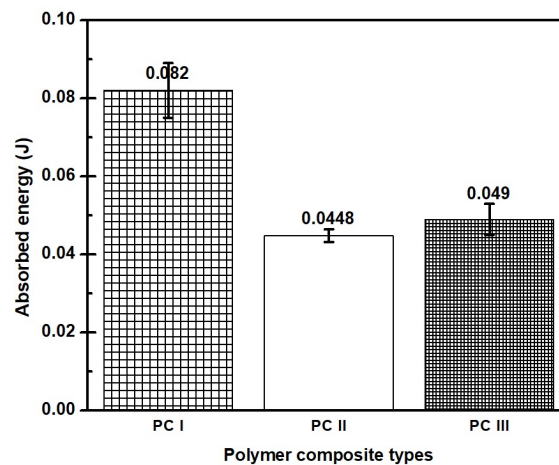


รูปที่ 2 ค่าความแข็งของวัสดุ PC

รูปที่ 3 แสดงผลการทดสอบแรงดึง (Tensile strength) และระยะยืดตัวสูงสุด (Strain at break) ของวัสดุ PC I–III จากการศึกษาพบว่าค่าต้านทานแรงดึงของวัสดุ PC I มีค่าเท่ากับ 13.08 MPa และมีค่าระยะยืดตัวสูงสุดเท่ากับ 2.14 % วัสดุ PC II มีค่าต้านทานแรงดึงและระยะยืดตัวสูงสุดเท่ากับ 9.36 MPa และ ร้อยละ 1.26 ขณะที่ วัสดุ PC III มีค่าต้านทานแรงดึงเท่ากับและระยะยืดตัวสูงสุดเท่ากับ 9.22 MPa และ ร้อยละ 1.15 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าวัสดุ PC I มีค่าต้านทานแรงดึงและระยะยืดตัวสูงสุดที่มากที่สุด ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าวัสดุมีความแรงและความเหนียวที่ดี ขณะที่ วัสดุ PC III และ PC II มีค่ามีค่าต้านทานแรงดึงและระยะยืดตัวที่แตกต่างกันเล็กน้อย รูปที่ 4 แสดงผลการทดสอบแรงกระแทก (Impact) ของวัสดุ PC I II และ III จากการทดสอบพบว่าค่าการดูดซับพลังงานของวัสดุ PC I, PC II, และ PC III มีค่าเท่ากับ 0.082 0.045 และ 0.049 จูล จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่า วัสดุ PC I มีความสามารถในการต้านทานแรงกระแทกที่ดี ในขณะที่วัสดุ PC II และ PC III มีค่าที่ต่ำกว่าวัสดุ PC I

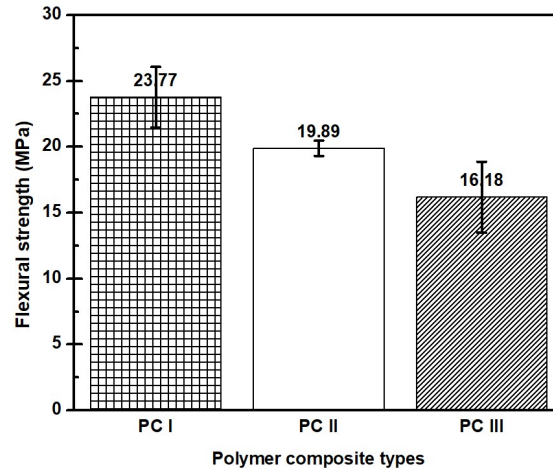


รูปที่ 3 (a) ค่าต้านทานแรงดึงและ (b) ค่าระยะยืดตัวสูงสุดของวัสดุ PC



รูปที่ 4 ค่าการดูดซับพลังงานของวัสดุ PC

นอกจากนี้ ผลการทดสอบการต้านทานการโค้งงอ (Flexural strength) ค่าต้านทานการโค้งงอของวัสดุ PC I II และ III จากผลการทดสอบพบว่าค่า PC I, PC II, และ PC III มีค่าเท่ากับ 23.77, 19.89, และ 16.18 MPa จากผลการทดสอบพบว่า วัสดุ PC I มีความสามารถในการต้านทานการโค้งงอที่สูงกว่าวัสดุ PC II และ PC III ซึ่งบ่งชี้ว่าวัสดุ PC I มีความสามารถในการต้านทานการโค้งงอที่ดี



รูปที่ 5 ค่าต้านทานการโค้งงอของวัสดุ PC

3.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติการแอ่นตัว

จากตารางที่ 1 แสดงค่าคุณสมบัติการแอ่นตัวที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าคุณสมบัติการแอ่นตัวของวัสดุ PC I, PC II และ PC III มีค่าประมาณ 85.83, 83.67, และ 82.60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าวัสดุ PC ทั้ง 3 ประเภทมีค่าคุณสมบัติการแอ่นตัวที่แตกต่างกันเล็กน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยมีค่าคุณสมบัติการแอ่นตัวสูงสุดประมาณ 85.83 องศาเซลเซียส และคุณสมบัติแอ่นตัวที่ต่ำสุดประมาณ 82.60 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 คุณสมบัติการแอ่นตัวของวัสดุ PC

ชิ้นงาน	คุณสมบัติการแอ่นตัว (องศาเซลเซียส)
PC I	85.83
PC II	83.67
PC III	82.60

3.3 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อน

การทดสอบสมบัติทางความร้อนวัสดุ PC ด้วยเทคนิค DSC เพื่อศึกษาคุณสมบัติการดูดและคายพลังงานความร้อนวัสดุของตัวอย่างสี (Pigment) ของวัสดุ PC I PC II และ PC III โดยการจำลองให้ความร้อนเริ่มต้นที่ 0 ถึง 500 องศาเซลเซียส ที่อัตราการให้ความร้อนที่ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที ภายใต้สภาวะแก๊สไนโตรเจน 50 มิลลิลิตรต่อนาที เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับตัวอย่างขณะทดสอบ จาก DSC thermogram ในช่วงอุณหภูมิ 370 – 485 องศาเซลเซียส ตารางที่ 2 แสดงค่าพลังงานสลายพันธะของวัสดุ PC จากตารางสามารถสรุปได้ว่า ตัวอย่าง วัสดุ PC I (สีน้ำเงิน) เกิดปฏิกิริยาดูดความร้อน และมีค่าพลังงานในการสลายพันธะที่ 2,675.48 มิลลิจูล ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับวัสดุ PC II (สีครีม) ที่มีค่าพลังงานในการสลายพันธะที่ 2,166.88 มิลลิจูล และวัสดุ PC III (สีน้ำตาลอ่อน) ที่มีค่าพลังงานในการสลายพันธะสูงสุดอยู่ที่ 2,173.19 มิลลิจูล จึงสามารถสรุปได้ว่าวัสดุ PC I มีค่าพลังงานในการสลายพันธะที่มากที่สุด แต่สมบัติทางความร้อนวัสดุทั้ง 3 ประเภทแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ตารางที่ 2 คุณสมบัติการแอ่นตัวของวัสดุ PC

ชั้นงาน	พลังงานในการสลายพันธะ (มิลลิจูล)
PC I	2,675.48
PC II	2,166.88
PC III	2,173.19

4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการศึกษาเชิงเปรียบเทียบของสมบัติทางกลและสมบัติทางความร้อนของวัสดุพลาสติกคอมโพสิต (PC) โดยอาศัยการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยถูกแสดงดังต่อไปนี้

วัสดุ PC I มีค่าความแข็ง ค่าต้านทานแรงดึง และระยะยืดตัวสูงสุดที่มากที่สุด 56 Shore D 13.08 MPa และ ร้อยละ 2.14 ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าวัสดุมีความแข็งแรงและความเหนียวที่ดี นอกจากนี้ วัสดุ PC I ยังมีความสามารถในการต้านทานแรงกระแทก และต้านทานการโค้งงอได้ดีกว่าวัสดุ PC II และ PC III ซึ่งมีความสามารถในการต้านทานแรงกระแทกและความสามารถในการต้านทานการโค้งงอที่ต่ำกว่า ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่าคุณสมบัติของวัสดุ PC I, PC II และ PC III มีคุณสมบัติการแอ่นตัวที่แตกต่างเล็กน้อย และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ วัสดุ PC I, PC II และ PC III ทั้ง 3 ประเภท ยังมีสมบัติทางความร้อนและค่าพลังงานในการสลายพันธะที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่มีส่วนเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนแนวทางการวิจัย อุปกรณ์ เครื่องมือทดสอบ และสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณบริษัทยูจิน (ประเทศไทย) จำกัด ที่เล็งเห็นถึงประโยชน์ของการใช้ผลิตภัณฑ์จริงในอุตสาหกรรม มาประยุกต์ศึกษาเชิงวิชาการ และสนับสนุนผลิตภัณฑ์สำหรับการศึกษานี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Global Group Thailand, “Metal Sheet Ventilation Louve (Louver),” (in Thai). Accessed: Apr. 8, 2025. [Online]. Available: <https://www.globalgroupthailand.com>
- [2] Perforated Metal Sheet, “What Types of Materials Are Used to Make Louvers?” (in Thai). Accessed: Apr. 10, 2025. [Online]. Available: <https://www.perforatedmetalsheet.com>
- [3] C. Popescu, H. Dissanayake, E. Mansi, and A. Stancu, “Eco Breakthroughs: Sustainable Materials Transforming the Future of Our Planet,” *Sustainability*, vol. 16, no. 3, 2024, pp. 10790.
- [4] S. G. Nukala, I. Kong, A. B. Kakarla, W. Kong, and W. Kong, “Development of Wood Polymer Composites From Recycled Wood and Plastic Waste: Thermal and Mechanical Properties,” *Journal of Composites Science*, vol. 6, no. 7, 2022, pp. 194.

- [5] H. H. Redhwi, M. N. Siddiqui, A. L. Andrad, S. A. Furquan, and S. Hussain, “Durability of High-Density Polyethylene (HDPE)- and Polypropylene (PP)-Based Wood-Plastic Composites—Part 1: Mechanical Properties of the Composite Materials,” *Journal of Composites Science*, vol. 7, no. 4, 2023, pp. 163.
- [6] Y. Guo, S. Zhu, Y. Chen, and D. Li, “Thermal Properties of Wood-Plastic Composites With Different Compositions,” *Materials*, vol. 12, no. 6, 2019, pp. 881.
- [7] ASTM International, “ASTM D2240 Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness,” West Conshohocken, PA, USA, 2010.
- [8] ASTM International, “ASTM D638 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics,” West Conshohocken, PA, USA, 2014.
- [9] ASTM International, “ASTM D256 Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics,” West Conshohocken, PA, USA, 2018.
- [10] ASTM International, “ASTM D790-10 Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials,” West Conshohocken, PA, USA, 2010.
- [11] ASTM International, “ASTM D648-22 Standard Test Method for Deflection Temperature of Plastics Under Flexural Load in the Edgewise Position,” West Conshohocken, PA, USA, 2022.
- [12] L. Techawinyutham, J. Tengsuthiwat, R. Srisuk, W. Techawinyutham, S. M. Rangappa, and S. Siengchin, “Recycled LDPE/PETG Blends and HDPE/PETG Blends: Mechanical, Thermal, and Rheological Properties,” *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 15, 2021, pp. 2686–2697.