

การพัฒนาและประเมินสมรรถนะวัสดุผสมผ้ารีไซเคิลสำหรับ สถาปัตยกรรมสร้างสรรค์

Development and Performance Evaluation of Recycled Textile Composites for Creative Architecture

รับบทความ	28/08/2568
แก้ไขบทความ	06/11/2568
ยอมรับบทความ	17/11/2568

ธวัชชัย รอบบุญ* วชิระ แสงรัศมี
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมนวัตกรรมสร้างสรรค์เพื่อความยั่งยืน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Thawatchai Rawboon, Vachira Sangrutsamee

Department of Creative Innovation Architecture for Sustainability, Faculty of Architecture, Rajamangala

University of Technology Thanyaburi

thawatchai_r@mail.rmutt.ac.th, vachira_s@rmutt.ac.th

*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประเมินศักยภาพของวัสดุอีพ็อกซีเรซินผสมผ้ารีไซเคิลเป็นวัสดุตกแต่งอาคาร เพื่อค้นหาอัตราส่วนและชนิดของการจัดเรียงชนิดของผ้าที่เหมาะสม โดยมีอัตราส่วนของอีพ็อกซีเรซินต่อผ้ารีไซเคิลที่ 1:0.5, 1:0.4, 1:0.3 และ 1:0.2 และมีการจัดเรียงผ้า 3 รูปแบบคือ 1) เส้นใยผ้าฝ้าย (EC) 2) แผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP) และ 3) ทั้งเส้นใยและแผ่นผ้าทั้งสองชนิด (ECP) โดยวางเรียงแยกชั้น และค้นหาสมบัติของวัสดุทั้งทางกายภาพ (ลักษณะผิว ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และการพองตัว) และสมบัติทางกล (การรับแรงดัด) แล้วนำผลมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไม้อัด (มอก. 876-2565)

ผลทดสอบพบว่า ลักษณะผิวของแผ่นวัสดุผสมผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP) มีพื้นผิวที่เรียบมันวาวกว่าแผ่นวัสดุผสมผ้าฝ้ายจะมีผิวที่หยาบและเห็นเส้นใยเรียงสลับกัน การจัดเรียงผ้าทั้ง 3 รูปแบบสามารถสร้างสีสัน ลวดลายศิลปะได้อิสระ วัสดุอีพ็อกซีเรซินผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP) มีประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุด (42.49 MPa) ความหนาแน่นสูง (865.54–1075.51 kg/m³) การดูดซึมน้ำต่ำ (0.38–4.87%) และการพองตัวต่ำที่สุด (0.02–0.08%) ส่วนวัสดุผสมเส้นใยผ้าฝ้าย (EC) และวัสดุผสมเส้นใยผสม (ECP) แสดงสมบัติรองลงมาตามลำดับ เมื่อนำสมบัติของวัสดุทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไม้อัด (มอก. 876-2565) พบว่า อัตราส่วนผสมของอีพ็อกซีเรซินต่อผ้ารีไซเคิลที่เหมาะสมคือ 1:0.2 ซึ่งมีสมบัติค่าการรับแรงดัดสูงกว่าเกณฑ์ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไม้อัด (มอก. 876-2565) และมีสมบัติทางกายภาพที่ดี ซึ่งสามารถนำมาพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นตกแต่งอาคารและเฟอร์นิเจอร์ได้

ดังนั้นวัสดุอีพ็อกซีเรซินผสมผ้ารีไซเคิลนี้ เป็นวัสดุทางเลือกใหม่ที่น่าสนใจในการพัฒนาเป็นวัสดุตกแต่งอาคารที่ช่วยเพิ่มมูลค่าของเศษผ้า ลดปัญหาขยะสิ่งทอ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการรีไซเคิล (upcycling) และแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy)

คำสำคัญ: วัสดุผสม อีพ็อกซีเรซิน การรีไซเคิลสิ่งทอ วัสดุสำหรับงานสถาปัตยกรรม วัสดุตกแต่งผนัง

Abstract

This study evaluates the potential of epoxy–resin composites reinforced with recycled textiles as architectural finishing materials, with the aim of identifying suitable resin-to-textile ratios and fabric lay-ups. Four resin-to-textile mass ratios were investigated—1:0.5, 1:0.4, 1:0.3, and 1:0.2—together with three reinforcement configurations: 1) cotton textile fibers (EC), 2) polyester fabric sheets (EP), and 3) a hybrid of both fibers and sheets (ECP), stacked in discrete layers. Physical properties (surface characteristics, density, water absorption, and thickness swelling) and mechanical performance (flexural strength) were determined and benchmarked against the Thai Industrial Standard for plywood products (TIS 876-2565).

The results show that EP panels exhibited a smoother and glossier surface than EC panels, which displayed a rougher texture with visibly alternating fibers. All three lay-up schemes afforded wide aesthetic latitude for color and pattern design. The EP composite achieved the highest flexural strength (42.49 MPa), relatively high density (865.54–1075.51 kg/m³), low water absorption (0.38–4.87%), and the lowest thickness swelling (0.02–0.08%), followed by the EC and ECP composites, respectively. When compared with TIS 876-2565, the optimal resin-to-textile ratio was 1:0.2, yielding flexural strength exceeding the plywood standard along with favorable physical properties. These findings indicate that the developed composites are promising for advancement into decorative wall panels and furniture components.

In summary, epoxy–resin composites incorporating recycled textiles offer a compelling alternative for architectural finishes that adds value to textile waste and mitigates solid-waste burdens, while supporting upcycling practices and the transition toward a circular economy.

Keywords: *composite materials, epoxy resin, textile recycling, architectural materials, decorative wall panels*

บทนำ

อุตสาหกรรมสิ่งทอมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจแต่กลับสร้างขยะจำนวนมาก โดยเฉพาะเส้นใยฝ้ายและโพลีเอสเตอร์ที่รีไซเคิลได้ยากและยังถูกกำจัดอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ข้อมูลระบุว่า ของเสียจากเส้นใยเสื้อผ้าหลังการใช้งานทั่วโลกมีปริมาณสูงถึง 92 ล้านตันต่อปี (Haq & Alam, 2023) มีเพียง 15% ของเส้นใยเสื้อผ้าที่เข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล (Niinimäki et al., 2020a, 2020b) ขณะที่ประเทศไทยมีของเสียจากเส้นใยเสื้อผ้ามากกว่า 350,000 ตันต่อปี (Apparel, 2023; Capitalread, 2023) ปัญหานี้ผลักดันให้ประเทศต่าง ๆ เกิดแนวคิดการนำเส้นใยเสื้อผ้าเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่เป็นวัสดุผสม (Saha et al., 2024)

ในต่างประเทศมีศึกษาการใช้เส้นใยฝ้ายและโพลีเอสเตอร์รีไซเคิลผสมซีเมนต์ เพื่อเสริมความเป็นฉนวนกันความร้อน และช่วยเสริมแรงให้วัสดุ (Ayed et al., 2024; Sadrolodabae et al., 2021) ได้ใช้เส้นใยฝ้ายและโพลีเอสเตอร์รีไซเคิลผสมกับกาวชีวภาพเพื่อพัฒนาเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีสมบัติดูดซับเสียง (Abrishami et al., 2024; Kagitci, 2020) ได้ศึกษาศักยภาพของอีพ็อกซีเรซินที่มีบทบาทสำคัญที่ช่วยเสริมแรงให้กับวัสดุผสม (composite materials) โดยเมื่อใช้ร่วมกับเส้นใยแก้วจะให้มีค่าการต้านทานแรงดึงสูงสุดเหมาะสมสำหรับงานที่ต้องการทั้งความแข็งแรงและยืดหยุ่น (Knapčíková & Behúnová, 2020)

ในประเทศไทยที่ผ่านมา ได้มีการวิจัยและทดสอบศักยภาพของเส้นใยรีไซเคิลเป็นวัสดุก่อสร้างจำนวนมากนักวิจัย วชิรา แสงรุทสมิ์ และคณะ (Vachira Sangrutsamee et al.) (2022) ได้ศึกษาใช้เส้นใยรีไซเคิลผสมซีเมนต์เพื่อพัฒนาเป็นวัสดุก่อสร้างพบว่า มีความแข็งแรงผ่านเกณฑ์มาตรฐานบล็อกก่อสร้างชนิดไม่รับน้ำหนัก ซึ่งมีความหนาแน่นต่ำและสามารถป้องกันความร้อนได้ดี ทศพร ชวรัตน์ปิ่นเจริญ (2555) ได้ศึกษาเส้นใยผ้าใยสังเคราะห์รีไซเคิลด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบเปียก โดยใช้กาวโพลีไวนิลอะซิเตท (Polyvinyl Acetate (PVA)) และเพิ่มส่วนผสมสารหน่วงไฟได้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำส่งผลให้มีศักยภาพการใช้งานจริงได้ นนทลี อังแก้ว (2560) ได้ศึกษาศักยภาพของอีพ็อกซีเรซินที่เสริมแรงด้วยเส้นใยชานอ้อย ซึ่งอีพ็อกซีทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรง ความยืดหยุ่น และดูดซับแรงกระแทกได้ดี

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า มีการวิจัยที่ใช้อีพ็อกซีเรซินเป็นตัวประสานวัสดุอื่น ๆ ไม่หลากหลาย ทั้งที่อีพ็อกซีเรซินมีสมบัติทางวิศวกรรมที่ยืดเกาะสูง คงทนต่อสารเคมี และการกัดกร่อน มีความเสถียรภาพเชิงมิติ (Dallaev et al., 2023; Seid & Adimass, 2024; Wang & Mertiny, 2024) และที่สำคัญเนื้อวัสดุนี้มีความใสมันวาว ทำให้เกิดความน่าสนใจในการนำมาเป็นตัวประสานผสมกับผ้ารีไซเคิลที่สามารถเห็นสีสันทันและลวดลายผ้าได้ เพื่อพัฒนาเป็นวัสดุตกแต่งอาคารและเฟอร์นิเจอร์

วัตถุประสงค์ในงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการประเมินศักยภาพของวัสดุอีพ็อกซีเรซินผสมผ้ารีไซเคิล โดยมีเป้าหมายหลักในการพัฒนาเป็นวัสดุตกแต่งอาคาร โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อประเมินสมรรถนะของวัสดุผสมเส้นใยผ้ารีไซเคิลในอัตราส่วนผสมและการจัดเรียงผ้าที่แตกต่างกัน
2. เพื่อค้นหาสมบัติของวัสดุทั้งในเชิงกายภาพ (ลักษณะเส้นใย ผิว ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำและการพองตัว) และสมบัติทางกล (กำลังแรงอัด)
3. เพื่อค้นหาอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไม้อัด (มอก. 876-2565) เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุตกแต่งอาคาร

การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเส้นใยฝ้ายและเส้นใยโพลีเอสเตอร์ที่ทำเป็นวัสดุผสมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและคุณสมบัติด้านฉนวนสำหรับงานตกแต่งภายใน พบว่า สัดส่วนเส้นใยผ้ารีไซเคิลและวิธีการเตรียมเส้นใยที่เหมาะสมส่งผลให้มีค่าการรับแรงดึงแรงดัด และมีค่านำความร้อนลดลง และค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Abrishami et al., 2024; Dev et al., 2024; Hassan et al., 2020; Kuntawit Witthayolankowit et al., 2023; Zonatti et al., 2015) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ใช้เศษผ้า

แบบผสมระหว่างเส้นใยฝ้ายกับโพลีเอสเตอร์สก็ดเป็นนาโนเซลลูโลสไปเสริมวัสดุพอลิเมอร์ทำให้ค่ารับแรงดึงและการยืดตัวของแผ่นฟิล์มดีขึ้น (Preeyanuch Srichola et al., 2023)

ในเชิงทฤษฎีได้ระบุว่า การถ่ายแรงระหว่างเส้นใยกับวัสดุประสานเส้นใยทำหน้าที่รับแรงหลัก ส่วนวัสดุประสาน (อีพ็อกซีเรซิน) ทำหน้าที่ยึดเกาะและกระจายแรงจากชิ้นงานเข้าสู่เส้นใยผ่านแรงเฉือนที่ผิวรอยต่อ หากการยึดเกาะที่ผิวดี แรงจะส่งผ่านได้มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้มีค่าการรับแรงดึงและแรงดัดของชิ้นงานสูงขึ้น ในทางตรงกันข้าม ถ้าการยึดเกาะที่ผิวไม่ดีจะเกิดการหลุดล่อนและเสียหายก่อนเวลา (Koutsos, 2025; Nairn, 1997) การปรับผิวเส้นใยหรือใช้สารช่วยยึดเหนี่ยว การควบคุมปริมาณ และทิศทางการวางเส้นใย รวมถึงการเลือกสูตรอีพ็อกซีที่ให้ค่าโมดูลัสเหมาะสมต่อการถ่ายแรง (Fekiač et al., 2025) นอกจากสมบัติเชิงกลและความคงทน อีพ็อกซีเรซินยังมีความใสเชิงแสงสูง (optical clarity) เมื่อบ่มสมบูรณ์และควบคุมสูตรให้มีโครโมฟอร์ต่ำ (ส่วนของโมเลกุลที่ดูดกลืนแสง) ทำให้มองเห็นลวดลายและเนื้อเยื่อของเส้นใยและเศษผ้าที่ฝังตัวได้ชัดเจน เป็นประโยชน์ต่อวัสดุตกแต่งที่ต้องการแสดงเนื้อสัมผัส (texture) ของพื้นผ้า (Amaraweera et al., 2021; Heudorfer et al., 2023; Kim et al., 2023) ทั้งหมดนี้สอดคล้องกับข้อกำหนดการทดสอบมาตรฐาน มอก. 876-2565 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2565) ซึ่งควรใช้เป็นฐานในการประเมินสมรรถนะก่อนใช้งานจริง

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเชิงทดสอบนี้เป็นการพัฒนาวัสดุอีพ็อกซีเรซินผสมผ้ารีไซเคิลที่มีอัตราส่วน และการจัดเรียงชนิดของผ้าที่แตกต่างกัน ดังนี้

- อัตราส่วนผสมอีพ็อกซีเรซิน (ตัวประสาน) ต่อเส้นใย/แผ่นผ้า 4 ระดับ คือ 1:0.5, 1:0.4, 1:0.3 และ 1:0.2
- รูปแบบการจัดเรียงผ้ารีไซเคิล 3 แบบ คือ 1) เส้นใยฝ้าย (EC) 2) แผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP) และ 3) การผสมระหว่างฝ้าย-โพลีเอสเตอร์ (ECP) โดยที่การวางเรียงแยกชั้นผ้า

โดยนำวัสดุอีพ็อกซีเรซินผสมเส้นใยฝ้ายนี้มาผลิตเป็นชิ้นทดสอบและทำการทดสอบเพื่อค้นหาสมบัติทั้งทางกายภาพและสมบัติทางกล แล้วนำผลมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไม้อัด (มอก. 876-2565) เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาเป็นวัสดุตกแต่งในเชิงอุตสาหกรรม

วัตถุดิบและอัตราส่วนผสม

การผลิตชิ้นทดสอบจากวัสดุอีพ็อกซีเรซินผสมเส้นใยเหลือใช้ มีส่วนประกอบดังนี้ (ภาพ 1)

- อีพ็อกซีเรซิน (ตัวประสาน) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ 1) Epoxy Resin Part A 2) Hardener Part B
- เส้นใยฝ้ายนำมาจากโรงงานรีไซเคิลผ้าฝ้ายที่รับซื้อเศษผ้าฝ้ายมาปั่นเป็นเส้นใยรีไซเคิลเพื่อจำหน่าย เส้นใยเหล่านี้ส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้เป็นวัสดุรองสินค้าหรือวัสดุรองเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น
- แผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์เป็นเสื้อผ้าเหลือใช้นำมาตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 10-15 มม.



ก) อีพ็อกซีเรซิน

ข) เส้นใยฝ้ายรีไซเคิล

ค) เศษผ้าโพลีเอสเตอร์รีไซเคิล

ภาพ 1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตชิ้นทดสอบ

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

อัตราส่วนผสมของวัสดุอีพ็อกซีเรซินผสมผ้ารีไซเคิลแบ่งตามอัตราส่วนของปริมาณผ้ารีไซเคิลที่แตกต่างกัน 4 อัตราส่วน และการจัดเรียงผ้า 3 รูปแบบ แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 อัตราส่วนผสมของชั้นทดสอบทั้งหมด

การจัดเรียง ผ้ารีไซเคิล	สัญลักษณ์	อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก กรัม (g)	
		อีพ็อกซีเรซิน*	ผ้ารีไซเคิล
เส้นใยฝ้าย (EC)	EC01	1	0.5
	EC02	1	0.4
	EC03	1	0.3
	EC04	1	0.2
แผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP)	EP01	1	0.5
	EP02	1	0.4
	EP03	1	0.3
	EP04	1	0.2
เส้นใยฝ้ายกับแผ่นผ้า โพลีเอสเตอร์ (50:50) (ECP)	ECP01	1	0.5
	ECP02	1	0.4
	ECP03	1	0.3
	ECP04	1	0.2

หมายเหตุ: *อัตราส่วนของอีพ็อกซีเรซิน (Epoxy Resin Part A) ผสมฮาร์ดเดนเนอร์ (Hardener Part B) เท่ากับ 2:1
ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

วิธีการผลิตชั้นทดสอบ

การผลิตชั้นทดสอบมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (ภาพ 2)

- เตรียมวัตถุดิบชนิดของผ้ารีไซเคิล แบ่งเป็น 2 ชนิด
 - เส้นใยฝ้ายจัดหาจากโรงงานรีไซเคิลผ้าฝ้ายจากจังหวัดสระบุรี
 - แผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ ใช้เสื้อผ้าเหลือใช้ นำมาตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 10-15 มม.
- จัดเตรียมแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปชั้นทดสอบ และทาน้ำมันเครื่องเพื่อป้องกันวัสดุติดแบบแม่พิมพ์
- เตรียมวัตถุดิบทั้งหมดโดยทำการชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนที่กำหนดในตาราง 1
- ผสมอีพ็อกซีเรซิน (Epoxy Resin) Part A กับ Part B ก่อน แล้วนำผ้ารีไซเคิลที่เตรียมไว้ผสมลงไป คนให้เข้ากัน แล้วกระทุ้งและอัดให้แน่น จากนั้นนำแผ่นไม้ปิดผิวแล้วยึดด้วยตัวล็อกทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง
- ถอดแบบแม่พิมพ์หลังจากทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง แล้วนำไปบ่มต่อในห้องที่อุณหภูมิปกติ (ในร่ม) เป็นเวลา 7 วันก่อนนำไปทดสอบ



การเตรียมแม่พิมพ์



การผสมวัตถุดิบ



การอัดขึ้นรูป



ตัวอย่างชั้นทดสอบ

ภาพ 2 ขั้นตอนการผลิตชั้นทดสอบ

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

วิธีการทดสอบ

ขั้นทดสอบวัสดุอีพ็อกซีเรซินผสมผ้ารีไซเคิลมีทั้งหมด 12 สูตร สูตรละ 3 ชั้น รวมทั้งหมด 36 ชั้น โดยทำการทดสอบตามมาตรฐานต่อไปนี้

สมบัติทางกายภาพ (ขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และการพองตัว) : ทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 876-2565 โดยขั้นทดสอบถูกบ่มภายใต้อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลาอย่างน้อยกว่า 7 วัน ก่อนนำมาทดสอบ นำขั้นทดสอบมาวัดความหนา (เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ดิจิทัล หน่วย 0.02 มม.) และชั่งน้ำหนัก (กรัม) แล้วหาค่าเฉลี่ยของขั้นทดสอบ หลังจากนั้นนำขั้นทดสอบมาแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนักส่วนเกินออก แล้ววัดความหนาและชั่งน้ำหนัก แล้วหาค่าเฉลี่ยของขั้นทดสอบ

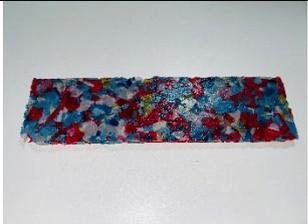
สมบัติทางกล (การรับแรงดัด) : ทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 876-2565 โดยเตรียมขั้นทดสอบที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 80 x 300 x 9.6 มิลลิเมตร วางตัวอย่างบนเครื่องทดสอบแรงดัดแบบสามจุด (three-point bending test) โดยเพิ่มแรงกดตรงกลางขั้นทดสอบจนวัสดุหัก หรือเสียรูป จากนั้นนำมาคำนวณค่า Flexural strength (MPa) ของแต่ละขั้นทดสอบ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละอัตราส่วนผสมและชนิดของการเรียงผ้า

ผลการทดสอบและอภิปรายผล

ลักษณะทางกายภาพของวัสดุอีพ็อกซีเรซินผสมผ้ารีไซเคิล

จากตาราง 2 พบว่า เส้นใยฝ้ายมีลักษณะเป็นเส้นเรียงสลับสีมีผิวหยาบ เมื่อนำไปผลิตเป็นแผ่นวัสดุผสมเส้นใยฝ้าย (EP) จะมีลักษณะผิวหยาบ มีรูพรุน (ช่องว่าง) จำนวนมาก เนื่องจากผิวของเส้นใยฝ้ายที่ขรุขระเมื่อนำมาผสมกับอีพ็อกซีเรซินจึงเกิดโพรงอากาศขนาดเล็กจำนวนมาก ส่วนแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP) มีลักษณะเป็นเส้นใยที่สานกันอย่างเป็นระเบียบและเส้นใยเรียงติดกันชัดเจน เมื่อนำมาผลิตเป็นแผ่นวัสดุผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP) มีลักษณะผิวเรียบสม่ำเสมอ มันวาว และใสมากกว่าเส้นใยฝ้าย

ตาราง 2 แสดงลักษณะทางกายภาพของวัสดุผสมเส้นใย

กลุ่มตัวอย่าง	ภาพขยาย 100 เท่า	ตัวอย่างวัสดุผสมผ้ารีไซเคิล	รายละเอียดลักษณะทางกายภาพ
เส้นใยฝ้าย (EC)			<ul style="list-style-type: none"> - เส้นใยกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ - ผิวค่อนข้างหยาบ - มีความพรุนสูง
แผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP)			<ul style="list-style-type: none"> - เส้นใยเรียงตัวแน่น - ผิวเรียบและมีความมันเงา - มีความพรุนน้อยสุด
เส้นใยฝ้ายกับแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (ECP)			<ul style="list-style-type: none"> - ผิวบนเป็นแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ ผิวล่างเป็นเส้นใยฝ้าย ซึ่งมีลักษณะเหมือนชนิดของผ้าทั้งสองที่กล่าวมา - ผิวทั้งหยาบทั้งเรียบ

สมบัติทางกายภาพ

ผลการทดสอบสมบัติทั้งหมดของชั้นทดสอบแสดงดังตาราง 3

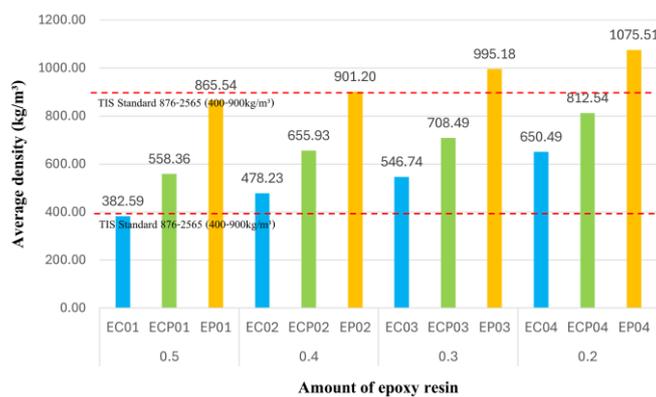
ตาราง 3 ค่าเฉลี่ยสมบัติทั้งหมดของชั้นทดสอบ

ชนิดเส้นใย	สัญลักษณ์	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (kg/m ³)	ค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำ (%)	ค่าเฉลี่ยการพองตัว (%)	ความต้านทานแรงตัด (MPa)
เส้นใยฝ้าย (EC)	EC01 (1:0.5)	382.59	125.10	0.73	8.90
	EC02 (1:0.4)	478.23	98.69	0.59	10.03
	EC03 (1:0.3)	546.74	64.29	0.41	13.94
	EC04 (1:0.2)	650.49	38.61	0.12	16.34
แผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP)	EP01 (1:0.5)	865.54	4.87	0.08	20.08
	EP02 (1:0.4)	901.20	4.31	0.05	22.95
	EP03 (1:0.3)	995.18	1.44	0.02	36.07
	EP04 (1:0.2)	1075.51	0.38	0.02	42.49
เส้นใยฝ้ายกับแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (50:50) (ECP)	ECP01 (1:0.5)	558.36	49.79	0.28	17.71
	ECP02 (1:0.4)	655.93	33.47	0.23	20.74
	ECP03 (1:0.3)	708.49	23.98	0.18	22.28
	ECP04 (1:0.2)	812.54	15.10	0.12	25.24

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

ความหนาแน่น

ค่าความหนาแน่นของชั้นทดสอบทั้งหมดแสดงดังภาพ 3 แสดงให้เห็นว่า วัสดุผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP) มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นระหว่าง 865.54 ถึง 1075.51 kg/m³ สูงกว่าวัสดุผสมทั้งเส้นใยฝ้ายกับแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (ECP) และวัสดุผสมเส้นใยฝ้าย (EC) ตามลำดับ เนื่องจากวัสดุผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ที่เป็นลักษณะแผ่นผ้าที่เหนียวที่มีการเรียงตัวของเส้นใยที่สานกันอย่างสม่ำเสมอ ทำให้อีพ็อกซีเรซินซึมเข้าเนื้อผ้าได้สม่ำเสมอทุกจุดและมีความพรุนต่ำ (โพรงอากาศน้อย)



ภาพ 3 ความหนาแน่นของชั้นทดสอบ

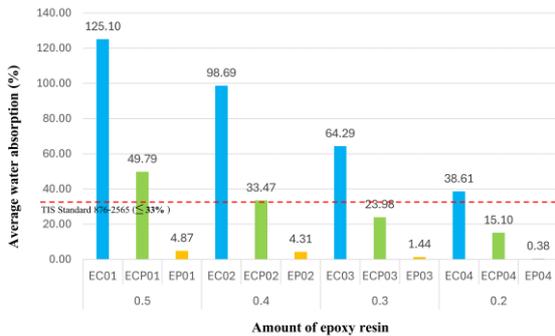
ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

ชั้นทดสอบวัสดุผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ EP04 ที่อัตราส่วนผสม 1:0.2 มีค่าความหนาแน่นสูงสุดที่ 1075.51 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องจากมีอัตราส่วนของอีพ็อกซีเรซิน (ตัวประสาน) มีค่าความหนาแน่นสูงกว่าเส้นใยผ้า สอดคล้องกับการศึกษาของเดฟ และคณะ (Dev et al.) (2024) ที่พบว่า สัดส่วนเส้นใยโพลีเอสเตอร์ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่น

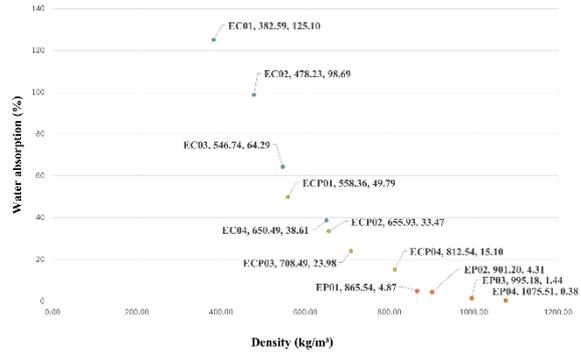
และสมบัติเชิงกลของวัสดุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และยังคงคล้องกับการศึกษาของมาริเชลวัมและคณะ (Marichelvam et al.) (2023) ที่พบว่า เส้นใยจากธรรมชาติมีความหนาแน่นต่ำ เนื่องจากโครงสร้างภายในที่มีรูพรุนและช่องว่างจำนวนมาก ต่างจากเส้นใยสังเคราะห์ที่มีความหนาแน่นสูงกว่าอย่างชัดเจน

เมื่อนำค่าความหนาแน่นมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ มอก. 876-2565 พบว่า วัสดุผสมผ้ารีไซเคิลทั้งหมดมีค่าความหนาแน่นเกิน 400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ยกเว้นวัสดุผสมเส้นใยผ้าฝ้าย EC01 ที่อัตราส่วนผสม 1 (อีพ็อกซีเรซิน) : 0.5 (เส้นใยผ้าฝ้าย) ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (<400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

การดูดซึมน้ำ



ภาพ 4 การดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบ
ที่มา: ผู้วิจัย, 2568



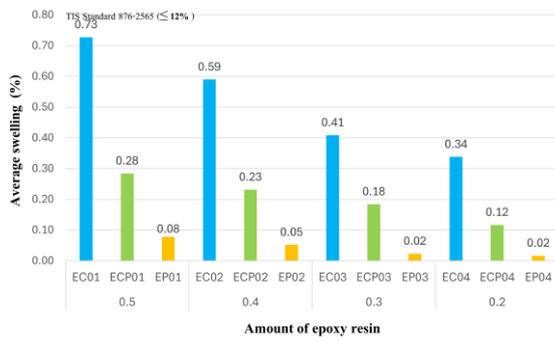
ภาพ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นต่อการดูดซึมน้ำ
ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

ภาพ 4 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำพบว่า วัสดุผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP) มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่าง 0.38% ถึง 4.87% ต่ำกว่าส่วนวัสดุผสมเส้นใยผ้าฝ้าย (EC) ที่มีค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำระหว่าง 38.61% ถึง 125.10% เนื่องจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์เป็นวัสดุสังเคราะห์ที่ดูดซึมน้ำได้ต่ำ ทำให้การกักเก็บน้ำของเส้นใยได้น้อยกว่าเส้นใยผ้าฝ้าย ส่วนวัสดุผสมทั้งเส้นใยผ้าฝ้ายกับแผ่นโพลีเอสเตอร์ (ECP) มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในระดับปานกลาง ชิ้นทดสอบวัสดุผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ EP04 ที่อัตราส่วนผสม 1:0.2 มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุดที่ 0.38% เนื่องจากมีปริมาณอัตราส่วนของอีพ็อกซีเรซินที่เป็นวัสดุไม่ดูดซึมน้ำมากกว่าปริมาณของแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ ผลลัพธ์สอดคล้องกับการศึกษาของอาลี และคณะ (Ali et al.) (2018) ที่พบว่า การใช้เส้นใยธรรมชาติส่งผลให้การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากโครงสร้างเซลล์โลสที่มีการดูดซึมน้ำสูง ในขณะที่เส้นใยสังเคราะห์เช่นโพลีเอสเตอร์สามารถลดการดูดซึมน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ผลที่ได้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของเอลซาดา และคณะ (Elsada et al.) (2020) ที่พบว่า การผสมเส้นใยธรรมชาติกับเส้นใยสังเคราะห์จะส่งผลให้วัสดุมีความสมดุลในการดูดซึมน้ำดีขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้เส้นใยธรรมชาติอย่างเดียว

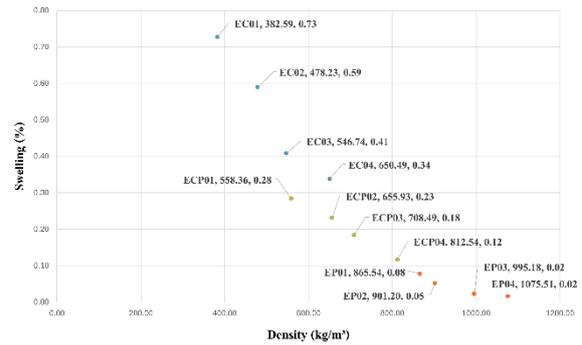
เมื่อนำค่าการดูดซึมน้ำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ มอก. 876-2565 พบว่า วัสดุผสมทั้งเส้นใยผ้าฝ้ายกับแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ ECP03 และ ECP04 มีค่าการดูดซึมน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (<33%) ส่วนวัสดุผสมเส้นใยผ้าฝ้ายทั้งหมด (EC) มีค่าการดูดซึมน้ำเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

ภาพ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำ พบว่า เมื่อชิ้นทดสอบวัสดุผสมผ้ารีไซเคิลทั้งหมดมีค่าความหนาแน่นสูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำต่ำลง เนื่องมาจากโครงสร้างของเนื้ออีพ็อกซีเรซินที่มีความหนาแน่นสูงมีการยึดเกาะกันแน่นจึงเกิดช่องว่าง (โพรงอากาศ) น้อย ทำให้มีการกักน้ำได้ต่ำ ซึ่งแตกต่างกับเส้นใยผ้าที่มีโพรงอากาศจำนวนมาก ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของเซการ์ และคณะ (Sekar et al.) (2022) ที่พบว่า ความหนาแน่นของวัสดุผสมเส้นใยมีผลต่อการดูดซึมน้ำ และงานวิจัยของบัคชาน และคณะ (Bachchan et al.) (2022) ที่พบว่า การเพิ่มความหนาแน่นของวัสดุโดยการปรับโครงสร้างหรือชนิดของเส้นใยจะช่วยลดสมบัติการดูดซึมน้ำของวัสดุผสมได้

การพองตัว



ภาพ 6 การพองตัวของชิ้นทดสอบ
ที่มา: ผู้วิจัย, 2568



ภาพ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและการพองตัว
ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

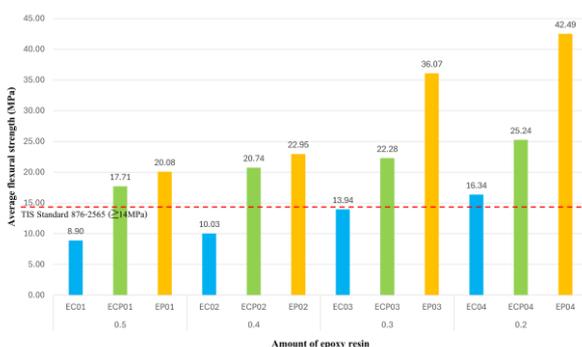
ภาพ 6 แสดงให้เห็นว่า วัสดุผสมเส้นใยฝ้าย (EC) มีค่าเฉลี่ยการพองตัวสูงสุด ส่วนวัสดุผสมทั้งเส้นใยฝ้ายกับแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (ECP) (0.12–0.28%) และวัสดุผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP) (0.02–0.08%) ตามลำดับ เนื่องจากโครงสร้างของเส้นใยฝ้ายที่เป็นเซลลูโลสส่งผลให้มีการดูดซึมน้ำสูงทำให้เกิดการขยายตัวของวัสดุสูงขึ้น ส่วนแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ที่เป็นพลาสติกมีโครงสร้างที่หนาแน่นและดูดซึมน้ำต่ำทำให้การขยายตัวของวัสดุน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานศึกษาของ บัชชานและคณะ (Bachchan et al.) (2022) พบว่า วัสดุผสมที่เสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติมีแนวโน้มการขยายตัวสูงกว่าวัสดุผสมเส้นใยสังเคราะห์ เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติมีลักษณะเป็นรูพรุนมากกว่าและดูดซึมน้ำได้ดี นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของปิ่น และจง (Pan and Zhong) (2015) ที่พบว่า การผสมเส้นใยธรรมชาติกับเส้นใยสังเคราะห์จะช่วยลดค่าการพองตัวได้อย่างชัดเจน

เมื่อนำค่าการพองตัวมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของ มอก. 876-2547 พบว่า วัสดุผสมผ้ารีไซเคิลทั้งหมดมีค่าการพองตัวน้อยกว่า 12% ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

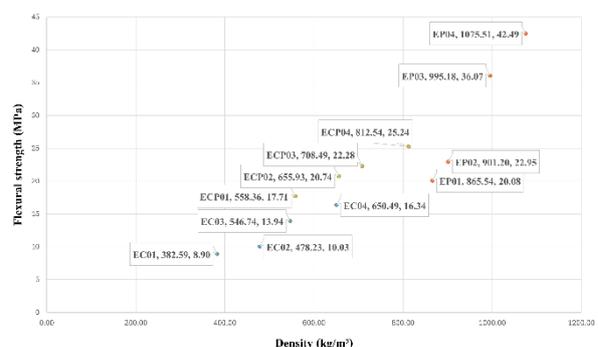
ภาพ 7 แสดงให้เห็นว่า วัสดุผสมผ้ารีไซเคิลเมื่อมีค่าความหนาแน่นมากขึ้นจะส่งผลให้มีค่าการพองตัวต่ำลง เนื่องจากวัสดุผสมที่มีความหนาแน่นสูงจะช่วยลดการขยายตัวของวัสดุจากการดูดซึมน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จาเวดและคณะ (Jawaid et al.) (2013) ที่พบว่า ความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นจากการอัดขึ้นรูปของวัสดุผสมเส้นใยที่มีคุณภาพ สามารถช่วยลดการพองตัวของวัสดุได้ และงานวิจัยของเฮา และคณะ (Hao et al.) (2020) ที่พบว่า วัสดุผสมเส้นใยธรรมชาติและสังเคราะห์ที่มีความหนาแน่นมากส่งผลต่อการพองตัวอย่างชัดเจน

สมบัติทางกล

การต้านทานแรงดัด



ภาพ 8 การต้านทานแรงดัดของชิ้นทดสอบทั้งหมด
ที่มา: ผู้วิจัย, 2568



ภาพ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและการรับแรงดัด
ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

จากภาพ 8 แสดงผลการทดสอบค่าการต้านทานแรงดัดของชิ้นทดสอบทั้งหมดพบว่า วัสดุผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP) มีค่าเฉลี่ยระหว่าง (20.08–42.49 MPa) สูงกว่าวัสดุผสมระหว่างเส้นใยและแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (ECP) และวัสดุผสมเส้นใยฝ้าย (EC) ตามลำดับ ชิ้นทดสอบวัสดุผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ EP04 ที่อัตราส่วนผสม 1 (อีพ็อกซีเรซิน) : 0.2 (แผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์) มีค่าการต้านทานแรงดัดสูงสุดที่ 42.49 MPa เนื่องจากแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์มีเส้นใยจำนวนมากที่ล็อกทอกัน อย่างเป็นระเบียบจึงสามารถช่วยรับแรงและกระจายแรงได้ดี ส่วนวัสดุผสมเส้นใยฝ้ายต้านทานแรงดัดได้ต่ำสุด เนื่องจากลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยแบบสุ่มจึงมีการยึดเกาะกับอีพ็อกซีเรซินได้ไม่ทั่วถึงทุกจุด ทำให้เกิดฟองอากาศที่เส้นใยฝ้าย จึงส่งผลต่อการกระจายแรงได้น้อย ค่าการต้านทานแรงดัดของวัสดุผสมผ้ารีไซเคิลทั้งหมดพบว่า เมื่อปริมาณผ้ารีไซเคิล ในอัตราส่วนผสมน้อยลงจะส่งผลให้ค่าการต้านทานแรงดัดสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อวัสดุผสม (ใยผ้า) จะทำให้ตัวประสาน (อีพ็อกซีเรซิน) มากขึ้น ทำให้เกิดความแข็งแรงสูงขึ้น ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของเดฟ และคณะ (Dev et al.) (2024) ที่พบว่าการผสมเส้นใยโพลีเอสเตอร์ในวัสดุช่วยเพิ่มค่าการต้านทานแรงดัดได้ดี และการศึกษาของ ปุตตัสวามีกาวตา และคณะ (Puttaswamygowda et al.) (2024) ที่พบว่าสัดส่วนเส้นใยสังเคราะห์ที่เพิ่มขึ้นในวัสดุผสมช่วยเพิ่มความแข็งแรงเชิงกล ได้ดีกว่าเส้นใยธรรมชาติเพียงอย่างเดียว

เมื่อนำค่าการต้านทานแรงดัดของวัสดุผสมผ้ารีไซเคิลมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ มอก. 876-2565 พบว่าวัสดุผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP) และวัสดุผสมทั้งเส้นใยและวัสดุผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (ECP) ของทุกอัตราส่วนผสมสูงกว่า 14 MPa ส่วนวัสดุผสมเส้นใยฝ้าย (EC) มีค่าการต้านทานแรงดัดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

จากภาพ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับค่าการต้านทานแรงดัดพบว่า เมื่อค่าความหนาแน่น เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าการรับแรงดัดเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นความจริงที่ว่า ค่าความหนาแน่นของวัสดุอีพ็อกซีเรซินสูงกว่าวัสดุเส้นใยผ้าในการผลิตชิ้นทดสอบเมื่ออัตราส่วนของปริมาณอีพ็อกซีเรซินเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณเส้นใยผ้าลดลงทำให้ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจึงสามารถต้านทานแรงดัดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของวัง และคณะ (Wang et al.) (2023) ที่พบว่าการเพิ่มความหนาแน่นของวัสดุผสมเส้นใยช่วยเพิ่มสมบัติทางกลของวัสดุอย่างมีนัยสำคัญ และการศึกษาของ ซามูเอล และคณะ (Samuel et al.) (2021) พบว่า วัสดุผสมเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ เมื่อปรับโครงสร้างให้มีความหนาแน่นมากขึ้นจะส่งผลต่อค่าโมดูลัสและค่าความแข็งแรงสูงขึ้น

การเปรียบเทียบสมบัติของวัสดุก่อสร้าง

ตาราง 4 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติของวัสดุอีพ็อกซีเรซินผสมผ้ารีไซเคิลที่มีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไม้อัด (มอก. 876-2565) กับสมบัติของวัสดุก่อสร้างและตกแต่งที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์ พบว่า วัสดุผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP04) ที่อัตราส่วน 1 (อีพ็อกซีเรซิน) : 0.2 (แผ่นผ้ารีไซเคิล) มีค่าการรับแรงดัดอยู่ในช่วงใกล้เคียงกับแผ่นไม้อัด แม้มีค่าความหนาแน่นที่สูงกว่า แต่มีค่าการดูดซึมน้ำและการพองตัวที่ต่ำกว่ามาก ส่วนวัสดุผสมทั้งเส้นใยฝ้ายกับแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (ECP04) ที่อัตราส่วน 1:0.2 มีค่าการรับแรงดัดสูงกว่าแผ่นยิปซัมบอร์ด มีค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกัน มีค่าการดูดซึมน้ำและการพองตัวที่น้อยกว่า

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า วัสดุผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP04) น่าสนใจในการพัฒนาต่อยอดเป็นวัสดุไม้อัดสำหรับตกแต่งประกอบอาคารและเฟอร์นิเจอร์ที่มีความแข็งแรง ทนน้ำ และมีสี สัน ลวดลายตามการจัดวางผ้าได้ ส่วนวัสดุผสมทั้งเส้นใยฝ้ายกับแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (ECP04) น่าสนใจในการพัฒนาต่อยอดเป็นแผ่นยิปซัมบอร์ดสำหรับตกแต่งฝ้าอาคารที่มีสี สัน ทนน้ำกว่าแผ่นยิปซัมบอร์ด

ตาราง 4 การเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล

สมบัติ	ความหนาแน่น (kg/m ³)	การดูดซึมน้ำ (%)	การพองตัว (%)	แรงตัด (MPa)
EP04 (1:0.2)	1,075.51	0.38	0.02	42.49
ECP04 (1:0.2)	812.54	15.10	0.12	25.24
EC04 (1:0.2)	650.49	38.61	0.34	16.34
แผ่นยิปซัมบอร์ด (Gypsum board)	700-900	20-38	0.15-0.25	5-9
ไม้อัด (Plywood)	500-700	30-50	1-5	30-50
แผ่นซีเมนต์ไฟเบอร์ (Fiber- Cement board)	1,200-1,400	25-30	0.10-0.30	12-18

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

ด้วยลักษณะตัวประสานที่ใสของอีพ็อกซีเรซิน เมื่อนำส่วนผสมผ้ารีไซเคิลมาผสมและประกอบเป็นแผ่นจะมองเห็นเนื้อผ้าที่มีสีสัน ลวดลายต่าง ๆ ได้ดี ผิวบนใสและมันวาว ทำให้วัสดุนี้สามารถสร้างสรรค์ผลงานศิลปะผ้าหรือนำลายของการถักทอผ้าแสดงบนวัสดุนี้ได้ สร้างเอกลักษณ์ที่โดดเด่น และมีคุณค่าทางสุนทรียภาพควบคู่กับทางวิศวกรรม



ภาพ 10 แผ่นวัสดุอีพ็อกซีเรซินผสมผ้ารีไซเคิล

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการประเมินศักยภาพของวัสดุอีพ็อกซีเรซินผสมผ้ารีไซเคิลเพื่อนำมาพัฒนาเป็นวัสดุตกแต่งอาคาร สามารถสรุปได้ว่า

- ลักษณะแผ่นขึ้นทดสอบทั้งเส้นใยผ้าฝ้าย (EC) และแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP) เมื่อผสมกับอีพ็อกซีเรซินที่มีความใสจะเห็นผิวและสีของผ้าได้ชัดเจน โดยแผ่นวัสดุผสมเส้นใยผ้าฝ้ายมีผิวด้าน เส้นใยเรียงกันหลากหลายสีสลับกันอิสระ ส่วนแผ่นวัสดุผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์มีผิวเรียบสม่ำเสมอและมันเงากว่า ซึ่งสามารถละสี และจัดวางสีเส้นได้ตามต้องการ

- การใช้ชนิดเส้นใยผ้าฝ้าย (EC) แผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP) และเส้นใย และแผ่นผ้าทั้งสอง (ECP) กับตัวประสานที่ใส (อีพ็อกซีเรซิน) ส่งผลต่อสมบัติของวัสดุที่แตกต่างกัน โดยการเพิ่มปริมาณผ้าในส่วนผสมจะทำให้มีค่าความหนาแน่น และค่ารับแรงตัดต่ำลง ส่วนค่าการพองตัวและการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้น วัสดุผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์(EP) มีค่าความหนาแน่นสูง และมีค่าการรับแรงตัดสูงกว่าวัสดุผสมเส้นใยและแผ่นผ้าทั้งสอง (ECP) และวัสดุผสมเส้นใยผ้าฝ้าย (EC) ตามลำดับ

- อัตราส่วนที่เหมาะสมที่แนะนำอยู่ที่ 1:0.2 (อีพ็อกซีเรซิน : เส้นใยผ้า) ซึ่งมีสมบัติการรับแรงตัดสูง มีค่าการดูดซึมน้ำ การพองตัวต่ำ และมีเสถียรภาพทางมิติ วัสดุผสมแผ่นผ้าโพลีเอสเตอร์ (EP04) มีประสิทธิภาพในการต้านทานแรงตัดได้สูงสุดที่ 42.49 MPa วัสดุผสมเส้นใยและแผ่นผ้าทั้งสอง (ECP04) และวัสดุผสมเส้นใยผ้าฝ้าย (EC04) มีค่าการรับแรงตัดลดลงตามลำดับ แต่ยังคงผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไม้อัด (มอก. 876-2565) ที่กำหนดให้มีค่าการต้านทานแรงตัด ≥ 14 MPa

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การพัฒนาวัสดุอีพ็อกซีเรซินผสมเส้นใยผ้าเป็นวัสดุก่อสร้างเพื่อการตกแต่งทางเลือกใหม่ที่สีสันและผลงานศิลปะลายผ้าช่วยเพิ่มมูลค่าเศษผ้าเหลือใช้ ช่วยลดปริมาณขยะสิ่งทอรวมถึงสามารถย่อยดเชิงพาณิชย์ได้

ข้อเสนอแนะ

- ควรมีการทดสอบสมบัติอื่นเพิ่มเติม เช่น โมดูลัสความยืดหยุ่น การลามไฟ การป้องกันเสียง การนำความร้อน เป็นต้น
- ควรทดลองใช้ตัวประสานชนิดต่าง ๆ เช่น โพลีเอสเตอร์เรซิน ซิเอร์เรซิน เป็นต้น
- ควรมีการพัฒนาออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง ประเมินความพึงพอใจ และทดสอบการใช้งานจริง เป็นต้น

บรรณานุกรม

- ทศพร ชวัญปั้นเจริญ. (2555). *การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยผ้าใยสังเคราะห์เซลลูโลส* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยศิลปากร]. Silpakorn University Repository (SURE).
<https://sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/6099>
- นนทลี อิงแก้ว. (2560). *การพัฒนาวัสดุกันกระสุนจากวัสดุผสมอีพอกซีเสริมแรงด้วยเส้นใยชานอ้อย* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD).
<https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/1815/>
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2565). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ*. มอก. 876-2565.
<https://a.tisi.go.th/t/?n=6877>
- Abrishami, S., Shirali, A., Sharples, N., Kartal, G. E., Macintyre, L., & Doustdar, O. (2024). Textile recycling and recovery: An eco-friendly perspective on textile and garment industries challenges. *Textile Research Journal*, 94(23-24), 2815-2834. <https://doi.org/10.1177/00405175241247806>
- Ali, A., Shaker, K., Nawab, Y., Jabbar, M., Hussain, T., Militky, J., & Baheti, V. (2018). Hydrophobic treatment of natural fibers and their composites—A review. *Journal of Industrial Textiles*, 47(8), 2153-2183.
- Amaraweera, S. M., Gunathilake, C., Gunawardene, O. H. P., Fernando, N. M. L., Wanninayaka, D. B., Dassanayake, R. S., Rajapaksha, S. M., Manamperi, A., Fernando, C. A. N., Kulatunga, A. K., & Manipura, A. (2021). Development of starch-based materials using current modification techniques and their applications: A review. *Molecules*, 26(22).
- Apparel, S. o. M. (2023, December 11). *10 scary statistics about fast fashion & the environment*.
<https://stateofmatterapparel.com/blogs/som-blog/10-scary-statistics-about-fast-fashion-the-environment>
- Ayed, R., Borri, E., Zsembinszki, G., Bouadila, S., Cabeza, L. F., & Lazaar, M. (2024). *Use of textile fiber waste to improve the thermal and mechanical performance of cement-based mortar*. In V. Ungureanu, L. Bragança, C. Baniotopoulos, K. M. Abdalla (Eds.), 4th International Conference "Coordinating Engineering for Sustainability and Resilience" & Midterm Conference of CircularB "Implementation of Circular Economy in the Built Environment" (pp. 273-281). Timișoara, Romania.
- Bachchan, A. A., Das, P. P., & Chaudhary, V. (2022). Effect of moisture absorption on the properties of natural fiber reinforced polymer composites: A review. *Materials Today: Proceedings*, 49, 3403-3408.
- Capitalread. (2023, September 7). *Fabric specialist*. <https://capitalread.co/moreloop/>
- Dallaev, R., Pisarenko, T., Papež, N., Sadovský, P., & Holcman, V. (2023). A brief overview on epoxies in electronics: Properties, applications, and modifications. *Polymers (Basel)*, 15(19).
<https://doi.org/10.3390/polym15193964>
- Dev, B., Rahman, M. A., Tazrin, T., Islam, M. S., Datta, A., & Rahman, M. Z. (2024). Investigation of mechanical properties of nonwoven recycled cotton/PET fiber-reinforced polyester hybrid composites. *Macromolecular Materials and Engineering*, 309(6), 2400020.
- Elsada, R., El-Wazery, M., & EL-Kelityb, A. (2020). Effect of water absorption on the tensile characteristics of natural/synthetic fabrics reinforced hybrid composites. *Elastic*, 1500, 700.

- Fekiač, J. J., Krbata, M., Kohutiar, M., Janík, R., Kakošová, L., Breznická, A., Eckert, M., & Mikuš, P. (2025). Comprehensive review: Optimization of epoxy composites, mechanical properties, & technological trends. *Polymers*, 17(3).
- Hao, X., Zhou, H., Mu, B., Chen, L., Guo, Q., Yi, X., Sun, L., Wang, Q., & Ou, R. (2020). Effects of fiber geometry and orientation distribution on the anisotropy of mechanical properties, creep behavior, and thermal expansion of natural fiber/HDPE composites. *Composites Part B: Engineering*, 185, 107778. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.107778>
- Haq, U. N., & Alam, S. M. R. (2023). Implementing circular economy principles in the apparel production process: Reusing pre-consumer waste for sustainability of environment and economy. *Cleaner Waste Systems*, 6, 100108. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clwas.2023.100108>
- Hassan, T., Jamshaid, H., Mishra, R., Khan, M. Q., Petru, M., Novak, J., Choteborsky, R., & Hromasova, M. (2020). Acoustic, mechanical and thermal properties of green composites reinforced with natural fibers waste. *Polymers*, 12(3).
- Heudorfer, K., Bauer, J., Caydamli, Y., Gompf, B., Take, J., Buchmeiser, M. R., & Middendorf, P. (2023). Method of manufacturing structural, optically transparent Glass Fiber-Reinforced Polymers (tGFRP) using infusion techniques with epoxy resin systems and e-glass fabrics. *Polymers*, 15(9).
- Jawaid, M., Alothman, O. Y., Paridah, M. T., & Abdul Khalil, H. P. S. (2013). Effect of fiber treatment on dimensional stability and chemical resistance properties of hybrid composites. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*, 18(8), 608-616. <https://doi.org/10.1080/1023666X.2013.842332>
- Kagitci, E. (2020). *Upcycling textile waste from the fashion industry as a sustainable building material for architectural design* [Unpublished master thesis]. Politecnico Milano.
- Kim, D. K., Choi, Y. H., Kim, K. W., & Kim, B. J. (2023). Transparent glass-fiber-reinforced epoxy composites and their optical characteristics. *Composites Science and Technology*, 232, 109848. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2022.109848>
- Knapčíková, L., & Behúnová, A. (2020). Research of casting moulding of epoxy resin composites reinforced with high-strength fibres during the manufacturing operations. *TEM J*, 9, 1488-1493.
- Koutsos, V. (2025). Interfacial adhesion between fibres and polymers in fibre-reinforced polymer composites. *Adhesives*, 1(3), 11. <https://www.mdpi.com/3042-6081/1/3/11>
- Marichelvam, M., Kumar, C. L., Kandakodeeswaran, K., Thangagiri, B., Saxena, K. K., Kishore, K., Wagri, N. K., & Kumar, S. (2023). Investigation on mechanical properties of novel natural fiber-epoxy resin hybrid composites for engineering structural applications. *Case Studies in Construction Materials*, 19, e02356.
- Nairn, J. A. (1997). On the use of shear-lag methods for analysis of stress transfer in unidirectional composites. *Mechanics of Materials*, 26(2), 63-80.
- Niinimäki, K., Peters, G., Dahlbo, H., Perry, P., Rissanen, T., & Gwilt, A. (2020a). Author correction: The environmental price of fast fashion. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(5), 278-278. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0054-x>
- Niinimäki, K., Peters, G., Dahlbo, H., Perry, P., Rissanen, T., & Gwilt, A. (2020b). The environmental price of fast fashion. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(4), 189-200. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9>

- Pan, Y., & Zhong, Z. (2015). The effect of hybridization on moisture absorption and mechanical degradation of natural fiber composites: An analytical approach. *Composites Science and Technology*, *110*, 132-137. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2015.02.005>
- Puttaswamygowda, P. H., Sharma, S., Ullal, A. K., & Shettar, M. (2024). Synergistic enhancement of the mechanical properties of epoxy-based coir fiber composites through alkaline treatment and nanoclay reinforcement. *Journal of Composites Science*, *8*(2).
- Sadrolodabae, P., Claramunt, J., Ardanuy, M., & de la Fuente, A. (2021). A textile waste fiber-reinforced cement composite: Comparison between short random fiber and textile reinforcement. *Materials*, *14*.
- Saha, K., Dey, P. K., & Kumar, V. (2024). A comprehensive review of circular economy research in the textile and clothing industry. *Journal of Cleaner Production*, *444*, 141252. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141252>
- Samuel, B. O., Sumaila, M., & Dan-asabe, B. (2021). Manufacturing of a natural fiber/glass fiber hybrid reinforced polymer composite (PxGyEz) for high flexural strength: An optimization approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *119*, 2077-2088.
- Sangrutsamee, V., Kritsanapan, A., Sripanom, T., Rattanachai, N., Khamput, P., Wongbumru, T., & Chininthorn, P. (2022). New alternative recycled cloth fiber based on cement. *International Journal of Building, Urban, Interior and Landscape Technology (BUILT)*, *20*, 49-58.
- Seid, A. M., & Adimass, S. A. (2024). Review on the impact behavior of natural fiber epoxy based composites. *Heliyon*, *10*(20), e39116. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39116>
- Sekar, S., Suresh, K. S., Vigneshwaran, S., & Velmurugan, G. (2022). Evaluation of mechanical and water absorption behavior of natural fiber-reinforced hybrid biocomposites. *Journal of Natural Fibers*, *19*(5), 1772-1782. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1788487>
- Srichola, P., Witthayolankowit, K., Sukyai, P., Sampoompuang, C., Lobyam, K., Kampakun, P., & Toomtong, R. (2023). Recycling of nanocellulose from polyester-cotton textile waste for modification of film composites. *Polymers (Basel)*, *15*(15). <https://doi.org/10.3390/polym15153324>
- Wang, X., Wei, M., Kovshar, S., & Leonovich, S. (2023). *Effect of fiber type and volume fraction on the mechanical properties of structural concrete*. DOI:10.21203/rs.3.rs-2544121/v1
- Wang, Y., & Mertiny, P. (2024). Mechanical and thermal properties of epoxy resin upon addition of low-viscosity modifier. *Polymers (Basel)*, *16*(17). <https://doi.org/10.3390/polym16172403>
- Witthayolankowit, K., Boonyarit, J., Srichola, P., Rungruangkitkrai, N., Apipatpapha, T., & Chollakup, R. (2023). Drought tolerant plants' fiber and recycled PET co-fibrous composite as acoustic absorbers and thermal insulators. *Journal of Natural Fibers*, *20*(2), 2277842. <https://doi.org/10.1080/15440478.2023.2277842>
- Zonatti, W. F., Guimarães, B. M. G., Duleba, W., & Ramos, J. B. (2015). Thermoset composites reinforced with recycled cotton textile residues. *Textiles and Clothing Sustainability*, *1*(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s40689-014-0001-7>