



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การวิจัยและพัฒนากระบวนการอัดขึ้นรูปแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่สู่การใช้ประโยชน์

The hot compression of bamboo plate from bamboo waste to utilization

วรพงศ์ บุญช่วยแทน^{1,2*} ชาตรี หอมเขียว^{1,2} จักรนรินทร์ ฉัตรทอง^{1,2} สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์^{1,2}

ณัฐศักดิ์ หวังสุด¹ ปฏิภาณ มิ่งแก้ว¹

¹ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

² หน่วยวิจัยเทคโนโลยีการแปรรูปวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

Worapong Boonchouytan^{1,2*} Chatree Homkhiew^{1,2} Jaknarin Chatthong^{1,2} Surasit Rawangwong^{1,2}

Nattasak Whangsud¹ Patiphan Mingkaew¹

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla 90000

² Materials Processing Technology Research Unit, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla 90000

* Corresponding author.

E-mail: worapong.b@rmuts.ac.th; Telephone: 08-1569-7303

วันที่รับบทความ 6 ธันวาคม 2565; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 9 มิถุนายน 2566; วันที่ตอบรับบทความ 9 สิงหาคม 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ วัสดุที่ใช้เศษไม้ไผ่ที่มีขนาด 3-5 เซนติเมตร มีความชื้นไม่เกิน 13 เปอร์เซ็นต์ และใช้ตัวประสานจากวัสดุธรรมชาติ โดยมีกระบวนการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิอัดร้อน 3 ระดับ คือ 170 190 และ 210 องศาเซลเซียส และเวลาอัดขึ้นรูป 3 ระดับ คือ 10 15 และ 20 นาที จากนั้นนำไปทดสอบลักษณะทางกายภาพและสมบัติทางกล ประกอบด้วย การทดสอบการพองตัวตามความหนา การทดสอบความแข็งแรงดัด การทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว และการทดสอบความแข็งแรงดึง และเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) ผลการวิจัยพบว่า สภาวะที่เหมาะสมแก่การอัดขึ้นรูปแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ที่อุณหภูมิอัดร้อน 190 องศาเซลเซียส เวลาอัดขึ้นรูป 15 นาที เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงดัด ค่ามอดูลัสแรงดัด ค่าความเครียดแรงดัด ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดูลัสแรงดึงที่สูง ผลการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.876-2547 พบว่า มีค่าการทดสอบที่ผ่านมาตรฐาน 3 ค่ามาตรฐาน คือ ค่าการพองตัวตามความหนา ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดูลัสแรงดึง และมีค่าการทดสอบที่ไม่ผ่านมาตรฐาน 2 ค่ามาตรฐาน คือ ค่าความแข็งแรงดัด และค่ามอดูลัสแรงดัด และผลการทดสอบความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์จากแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่พบว่า มีค่าคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 3.41 คะแนน ระดับความพึงพอใจมาก

คำสำคัญ

อัดขึ้นรูปร้อน แผ่นไม้ไผ่ เศษเหลือใช้ การใช้ประโยชน์

Abstract

This research aimed to study a suitable condition for producing bamboo sheets from bamboo scraps. The size of bamboo scraps was 3 centimeters and the moisture content did not exceed 13%. The solder is made from natural materials. There were 3 levels of temperature for a hot compress, i.e. 170, 190 and 210 degrees Celsius and there were 3 levels of extrusion time, namely, 10, 15 and 20 minutes. Physical and mechanical properties were tested, which include thickness swelling, bending test, bond strength of bolts, and tensile test, to compare to Thai industrial standard for flat

pressed (FP) particleboard TIS. 876-2547). The study results revealed that the suitable condition for bamboo sheet hot extrusion from bamboo scraps was at the hot compress temperature of 190 degrees Celsius for 15 minutes, due to its highest average bending, highest average modulus of bending, highest average bending strain, highest average tensile strength and modulus of tensile. The comparison result to Thai industrial standard (TIS. 876-2547) found they passed 3 standards of average thickness swelling, tensile strength and modulus of tensile and did not pass 2 standards of bending and modulus of bending. In addition, the satisfaction test score of bamboo sheet hot extrusion from bamboo scraps was 3.41, at a high level.

Keywords

hot compression; bamboo plate; waste; utilization

1. บทนำ

ไม่นับว่าเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญด้านความหลากหลายทางชีวภาพ ระบบนิเวศ เศรษฐกิจ และสังคมของไทย ในประเทศไทยพบชนิดไม้ที่หลากหลายขึ้นกระจายตามภูมิภาคต่าง ๆ ตั้งแต่ยอดเขาจนถึงตามเกาะแก่งต่าง ๆ ในทะเล ไม้หลายชนิดมีคุณค่า มีความสำคัญต่อวิถีชีวิต วัฒนธรรม ความเชื่อ ประเพณีของชุมชนท้องถิ่นไทย และกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ ทั้งในวิถีบริโภค อาหารการกิน ขนมน ของเล่นเด็ก เครื่องมือ เครื่องใช้ในครัวเรือน เครื่องจักสานหัตถกรรม เครื่องมือจับสัตว์น้ำ แหล่งผลิตถ่าน และไม้ฟืน อีกบทบาทหนึ่งที่สำคัญ คือ บทบาทในระบบนิเวศทั้งการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำในป่าริมน้ำ ช่วยยึดหน้าดิน และริมตลิ่ง ช่วยบรรเทาภัยพิบัติโดยเฉพาะการพังทลายของตลิ่งท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของฝน ไม้ไผ่ยังมีศักยภาพในการเก็บกักคาร์บอนและช่วยลดภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีบทบาทสำคัญด้านเศรษฐกิจของสังคมไทย ทั้งภาพรวมของประเทศและเศรษฐกิจท้องถิ่น ซึ่งมีรูปแบบและระบบการจัดการไม้ หรือวนวัฒนวิธีที่แตกต่างกันไป ทั้งในป่าธรรมชาติ ป่าชุมชน ระบบวนเกษตร ระบบสวนป่าครอบครัว ส่งผลให้เกิดความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ แปรรูปจากไม้ไผ่และหน่อไม้ ซึ่งปัจจุบันภาคเอกชนมีความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีในการแปรรูปเป็นอย่างมากโดยเฉพาะการแปรรูปไม้ไผ่ เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องเรือน ไม้ประสาน วัสดุตกแต่ง เฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น [1] แต่ส่วนที่ถูกนำมาใช้มีเพียงส่วนที่เป็นเนื้อไม้เท่านั้น ส่วนอื่น ๆ ที่เหลือจากกระบวนการแปรรูปจะเป็นวัสดุเหลือใช้ มักถูกปล่อยให้แห้งแล้วเผาทำลาย ทำให้มีวัสดุเหลือใช้เป็นจำนวนมาก ในขณะที่ความจำเป็นในการใช้ไม้เพื่อปลูกสิ่งก่อสร้างหรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ในการดำเนินชีวิตยังคงมีอยู่

จึงทำให้วัสดุทดแทนไม้เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะตอบสนองความต้องการใช้ไม้ได้ในอนาคต แผ่นวัสดุทดแทนไม้ที่ได้สามารถนำมาใช้ในงานสถาปัตยกรรมภายในและงานเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ การผลิตแผ่นวัสดุทดแทนไม้จากเศษวัสดุเหลือใช้ เป็นการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมใหม่และส่งผลต่อการใช้ประโยชน์ทางพาณิชย์ [2]

โดยในปัจจุบันได้มีการดำเนินงานวิจัยที่เป็นวัสดุทดแทนไม้ค่อนข้างมาก อาทิเช่น การศึกษาการผลิตวัสดุทดแทนไม้จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อศึกษาผลของปริมาณการแปรรูปและกาวอีพ็อกซี ที่เหมาะสมต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นวัสดุทดแทนไม้โดยใช้เปลือกข้าวโพดและฟางข้าวอัดผสมกับกาวแปรรูปและกาวอีพ็อกซี [3] การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การอัดร้อนเพื่อให้ได้แผ่นขึ้นไม้อัดที่มีคุณภาพดี ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงได้แก่ อุณหภูมิในการอัด ชนิดไม้และรูปร่างของขึ้นไม้ ระดับความชื้นและการกระจายความชื้นของแผ่น การถ่ายเทความร้อนภายในแผ่นระหว่างอัด ระยะเวลาในการอัด แรงดันในการอัด และการแข็งตัวก่อนหรือหลังการอัดกาว [4] การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษเหลือทิ้งของไม้เสม็ดขาว ศึกษาชนิดและปริมาณของกาวที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด ตลอดจนทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลตาม มอก. 876-2547 [5] การเพิ่มมูลค่าชีเลื่อยไม้สักจากโรงเลื่อยในเมืองเชียงใหม่ ขววงหลวงพระบาง เป็นแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อการผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ ศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดทำแผ่นปาร์ติเกิลจากชีเลื่อยไม้สัก ในเมืองเชียงใหม่ ขววงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยการใช้อีพ็อกซีต่อชีเลื่อยไม้สักในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และสภาพการนำความร้อน ตาม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 [6] แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษเหลือไม้จากโรงงานทำตะเกียบ ศึกษากรรมวิธีการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 ซึ่งศึกษาชนิดและปริมาณของกาวที่เหมาะสมต่อการผลิตไม้อัดจากเศษไม้ [7] ซึ่งจากผลงานวิจัยที่ผ่านมา ๆ จะเห็นได้ว่ามีการศึกษาวัสดุทดแทนไม้จากเศษวัสดุเหลือใช้หลากหลายชนิด แต่ยังไม่มีการศึกษาวัสดุเหลือจากกระบวนการแปรรูป เช่น เศษเหลือจากกระบวนการผ่าไม้ไผ่ (ชีเลื่อย) เศษเหลือจากกระบวนการไสไม้ไผ่ (ชีกบ) หรือเศษเหลือจากกระบวนการอื่น ๆ ที่มีเศษไม้ไผ่ขนาดใหญ่ โดยมีขนาดมากกว่า 3 เซนติเมตรขึ้นไป นอกจากนี้ประเด็นที่น่าสนใจอีกประเด็นก็คือการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานโดยงานวิจัยครั้งนี้ได้นำผลการทดสอบสมบัติทางกลมาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.876 – 2547 [8] ซึ่งเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ และนำผลงานวิจัยในครั้งนี้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมทั้งประเมินแบบสอบถามระดับความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเศษไม้ไผ่เหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปมาสร้างให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่าทางด้านเศรษฐกิจและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับมาตรฐานเพื่อให้ได้ซึ่งคุณภาพและสามารถนำไปใช้ได้จริง อีกทั้งเพื่อก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับวัสดุเหลือใช้ได้อีกทางหนึ่ง

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ที่เหลือจากกระบวนการแปรรูป พร้อมทั้งวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและสมบัติทางกล โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547)

2.1 การเตรียมเศษไม้ไผ่

เตรียมเศษไม้ไผ่ที่เหลือจากกระบวนการแปรรูปไม้ไผ่ ณ กลุ่มผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ไม้ไผ่ ตำบลน่าน้อย อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา แสดงดังรูปที่ 1 จากนั้นนำมาร่อนด้วยตะแกรงที่ขนาด 200 แมช (Match) เพื่อให้ได้ขนาดของเศษไม้ไผ่ 3-5

เซนติเมตร (cm) แล้วนำไปตากจนแห้งให้มีความชื้นเฉลี่ย 5-13%



รูปที่ 1 เศษไม้ไผ่ที่เหลือจากกระบวนการแปรรูปไม้ไผ่

2.2 การเตรียมตัวประสาน

ตัวประสานที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ คือ กาวแป้งมันสำปะหลัง (กาวแป้งเปียก) โดยมีการเตรียมกาวแป้งมันสำปะหลัง ให้มีปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 150 กรัม (g) ใส่ลงในน้ำที่มีปริมาณ 500 มิลลิลิตร (ml) ละลายให้เข้ากัน จากนั้นตั้งไฟอ่อนและกาวให้เข้ากันจนกาวแป้งมันสำปะหลังมีลักษณะสีขาวใส [9]

2.3 การอัดขึ้นรูปแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่

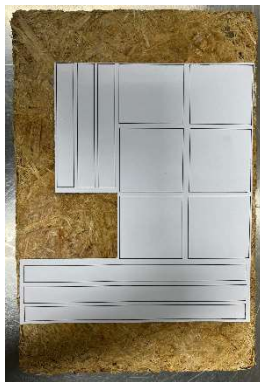
เตรียมเศษไม้ไผ่ ปริมาณ 300 g ผสมกับกาวแป้งมันสำปะหลัง ปริมาณ 300 g คลุกเคล้าให้เข้ากันจนกาวแป้งมันสำปะหลังเคลือบทั่วเศษไม้ไผ่ทั้งหมด นำเศษไม้ไผ่ที่ผสมเสร็จแล้วใส่ลงในบล็อกแม่พิมพ์ที่มีขนาดกว้าง x ยาว x หนา 20 x 30 x 1 cm เคลี่ยส่วนผสมให้กระจายทั่วจนเต็มแม่พิมพ์ นำเข้าอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปร้อน ใช้แรงดันอัด 2400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) โดยมีกระบวนการการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิอัดร้อน 3 ระดับ คือ 170 190 และ 210 องศาเซลเซียส (°C) และเวลาอัดขึ้นรูป 3 ระดับ คือ 10 15 และ 20 นาที (min) นำแผ่นไม้ไผ่อัดออกจากเครื่องอัดขึ้นรูปร้อนแล้วแกะออกจากแม่พิมพ์ก็จะได้แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ แสดงดังรูปที่ 2 จากนั้นนำแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ไปตัดเป็นชิ้นทดสอบเพื่อนำไปทดสอบลักษณะทางกายภาพและสมบัติทางกล



รูปที่ 2 แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ที่ได้จากการอัดขึ้นรูปร้อน

2.4 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

นำแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่จำนวนห้าชิ้นแต่ละเงื่อนไข 3 ชิ้น ไปตัดเป็นชิ้นงานทดสอบ ตามขนาดที่ระบุในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ด้วยเครื่องเลื่อยฉลุไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตำแหน่งการตัดแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่เป็นชิ้นงานทดสอบ

จากนั้นขัดตกแต่งขอบชิ้นงานทดสอบ จากนั้นนำเข้าตู้อบ ความร้อน ยี่ห้อ Binder ที่อุณหภูมิ 103 ± 2 °C ปล่อยให้เย็น แล้วนำชิ้นงานทดสอบที่ได้ไปทดสอบลักษณะทางกายภาพและสมบัติทางกล ประกอบด้วย การทดสอบการพองตัวตามความหนา การทดสอบความแข็งแรงดัด การทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว และการทดสอบความแข็งแรงดึง โดยที่

1) การทดสอบการพองตัวตามความหนา ชิ้นทดสอบให้ได้ขนาดกว้าง x ยาว 50 x 50 มิลลิเมตร (mm) จำนวน 18 ชิ้น

นำชิ้นงานทดสอบปรับภาวะที่อุณหภูมิ 20 ± 2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 5 เปอร์เซ็นต์ (%) จนมีมวลคงที่ คือ มวลของชิ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้งห่างกัน 24 ชั่วโมง (hr) ต่างกันไม่เกิน 0.1% แล้วทดสอบทันทีที่พ้นจากการปรับภาวะ แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 20 ± 2 °C โดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำให้ขอบบนอยู่ได้ระดับผิวน้ำ ประมาณ 25 mm แต่ละชิ้นทดสอบต้องห่างจากกันและกัน และต้องห่างจากผนังภาชนะที่ใส่ไม่น้อยกว่า 10 mm เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 1 hr แล้วรับนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้า จากนั้นปล่อยให้ชิ้นทดสอบแห้งโดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซับน้ำ เช่น พลาสติกหรือกระจก ปล่อยให้ชิ้นทดสอบไว้อีก 1 hr แล้วนำชิ้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม เป็นความหนาหลังแช่น้ำ การคำนวณแสดงดังสมการที่ 1

$$\text{การพองตัวตามความหนา} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ t_1 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ และ t_2 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ

2) การทดสอบความแข็งแรงดัด ชิ้นทดสอบให้ได้ขนาด 13×100 mm จำนวน 18 ชิ้น นำชิ้นงานทดสอบปรับภาวะที่อุณหภูมิ 20 ± 2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ $65 \pm 5\%$ จนมีมวลคงที่ ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบสมบัติทางกลเอนกประสงค์ ยี่ห้อ NRI รุ่น TS500 – 50 วางชิ้นทดสอบบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่างกัน 80 mm ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับข้างละ 10 mm จากนั้นให้แรงกดลงที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหักต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที (s) แต่ไม่มากกว่า 90 s โดยใช้ความเร็วในการกด 5 มิลลิเมตรต่อนาที (mm/min) การคำนวณแสดงดังสมการที่ 2

$$\text{ความต้านทานแรงดัด (F}_m\text{)} = \frac{3 \times F \times l_1}{2 \times b \times t^2} \quad (2)$$

โดยที่ F_m คือ ความต้านทานแรงดัด F คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ l_1 คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ b คือ

ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ

มอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity: MOE) การคำนวณแสดงดังสมการที่ 3

$$\text{ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Em)} = \frac{l_1^3 \times (F_2 - F_1)}{4 \times b \times t^3 \times (a_2 - a_1)} \quad (3)$$

โดยที่ E_m คือ มอดูลัสยืดหยุ่น l_1 คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ F_2-F_1 คือ ความแตกต่างของแรงกดระหว่างค่าสูงและค่าต่ำเป็นสัดส่วนกัน b คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ a_2-a_1 คือ ระยะแ่งนตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วง F_2-F_1

3) การทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว ชิ้นทดสอบให้ได้ขนาดกว้าง $\times$ ยาว 50×50 มิลลิเมตร (mm) จำนวน 18 ชิ้น นำชิ้นงานทดสอบปรับภาวะที่อุณหภูมิ 20 ± 2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 5 เปอร์เซ็นต์ (%) จนมีมวลคงที่ทดสอบชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นให้ทดสอบที่กึ่งกลางผิวหน้า โดยการขันตะปูเกลียวลงในชิ้นทดสอบ ซึ่งได้เจาะรูนำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 mm ความลึก 6 mm จากนั้นขันตะปูเกลียวจนกระทั่งส่วนเกลียวที่สมบูรณ์จมลึกลงไปถึง 13 mm ไม่นับความยาวส่วนปลายเรียวของตะปูเกลียว นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้เข้าเครื่องทดสอบสมบัติทางกลเอนกประสงค์ ยี่ห้อ NRI รุ่น TS500 – 50 ดึงให้ตะปูเกลียวถอนออกจากชิ้นทดสอบแรงที่ใช้ดึงจะต้องอยู่ในแนวเดียวกับตะปูเกลียว และตั้งฉากกับผิวหน้าหรือผิวขอบของชิ้นทดสอบ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งตะปูเกลียวถอนออกจากชิ้นทดสอบ ต้องไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s โดยใช้ความเร็วในการดึง 2 mm/min การคำนวณแสดงดังสมการที่ 4

$$\text{ความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว} = \frac{F_{\max}}{t \times d} \quad (4)$$

โดยที่ $F_{\max}$ คือ แรงดึงสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ d คือ ขนาดความโตของสกรู

4) การทดสอบความแข็งแรงดึง การทดสอบนี้ไปใช้ในการคำนวณเพื่อกำหนดขนาดและรูปร่างของชิ้นงานโดยทำการดึงชิ้นงานทดสอบจนขาดออกจากกัน ในขณะเดียวกันจะบันทึกแรงที่ใช้ในการดึง และระยะยืดของชิ้นทดสอบด้วยเครื่องบันทึก การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของวัสดุเมื่อได้รับแรงดึง ถ้าทำการดึงชิ้นงานที่มีสมบัติแข็งแรงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งวัสดุเกิดการแตกหัก ผลจากการวัดแรงที่มากระทำต่อวัสดุ ณ ตำแหน่งที่เกิดการแตกหักเรียกว่าความเค้นสูงสุดเนื่องจากแรงดึง (Ultimate Tensile Stress) หรือความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) การคำนวณแสดงดังสมการที่ 5

$$\text{ค่าความแข็งแรงดึง } \sigma = \frac{P}{A} \quad (5)$$

โดยที่

σ คือ ความเค้นดึงสูงสุด (Maximum Tensile Stress)

P คือ แรงดึงกระทำสูงสุด (Maximum Tensile Load)

A คือ พื้นที่หน้าตัดที่รับแรง

3. ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

จากการทดลองอัดขึ้นรูปร้อนแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปร้อนแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ อัดจากชีล้อยไม้ไผ่ โดยมีกระบวนการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิอัดร้อน 3 ระดับ คือ 170 190 และ 210 °C และเวลาการอัดขึ้นรูป 3 ระดับ คือ 10 15 และ 20 min โดยมีผลการทดลองดังนี้

3.1 ลักษณะกายภาพของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่

1) การอัดขึ้นรูปร้อนแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ ที่อุณหภูมิอัดร้อน 170 °C พบว่า สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้ไผ่ได้ลักษณะภายนอกมีพื้นผิวไม่ราบเรียบ ขรุขระ แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่โค้งงอ ไม่เรียบตรง แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ ที่อุณหภูมิอัดร้อน 170 °C เวลาอัดขึ้นรูป 15 min

2) การอัดขึ้นรูปร้อนแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ ที่อุณหภูมิอัดร้อน 190 °C พบว่า แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ได้ดีกว่าอุณหภูมิ 170 °C มีพื้นผิวราบเรียบ แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ไม่โค้งงอ เรียบตรง การจัดเรียงตัวภายในของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่เรียงชิดติดกันได้ดีกว่า แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ ที่อุณหภูมิอัดร้อน 190 °C เวลาอัดขึ้นรูป 15 min

3) การอัดขึ้นรูปร้อนแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ ที่อุณหภูมิอัดร้อน 210 °C พบว่า แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ได้ดีกว่าอุณหภูมิ 170 °C ผิวสัมผัสของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ไม่ต่างจากอุณหภูมิอัดร้อน 190 °C แต่พื้นผิวภายนอกมีสีที่คล้ำมากขึ้นกว่าสีเดิม บางจุดบริเวณขอบมีรอยดำไหม้ แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ ที่อุณหภูมิอัดร้อน 210 °C เวลาอัดขึ้นรูป 15 min

การวิเคราะห์ผลทางกายภาพของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่พบว่า สามารถขึ้นรูปได้ทุกปัจจัยการทดลอง โดยในปัจจัยการทดลองที่อุณหภูมิอัดร้อน 170 °C มีลักษณะภายนอกมีพื้นผิวไม่ราบเรียบ ขรุขระ แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่โค้งงอ ไม่เรียบตรง อันเนื่องมาจากการกระจายความร้อนและการถ่ายเทความร้อนภายในแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ระหว่างการอัด [4] และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอัดร้อนเป็น 210 °C แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ไม่โค้งงอ เรียบตรง มีกลิ่นไหม้และมีรอยดำ ซึ่งเกิดจากการกระจายความหนาแน่นด้านหน้าตัดของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ของผิวที่สูงกว่าความหนาแน่นข้างใน ซึ่งส่งผลต่อสมบัติทางกลด้านความแข็งแรงดัดที่สูงขึ้น แต่แรงยึดเหนี่ยวภายในลดลง [10] ส่วนอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ไม่โค้งงอ เรียบตรง การจัดเรียงตัวภายในของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่เรียงชิดติดกันได้ดีกว่า

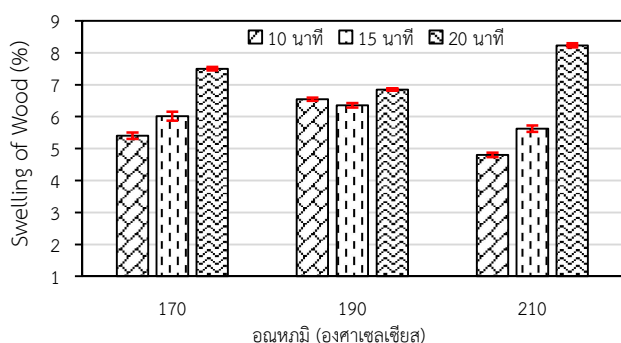
3.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกลของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ตามมาตรฐาน

การพัฒนาแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ ซึ่งสามารถออกแบบปัจจัยการทดลองได้ 9 ปัจจัย และมีค่าผลตอบแทนที่ได้จากการทดลอง คือ การพองตัวตามความหนา (Swelling of Wood; SW) ค่าความแข็งแรงดัด (Modulus of Rupture; MOR) ค่ามอดูลัสแรงดัด (Modulus of Elasticity; MOE) ค่าความเครียดแรงดัด (Maximum Flexural Strain; MFS) ค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Screw Tightness; ST) ค่าความแข็งแรงดึง (Tensile Strength; TS) และค่ามอดูลัสแรงดึง (Tensile Modulus; TM) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบทางกลของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่

Temperature (°C)	Time (Min)	SW (%)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	MFS (%)	ST (MPa)	TS (MPa)	TM (MPa)
170	10	5.40	0.40	53.27	1.78	8.02	5.49	2.39
	15	6.01	0.49	58.48	2.18	8.23	6.72	2.58
	20	7.50	0.81	54.37	1.76	8.14	5.32	2.62
190	10	6.54	0.45	56.89	1.96	8.88	5.15	2.26
	15	6.35	0.58	69.58	2.50	12.60	8.75	3.09
	20	6.85	0.53	58.72	2.50	9.63	5.44	2.82
210	10	4.80	0.26	47.38	1.49	14.97	7.59	2.67
	15	5.62	0.38	52.55	1.65	20.60	4.90	1.97
	20	8.23	0.61	47.84	1.65	16.56	5.46	2.35

1) ผลการทดสอบการพองตัวตามความหนา พบว่า ที่อุณหภูมิอัดร้อน 210 °C เวลาอัดขึ้นรูป 10 min มีการพองตัวน้อยที่สุด มีค่าการพองตัวตามความหนาที่ 4.80% และที่อุณหภูมิอัดร้อน 210 °C เวลาอัดขึ้นรูป 20 min มีการพองตัวมากที่สุด มีค่าการพองตัวตามความหนาที่ 8.23% แสดงดังรูปที่ 7

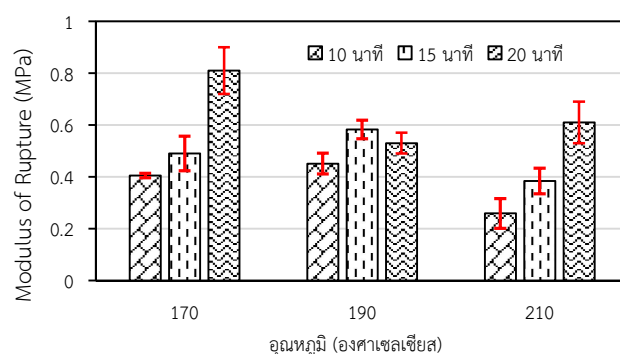


รูปที่ 7 ค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่

จากรูปที่ 7 พบว่าแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ย $6 \pm 1\%$ ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.876-2547 ทั้ง 9 ปัจจัยการทดลอง เนื่องจากมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยไม่เกิน 12% ที่น่าสังเกตแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ถูกขึ้นรูปจากวัสดุธรรมชาติที่มีเซลลูโลสซึ่งเป็นสารที่ชอบดูดซับน้ำ เมื่อนำแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ไปแช่น้ำจะมีการดูดซับน้ำส่งผลต่อค่าการพองตัวตามความหนาที่สูงไปด้วย [11] นอกจากนี้จุดที่น่าสังเกตที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะทางกายภาพ พบว่า ที่

อุณหภูมิอัดร้อน 170 °C มีค่าเฉลี่ยของค่าการพองตัวตามความหนามากที่สุด เนื่องมาจากความร้อนที่ยังไม่เพียงพอส่งผลให้การจัดเรียงตัวหรือความหนาแน่นภายในมีไม่มากพอ ย่อมส่งผลให้มีการดูดซับน้ำส่งผลต่อค่าการพองตัวตามความหนาที่สูงไปด้วย

2) ผลการทดสอบความแข็งแรงดัด พบว่า ค่าความแข็งแรงดัดที่อุณหภูมิอัดร้อน 170 °C เวลาอัดขึ้นรูป 20 min มีความแข็งแรงดัดมากที่สุด 0.81 เมกะปาสคาล (MPa) และที่อุณหภูมิอัดร้อน 210 °C เวลาอัดขึ้นรูป 10 min มีความแข็งแรงดัดน้อยที่สุด 0.26 MPa แสดงดังรูปที่ 8

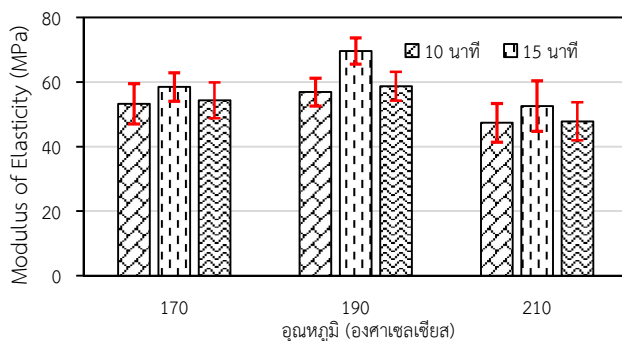


รูปที่ 8 ค่าความแข็งแรงดัดของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่

จากรูปที่ 8 ผลการศึกษาค่าความแข็งแรงดัด พบว่า แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ มีค่าความแข็งแรงดัดที่แปรผกผันกับอุณหภูมิอัดร้อน ซึ่งค่าความแข็งแรงดัดภายในอุณหภูมิเดียวกัน แต่เวลาต่างกันจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอัดร้อนกลับแปรผกผันให้ค่าที่แตกต่างอย่างเห็นได้ชัด

เช่น อุณหภูมิอัดร้อน 170 190 และ 210 °C มีค่าความแข็งแรงดัดสูงสุดที่ 0.81 0.58 และ 0.61 MPa ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิอัดร้อนทั้ง 3 ระดับจะเห็นได้ว่าแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ที่อัดด้วยอุณหภูมิต่ำกว่าแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ที่อัดด้วยอุณหภูมิสูง แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ทั้ง 9 ปัจจัยการทดลอง ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 876-2547 เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงดัดต้องไม่ต่ำกว่า 14 MPa

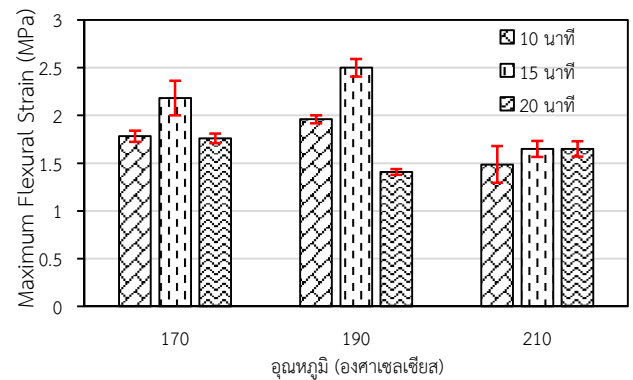
ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น พบว่า ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นที่อุณหภูมิอัดร้อน 190 °C เวลาอัดขึ้นรูป 15 min มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมากที่สุด 69.58 MPa และที่อุณหภูมิอัดร้อน 210 °C เวลาอัดขึ้นรูป 10 min มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นที่น้อยที่สุด 47.38 MPa แสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่

จากรูปที่ 9 ผลการศึกษาค่ามอดูลัสยืดหยุ่น พบว่า แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย 55 ± 7 MPa ซึ่งแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ทั้ง 9 ปัจจัยการทดลอง ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.876-2547 เนื่องจากมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นต้องไม่ต่ำกว่า 1800 MPa

ค่าความเครียดแรงดัด พบว่า ค่าความเครียดแรงดัดที่อุณหภูมิอัดร้อน 190 °C เวลาอัดขึ้นรูป 15 และ 20 min มีค่าความเครียดแรงดัดมากที่สุด 2.50 MPa และที่อุณหภูมิอัดร้อน 210 °C เวลาอัดขึ้นรูป 10 min มีค่าความเครียดแรงดัดน้อยที่สุด 1.49 MPa แสดงดังรูปที่ 10



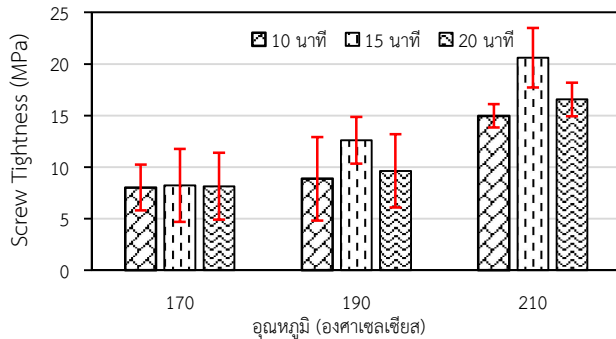
รูปที่ 10 ค่าความเครียดแรงดัดของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่

วิเคราะห์ผลการทดสอบสมบัติทางกลค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสยืดหยุ่น พบว่า การเพิ่มการเพิ่มอุณหภูมิอัดร้อนส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดัด มีแนวโน้มลดลง แต่กลับทำให้ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากความหนาแน่นของแผ่นวัสดุแทนไม้เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ความหนาแน่นของแผ่นไม้ยังขึ้นอยู่กับความหนาของเศษไม้ไผ่ จะเห็นได้ไม้มีลักษณะบางและยาว การเรียงซ้อนกันระหว่างชิ้นไม้ไม่ดี แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่จึงมีช่องว่างน้อยลง ส่งผลให้ความสามารถการกระจายความเค้นที่เกิดจากแรงดันอัดและสม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแผ่น และในขณะเดียวกันเมื่อเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้น ทำให้เซลล์ลูลอสในแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ช่องว่างมาก ไม่สามารถกระจายความเค้น (Street) ที่เกิดจากแรงดัดได้สม่ำเสมอความสามารถในการต้านทานการโก่งหรือความแข็งแรงดัดน้อยส่งผลให้มีมอดูลัสยืดหยุ่น (MOE) น้อยลง [12]

การวิเคราะห์การแตกหักจากแรงดัดของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ พบว่า แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่จะแตกหักตามรอยกดของแรงดัด เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเกิดความเค้นเฉือนและโมเมนต์ดัดสูงสุด โดยปัจจัยที่มีผลต่อการแตกหักของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ คือ อุณหภูมิอัดร้อนและเวลาอัดขึ้นรูป นอกจากนี้แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่เมื่อทำการทดสอบแล้วพบว่า แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ไม่ขาดออกจากกัน แต่จะเกิดรอยแตกที่เนื้อไม้ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบแล้วจะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 210 °C จะเกิดการแตกหักที่เห็นชัดที่สุดเนื่องจากใช้อุณหภูมิที่สูง ทำให้เนื้อไม้เกิดการเปราะบาง

3) ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว พบว่า ค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวที่อุณหภูมิอัดร้อน 210 °C

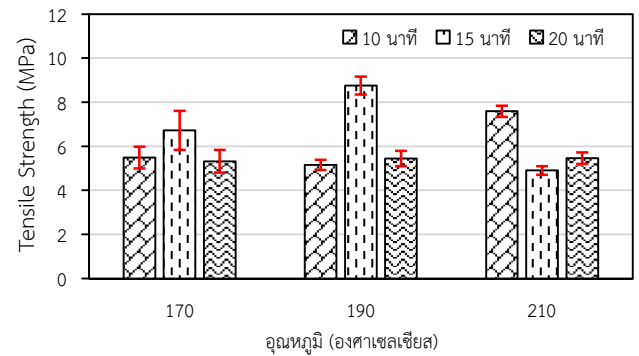
เวลาอัดขึ้นรูป 15 min มีความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวมากที่สุด 20.06 MPa และที่อุณหภูมิอัดร้อน 170 °C เวลาอัดขึ้นรูป 10 min มีความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวน้อยที่สุด 8.02 MPa แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่

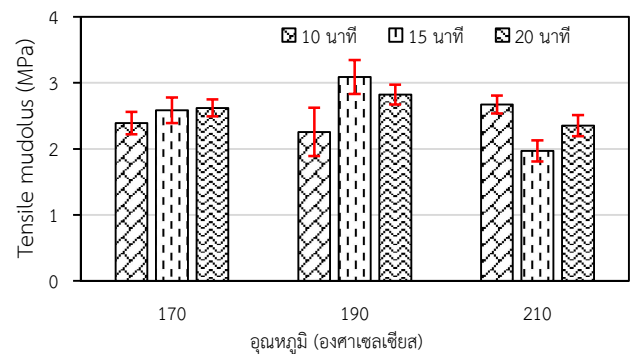
วิเคราะห์ผลค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ พบว่า อุณหภูมิอัดร้อนและเวลาอัดขึ้นรูปมีผลต่อค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว โดยที่อุณหภูมิอัดร้อน 210 °C มีค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวมากที่สุดเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอัดร้อนที่ 170 และ 190 °C เมื่อพิจารณาผลการทดสอบโดยรวม พบว่า ค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวเฉลี่ย 12 ± 4 MPa นอกจากนี้เมื่อยังเพิ่มอุณหภูมิอัดร้อนและเวลาอัดขึ้นรูปให้สูงขึ้นเกินกว่าที่กำหนด จะทำให้มีค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวมากขึ้นเนื่องจากแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ไม่มีความชื้น แต่จะมีความเปราะบางมากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอัดร้อนที่สูงขึ้น ในทางกลับกันถ้าหากลดอุณหภูมิอัดร้อนและเวลาอัดขึ้นรูปให้ต่ำกว่าที่กำหนด จะทำให้ค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวลดน้อยลงเนื่องจากมีความชื้นในแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่นั้นเอง

4) ผลการทดสอบความแข็งแรงดึง พบว่า ค่าความแข็งแรงดึงที่อุณหภูมิอัดร้อน 190 °C เวลาอัดขึ้นรูป 10 min มีความแข็งแรงดึงมากที่สุด 8.75 MPa และที่อุณหภูมิอัดร้อน 210 °C เวลาอัดขึ้นรูป 15 min มีความแข็งแรงดึงที่ต่ำที่สุด 4.90 MPa แสดงดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ค่าความแข็งแรงดึงของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่

ผลการทดสอบมอดูลัสแรงดึง พบว่า ค่ามอดูลัสแรงดึงที่อุณหภูมิอัดร้อน 190 °C เวลาอัดขึ้นรูป 10 min มีมอดูลัสแรงดึงมากที่สุด 3.09 MPa และที่อุณหภูมิอัดร้อน 210 °C เวลาอัดขึ้นรูป 15 min มีมอดูลัสแรงดึงน้อยที่สุด 1.97 MPa แสดงดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 ค่ามอดูลัสแรงดึงของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่

จากรูปที่ 12 ค่าความแข็งแรงดึงของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ พบว่า อุณหภูมิอัดร้อนและเวลาอัดขึ้นรูปที่ใช้มีผลต่อค่าความแข็งแรงดึงโดยทำให้แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ที่มีอุณหภูมิอัดร้อนที่ 190 °C มีค่าความแข็งแรงดึงมากที่สุดเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอัดร้อนที่ 170 และ 210 °C ทั้งนี้เมื่อยังเพิ่มอุณหภูมิอัดร้อนและเวลาอัดขึ้นรูปให้สูงขึ้นเกินกว่าที่กำหนด จะทำให้มีความแข็งแรงดึงน้อยลงเนื่องจากทำให้แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ไม่มีความเปราะบาง ในทางกลับกันถ้าหากลดอุณหภูมิอัดร้อนและเวลาอัดขึ้นรูปให้ต่ำกว่าที่กำหนดจะทำให้ค่าความแข็งแรงดึงลดน้อยลงเนื่องจากทำให้แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ไม่มีความแข็งแรงทำให้ค่าความแข็งแรงดึงน้อย และ

ยังทำให้มีความชื้นในแผ่นไม้อัดจากซีเลื่อยไม้ไผ่ ทั้งนี้แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ทั้ง 9 ปัจจัยการทดลอง ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.876-2547 จำนวน 2 ค่ามาตรฐาน คือ ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดูลัสแรงดึง เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงดึงมากกว่า 0.40 MPa และมีค่ามอดูลัสแรงดึงมากกว่า 0.80 MPa

3.3 ผลการเปรียบเทียบสมบัติทางกลของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 876-2547

เปรียบเทียบสมบัติทางกลของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.876-2547 โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ในปัจจัยอุณหภูมิที่ 190 °C เวลา 15 min เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัสแรงดึง ค่าความเครียดแรงดึง ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดูลัสแรงดึงที่สูง สอดคล้องกับการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตผลิตภัณฑ์จึงนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.876-2547 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าทดสอบสมบัติเชิงกลกับมาตรฐาน มอก. 876 – 2547

ความหนา 6 ถึง 13 มิลลิเมตร			ผลการเปรียบเทียบ
คุณลักษณะ	ค่ามาตรฐาน	ค่าทดสอบ	
Swelling of Wood (%)	ไม่เกิน 12	6.35	ผ่าน
Modulus of Rupture (MPa)	ไม่น้อยกว่า 14	0.58	ไม่ผ่าน
Modulus of Elasticity (MPa)	ไม่น้อยกว่า 1,800	69.58	ไม่ผ่าน
Maximum Flexural Strain (MPa)	-	12.60	N/A
Tensile Strength (MPa)	ไม่น้อยกว่า 0.40	8.75	ผ่าน
Tensile Modulus (MPa)	ไม่น้อยกว่า 0.80	3.09	ผ่าน

การเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.876-2547 พบว่า มีค่าการทดสอบที่ผ่านมาตรฐาน 3 ค่ามาตรฐาน คือ ค่าการพองตัวตามความหนา ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดูลัสแรงดึง และมีการทดสอบที่ไม่ผ่าน

มาตรฐาน 2 ค่ามาตรฐาน คือ ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดูลัสแรงดึง ส่วนค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.876-2547 จะทำการทดสอบที่ความหนา 15 มิลลิเมตรขึ้นไป

3.4 ผลการผลิตผลิตภัณฑ์จากแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่

ผลจากการทดสอบสมบัติทางกลของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ พบว่า ที่ปัจจัยอุณหภูมิอัดร้อน 190 °C เวลาอัดขึ้นรูป 15 min มาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัสแรงดึง ค่าความเครียดแรงดึง ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดูลัสแรงดึงที่สูง เหมาะสมสำหรับการนำมาทำผลิตภัณฑ์ โดยเกณฑ์การเลือกปัจจัยที่เหมาะสมมาทำผลิตภัณฑ์ เลือกจากการค่าความแข็งแรงของไม้ให้สอดคล้องกับการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่จะผลิต ประกอบด้วย โต๊ะตั้งพื้น (โต๊ะญี่ปุ่น) และกล่องใส่ปากกา แสดงดังรูปที่ 14



(ก)



(ข)

รูปที่ 14 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ (ก) โต๊ะตั้งพื้น (โต๊ะญี่ปุ่น) และ (ข) กล่องใส่ปากกา

3.5 ผลการทดสอบความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์จากแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่

ผลิตภัณฑ์จากแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ ประกอบด้วย โต๊ะตั้งพื้น (โต๊ะญี่ปุ่น) และกล่องใส่ปากกา ได้ดำเนินการสอบถามวัดระดับความพึงพอใจในแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่และผลิตภัณฑ์จากแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ โดยมุ่งเน้นกลุ่มเป้าหมาย 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้ไผ่ กลุ่มลูกค้าไม้ไผ่ และกลุ่มผู้ประกอบการค้าขายไม้ไผ่ โดยมีหัวข้อการประเมินการให้คะแนนระดับความพึงพอใจ แลคำนวณค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจตามหัวข้อการประเมิน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่และผลิตภัณฑ์จากแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่

ลำดับ	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
1	ผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่	3.58	มาก
2	สี สัน และความสวยงามของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่	3.21	มาก
3	ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่	4.12	มาก
4	ความเหมาะสมของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ที่นำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์	3.42	มาก
5	ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่	2.72	ปานกลาง
6	ความแปลกใหม่ของแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่	2.38	น้อย
7	แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย	4.03	มาก
8	แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่สามารถตอบโจทย์ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม	4.85	มากที่สุด
9	ความเหมาะสมของกระบวนการขึ้นรูปแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่	2.85	น้อย
10	ความคุ้มค่าในการนำเศษไม้ไผ่มาขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่	2.97	ปานกลาง
	ค่าเฉลี่ย	3.41	มาก

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่และผลิตภัณฑ์จากแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ พบว่า

มีค่าคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 3.41 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงระดับความพึงพอใจมาก โดยค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจในแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่มากที่สุด 3 อันดับแรก คือ อันดับที่ 1 คือ แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่สามารถตอบโจทย์ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม อันดับที่ 2 คือ ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ และอันดับที่ 3 คือ แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย นอกจากนี้พบว่า ความพึงพอใจที่น้อยที่สุด คือ ความเหมาะสมของกระบวนการขึ้นรูปแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่

5. สรุปผลการศึกษา

1) ลักษณะทางกายภาพ ที่อุณหภูมิอัดรีดแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่มีลักษณะพื้นผิวไม่ราบเรียบ ขรุขระ แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่โค้งงอ ไม่เรียบตรง ส่วนที่อุณหภูมิอัดรีดสูง แผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ไม่โค้งงอ เรียบตรง มีกลิ่นไหม้และมีรอยดำ

2) ค่าเปอร์เซ็นต์การพองตัวเฉลี่ยต่ำสุด 4.80% ที่อุณหภูมิอัดรีด 210 °C เวลาอัดขึ้นรูป 10 min

3) ค่าความแข็งแรงดัดเฉลี่ยสูงสุด 0.81 MPa ที่อุณหภูมิอัดรีด 170 °C เวลา 20 min ค่ามอดูลัสการดัดเฉลี่ยสูงสุด 69.58 MPa ที่อุณหภูมิ 190 °C ที่เวลา 15 min และค่าความเครียดดัดเฉลี่ยสูงสุด 2.50 MPa ที่อุณหภูมิอัดรีด 190 °C เวลาอัดขึ้นรูป 15 และ 20 min

4) ค่าความยืดหยุ่นของตะปูเกลียวเฉลี่ยสูงสุด 20.60 MPa ที่อุณหภูมิอัดรีด 210 °C เวลาอัดขึ้นรูป 15 min

5) ค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสการดึงเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 8.75 MPa และ 3.09 MPa ตามลำดับ ที่อุณหภูมิอัดรีด 190 °C เวลาอัดขึ้นรูป 15 min

6) การเปรียบเทียบแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่กับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.876-2547 พบว่า มีค่าการทดสอบที่ผ่านมาตรฐาน 3 ค่ามาตรฐาน คือ ค่าการพองตัวตามความหนา ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดูลัสแรงดึง และมีค่าการทดสอบที่ไม่ผ่านมาตรฐาน 2 ค่ามาตรฐาน คือ ค่าความแข็งแรงดัด และค่ามอดูลัสแรงดัด

7) สภาวะที่เหมาะสมแก่การอัดขึ้นรูปร้อนแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ที่อุณหภูมิอัดรีด 190 °C เวลาอัดขึ้นรูป 15 min

8) ผลการทดสอบความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์จากแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่ พบว่า มีค่าคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 3.41 คะแนน ระดับความพึงพอใจมาก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการจัดสรรจัดงบประมาณผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ประจำปี พ.ศ. 2565 ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์ การวิจัยและพัฒนา นวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักจัดการที่ดินป่าไม้. 2563. โครงการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ. 2556 – 2557. รายงานวิจัย. กรมป่าไม้. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- [2] ณัฏฐาภรณ์ จรรย์จารุพัฒน์, สาลินี อาจารย์. การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. 2561;28(2):469-476.
- [3] ไตรรงค์ เปลี่ยนแสง, ปาริชาติ เตชะ, ชุตินา ไชยสาร น้าฝน อินแท่ง, อรณิชา ศิริประโชติ. การศึกษาการผลิตวัสดุทดแทนไม้จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. *PSRU Journal of Science and Technology*. 2564;6(3):121-134.
- [4] ณัฏฐาภรณ์ จรรย์จารุพัฒน์ และสาลินี อาจารย์. การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. 2561;28(2):469-476.
- [5] พนุชคดี เย็นใจ ทรงกลด จารุสมบัติ และธีระ วิณิน. การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษเหลือทิ้งของไม้เสม็ดขาว. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*. 2559;11(2):131-140.
- [6] Chanpor Yiachongthor. การเพิ่มมูลค่าชี้เลื่อยไม้สักจากโรงเลื่อยในเมืองเชียงใหม่ แขวงหลวงพระบาง เป็นแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อการผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ [วิทยานิพนธ์]. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2564.
- [7] แสงระวี สุชีธรรม, ทรงกลด จารุสมบัติ, ธีระ วิณิน. แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษเหลือไม้จากโรงงานทำตะเกียบ. *วารสารวนศาสตร์*. 2562;38(2):192-201.
- [8] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)*. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547.
- [9] วรพงศ์ บุญช่วยแทน, สุรสิทธิ์ ระวีวงศ์. *ส่วนผสมและกรรมวิธีการผลิตแผ่นไม้ไผ่จากเศษไม้ไผ่โดยการอัดขึ้นรูปร้อน*. อนุสิทธิบัตรคำขอเลขที่ 2203002954, วันที่ยื่นคำขอ 27 ตุลาคม 2565.
- [10] ภาณุเดช ชัดงาม, สมบัติ ชะนะวงศ์, วิชา หมั่นทำการ, วรธรรม อุ๋นจิตติชัย. การศึกษาการทำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของต้นสบู่ดำ. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*. 2558;14(3):734-740.
- [11] ชาทรี หอมเขียว, วรพงศ์ บุญช่วยแทน, วรธนพร ชีวภูมิพงศ์. ผลกระทบของปริมาณเส้นใยผลตาลโตนดและแป้งมันสำปะหลังต่อสมบัติของแผ่นไม้อัดปลอดสารพิษ. *วารสารวิศวกรรมลาดกระบัง*. 2557;33(3):41-55.
- [12] กันยา อัครอารีย์, อาทิตยา กาญจนะ. *การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากใบชาจากอุตสาหกรรมเครื่องดื่มทดแทนการใช้ขึ้นไม้สักในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล [วิทยานิพนธ์]*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2557.