

การศึกษาแผ่นวัสดุคอมโพสิตทดแทนไม้จากชิ้นไม้ยางพารา กับอีพ็อกซีเรซิน

อติพันธ์ ลอยเมืองกลาง^{1,*}, จามร วสุรัตน์มณี¹, ศิริชัย ยศวังใจ¹ และ ทรงวิทย์ ศรีจันทร์รักษ์¹

¹ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: atipunt.l@cit.kmutnb.ac.th โทรศัพท์: 086-9759289

(รับบทความ: 1 เมษายน 2568; แก้ไขบทความ: 1 มิถุนายน 2568; ตอรับบทความ: 30 มิถุนายน 2568)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการขึ้นรูปแผ่นวัสดุคอมโพสิตทดแทนไม้จากชิ้นไม้ยางพารา กับอีพ็อกซีเรซิน ขึ้นรูปโดยใช้อีพ็อกซีเรซินเป็นตัวประสานให้ติดกันภายใต้ความร้อนและแรงอัด ทำการศึกษาสูตรและอัตราส่วนผสมของ วัสดุ คือ อีพ็อกซีเรซิน 15, 35 และ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ความหนาแน่น 500, 700 และ 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลตามมาตรฐาน EN312 Particle Boards – Specifications ได้แก่ การทดสอบปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึง ตั้งฉากกับผิวหน้า ความยืดหยุ่นของผิวหน้า และการทดสอบมุมสัมผัส (Air-Water Contact Angle Measurement) ซึ่งแสดงสมบัติการกันน้ำของแผ่นผลิตภัณฑ์ อีกทั้งทำการวิเคราะห์รูพรุนบนพื้นผิวด้วยกล้อง Digital Microscope กำลังขยาย 1000 เท่า ตรวจสอบความหยาบผิวด้วยวิธีการประมวลผลจากภาพสแกน (Surface Roughness) พร้อมทั้ง ทดสอบความทนทานของพื้นผิววัสดุต่อการขัดถู (Abrasion Resistance) เพื่อทดสอบความคงทนของพื้นผิว ซึ่งผลของ งานวิจัยนี้สามารถสร้างวัสดุคอมโพสิตชนิดใหม่ขึ้นมาแทนแผ่นชิ้นไม้อัด (Particle Board) ที่มีจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นจาก การใช้แผ่นชิ้นไม้อัดไปนาน ๆ แล้วเกิดการหลุดล่อนออกของตัวชิ้นไม้ มีการบวมพองที่เกิดจากความชื้นหรือน้ำ โดยแผ่น วัสดุทดแทนไม้ที่ได้ทำการศึกษานี้ มีคุณสมบัติที่ทนทาน ป้องกันรอยขีดข่วนได้ดี และทำให้แผ่นวัสดุทดแทนไม้มีความ แข็งแรงเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: แผ่นวัสดุคอมโพสิต แผ่นวัสดุทดแทนไม้ อีพ็อกซีเรซิน

การอ้างอิงบทความ: อติพันธ์ ลอยเมืองกลาง, จามร วสุรัตน์มณี, ศิริชัย ยศวังใจ และ ทรงวิทย์ ศรีจันทร์รักษ์, "การศึกษาแผ่น วัสดุคอมโพสิตทดแทนไม้จากชิ้นไม้ยางพารา กับอีพ็อกซีเรซิน," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย กาฬสินธุ์, ปีที่ 3, ฉบับที่ 4, หน้า 1-16, 2568.

Studies of Wood-Substituted Composite Boards from Rubber Wood Waste with Epoxy Resin

Atipunt Loymuangklang^{1,*}, Jamon Wasuratmanee¹, Sirichai Yodwangjai¹ and Songwit Srijunruk¹

¹Department of Industrial Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

* Corresponding Author: atipunt.l@cit.kmutnb.ac.th, Tel: 086-9759289

(Received: April 1, 2025; Revised: June 1, 2025; Accepted: June 30, 2025)

Abstract

This research investigates the process of forming wood-substituted composite boards from rubber wood waste bonded with epoxy resin. The epoxy resin serves as a binder under controlled heat and pressure. The study explores three different resin weight proportions—15%, 35%, and 50%—with board densities of 500, 700, and 900 kg/m³. Physical and mechanical properties were evaluated according to EN312 Particle Board Specifications, including moisture content, water absorption, thickness swelling, modulus of rupture, modulus of elasticity, internal bonding, surface soundness, and air–water contact angle, which indicates the water resistance of the board. Surface porosity was examined using a digital microscope at 1000x magnification, while surface roughness was analyzed through image-based processing. Abrasion resistance testing was conducted to assess surface durability. The results demonstrate that the composite boards exhibit enhanced mechanical strength, moisture resistance, and surface durability compared to conventional particle boards. The study presents a promising alternative to traditional wood-based particle boards, addressing common issues such as delamination and swelling due to moisture, and offering a durable, scratch-resistant solution from recycled rubber wood waste.

Keywords: Composite Board, Wood Substitute, Epoxy Resin

Please cite this article as: A. Loymuangklang, J. Wasuratmanee, S. Yodwangjai and S. Srijunruk, “Studies of Wood-Substituted Composite Boards from Rubber Wood Waste with Epoxy Resin,” *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 3, no. 4, pp. 1-16, 2025.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมายังมีความต้องการใช้ไม้ อยู่ในปริมาณมาก ในขณะที่ไม้ธรรมชาติมีราคาแพง และหายาก จึงได้มีการพัฒนาแผ่นไม้อัด ซึ่งมีลักษณะ เป็นไม้แผ่นประกอบเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการ ก่อสร้างหรือทำเป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้จริงที่ขาดแคลน เช่น แผ่นชั้นไม้อัด (Particle Board) แผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboard; MDF) ไม้อัดเรียงเส้นหรือโอเอสบี (Oriented Strand Board; OBS) ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งในการพัฒนาวัสดุผสมในปัจจุบันนอกจากมุ่งเน้นไปในเรื่องการปรับปรุงคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุให้ดีขึ้นแล้ว ยังต้องคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้งานควบคู่กันไปด้วย โดยในการทำแผ่นชั้นไม้อัดมีกระบวนการในการผลิตจากการนำชิ้นไม้ หรือชิ้นวัสดุกลึงโนเซลลูโลสอื่น ๆ ที่ถูกย่อยให้มีขนาดต่าง ๆ มาขึ้นรูปเป็นแผ่น โดยมีกาวเป็นตัวประสานให้ติดกันภายใต้ความร้อนและแรงอัด กาวที่ใช้เป็นตัวประสานที่นำมาทำวัสดุทดแทนไม้ หรือไม้ประกอบ (Wood - Substitute Composites) ที่นิยมใช้ในงานไม้ ได้แก่ กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ (UF, Urea Formaldehyde) เป็นกาวที่นิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยกาวมีลักษณะใส และใช้กันมากในงานปิดผิวไม้บางสำหรับงานเครื่องเรือน เหมาะต่อการใช้งานที่ทนทานต่อความชื้นแต่ไม่ต้านทานน้ำ และกาวเมลามีน - ฟอร์มาลดีไฮด์ (MF, Melamine Formaldehyde) เป็นกาวที่คล้ายกับกาว UF โดยกาวมีลักษณะใส มีคุณสมบัติในการต้านทานต่อความชื้นและสภาพการใช้งานที่เปียกชื้น จึงนิยมใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิ้ล (Particle Board) แต่ควรจะต้องระมัดระวังเพราะว่า สารฟอร์มาลดีไฮด์เป็นมลพิษทางอากาศสามารถพบได้ในอากาศภายในอาคาร โดยอุตสาหกรรมในประเทศไทยส่วนใหญ่จะมีการใช้ ฟอร์มาลดีไฮด์ เพื่อนำไปผลิตยูเรีย ฟอร์มาลดีไฮด์สูงถึงร้อยละ 70 ของการผลิตทั้งหมด ซึ่งปัจจัยที่ทำให้ฟอร์มาลดีไฮด์ถูกปล่อยออกจาก

เฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ คือ อุณหภูมิที่สูง และการระบายอากาศที่ไม่ดีพอ อาจต้องมีการสัมผัสกับสาร ฟอร์มาลดีไฮด์ที่แอบแฝงตามงานเฟอร์นิเจอร์ อุปกรณ์สำนักงาน และงานเครื่องเรือน เป็นต้น [1] ทั้งนี้ยังพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งานแผ่นวัสดุทดแทนไม้หรือไม้ประกอบไปนาน ๆ เกิดการหลุดล่อนออกของตัวชิ้นไม้ และเกิดการบวมพองที่เกิดจากความชื้นหรือน้ำ ส่งผลต่อความแข็งแรงของแผ่นชั้นไม้อัด และวัสดุปิดผิวล่อนออกได้

ไม้ยางพาราเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยอีกชนิดหนึ่ง มีผู้ประกอบการและเกษตรกรทำธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับยางพารา ประมาณ 1 ล้านครัวเรือน หรือประมาณ 6 ล้านคน ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกไม้ยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางพาราเป็นอันดับ 1 ของโลก นับตั้งแต่ พ.ศ. 2534 เป็นต้นมา โดยใน พ.ศ. 2561 มีการผลิตยางพาราจำนวน 14.56 ล้านตัน มีการส่งออกจำนวน 12.67 ล้านตัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 87 ของผลผลิตทั้งหมดสามารถทำรายได้เข้าประเทศได้ปีละกว่า 500,000 ล้านบาท แต่ในขั้นตอนการแปรรูปไม้ยางพารา ก่อให้เกิดของเสียต่อสิ่งแวดล้อม คือ เศษไม้ยางพารา ซึ่งที่ผ่านมามีการใช้ประโยชน์ในการนำมาผลิตแผ่นชั้นไม้อัด หรือเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลของ โรงไฟฟ้าชีวมวล (Biomass) เป็นต้น [2]

อีพ็อกซีเรซิน (Epoxy Resin) จัดอยู่ในกลุ่มเทอร์โมเซตติงโพลิเมอร์ (Thermosetting Polymer) คือ เมื่อผ่านกระบวนการผลิตในครั้งแรกแล้วจะมีความแข็งแรงทนทานเป็นอย่างมาก ไม่คืนรูป และไม่สามารถรีไซเคิล หรือนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยทั่วไปอีพ็อกซีเรซิน ได้จากการทำปฏิกิริยาของบิสฟีนอลเอ (Bisphenol A) กับอีพิคลอโรไฮดรินโมโนเมอร์ (Epichlorohydrin Monomer) และสารเพิ่มความแข็ง (Hardener) ซึ่งเป็นสารประเภทโพลิเอมีน (Polyamine) ที่มีคุณสมบัติในการอุดช่องว่างได้ดี [3] โดยหากใช้ในงานไม้ จะใช้อีพ็อกซีเรซินที่เป็นของเหลว มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ และไม่ใส่ตัวทำละลาย

บทความวิจัย (Research Article)

อื่นซึ่งจะแข็งตัวโดยปฏิกิริยาแบบรวมตัว (Addition Reaction) และไม่มีการสูญเสีย ผลผลิตจากปฏิกิริยา หรือมีการสูญเสียปริมาณเพียงเล็กน้อยขณะที่แข็งตัว [4] โดยประโยชน์และการนำไปใช้ของอีพ็อกซีเรซิน คือ ใช้เป็นกาวและสารยึดติด สามารถใช้ยึดติดกับวัสดุได้หลากหลายประเภท เช่น ไม้ เหล็ก ไฟเบอร์ แก้ว พลาสติก คอนกรีต เนื่องจากอีพ็อกซีเรซินมีคุณสมบัติ ทนต่อแรงกระแทก การขีดขูด เสียดสี ทนกรดและเบส ทนความร้อนได้ดี จึงมักถูกประยุกต์นำมาใช้ในงานภายในอาคาร

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการทดลองผลิต แผ่นวัสดุคอมโพสิตทดแทนไม้จากชิ้นไม้ยางพารา ที่มีอีพ็อกซีเรซิน เป็นตัวประสาน แทนการใช้กาว ยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ หรือ กาวเมลามีน – ฟอร์มาลดีไฮด์ โดยที่อีพ็อกซีเรซินมีคุณสมบัติที่แข็งแรงทนทาน ป้องกันรอยขีดข่วนได้ดี ยึดเกาะได้ดี ทนความชื้น ทนความร้อน และทนทานต่อสารเคมี กรด ด่าง น้ำมัน ด้วยคุณสมบัติต่าง ๆ ที่กล่าวมา จะทำให้ช่วยลด ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งานแผ่นวัสดุทดแทนไม้หรือไม้ประกอบได้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะโครงสร้างของแผ่นวัสดุคอมโพสิต เป็นการแบ่งตามการกระจายตัวของขนาดชิ้นไม้ ทางด้านความหนา คือ

1) แผ่นชิ้นไม้อัดแบบชั้นเดียว (Single Layer or Homogeneous Particleboard) หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาดเหมือนกัน มีส่วนผสมของกาวและสารเติมแต่งอย่างเดียวกัน ตลอดจนความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัด

2) แผ่นชิ้นไม้อัดแบบ 3 ชั้น (Three Layer Particleboard) หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่แบ่งตามลักษณะของชิ้นไม้ ออกเป็น 3 ชั้น ตลอดความหนาแน่นของแผ่นในแต่ละชั้นประกอบด้วย ชิ้นไม้

ที่ลักษณะและขนาด ตลอดจนส่วนผสมของกาวเหมือนกัน ปกติใช้ไม้ชิ้นขนาดเล็กและบางเป็นชั้น ผิวหน้าและหลัง ส่วนชั้นไส้ใช้ไม้ชิ้นขนาดใหญ่และหยาบกว่าปริมาณกาวที่ใช้ผสมในชั้นผิวทั้ง 2 หน้า มักมีมากกว่าในชั้นไส้ เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่สมดุลกัน มีผิวที่แข็งและแน่นขึ้น [5]

มาตรฐานการทดสอบแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ EN312 Particle Boards – Specifications ได้แก่ การทดสอบปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า ความยึดแน่นของผิวหน้า

ตารางที่ 1 มาตรฐานการทดสอบ ตามมาตรฐาน European Standards

ลำดับ	มาตรฐานการทดสอบ EN312 Particle Boards	
	การทดสอบสมบัติไม้อัดประกอบ	มาตรฐานการทดสอบ
1	ค่าความหนาแน่น (Density)	EN323
2	ความชื้น (Moisture Content)	EN322
3	พองตัวตามความหนา (Thickness Swelling)	EN317
4	ความต้านแรงดัด (MOR) (Modulus of Rupture)	EN310
5	โมดูลัสยืดหยุ่น (MOE) (Modulus of Elasticity)	EN310
6	ความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal Bonding)	EN319
7	ความยึดแน่นของผิวหน้า (Surface Soundness)	EN311
8	การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)	EN317

บทความวิจัย (Research Article)

2.1 ความสัมพันธ์ของมุมสัมผัสหยดน้ำกับระดับความไม่ชอบน้ำ (Contact Angle)

มุมสัมผัสหยดน้ำเป็นมุมระหว่างหยดน้ำกับพื้นผิว ณ จุดที่ทั้งสองพื้นผิวสัมผัสกัน ซึ่งจะมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินระดับความไม่ชอบน้ำและวิธีการวัดค่ามุมสัมผัส สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์การกระจายตัวของของเหลวบนพื้นผิว เป็นการวัดมุมระหว่างเส้นสัมผัสรอบนอกของหยดของเหลวที่อยู่บนพื้นผิวกับพื้นผิวแผ่นผลิตภัณฑ์ วิธีการในการวัดมุมสัมผัสสามารถทำได้โดยการวัดและปรับมุมเพื่อหาเส้นสัมผัสและอ่านค่ามุมผ่านช่องมองภาพ วิธีนี้ใช้กล้องถ่ายภาพของหยดน้ำแล้วนำรูปภาพของหยดน้ำมาเข้าโปรแกรมเพื่อคำนวณหามุมของหยดน้ำออกมาโดยชุดการทดสอบจะประกอบไปด้วย แหล่งกำเนิดแสง ฐานตั้งรองรับพื้นผิวทดสอบ อุปกรณ์สำหรับหยดของเหลว และกล้องถ่ายภาพ เกณฑ์การประเมินระดับความไม่ชอบน้ำจากมุมสัมผัส ตามมาตรฐาน STRI Guide 92/1 [6] ได้แบ่งระดับไฮโดรโฟบิกออกเป็น 7 ระดับ โดยระดับ 1 จะมีค่าความไม่ชอบน้ำสูงสุด และระดับ 7 จะมีค่าความไม่ชอบน้ำต่ำสุด ซึ่งวัดมุมสัมผัสของหยดน้ำ [7] ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การแบ่งระดับคุณสมบัติความไม่ชอบน้ำ

ระดับความไม่ชอบน้ำ	นิยาม
1	- มีเพียงหยดน้ำเป็นเม็ด ๆ กระจายแยกกันตามผิว - หยดน้ำส่วนใหญ่จะมีมุม $\theta > 80^\circ$
2	- มีเพียงหยดน้ำเป็นเม็ด ๆ กระจายแยกกันตามผิว - หยดน้ำส่วนใหญ่จะมีมุม $50^\circ < \theta < 80^\circ$
3	- มีเพียงหยดน้ำเป็นเม็ด ๆ กระจายแยกกันตามผิว - หยดน้ำส่วนใหญ่จะมีมุม $20^\circ < \theta < 50^\circ$ มีลักษณะเป็นหยดเพียงระยะเวลายาว ๆ

ตารางที่ 2 การแบ่งระดับคุณสมบัติความไม่ชอบน้ำ (ต่อ)

ระดับความไม่ชอบน้ำ	นิยาม
4	- มีทั้งหยดน้ำและรอยเปียกจากทางน้ำไหลให้เห็น - บริเวณที่เปียกตลอดน้อยกว่า 2 cm^2 พร้อมกับครอบคลุมพื้นที่น้อยกว่า 90% ของพื้นที่ทดลอง
5	- มีบริเวณที่เปียกตลอดบางแห่งมีพื้นที่มากกว่า 2 cm^2 แต่ยังครอบคลุมพื้นที่น้อยกว่า 90 % ของพื้นที่ทดลอง
6	- มีบริเวณที่เปียกตลอดครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 90 % ของพื้นที่ทดลอง แต่ยังมีบริเวณที่ไม่เปียกให้สังเกตได้ (เป็นจุดหรือรอยเล็ก ๆ)
7	- มีลักษณะเป็นฟิล์มน้ำปกคลุมพื้นที่ทดลองทั้งหมด

2.2 ความหยาบผิว (Surface roughness)

ผิวแผ่นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการขึ้นรูปมาแล้วนำมาส่องดูด้วยกล้อง Digital Microscope จะพบว่าผิวของชิ้นงานนั้นขรุขระเป็นลูกคลื่น ซึ่งชิ้นงานใดที่มีลูกคลื่นสูงก็แสดงว่าชิ้นงานนั้นมีความหยาบ ส่วนชิ้นงานที่มีคลื่นต่ำแสดงว่าผิวงานนั้นเรียบ ความหยาบผิวมีผลต่อการใช้งานเป็นอย่างมาก และมีความจำเป็นที่ต้องมีความรู้ความเข้าใจถึงความหมายของคำว่า

- ความหยาบผิว (Roughness) ประกอบด้วยความไม่สม่ำเสมอของผิวชิ้นงาน ซึ่งรูปแบบของรอยที่เกิดความสูงหรือความลึกของร่องรอยความไม่สม่ำเสมอ เป็นค่าที่ได้จากการวัด

- ความเป็นคลื่น (Waviness) คือ บริเวณระหว่างความหยาบผิว โดยมองในพื้นที่ขนาดใหญ่ (ประมาณ 1 มิลลิเมตร) ซึ่งอาจเกิดจากการขนาดของเศษชิ้นไม้

บทความวิจัย (Research Article)

การยืดเกาะของตัวประสานหรือการขึ้นรูป เนื่องจากการสั่นของเครื่องอัด [8]

2.3 ความทนทานของพื้นผิววัสดุต่อการขัดถู (Abrasion Resistance)

การทดสอบการสึกหรอ (Abrasion Test) ของวัสดุดำเนินการตามมาตรฐาน EN 13696 [9] ซึ่งใช้วิธีการทดสอบเฉพาะเพื่อประเมินความทนทานของวัสดุต่อการสึกหรอภายใต้สภาวะที่มีการใช้งานจริง มาตรฐานนี้มักใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องการทดสอบวัสดุที่มีการเคลือบหรือชั้นเคลือบที่ต้องมีคุณสมบัติต้านทานการขัดถู โดยใช้เครื่อง Taber Abrasion ในการทดสอบแผ่นผลิตภัณฑ์ ซึ่งค่าที่ได้จากการทดสอบ

2.3.1 ค่าการสูญเสียน้ำหนัก (Weight Loss)

เทคนิคนี้ใช้วัดปริมาณวัสดุที่ถูกขจัดออกไปโดยการเสียดสี และโดยปกติจะรายงานในหน่วยมิลลิกรัม แสดงได้ดังสมการที่ (1)

$$L = A - B \quad (1)$$

โดยที่ L = การสูญเสียน้ำหนัก

A = น้ำหนักของชิ้นงานก่อนการขัดถู

B = น้ำหนักของชิ้นงานหลังจากการขัดถู

ดัชนีการสึกหรอ (Wear Index) ระบุอัตราการสึกหรอ คำนวณโดยการวัดการสูญเสียน้ำหนัก (มิลลิกรัม) ต่อการสึกกร่อนหนึ่งพันรอบ ยิ่งดัชนีการสึกหรอต่ำ ความต้านทานการสึกกร่อนก็จะยิ่งดีขึ้น แสดงได้ดังสมการที่ (2)

$$I = [(A - B) * 1000] / C \quad (2)$$

โดยที่ I = ดัชนีการสึกหรอ (Wear Index)

A = น้ำหนักของชิ้นงานก่อนการขัดถู

B = น้ำหนักของชิ้นงานหลังจากการขัดถู

C = จำนวนรอบการทดสอบ

2.3.2 ค่าการสูญเสียความลึก (Depth Loss)

เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงของความหนาหรือความลึกของพื้นผิวแผ่นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการขัดถู ในระหว่างการทดสอบ คือ ลักษณะการสึกหรอที่เกี่ยวข้องกับการลดลงของความหนาของแผ่นผลิตภัณฑ์ การสูญเสียความลึกบ่งบอกถึงความทนทานของวัสดุในการรักษาความหนาของผิววัสดุไว้เมื่อเจอกับแรงขัดถูในระยะเวลานาน ช่วยให้ผู้ผลิตหรือผู้ใช้วัสดุสามารถเข้าใจถึงอายุการใช้งานที่คาดการณ์ได้และการสึกหรอของวัสดุภายใต้สภาวะการใช้งานจริง

การหาค่า การสูญเสียความลึก (Depth Loss) ในการทดสอบการขัดถู เช่น Taber Abrasion Test สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบความลึกของพื้นผิว ก่อนและหลังการทดสอบ ค่าการสูญเสียความลึกที่มากขึ้นหมายถึงวัสดุนั้นมีความทนทานต่อการขัดถูต่ำ หรืออาจมีการเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้น ค่าการสูญเสียความลึกที่น้อยแสดงว่าวัสดุนั้นมีความทนทานต่อการขัดถูดี โดยใช้การคำนวณช่วยให้สามารถประเมินคุณสมบัติความทนทานของแผ่นผลิตภัณฑ์ได้ [10] แสดงได้ดังสมการที่ (3)

$$\text{การสูญเสียความลึก} = D_o - D_f \quad (3)$$

โดยที่ D_o = ความลึกเริ่มต้นของวัสดุ
ก่อนการทดสอบ

D_f = ความลึกหลังการทดสอบ

บทความวิจัย (Research Article)

3. วิธีการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

3.1.1 ขึ้นไม้ยางพาราธรรมชาติที่นำมาศึกษา

ขึ้นไม้ยางพาราธรรมชาติที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ขึ้นไม้ยางพาราที่ใช้ในกระบวนการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด (Particle Board) ผ่านเครื่องเขย่าตะแกรงร่อน Sonic Sifter รุ่น VU100 ตะแกรงร่อนขนาด 1.24 มิลลิเมตร และขนาด 0.316 มิลลิเมตร โดยชนิดหนึ่งชั้น ใช้ขึ้นไม้ขนาดน้อยกว่า 0.316 มิลลิเมตร และชนิดสามชั้น ใช้อัตราส่วนไส้ (Core Layer) กับผิวหน้า (Face Layers) ในอัตราส่วน 80:20 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก [11]

3.1.2 วัสดุประสานที่นำมาใช้ในการผสมขึ้นไม้ยางพารา

เพื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้ คือ อีพ็อกซีเรซิน (Epoxy Resin) ชนิดเหลว โดยใช้อัตราส่วนผสมอีพ็อกซีเรซินต่อตัวเร่งแข็ง (Hardener) ในอัตราส่วน 2 : 1

3.1.3 อัตราส่วนผสมของขึ้นไม้ยางพารากับอีพ็อกซีเรซิน

ที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ 85 : 15, 65 : 35 และ 50 : 50 โดยน้ำหนัก ที่ความหนาแน่น 500, 700 และ 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Kg/m^3) ซึ่งแบ่งออกเป็น การขึ้นรูปแบบ 1 ชั้น และแบบ 3 ชั้น โดยทำการอัดขึ้นรูปให้มีขนาด $10 \times 300 \times 300$ มิลลิเมตร [12]

3.1.4 ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล

ตามมาตรฐาน EN312 Particle Boards – Specifications ได้แก่ การทดสอบปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ความยืดหยุ่นของผิวหน้า [13] เพื่อหาข้อสรุปอัตราส่วนผสมของการขึ้นรูปที่เหมาะสม ผลที่ได้จากการทดสอบจะต้องผ่านเกณฑ์กำหนดตามมาตรฐาน

และออกแบบการทดลองโดยการทดสอบทำซ้ำทั้งหมด 6 ขึ้นตัวอย่าง ในแต่ละการทดสอบ

ตารางที่ 3 อัตราส่วนผสมขึ้นไม้ยางพารากับอีพ็อกซีเรซินแบบ 1 ชั้น

ค่าความหนาแน่น 500, 700, 900 Kg/m^3				
อัตราส่วนผสมอีพ็อกซีเรซิน (%)	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก			
	ขึ้นไม้ยางพารา (มม.)		อีพ็อกซีเรซิน	
	ขึ้นไม้ชั้นกลาง ขนาด 0.316-1.24	ขึ้นไม้ชั้นบนและล่าง ขนาดน้อยกว่า 0.316	เรซิน (Resin)	ตัวเร่งแข็ง (Hardener)
15	68	17	10	5
35	52	13	23.33	11.67
50	40	10	33.33	16.67

ตารางที่ 4 อัตราส่วนผสมขึ้นไม้ยางพารากับอีพ็อกซีเรซินแบบ 3 ชั้น

ค่าความหนาแน่น 500, 700, 900 Kg/m^3			
อัตราส่วนผสมอีพ็อกซีเรซิน (%)	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก		
	ขึ้นไม้ยางพาราขนาดน้อยกว่า 0.316 มิลลิเมตร	อีพ็อกซีเรซิน	
		เรซิน (Resin)	ตัวเร่งแข็ง (Hardener)
15	85	10	5
35	65	23.33	11.67
50	50	33.33	16.67

3.2 ขั้นตอนการผลิต

3.2.1 การเตรียมขึ้นไม้

นำขึ้นไม้ยางพาราที่ใช้ในกระบวนการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด (Particle Board) มาผ่านตะแกรงร่อนขนาด 1.24 มิลลิเมตร และขนาด 0.316 มิลลิเมตร เพื่อคัดแยกขนาดที่นำไปใช้ในการทำชั้นของแผ่นผลิตภัณฑ์ ดัง

บทความวิจัย (Research Article)

รูปที่ 1 แล้วนำเข้าสู่เครื่องอบเพื่อให้เหลือความชื้นประมาณ 1-3%



ร่อนผ่านตะแกรง

ชั้นไม้ทำไส้
(Core layer)

ชั้นไม้ทำผิวหน้า
(Face layers)

รูปที่ 1 กระบวนการเตรียมชิ้นไม้

คำนวณอัตราส่วนผสมตามค่าความหนาแน่นที่ 500, 700 และ 900 Kg/m³ จากสูตรของสมการที่ (4)

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{มวลหรือน้ำหนัก}}{\text{ปริมาตร}} \quad (4)$$

โดยที่ ρ = ความหนาแน่น (Kg/m³)
 M = มวลหรือน้ำหนัก (kg)
 v = ปริมาตร (m³)

3.2.2 ขั้นตอนกระบวนการขึ้นรูปชิ้นไม้อัด

ทำการหล่อขึ้นรูปชิ้นไม้อัด โดยมีการกำหนดอัตราส่วนผสมในการขึ้นรูปไม้อัดที่มีองค์ประกอบแบบ 1 ชั้น ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ เรซิน (Resin) ตัวเร่งแข็ง (Hardener) และชิ้นไม้ยางพารา ดังตารางที่ 3 และองค์ประกอบแบบ 3 ชั้น มี 4 ส่วนคือ เรซิน ตัวเร่งแข็ง ชิ้นไม้ยางพาราชั้นกลาง และชิ้นไม้ยางพาราชั้นบนและล่าง [14] ดังตารางที่ 4 ทำการชั่งตวงส่วนผสมทั้งหมดแล้วผสมให้เข้ากัน โดยร่อนส่วนผสมลงในแบบแม่พิมพ์ขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดให้ทั่ว แล้วเกลี่ยให้เท่ากัน แล้วกดส่วนผสมให้แน่น หลังจากนั้นถอดแบบแม่พิมพ์

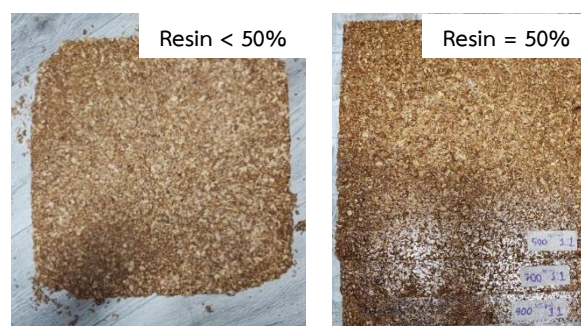
ตามรูปที่ 2 เพื่อนำเข้าสู่กระบวนการขึ้นรูปชิ้นไม้อัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 ขึ้นรูปส่วนผสมและถอดออกจากแม่พิมพ์



รูปที่ 3 การขึ้นรูปชิ้นไม้อัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก



รูปที่ 4 แผ่นไม้อัดจากชิ้นไม้ยางพารากับอีพ็อกซีเรซิน

หลังจากขั้นตอนกระบวนการอัดขึ้นรูปชิ้นไม้อัดพบว่าอัตราส่วนที่มีส่วนผสมที่มีอีพ็อกซีเรซิน น้อยกว่า

บทความวิจัย (Research Article)

50% แผ่นขึ้นไม้อัดไม่เกาะตัว เป็นผลให้ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นผลิตภัณฑ์ได้ จึงได้ทำการขึ้นรูปเฉพาะในส่วนผสมที่อัตราส่วนอีพ็อกซีเรซิน 50% ที่ความหนาแน่น 500, 700 และ 900 Kg/m³

3.3 ขั้นตอนการทดสอบ

3.3.1 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

นำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การพองตัวตามความหนา และการดูดซึมน้ำ ซึ่งการทดสอบเหล่านี้ดำเนินการตามแนวทางที่ระบุไว้ในมาตรฐานอุตสาหกรรมของมาตรฐานยุโรป (European Standards)



รูปที่ 5 การอบและวัดขนาดชิ้นทดสอบ

3.3.2 การทดสอบสมบัติทางกล

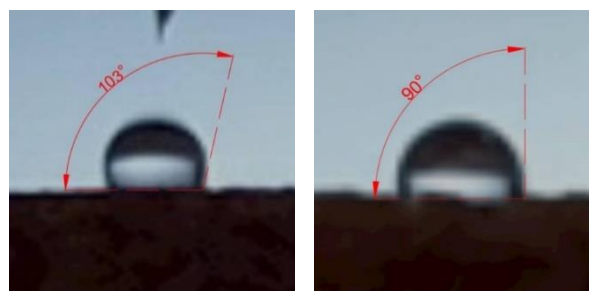
ทดสอบความแข็งแรงในการดัดงอ โดยทดสอบด้วยเครื่อง Laboratory Testing Machine รุ่น IBX700 ทำการทดสอบความต้านแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ความยึดแน่นของผิวหน้า



รูปที่ 6 ทดสอบความแข็งแรงในการดัดแบบสามจุด

3.3.3 ทดสอบมุมสัมผัสหยดน้ำ (Contact Angle)

การทดสอบการคำนวณวัดมุมสัมผัสหยดน้ำจากการประมวลผลภาพถ่ายด้วยกล้อง Digital Microscope กำลังขยาย 100 เท่า ความละเอียด 2.0 MPixels ดังรูปที่ 7 เป็นค่ามุมสัมผัสหยดน้ำด้านซ้าย มุมสัมผัสหยดน้ำด้านขวา และมุมสัมผัสหยดน้ำรวมเฉลี่ย มุมสัมผัสหยดน้ำที่ได้มาจากการหาค่าเฉลี่ยของการวัดมุมสัมผัสหยดน้ำ 3 ครั้งต่อผิวแผ่นผลิตภัณฑ์



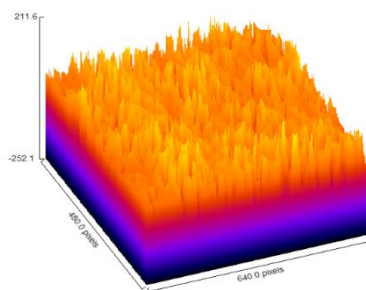
รูปที่ 7 ภาพถ่ายหยดน้ำบนผิวแผ่นผลิตภัณฑ์ที่มีระดับความไม่ชอบน้ำระดับ 1

3.3.4 ทดสอบการวัดค่าความหยาบผิว

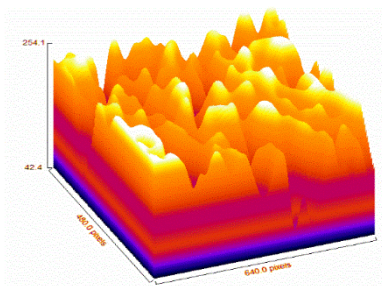
การวัดค่าใช้การเปรียบเทียบผิว (Surface Inspection Using Comparison Methods) ซึ่งเป็นวิธีการตรวจสอบความหยาบและเอียงของผิวโดยทำ

บทความวิจัย (Research Article)

การตรวจสอบ ซึ่งประกอบไปด้วย Microscopic Inspection และ Surface Photograph ซึ่งค่าความหยาบผิว (Ra) เป็นการวัดค่าความหยาบผิวเฉลี่ยของพื้นที่ผิวที่วัดได้ เป็นค่าที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมการผลิต มีหน่วยเป็น ไมโครเมตร (μm) ค่าที่น้อยกว่าหมายถึงคุณภาพผิวที่ดีกว่า และส่วนของโค้งของพื้นผิว (Waviness) พร้อมทั้งตรวจดูรูพรุนบนพื้นผิว ดูการกระจายตัวของชั้นไม่ยารพารและการยึดเกาะของตัวประสานอีพ็อกซีเรซิน

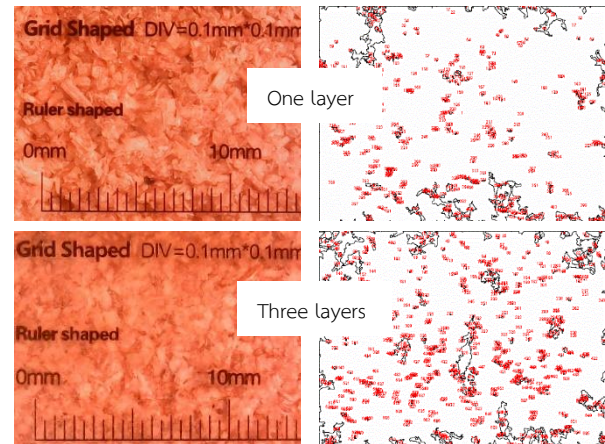


รูปที่ 8 ภาพสแกนพื้นผิว Surface roughness



รูปที่ 9 ภาพสแกนพื้นผิว Waviness

ค่าความหยาบผิว (Ra) เฉลี่ยของพื้นที่ผิวที่วัดได้ มีค่ามากที่สุดที่ $36.3058 \mu\text{m}$ ในการขึ้นรูปแผ่นผลิตภัณฑ์ แบบ 1 ชั้น และ $30.6972 \mu\text{m}$ ในการขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น



รูปที่ 10 โครงสร้างรูพรุนบนพื้นผิว

การกระจายตัวรูพรุนบนพื้นผิว จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม ImageJ ในการขึ้นรูปแผ่นผลิตภัณฑ์แบบ 1 ชั้น มีจำนวนรูพรุน 454 และในการขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น มีจำนวนรูพรุน 737

3.3.5 ทดสอบความทนทานของพื้นผิว (Abrasion Resistance)

ทดสอบชิ้นงานมีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมมีขนาด 100×100 มิลลิเมตร ทำการทดสอบที่ 900 - 4000 รอบ (Cycle) และมีก้อนน้ำหนักรวดขนาด 250 กรัม กดในขณะทดสอบ



รูปที่ 11 ทดสอบความทนทานต่อการขัดถู

บทความวิจัย (Research Article)

ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง ในแต่ละความหนาแน่น ซึ่งหยุดเพื่อตรวจสอบการสูญเสียน้ำหนัก(มิลลิกรัม) และความลึก (มิลลิเมตร) ที่ 900, 1500, 2000 และ 4000 รอบ โดยเปรียบเทียบกับแผ่นไม้ปาร์ติเกิ้ล (Particle Board) ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

4. ผลการวิจัย

แผ่นวัสดุคอมโพสิตทดแทนไม้จากชิ้นไม้ยางพารา กับอีพ็อกซีเรซิน ที่มีจำนวนชั้นของแผ่นชิ้นไม้และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน คือ แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดชั้นเดียวและแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดสามชั้น นำมาอัดที่ความหนาแน่น 500, 700, 900 Kg/m³ ตามลำดับ โดยได้นำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกล ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของยุโรป (European Standards) ผลการดำเนินงานสามารถรายงานเป็นลำดับได้ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ

4.1.1 ความหนาแน่น (Density)

ค่าความหนาแน่นของแผ่นวัสดุคอมโพสิตที่อัตราส่วนระหว่างชิ้นไม้ยางพารากับอีพ็อกซีเรซิน ปริมาณ 50 : 50 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นอัตราส่วนควบคุม โดยมีจำนวนชั้นและความหนาแน่น ที่ต่างกัน ค่าแสดงเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ ตามเกณฑ์มาตรฐาน EN 323 พบว่า ค่าความหนาแน่นตรงตามมาตรฐานความหนาแน่นที่ 500 – 900 Kg/m³

4.1.2 ความชื้น (Moisture Content)

ปริมาณความชื้นเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่ส่งผลต่อเสถียรภาพของมิติและความทนทานของแผ่นวัสดุคอมโพสิต ในการศึกษาครั้งนี้ ปริมาณความชื้นของของแผ่นวัสดุคอมโพสิตทดแทนไม้จากชิ้นไม้ยางพารากับอีพ็อกซีเรซิน จะแตกต่างกัน ค่าความชื้นอยู่ในช่วง

3.94 – 6.23% ซึ่งผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน EN 322 ได้กำหนดไว้

4.1.3 การพองตัวตามความหนา (Thickness Swelling)

ทำการวัดความหนาขึ้นทดสอบ แล้วนำขึ้นทดสอบไปแช่น้ำในที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำขึ้นทดสอบมาวัดความหนาหลังแช่น้ำ โดยค่าการพองตัวตามความหนา ต้องไม่เกิน 10% ตามเกณฑ์มาตรฐาน EN 317

4.1.4 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

ชั่งน้ำหนักขึ้นทดสอบ แล้วนำขึ้นทดสอบไปแช่น้ำในที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำขึ้นทดสอบมาชั่งน้ำหนักขึ้นทดสอบหลังแช่น้ำ โดยค่าการดูดซึมน้ำพบว่าขึ้นทดสอบที่ความหนาแน่น 500 Kg/m³ ทั้งแบบ 1 ชั้น และแบบ 3 ชั้น สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ให้มีค่าไม่เกิน 25% ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ

Density rate (kg/m ³)	Layers	Density (kg/m ³)	Moisture Content %	Thickness Swelling %	Water Absorption %
500	1	535.83	3.94	2.07	32.51
	3	540	6.23	2.08	29.28
700	1	729	5.16	2.62	21.36
	3	753.5	4.84	2.80	16.44
900	1	879.5	4.26	1.96	7.25
	3	897.67	4.91	2.05	6.32

4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกล

สมบัติทางกลประเมินจากความแข็งแรงในการดัดงอโครงสร้างภายใน และพื้นผิวของแผ่นวัสดุคอมโพสิต ผลการทดสอบดังตารางที่ 6

บทความวิจัย (Research Article)

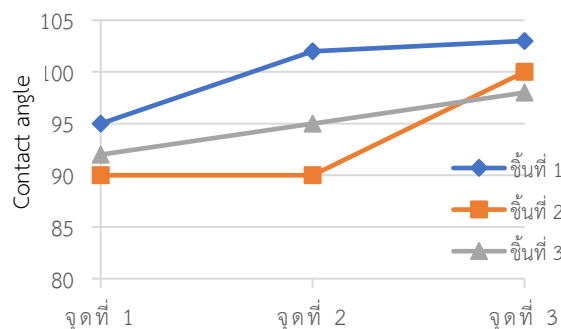
ตารางที่ 6 ผลการทดสอบสมบัติทางกล

Density rate (kg/m ³)	Layers	(MOR) Modulus of Rupture (MPa)	(MOE) Modulus of Elasticity (MPa)	Internal Bonding (MPa)	Surface soundness (MPa)
500	1	11.85	3,144.43	1.27	2.22
	3	9.89	3,159.78	1.14	1.67
700	1	28.07	6,945.65	1.41	2.22
	3	22.19	6,391.18	1.35	1.85
900	1	31.52	8,342.88	2.06	2.14
	3	31.46	8,349.46	2.03	1.33

จากผลการทดสอบในตารางที่ 6 พบว่าค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9.89-31.52 MPa ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน คือ ไม่น้อยกว่า 11 MPa เป็นไปตามรูปแบบการทดสอบแผ่นไม้ปาร์ติเคิล (EN 310, 1993) ชนิดใช้งานตกแต่งภายในหรือทำเฟอร์นิเจอร์ ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3,144.43-8,349.46 MPa ทั้งหมดเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน คือ ไม่น้อยกว่า 1,600 MPa ค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.14-2.06 MPa และค่าความยึดแน่นของผิวหน้าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.33-2.22 MPa ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน

4.3 ผลการทดสอบมุมสัมผัสผิวน้ำ

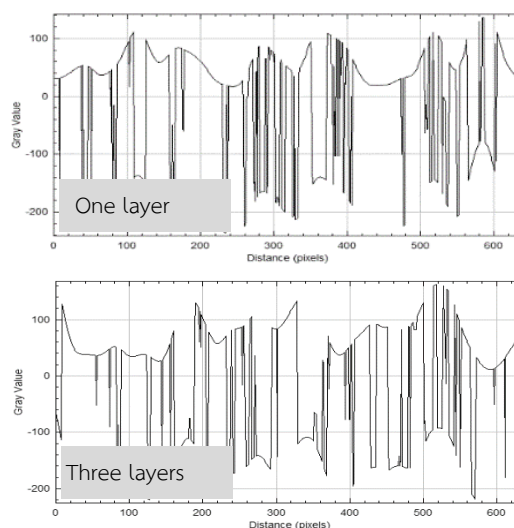
จากผลการทดลองจะเห็นว่า Contact Angle ทั้งหมดมีค่ามุมสัมผัสผิวน้ำมากกว่า 80 องศาซึ่งอยู่ในระดับ 1 แสดงให้เห็นว่าพื้นผิวแผ่นผลิตภัณฑ์มีสมบัติ ค่าความไม่ชอบน้ำสูงสุด จึงสรุปออกมาได้ว่าการใช้ฟ็อกซีเรซินเป็นตัวประสานสามารถช่วยเพิ่มคุณสมบัติการกันน้ำได้จริง ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ค่ามุมสัมผัสผิวน้ำ

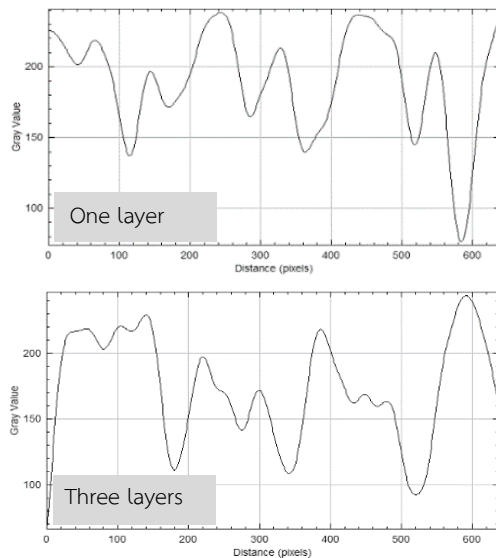
4.4 ผลการทดสอบค่าความหยาบผิว

ค่าความหยาบผิว (Ra) เฉลี่ยของพื้นที่ผิวที่วัดได้มีค่ามากที่สุดที่ 36.3058 μm ในการขึ้นรูปแผ่นผลิตภัณฑ์ แบบ 1 ชั้น และ 30.6972 μm ในการขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 กราฟแสดงค่าความหยาบบนผิว

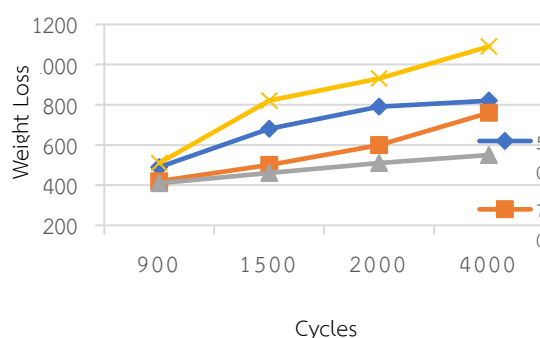
บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 14 กราฟแสดงส่วนของโค้งของพื้นผิว

4.5 ผลการทดสอบความทนทานของพื้นผิว

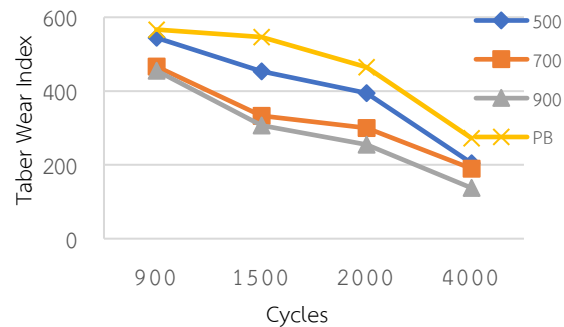
ผลการทดสอบต่อการสูญเสียน้ำหนักของแผ่นผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่น 500, 700, 900 Kg/m³ เทียบกับแผ่นไม้ปาร์ติเกิ้ล (Particle Board) ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด แสดงดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 แสดงค่าการสูญเสียน้ำหนัก

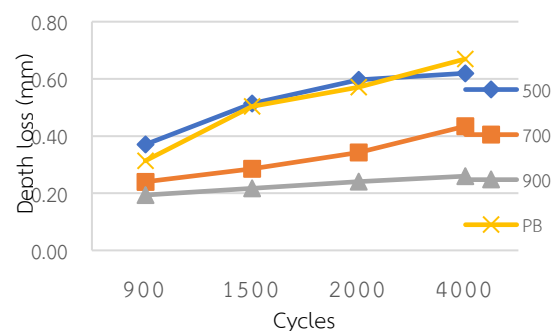
จากกราฟแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มความหนาแน่น ส่งผลให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งทุกค่าของการทดสอบ ในทุกความหนาแน่นของแผ่นผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าแผ่นไม้ปาร์ติเกิ้ล

ส่วนค่าดัชนีการสึกหรอที่ความหนาแน่น 900 Kg/m³ มีค่าการสึกหรอต่ำที่สุด รองลงเป็นที่ความหนาแน่น 700, 500 และแผ่นไม้ปาร์ติเกิ้ล ตามลำดับ ดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 แสดงค่าดัชนีการสึกหรอ

ผลการทดสอบค่าการสูญเสียความลึก ในการทดสอบที่ 4000 รอบ ความหนาแน่น 500, 700, 900 Kg/m³ และแผ่นไม้ปาร์ติเกิ้ล มีค่า 0.62, 0.43, 0.26 และ 0.67 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งแผ่นผลิตภัณฑ์ที่ทุกความหนาแน่นมีค่าการสูญเสียความลึก น้อยกว่าแผ่นไม้ปาร์ติเกิ้ล โดยที่ความหนาแน่น 900 Kg/m³ มีค่าการสูญเสียความลึกน้อยที่สุด ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 แสดงค่าการสูญเสียความลึก

5. อภิปรายและสรุปผล

การศึกษากระบวนการขึ้นรูปแผ่นวัสดุคอมโพสิตทดแทนไม้จากขึ้นไม้ยางพารากับอีพ็อกซีเรซิน ซึ่งทำการขึ้นรูปแบบ 1 ชั้น และแบบ 3 ชั้น ที่ความหนาแน่น 500, 700 และ 900 Kg/m³ โดยใช้อัตราส่วนผสมของขึ้นไม้ยางพารากับอีพ็อกซีเรซิน ที่ 85 : 15, 65 : 35 และ 50 : 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งหลังจากขั้นตอนกระบวนการอัดขึ้นรูปขึ้นไม้อัดพบว่า อัตราส่วนที่มีส่วนผสมที่มีอีพ็อกซีเรซินน้อยกว่า 50% แผ่นขึ้นไม้อัดไม่เกาะตัว เป็นผลให้ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นผลิตภัณฑ์ได้ จึงได้ทำการขึ้นรูปเฉพาะอัตราส่วนผสมอีพ็อกซีเรซิน 50% โดยทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ พบว่า ค่าความหนาแน่น ค่าความชื้น ค่าการพองตัวตามความหนาแน่น เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบ มีเพียงค่าการดูดซึมน้ำที่ความหนาแน่น 500 Kg/m³ ทั้งแบบ 1 ชั้น และแบบ 3 ชั้น ที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด โดยให้มีค่าไม่เกิน 25% ผลการทดสอบสมบัติทางกลพบว่า ค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9.89 - 31.52 MPa ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคือ ไม่น้อยกว่า 11 MPa ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3,144.43 - 8,349.46 MPa ทั้งหมดเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน คือ ไม่น้อยกว่า 1,600 MPa ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.14 - 2.06 MPa และค่าความยืดหยุ่นของผิวหน้าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.33 - 2.22 MPa ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน

การวิเคราะห์สมบัติการกันน้ำ จากการทดสอบมุมสัมผัสหยดน้ำ ทุกชั้นทดสอบมีสมบัติของพื้นผิวที่กันน้ำอยู่ในระดับ 1 คือ มีค่าการกันน้ำสูงสุด ตามมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ เนื่องจากอีพ็อกซีเรซินจัดอยู่ในกลุ่มเทอร์โมเซตติงโพลีเมอร์ เมื่อผ่านกระบวนการขึ้นรูปแล้วจะมีความแข็งแรงทนทานเป็นอย่างมาก ไม่คืนรูป โดยทั่วไปอีพ็อกซีเรซินจะผสมกับสารเพิ่มความแข็ง (Hardener) ซึ่งเป็นสารประเภทโ

ลิเอมีน (Polyamine) ที่มีคุณสมบัติในการอุดช่องว่างได้ดี

การวิเคราะห์ค่าความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) ของพื้นผิวมีค่ามากที่สุดที่ 36.3058 μm ในการขึ้นรูปแบบผลิตภัณฑ์ แบบ 1 ชั้น และ 30.6972 μm ในการขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น โดยมีขนาดของขึ้นไม้เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลถึงค่าความหยาบผิว ซึ่งใกล้เคียงเมื่อเทียบกับการศึกษาการประเมินความหยาบของพื้นผิวของแผ่นไม้อัดสามชั้นจากกล่องกระดาษลูกฟูกผสมเส้นใยไม้ โดยมีกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์และเรซินเป็นตัวประสาน [15]

การวิเคราะห์ความทนทานของพื้นผิว จากการทดสอบค่าการสูญเสียน้ำหนัก ค่าดัชนีการสึกหรอ และค่าการสูญเสียความลึก ในการทดสอบการขัดถูที่ 4000 รอบ ทุกชั้นทดสอบ ทุกความหนาแน่น มีความทนทานของพื้นผิวสูงกว่าอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นไม้ปาร์ติเกิ้ล (Particle Board) จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า แผ่นวัสดุคอมโพสิตทดแทนไม้จากขึ้นไม้ยางพารากับอีพ็อกซีเรซิน มีความเหมาะสมในการนำไปใช้พัฒนาเป็นแผ่นผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้ธรรมชาติต่อไป เนื่องจากมีสมบัติการกันน้ำและความทนทานของพื้นผิวในระดับสูง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ตามสัญญาเลขที่ Res-CIT0627/2023 รวมถึงภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร ที่ให้การอนุเคราะห์ในการใช้ห้องวิจัยและทดสอบแผ่นผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้ธรรมชาติ ในการทดสอบและวิจัยในครั้งนี้ จนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

บทความวิจัย (Research Article)

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนาวุฒิ สุราษฎร์มณี, "อันตรายจากฟอร์มาลดีไฮด์ในสำนักงานและที่พักอาศัย," *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย*, ปีที่ 12, ฉบับที่ 2, หน้า 130-136, 2561.
- [2] เปรมณัช ขุมพร้อม, จริญญา เจริญเนตรกุล, และวรรณพร ชีววุฒิพงศ์, "แผ่นไม้ไผ่สานกันความร้อนจากชีเลื่อยไม้ยางพาราผสมน้ำยางพารา," ใน *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27*, จังหวัดเชียงราย, 2565, หน้า 1-7.
- [3] พงศธร กองแก้ว, "สมบัติเชิงกลของวัสดุผสมอีพ็อกซีเรซินแบบไฮบริด เสริมแรงด้วยเส้นใยรากหญ้าแฝกและเส้นใยเปลือกถั่วลิสง," รายงานการศึกษา, สถาบันวิจัยและพัฒนา, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 2559.
- [4] Forest Research and Development Office, *Wood Substituted Biocomposites*, Royal Forest Department, Ministry of Natural Resources and Environment, 2012.
- [5] ทศพร โพธิ์เนียม, "การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากต้นธูปฤๅษีและการประยุกต์ใช้สำหรับงานประดิษฐ์," *วิทยานิพนธ์ปริญญาโทวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต*, สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2559.
- [6] *STRI Guide, Hydrophobicity Classification Guide*, 92/1, 1992.
- [7] ณัฏพล บัวใหญ่, "การพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์มุมสัมผัสหยดน้ำโดยวิธีการประมวลผลภาพเพื่อประเมินระดับความไม่ชอบน้ำของผิวฉนวนไฟฟ้า," *วิทยานิพนธ์ปริญญาโทวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต*, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2564.
- [8] สัมภาษณ์ ศรีสุข, "การศึกษาการวัดความหยาบผิวไม้ยางพาราแปรรูปโดยวิธีการประมวลผลภาพ," *วิทยานิพนธ์ปริญญาโทวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต*, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- [9] *EN 13696:2008, Wood flooring – Test methods to determine elasticity and resistance to wear and impact resistance*, European Committee for Standardization; British Standard BS EN 13696:2008, 2009.
- [10] Taber Industries, "The TABER® Rotary Platform Abrasion Tester," [ออนไลน์]. Available: <https://www.taberindustries.com/taber-rotary-abraser>. [เข้าถึงเมื่อ: 25 กุมภาพันธ์ 2568].
- [11] T. García-Ortuño, J. Andréu-Rodríguez, M. T. Ferrández-García, M. Ferrández-Villena, and C. E. Ferrández-García, "Evaluation of the physical and mechanical properties of particleboard made from giant reed," *BioResources*, vol. 6, no. 1, pp. 477-486, 2011.
- [12] M. Schneider, T. Stehle, J. T. Benthien, and M. Ohlmeyer, "Stiffness modelling of particles in the core layer for the manufacturing of wood-reduced particleboard," *European Journal of Wood and Wood Products*, vol. 76, no. 3, pp. 947-952, 2018.
- [13] *EN 312:2004, Particleboards—Specifications*, European Committee for Standardization: Slovenski Standard, 2011.

บทความวิจัย (Research Article)

- [14] A. Ashori and A. Kuzmin, "Effect of chitosan-epoxy ratio in bio-based adhesive on physical and mechanical properties of medium density fiberboards from mixed hardwood fibers," *Scientific Reports*, vol. 14, no. 1, pp. 1-11, 2024.
- [15] H. Abdolzadeh and K. Doosthoseini, "Evaluation of old corrugated container and wood fiber application on surface roughness of three-layer particleboard," *BioResources*, vol. 4, no. 3, pp. 970-978, 2009.