

ẢNH HƯỞNG CỦA CẤU TRÚC XẾP LỚP TRE - GỖ ĐẾN MỘT SỐ TÍNH CHẤT CƠ HỌC VÀ VẬT LÝ CỦA VÁN SÀN CONTAINER

Nguyễn Thị Phương¹, Nguyễn Văn Định¹, Tạ Thị Thanh Hương¹,
Nguyễn Thị Trinh¹, Zhou Xiaoyan²

¹Viện Nghiên cứu Công nghiệp rừng

²Viện Khoa học Vật liệu và công trình, Trường Đại học Lâm nghiệp Nam Kinh

TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá một số tính chất cơ học, vật lý của ván sàn container gồm sáu cấu trúc xếp lớp khác nhau, thông qua các chỉ tiêu: độ ẩm, khối lượng riêng, khả năng chống bong tách, độ bền uốn (MOR), mô đun đàn hồi (MOE) theo hai phương, và lực uốn nhịp ngắn. Kết quả cho thấy: tất cả các mẫu ở cả 6 cấu trúc trên đều đáp ứng yêu cầu về độ ẩm (< 10%) và khối lượng riêng ($\geq 0,75 \text{ g/cm}^3$) theo tiêu chuẩn GB/T 19536 - 2015 và ISO 5942: 2024. Các mẫu sử dụng nan cán dập có cấu trúc ký hiệu (KC1 - KC3) cho khối lượng riêng cao hơn so với mẫu sử dụng nan thanh có cấu trúc ký hiệu (KC4 - KC6). Tất cả các mẫu không xuất hiện hiện tượng bong tách sau chu trình luộc - sấy, cho thấy liên kết giữa tre - gỗ sử dụng keo PF ổn định. Các tính chất cơ lý được cải thiện với các kết cấu xếp lớp khác nhau, trong đó mẫu có cấu trúc ký hiệu KC1 đạt giá trị cao nhất ở tất cả các chỉ tiêu, đặc biệt là MOR, MOE và lực uốn nhịp ngắn. Chỉ KC1 và KC5 đạt yêu cầu độ bền uốn theo chiều dọc theo GB/T 19536-2015 ($\geq 85 \text{ MPa}$), trong khi tất cả các cấu trúc xếp lớp còn lại đều đạt yêu cầu theo chiều ngang ($\geq 35 \text{ MPa}$). Về lực uốn nhịp ngắn, cả sáu cấu trúc đều đạt theo tiêu chuẩn GB/T 19536 - 2015, nhưng chỉ năm cấu trúc xếp lớp (KC1, KC3 - KC6) đạt tiêu chuẩn ISO 5942: 2024, do cấu trúc KC2 không đủ lực uốn tối thiểu.

Từ khóa: Cấu trúc xếp lớp, lực uốn nhịp ngắn, ván sàn container tre - gỗ.

EFFECT OF BAMBOO - WOOD LAMINATE STRUCTURE ON SELECTED PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CONTAINER FLOORING PANELS

Nguyen Thi Phuong¹, Nguyen Van Dinh¹, Ta Thi Thanh Huong¹,
Nguyen Thi Trinh¹, Zhou Xiaoyan²

¹Forest Industry Research Institute

²College of Material Science and Engineering, Nanjing Forestry University

ABSTRACT

This study evaluated the physical and mechanical properties of container flooring made from six different laminated structures, based on the following criteria: moisture content, density, delamination resistance, bending strength (MOR), modulus of elasticity (MOE) in both directions, and short - span bending force. The results showed that all samples met the moisture content requirement (< 10%) and the minimum density requirement ($\geq 0.75 \text{ g/cm}^3$) as specified in GB/T 19536 - 2015 and ISO 5942:2024. Samples made with flaked strips (KC1 - KC3) exhibited higher densities than those made with solid strips (KC4 - KC6). None of the samples showed signs of delamination after the boil - dry cycle, indicating stable bonding quality of the PF adhesive. In terms of mechanical performance, KC1 outperformed the others in all evaluated criteria, particularly in MOR, MOE, and short-span bending force. Only KC1 and KC5 met the required longitudinal bending strength according to GB/T 19536 - 2015 ($\geq 85 \text{ MPa}$), while all six samples satisfied the transverse bending strength requirement ($\geq 35 \text{ MPa}$). Although all samples met the short - span bending force requirement of GB/T 19536 - 2015, only five samples complied with ISO 5942:2024, as KC2 failed to meet the minimum required force.

Keywords: Bamboo - wood container flooring, laminated structure, short span bending force.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, ngành dịch vụ hậu cần (logistics) và vận tải container phát triển mạnh mẽ kéo theo nhu cầu sử dụng ván sàn container ngày càng tăng cao. Việc vận chuyển hàng hóa trên thế giới hiện nay sử dụng container chiếm hơn 90%. Sàn container thường được làm bằng gỗ, là bộ phận chịu lực quan trọng của container, yêu cầu độ bền, độ cứng, và khả năng chống mài mòn cao, đồng thời chịu được tải trọng tập trung. Đây là một sản phẩm có tiêu chuẩn kỹ thuật nghiêm ngặt và sản lượng sản xuất lớn (Zhang *et al.*, 2011). Do đó, yêu cầu về chất lượng cũng như độ bền cơ học, khả năng chống ẩm và tuổi thọ của ván sàn ngày càng khắt khe hơn.

Hiện nay, một xu hướng đang được quan tâm là sử dụng vật liệu kết hợp giữa tre và gỗ rừng trồng để thay thế các loại gỗ rừng tự nhiên đang ngày càng khan hiếm và có giá thành cao. Tre là loài cây mọc nhanh, thân tre có đặc tính tái tạo nhanh, độ bền cơ học cao và đặc tính thân thiện môi trường, được xem là vật liệu tiềm năng thay thế gỗ tự nhiên. Bên cạnh đó, gỗ rừng trồng có ưu thế về khả năng gia công và sự ổn định của nguồn cung, tạo điều kiện thuận lợi cho sản xuất quy mô công nghiệp. Sự kết hợp giữa tre và gỗ không chỉ góp phần tận dụng tối đa ưu điểm của từng loại nguyên liệu mà còn có thể tạo ra các sản phẩm ván sàn đạt yêu cầu kỹ thuật với chi phí hợp lý. Việc sử dụng tre - gỗ kết hợp tạo ván sàn container có thể phát huy ưu thế của cây tre, đồng thời có thể giảm giá thành sản phẩm, và bảo đảm chất lượng nội và ngoại quan (Sun, Zhang, 1997). Tre - gỗ kết hợp một cách khoa học có thể phát huy những ưu điểm của tre và gỗ, tạo ra được sản phẩm có chất lượng cao, ngoại quan đẹp, và giảm chi phí giá thành, đồng thời có thể tìm ra hướng đi mới cho ván nhân tạo từ gỗ rừng trồng (Chen, 2014; Zhang, 1995; Zhao, Yun, 2022).

Nhiều nghiên cứu đã chứng minh lợi ích của việc kết hợp tre và gỗ (BW) để phát triển các loại composite kết cấu lai có cường độ cao. Một

số sản phẩm điển hình gồm composite tre gỗ (BW), ván dăm định hướng (OSB) (Semple *et al.*, 2015; Yong *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 1997) dầm OSL từ gỗ thông gia cường bằng nan tre (Xiao *et al.*, 2010), ván sàn container tre - gỗ kết hợp với mảnh tre (Wei *et al.*, 2013), tà vẹt đường sắt từ nan tre và bột gỗ (Wei *et al.*, 2019), ván ép nhiều lớp chéo tre - gỗ (BW-CLT) (Wei *et al.*, 2019) và ván glulam kết hợp tre - gỗ (Shin *et al.*, 2012). Chen và đồng tác giả (2017) đã thí nghiệm tạo ván LVL từ tre kết hợp với gỗ (BW - LVL) bảy lớp với các tỷ lệ tre gỗ (BW): 71% B - 29% W, 43% B - 57% W, 29% B - 71% W và 57% B - 43% W theo nhiều cấu hình xếp lớp khác nhau. Kết quả cho thấy khi tỷ lệ tre tăng, đặc biệt ở các lớp bề mặt, độ bền trượt, độ bền uốn (MOR) và mô đun đàn hồi (MOE) của composite tăng, phản ánh tác động tích cực của mật độ và cường độ cao của tre đối với hiệu suất của composite tre - gỗ. Sinha và Clauson (2012) đã nghiên cứu tạo ván glulam năm lớp kết hợp tre - gỗ (BW - glulam), gồm hai lớp ngoài (mặt trên và mặt dưới) từ ván ép thanh tre (LBL) và ba lớp lõi từ gỗ mềm (Douglas Fir). Kết quả cho thấy tỷ lệ phá hủy nền đạt 80% ở phần gỗ, 12,5% ở phần keo dán và 5% ở phần tre, cho thấy pha gỗ có mật độ thấp dễ xảy ra phá hủy trượt hơn so với mô tre và pha keo dán có mật độ và cường độ cao hơn.

Để đạt được chất lượng mong muốn, cấu trúc xếp lớp của các thành phần tre - gỗ trong tấm ván đóng vai trò quyết định. Việc lựa chọn hướng sợi, số lớp, vị trí phân bố tre - gỗ và quy trình ép ván sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến tính chất cơ học của ván sàn container gồm: độ bền uốn, khả năng chịu tải, độ bền liên kết giữa các lớp, cũng như độ ổn định kích thước và khả năng chống bong tách (Chen *et al.*, 2027). Nếu ván sàn container có các lớp tre kết cấu xếp theo chiều dọc thì khả năng chịu lực theo chiều ngang sẽ kém. Nếu kết cấu ngang dọc thì tính dán dính kém, loại ván này dễ bị tách màng keo giữa các lớp xếp ngang dọc, dẫn đến vấn đề về chất lượng. Do đó, nghiên cứu mối liên hệ giữa

cấu trúc xếp lớp tre - gỗ và các tính chất cơ học - vật lý của ván sàn container là cần thiết nhằm tối ưu hóa thiết kế vật liệu và nâng cao hiệu quả sử dụng trong thực tế (Nguyễn Thị Thanh Hiền, Phạm Văn Chương, 2014 ; Li *et al.*, 2000 ; Sun *et al.*, 1998 ; Rob *et al.*, 2005).

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

- Luồng (*Dendrocalamus barbatus*), 3 - 4 tuổi, khai thác tại Thanh Hóa.

Cây Luồng được cắt chiều dài 2,5 m sau đó gia công tạo nan thanh và nan cán dập. Nan thanh và nan cán dập sau khi được xử lý thủy nhiệt bằng hơi nước bão hòa với thời gian 3 giờ, nhiệt độ 140°C và sấy về độ ẩm dưới 10%

- Ván bóc gỗ Keo tai tượng (*Acacia mangium*) có chiều dày 2 ± 0,2 mm, độ ẩm ≤ 8%.

- Keo Phenol Formaldehyde (PF) được cung cấp bởi Công ty Keo dán AICA với thông số kỹ

thuật: Hàm lượng khô 52%, độ nhớt 112 mm/s, độ pH 8.

2.2. Thiết bị nghiên cứu

Các thiết bị chính được sử dụng trong nghiên cứu này:

- Máy ép nhiệt: 10 lớp, kích thước bề mặt bàn ép 2.500 × 1.250 (mm), nhiệt độ ép 130°C, áp lực ép 3 Mpa

- Tủ sấy: khoảng nhiệt độ cài đặt: (5 - 220)°C, độ phân giải 0,5°C

- Cân kỹ thuật: Alfa Mirage, khối lượng max: 300 g, độ phân giải: 0,01 g.

- Máy thử Kéo Nén: Instron, 5569/USA, thang đo (0 - 50) kN; độ phân giải 0,01 kN.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Các thông số tạo ván

Các cấu trúc xếp lớp thí nghiệm tạo ván sàn container tre - gỗ được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Kết cấu xếp lớp của ván sàn container thí nghiệm

Lớp	Kết cấu 1 (KC1)	Kết cấu 2 (KC2)	Kết cấu 3 (KC3)	Kết cấu 4 (KC4)	Kết cấu 5 (KC5)	Kết cấu 6 (KC6)
1	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang
2	Ván bóc xếp dọc	Ván bóc xếp dọc	Ván bóc xếp dọc	Ván bóc xếp dọc	Ván bóc xếp dọc	Ván bóc xếp dọc
3	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang
4	Nan cán dập xếp dọc	Nan cán dập xếp dọc	Nan cán dập xếp dọc	Nan cán dập xếp dọc	Nan cán dập xếp dọc	Nan chẻ xếp dọc
5	Ván bóc xếp ngang	Nan cán dập xếp dọc	Nan cán dập xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Nan chẻ xếp dọc
6	Nan cán dập xếp dọc	Nan cán dập xếp dọc	Nan cán dập xếp dọc	Nan chẻ xếp dọc	Nan chẻ xếp dọc	Ván bóc xếp ngang
7	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Nan chẻ xếp dọc	Ván bóc xếp ngang	Nan chẻ xếp dọc
8	Nan cán dập xếp dọc	Ván bóc xếp dọc	Ván bóc xếp dọc	Nan chẻ xếp dọc	Nan chẻ xếp dọc	Nan chẻ xếp dọc
9	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang
10	Nan cán dập xếp dọc	Nan cán dập xếp dọc	Nan cán dập xếp dọc	Nan chẻ xếp dọc	Nan chẻ xếp dọc	Nan chẻ xếp dọc
11	Ván bóc xếp ngang	Nan cán dập xếp dọc	Nan cán dập xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Nan chẻ xếp dọc

Lớp	Kết cấu 1 (KC1)	Kết cấu 2 (KC2)	Kết cấu 3 (KC3)	Kết cấu 4 (KC4)	Kết cấu 5 (KC5)	Kết cấu 6 (KC6)
12	Nan cán dập xếp dọc	Nan cán dập xếp dọc	Nan cán dập xếp dọc	Nan chẻ xếp dọc	Nan chẻ xếp dọc	Ván bóc xếp ngang
13	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Nan chẻ xếp dọc	Ván bóc xếp ngang	Nan chẻ xếp dọc
14	Ván bóc xếp dọc	Ván bóc xếp dọc	Ván bóc xếp dọc	Nan chẻ xếp dọc	Nan chẻ xếp dọc	Nan chẻ xếp dọc
15	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Nan chẻ xếp dọc
16				Ván bóc xếp dọc	Ván bóc xếp dọc	Ván bóc xếp dọc
17				Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang
18				Ván bóc xếp dọc	Ván bóc xếp dọc	Ván bóc xếp dọc
19				Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang	Ván bóc xếp ngang

Thông số chế độ ép

Tạo ván ép thí nghiệm, kích thước 800 × 800 × 28 mm với thông số chế độ ép:

Áp lực ép: 3 MPa, nhiệt độ ép: 130°C, thời gian ép: 80 phút.

2.3.2. Xác định một số tính chất của ván

Ván sau khi được tạo ra được kiểm tra một số tính chất cơ, vật lý cơ bản như sau:

- Độ ẩm theo GB/T 19536-2015 mục 6.3.3 tương đương ISO 5942:2024 mục 6.6.4;



Hình 1. Sấy mẫu xác định độ ẩm ván sàn container

- Khối lượng riêng theo GB/T 19536-2015 mục 6.3.2 tương đương ISO 5942:2024 mục 6.6.3;

- Bong tách theo GB/T 19536-2015 mục 6.3.5 tương đương ISO 5942:2024 mục 6.6.5;

Phương pháp thử: Thử cho mẫu loại I. Mẫu được luộc trong nước sôi 4 h, lấy ra sấy ở nhiệt

độ 63 ± 3°C trong 20 h, sau đó lại luộc trong nước sôi 4 h, tiếp đó lấy ra sấy ở nhiệt độ 63 ± 3°C trong 3 h. Trong quá trình luộc mẫu phải ngập trong nước sôi. Quan sát kỹ các lớp keo, nếu thấy có hiện tượng bong tách, dùng thước đo chiều dài mỗi lớp màng keo, sau đó tính tổng chiều dài trên mỗi lớp màng keo.



Hình 2. Xử lý mẫu thử bong tách

- Độ bền uốn tĩnh và mô đun đàn hồi uốn tĩnh theo chiều ngang và chiều dọc theo GB/T 19536-2015 mục 6.3.4;

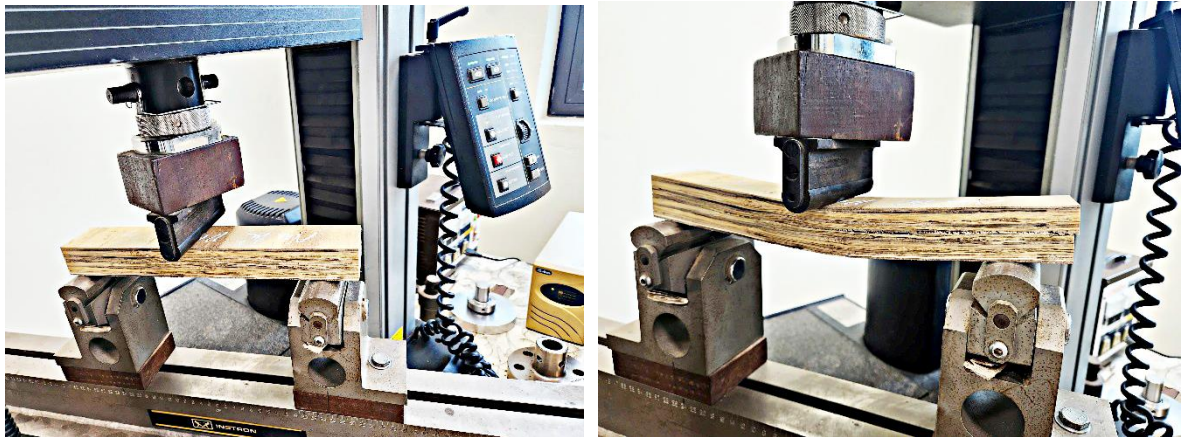


Hình 3. Thí nghiệm thử uốn

- Lực uốn nhịp ngắn theo GB/T 19536-2015 mục 6.3.6 tương đương ISO 5942:2024 mục 6.6.6.

Các mẫu thử sẽ được thử nghiệm trên một khoảng cách 254 mm bằng cách sử dụng một gối đỡ tải trọng phù hợp. Sử dụng một khối tải trọng có bán kính 6,35 mm tác dụng một tải trọng không đổi tại nhịp giữa của mẫu thử.

Khối tải trọng cũng sẽ tiếp xúc với toàn bộ chiều rộng của các mẫu thử tại điểm giữa. Mỗi mẫu thử sẽ được thử nghiệm bằng cách sử dụng tốc độ chuyển động của khối tải không đổi là 2 mm/min cho đến khi đạt được giá trị của tải trọng cực đại và mẫu bị phá hủy. Ghi lại giá trị của tải trọng cực đại mà tại đó mẫu bị phá hủy.



Hình 4. Thí nghiệm xác định lực uốn nhịp ngắn

Phương pháp xử lý số liệu: Số liệu thử nghiệm được xử lý theo phương pháp thống kê sinh học, mỗi kết cấu thí nghiệm lấy 5 tấm \times 6 mẫu thử/tấm.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

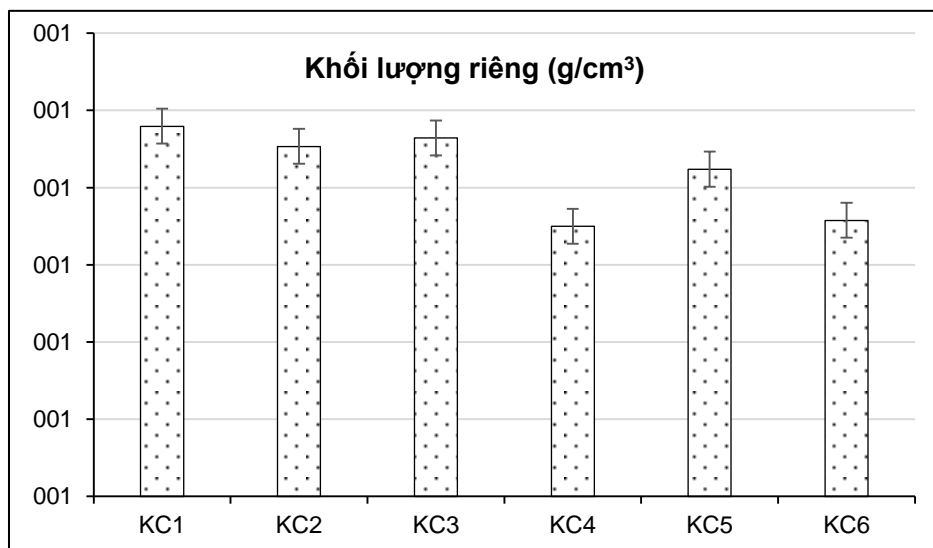
3.1. Độ ẩm

Độ ẩm ván sàn container của ván xếp lớp theo KC1 giao động trong khoảng $(6,4 \pm 1,8)\%$, KC2 là $(7,4 \pm 2,2)\%$, KC3 là $(7,8 \pm 1,7)\%$, KC4 là $(6,2 \pm 2,5)\%$, KC5 là $(6,1 \pm 2,5)\%$ và KC6 là $(6,6 \pm 2,0)\%$. Nhìn chung ván sàn container có các cấu trúc xếp lớp khác nhau đều nằm trong giới hạn cho phép đối với ván sàn sử dụng trong ngành công nghiệp container, yêu cầu

độ ẩm $\leq 12\%$ theo GB/T 19536 - 2015 và từ 6 - 12% theo ISO 5942:2024. Tuy nhiên, mức độ dao động nội tại trong từng kết cấu thể hiện rõ qua giá trị độ lệch chuẩn. Tất cả các mẫu đều đáp ứng yêu cầu về độ ẩm đối với ván sàn container. Kết quả cho thấy, độ ẩm của ván container của 6 kết cấu trên đủ điều kiện để tiến hành đánh giá các chỉ tiêu tiếp theo.

3.2. Khối lượng riêng

Khối lượng riêng là chỉ tiêu quan trọng phản ánh mật độ vật liệu và ảnh hưởng trực tiếp đến các tính chất cơ học, độ bền và khả năng chịu tải của ván sàn trong điều kiện sử dụng thực tế.



Hình 5. Khối lượng riêng ván sàn container

Hình 5 là kết quả khối lượng riêng (g/cm^3) của 6 kết cấu xếp lớp ván sàn container khác nhau. Kết quả cho thấy, khối lượng riêng các kết cấu đều $\geq 075 \text{ g}/\text{cm}^3$, đáp ứng được yêu cầu của GB/T 19536-2015 và ISO 5942:2024 và các giá trị khối lượng riêng đều nằm trong phạm vi phù hợp để sử dụng làm ván sàn container với yêu cầu sự cân bằng giữa khối lượng riêng, khả năng chịu lực và tính ổn định hình học. Mặt khác, ván sàn container có kết cấu các lớp tre là nan cán dập (KC1, KC2, KC3) có khối lượng riêng cao hơn so với ván sàn container có kết cấu các lớp tre là nan thanh (KC4, KC5, KC6), sự chênh lệch khối lượng riêng này là do ván có kết cấu nan cán dập dưới áp lực ép lớp dễ bị nén xuống hơn so với ván có kết cấu nan thanh.

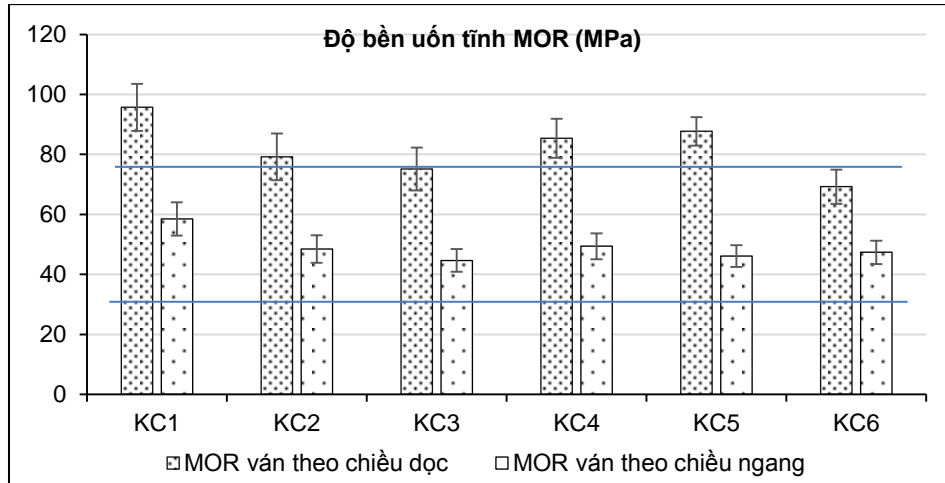
3.3. Bong tách

Thử nghiệm bong tách là một phương pháp mô phỏng điều kiện làm việc khắc nghiệt của vật liệu ván, nhằm đánh giá khả năng bền nước, bền nhiệt và độ ổn định kết cấu keo. Kết quả đo chiều dài bong tách sau các chu trình luộc - sấy là chỉ số trực tiếp thể hiện hiệu quả của quy trình sản xuất và chất lượng liên kết keo. Sự tách lớp liên tục của bất kỳ lớp keo dính nào ở mỗi mặt (trừ khoảng hở tự nhiên do khối tre tạo thành và lớp keo dính ở lát tre đầu tiên ngoài cùng theo chiều dọc bị hỏng) không được vượt quá một phần ba chiều dài của lớp keo dính (GB/T 19536 - 2015 và ISO 5942:2024). Quan sát các mẫu thí nghiệm sau khi kết thúc chu trình luộc và sấy, với điều kiện thử nghiệm cho mẫu loại I này thì chưa thấy xuất hiện hiện tượng bong tách (hình 6).

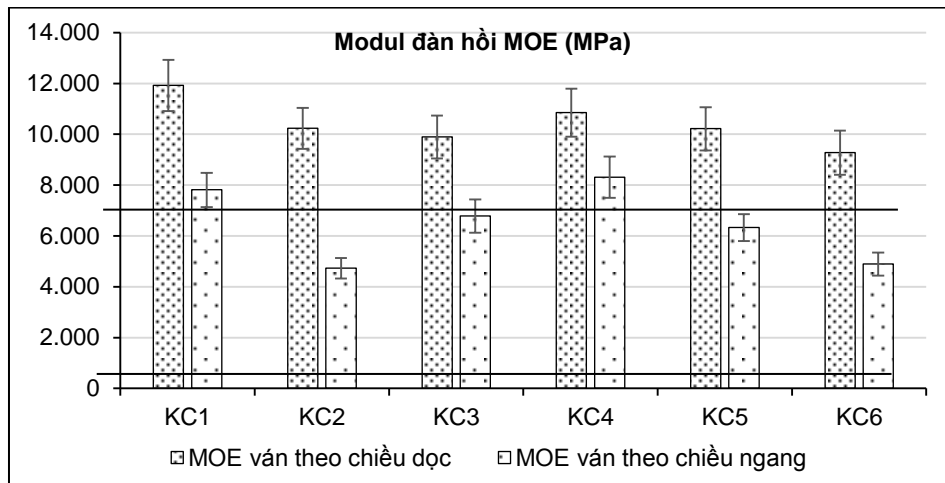


Hình 6. Mẫu bong tách sau chu trình luộc - sấy

3.4. Độ bền uốn tĩnh và mô đun đàn hồi



Hình 7. Độ bền uốn tĩnh của các kết cấu ván sàn container khác nhau



Hình 8. Mô đun đàn hồi của các kết cấu ván sàn container khác nhau

Các chỉ tiêu cơ học của ván sàn container bao gồm độ bền uốn tĩnh (MOR) và mô đun đàn hồi (MOE) theo hai phương (chiều dọc và chiều ngang) của các kết cấu ván sàn container khác nhau được trình bày ở hình 7 và hình 8. Kết quả thu được thể hiện sự khác biệt đáng kể giữa các kết cấu, cho thấy ảnh hưởng của cấu trúc xếp lớp đến tính chất cơ học của ván.

Độ bền uốn theo chiều dọc dao động từ 69,21 MPa (KC6) đến 95,71 MPa (KC1). Trong đó, mẫu KC1 cho thấy giá trị MOR cao nhất (95,71 MPa), điều này cho thấy khả năng chịu uốn theo chiều dọc vượt trội so với các cấu trúc khác (hình 7). Độ bền uốn theo chiều ngang dao động

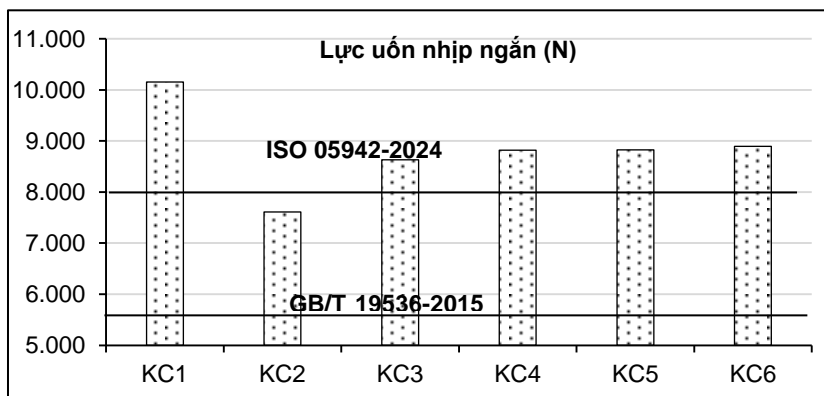
từ 44,65 MPa (KC3) đến 58,48 MPa (KC1). Xu hướng giảm từ KC1 (58,48 MPa) đến KC5 (46,10 MPa), sau đó tăng tại KC6 (47,36 MPa) (hình 6). Dựa theo yêu cầu chất lượng của tiêu chuẩn GB/T 19536-2015 về độ bền uốn theo chiều dọc ≥ 85 MPa và chiều ngang ≥ 35 MPa. Như vậy có thể thấy cả 6 cấu trúc xếp lớp trên đều đạt độ bền uốn theo chiều ngang nhưng chỉ có KC1 và KC5 đạt độ bền uốn theo chiều dọc. Điều này chứng tỏ cấu trúc xếp lớp có ảnh hưởng lớn đến khả năng chịu uốn của sản phẩm. Mỗi một cấu trúc xếp lớp khác nhau, khả năng chịu uốn cũng hoàn toàn khác nhau. Dựa vào kết quả trên có thể sơ bộ lựa chọn cấu trúc phù hợp cho sản phẩm ván sàn container.

Mô đun đàn hồi MOE theo chiều dọc có xu hướng giảm từ KC1 đến KC6, với giá trị cao nhất ở KC1 (11.923,43 MPa) và thấp nhất ở KC6 (9.274,03 MPa). Điều này cho thấy ván có cấu trúc xếp lớp KC1 không chỉ có khả năng chịu lực tốt mà còn ít bị biến dạng hơn khi chịu tải, phản ánh cấu trúc vật liệu đồng đều và độ liên kết tốt. Cũng giống như độ bền uốn, mô đun đàn hồi theo chiều ngang của cả 6 cấu trúc xếp lớp đều đạt theo tiêu chuẩn GB/T 19536-2015,

nhưng mô đun đàn hồi theo chiều dọc thì chỉ có một số kết cấu đạt, trong đó KC1 đạt giá trị cao nhất (hình 8).

3.5. Lực uốn nhịp ngắn

Lực uốn nhịp ngắn là một chỉ tiêu quan trọng phản ánh khả năng chịu tải tức thời của vật liệu trong điều kiện chịu lực tập trung tại nhịp ngắn - một đặc điểm thường gặp trong các ứng dụng kết cấu chịu lực.



Hình 9. Lực uốn nhịp ngắn

Từ hình 9 cho thấy giá trị lực uốn nhịp ngắn dao động từ 7.609,95 N (KC2) đến 10.153,95 N (KC1). Kết cấu KC1 lực uốn nhịp ngắn đạt giá trị cao nhất, vượt trội so với các mẫu còn lại. So với yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn GB/T 19536-2015 cả 6 loại ván của 6 kết cấu xếp lớp đều đạt yêu cầu chất lượng. Mặt khác, đối với kết cấu KC2 không đạt tiêu chuẩn so với ISO 05942-2024. Như vậy có thể thấy các kết cấu khác nhau, khả năng chịu tải tức thời của sản phẩm cũng khác nhau.

IV. KẾT LUẬN

Trong phạm vi nghiên cứu, đã đánh giá được ảnh hưởng của cấu trúc xếp lớp tre - gỗ đến một số tính chất cơ học và vật lý của ván sàn container:

- Độ ẩm và khối lượng riêng ở cả 6 kết cấu trên đều đáp ứng yêu cầu về độ ẩm (6 - 12%) và khối lượng riêng ($\geq 0,75 \text{ g/cm}^3$) theo tiêu chuẩn GB/T 19536-2015 và ISO 5942:2024. Trong đó, các mẫu sử dụng nan cán dập (KC1 - KC3) có

khối lượng riêng cao hơn so với mẫu sử dụng nan thanh (KC4 - KC6).

- Không xuất hiện bong tách sau chu trình luộc - sấy với tất cả mẫu ván, chứng tỏ chất lượng liên kết giữa các lớp sử dụng keo PF ổn định.

- Về tính chất cơ học, KC1 đạt giá trị cao nhất ở các chỉ tiêu độ bền uốn (95,71 MPa), mô đun đàn hồi (11.923,43 MPa) và lực uốn nhịp ngắn (10.153,95 N), đáp ứng đầy đủ yêu cầu cho ván sàn container sử dụng nan cán dập. Với vật liệu nan thanh KC5 cũng đạt yêu cầu độ bền uốn dọc, trong khi các cấu trúc còn lại chỉ đạt yêu cầu về uốn ngang. Lực uốn nhịp ngắn của tất cả mẫu đạt tiêu chuẩn GB/T 19536-2015, nhưng KC2 chưa đạt mức yêu cầu của ISO 5942:2024.

Các kết quả này khẳng định việc tối ưu cấu trúc xếp lớp tre - gỗ là yếu tố quyết định để nâng cao độ bền, độ ổn định và chất lượng của ván sàn container, đồng thời mở ra hướng ứng dụng tre - gỗ như giải pháp thay thế bền vững cho vật liệu gỗ truyền thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chen F, Deng J, Li X, Wang G, Smith LM, Shi SQ, 2017. Effect of laminated structure design on the mechanical properties of bamboo - wood hybrid laminated veneer lumber. *European Journal of Wood and Wood Products*. 75(3):439-48.
2. Chen, F. M., 2014. Continuous forming process and theoretical study of bamboo bundle laminated veneer lumber (Doctoral dissertation). Chinese Academy of Forestry, Beijing.
3. Ji, Y. H., Liu, Y. D., & Guo, X. J., 2000. Production process of plywood for container flooring. *Wood Industry*, (06), 30 - 32.
4. Lee AW, Bai X, Bangi AP, 1997. Flexural properties of bamboo - reinforced southern pine OSB beams. *Forest Products Journal*. 47(6):74.
5. Nguyễn Thị Thanh Hiền, Phạm Văn Chương, 2014. Ảnh hưởng của kết cấu đến tính chất vật liệu composite dạng lớp từ tre và gỗ. *Tạp chí Khoa học và công nghệ Lâm nghiệp*, (3): 92 - 101.
6. Rob W, Zhang Q, Jiand S, 2005. Container flooring material and method of manufacture: US, 2005153150[P]. 2005-07-14.
7. Semple KE, Zhang PK, Smith GD, 2015. Hybrid oriented strand boards made from Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel) and Aspen (*Populus tremuloides* Michx.): species - separated three - layer boards. *European Journal of Wood and Wood Products*, 73 (4): 527 - 36.
8. Sinha A, Clauson M, 2012. Properties of Bamboo - Wood Hybrid Glulam Beams. *Forest Products Journal*. 62 (7-8): 541 - 4.
9. Sun, F. W., & Zhang, Q. S., 1997. Research and development of bamboo - wood composite container flooring. *Journal of Forestry Engineering*, (06), 23 - 24. <https://doi.org/CNKI:SUN:LKKF.0.1997-06-008>
10. Wei J, Zeng D, Guan MJ, 2013. Research on the bending properties of the bamboo - wood container flooring. *Advanced Materials Research*. 744:366-9. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.744.366
11. Wei P, Wang BJ, Wang L, Wang Y, Yang G, Liu J, 2019. An exploratory study of composite cross - laminated timber (CCLT) made from bamboo and hemlock-fir mix. *BioResources*. 14(1):2160-70.
12. Xiao S, Lin H, Shi SQ, Cai L, 2014. Optimum processing parameters for wood - bamboo hybrid composite sleepers. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 33 (21): 2010 - 8. DOI: 10.1177/0731684414553281
13. Yong C, Guan MJ, Zhang QS, 2012. Selected physical and mechanical properties of bamboo and poplar composite OSB with different hybrid ratios. *Key Engineering Materials*. 517:87-95. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.517.87
14. Zhang Shuangyan, Fei Benhua, Tao Renzhong, 2011. The research and development on bamboo/wood composite container flooring[J]. *Wood proceeding machinery*, (1):36-39.
15. Zhang, Q. S., 1995. Industrial utilization of bamboo in China. Beijing: China Forestry Publishing House.
16. Zhang, Q. S., Chen, R. H., & Sun, F. W., 1998. A container flooring and its manufacturing method [Patent No. CN98111153.X; CN1192420A]. China. <https://doi.org/CN1051744C>
17. Zhao, R. J., & Yu, Y. S., 2002. Technology of bamboo - based panels. Beijing: China Forestry Publishing House.

Email tác giả liên hệ: ruanshifeng.200890@gmail.com

Ngày nhận bài: 19/08/2025

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 31/08/2025; 09/09/2025

Ngày duyệt đăng: 25/09/2025