

ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ XỬ LÝ NHIỆT – CƠ ĐẾN TÍNH CHẤT VẬT LÝ VÀ CƠ HỌC CỦA GỖ SA MỘC (*Cunninghamia lanceolata* Lamb. Hook)

Nguyễn Thị Tuyên¹, Phạm Văn Chương², Nguyễn Việt Hưng¹

¹Trường Đại học Nông Lâm – Đại học Thái Nguyên

²Trường Đại học Lâm nghiệp

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.2022.7.101-111>

TÓM TẮT

Xử lý gỗ theo phương pháp nhiệt - cơ nhằm cải thiện một số tính chất vật lý, cơ học và độ bền tự nhiên của gỗ. Nghiên cứu này nhằm khảo sát ảnh hưởng của chế độ xử lý nhiệt - cơ (nhiệt độ, thời gian, tỷ suất nén) đến một số tính chất vật lý, cơ học của gỗ. Gỗ Sa mộc sau khi xử lý nhiệt - cơ được kiểm tra độ ẩm, khối lượng riêng, khả năng chống hút nước, độ bền nén và độ bền uốn tĩnh của gỗ theo tiêu chuẩn TCVN 8048:2009 và ASTM D4446-08. Với phạm vi nghiên cứu cho thấy tất cả các tham số xử lý đều ảnh hưởng nhất định đến tính chất vật lý và cơ học của gỗ. Cùng nhiệt độ và tỷ suất nén, khi kéo dài thời gian xử lý, độ ẩm giảm. Độ ẩm gỗ nén có xu hướng tăng khi xử lý ở nhiệt độ dưới 160°C (146,36°C độ ẩm gỗ nén đạt 8,82) và giảm khi nhiệt độ lên trên 200°C (213,64°C độ ẩm gỗ chỉ đạt 5,70%). Nhiệt độ 160°C, thời gian 0,5 phút, tỷ suất nén 50% cho kết quả khối lượng riêng của gỗ nén là cao nhất (0,56g/cm³). Nhiệt độ 200°C, thời gian 0,7 phút, tỷ suất nén 44,67% cho kết quả khả năng chống hút nước là tốt nhất. Nhiệt độ 175°C, thời gian 0,6 phút/mm chiều dày, tỷ suất nén 45,641% cho kết quả độ bền nén dọc thớ cao nhất. Nhiệt độ 176,5°C, thời gian 0,59 phút/mm chiều dày, tỷ suất nén 50% cho kết quả độ bền uốn tĩnh cao nhất.

Từ khóa: Biến tính nhiệt, gỗ Sa mộc, tính chất cơ học, tính chất vật lý, xử lý nhiệt-cơ.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xử lý gỗ bằng phương pháp nhiệt-cơ là kỹ thuật làm tăng mật độ hay nói cách khác là tăng khối lượng riêng của gỗ dưới tác động của nhiệt độ, độ ẩm và nén cơ học. Trong quá trình nén ép, gỗ được gia ẩm, gia nhiệt để đạt được trạng thái dẻo, sau đó được nén cơ học với một mức độ nén nhất định. Yêu cầu của gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ là tăng độ bền cơ học, tăng độ ổn định kích thước song không làm phá huỷ cấu trúc gỗ và mức độ đàn hồi trở lại là nhỏ nhất (Misrian de Almeida Costa, 2017). Như vậy, xử lý nhiệt - cơ học cũng là một cách để chuyển đổi các loại gỗ mềm và xốp thành các loại cứng hơn và đặc hơn, có thể được sử dụng trong các trường hợp cần độ bền lớn hơn (L. M. Arruda và C. H. S. Del Menezzi, 2013).

Các tham số chủ yếu của công nghệ biến tính nhiệt - cơ: Nhiệt độ, độ ẩm, thời gian hoá dẻo và chế độ nén ép (nhiệt độ, tỷ suất nén, thời gian nén), chế độ xử lý sau nén (nhiệt độ, thời gian).

Oleksandr Skyba (2008) đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ ép gỗ tới chất lượng gỗ nén. Tác giả đã thực nghiệm cho 02 loại gỗ Vân sam

Na Uy (*Picea abies* Karst.) và Dẻ gai (*Fagus sylvatica* L.), với 03 mức nhiệt độ 140°C, 160°C và 180°C và thời gian ép 20 phút, tác giả đã chứng minh nhiệt độ nén ép ảnh hưởng rõ nét tới mức độ đàn hồi trở lại sau khi nén, ảnh hưởng đến độ cứng và mô đun đàn hồi của gỗ. Ở nhiệt độ ép 180°C, độ đàn hồi trở lại của gỗ sau nén ép là nhỏ nhất.

R.G. Vasconcelos và C. H. S. Del Menezzi (20013) đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ ép và thời gian ổn định áp suất đến độ bền cơ học và tính chất bề mặt của gỗ nén. Tác giả đã kết luận: Thay đổi nhiệt độ và áp suất ép theo 03 giai đoạn đã ảnh hưởng đến độ bền cơ học, độ ổn định kích thước, độ ẩm thăng bằng và tính chất bề mặt của gỗ. So với phương pháp ép 02 giai đoạn áp suất (tăng và ổn định), độ đàn hồi trở lại sau khi ép giảm, độ ẩm thăng bằng giảm và góc tiếp xúc (năng lượng bề mặt) tăng.

Năm 2013 một nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ ép và áp suất ép đến tính chất gỗ sau xử lý nhiệt-cơ. Tác giả đã thực nghiệm với gỗ Dương (*Populus spp.*), các mẫu gỗ được hoá mềm và nén ép trong máy ép nhiệt với 2 mức nhiệt

độ ép là 150°C và 170°C; với 2 mức áp suất ép là 1,0 MPa và 2,0 MPa trong thời gian ép là 45 phút. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Khối lượng thể tích và độ cứng tĩnh của gỗ tăng khi áp suất ép tăng. Nhiệt độ ép và áp suất ép ảnh hưởng không rõ nét đến độ trương nở chiều dày (TS) của gỗ nén (Zeki Candan và cộng sự, 2013).

Năm 2015, Youke Zhao và cộng sự đã nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ suất nén, hướng nén, tốc độ nén đến độ ẩm của gỗ. Tác giả đã nghiên cứu trên gỗ Dương và gỗ Sa mộc. Tác giả nghiên cứu tỷ suất nén cho cả hai loài cây là 10, 20, 30, 40, 50 và 60%, Tốc độ 0,5, 1, 3, 5 và 10 mm/phút. Hướng nén theo hướng tiếp tuyến, xuyên tâm và hướng 45 độ. Kết quả cho thấy tỷ suất nén cao, độ ẩm gỗ giảm. Nén theo hướng tiếp tuyến, xuyên tâm và hướng 45 độ rất hiệu quả trong việc giảm MC. Tốc độ nén tăng, khả năng giảm độ ẩm giảm, hay nói cách khác khi tốc độ nén tăng, độ ẩm giảm chậm. Trong nghiên cứu này, tốc độ nén từ 5-10mm/phút cho tốc độ giảm ẩm nhanh hơn rõ rệt (Youke Zhao và cộng sự, 2015).

Shichao Cheng và cộng sự đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ xử lý nhiệt khác nhau đến thành phần hóa học và cấu trúc của Sa mộc. Mẫu gỗ Sa mộc sau khi sấy khô đến độ ẩm 8%, được xử lý trong buồng hơi nước ở nhiệt độ 190°C - 230°C. Tác giả kết luận: nhiệt độ thay đổi dẫn đến những thay đổi trong cấu trúc hóa học của hemicelluloses, cellulose và lignin của Sa mộc. Những thay đổi này bao gồm một sự suy giảm dần các nhóm cacbonyl của đơn vị axit glucuronic, sự suy thoái của pyranose trong hemicelluloses, giảm hàm lượng cellulose tinh thể, và mất nhóm C = O và C = C liên kết với nhau trong cấu trúc của lignin (Shichao Cheng và cộng sự, 2016)

Năm 2017, Juan Guo và cộng sự đã nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ xử lý thủy-nhiệt-cơ đến độ dẻo của lignin gỗ Sa mộc. Các mẫu gỗ được xử lý nén xuyên tâm với tỉ suất nén 25%, 50% ở 110°C trong 6 phút, tiếp theo bằng quy trình hấp tương ứng ở 140°C, 160°C và 180°C

trong 30 phút. Kết luận xử lý ở nhiệt độ 160°C trở lên làm tăng độ dẻo của lignin tại chỗ cũng như tăng năng lượng kích hoạt rõ ràng của quá trình làm mềm. Điều này có lẽ liên quan đến phản ứng khử trùng và tái ngưng tụ đồng thời sự xuất hiện của lignin. Tỷ lệ nén có ít ảnh hưởng đến những thay đổi đó (Juan Guo và cộng sự, 2017)

Tao Li và cộng sự đã nghiên cứu tối ưu hóa quy trình xử lý nhiệt-cơ cho gỗ Sa mộc. Các thông số của quá trình như nhiệt độ xử lý, nhiệt độ nén ép, thời gian nén ép. Tác giả chọn 5 mức nhiệt độ 140°C, 155°C, 170°C, 185°C, 200°C, thời gian là 10 phút, 20 phút và 30 phút. Từ kết quả nghiên cứu, kết hợp quan điểm kinh tế, tác giả đã lựa chọn điều kiện tối ưu để cải thiện độ ổn định kích thước cho gỗ Sa mộc xử lý nhiệt-cơ là nhiệt độ nén ép 170°C, thời gian nén ép 10 phút và nhiệt độ xử lý 200°C (Juan Guo và cộng sự, 2017)

Năm 2014, Phạm Văn Chương và Vũ Mạnh Tường nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiệt độ khi nén đến một số tính chất cơ lý của gỗ Tống quá sủ. Nghiên cứu này đã áp dụng phương pháp thủy-nhiệt-cơ với nhiệt độ nén 110°C và 140°C để nén gỗ Tống quá sủ nhằm nâng cao khối lượng riêng, độ bền nén dọc thớ và độ bền uốn tĩnh của gỗ. Khối lượng riêng gỗ Tống quá sủ tăng từ 0,475g/cm³ lên 0,767g/cm³, đồng thời độ bền cơ học của gỗ cũng được tăng lên. Ngoài ra, kết quả phân tích phương sai cho thấy nhiệt độ nén ảnh hưởng rõ nét đến tính chất cơ lý của gỗ sau khi nén. Áp dụng công nghệ nén này đã nâng cao được chất lượng gỗ Tống quá sủ. Gỗ Tống quá sủ sau khi xử lý có khối lượng riêng tăng lên đáng kể. Công nghệ nén đã nâng khối lượng riêng của gỗ từ nhóm VI lên nhóm III theo TCVN 1072-71 (Phạm Văn Chương và Vũ Mạnh Tường, 2014).

Lê Ngọc Phước và cộng sự (2018) đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian nén ép đến tính chất vật lý, cơ học của gỗ Keo lai. Trong nghiên cứu này, gỗ Keo lai sau khi hóa mềm được nén ở các chế độ nén khác nhau, cụ

thể với 3 mức thời gian 10 phút, 20 phút và 30 phút; 3 mức nhiệt độ 130⁰C, 140⁰C và 150⁰C. Gỗ sau khi nén ép được xử lý trong lò sấy ở nhiệt độ 100⁰C, thời gian 10 phút. Kết quả nghiên cứu cho thấy tính chất cơ học, vật lý của gỗ được cải thiện rõ rệt, cụ thể: Khối lượng riêng tăng từ 0,55 g/cm³ lên 0,83 g/cm³; độ bền uốn tĩnh tăng từ 88,0 MPa lên 93,0 MPa; độ bền nén dọc tăng từ 42,4 MPa lên 52,4 MPa; đặc biệt cấu trúc gỗ đã có sự thay đổi theo chiều hướng tích cực, cấu trúc gỗ không bị phá vỡ, mật độ gỗ tăng cao. Độ rỗng của gỗ sau khi nén được quan sát qua ảnh SEM có độ rỗng trên mặt cắt ngang giảm 28,9% (độ rỗng của gỗ chưa nén ép là 19,16% và độ rỗng sau khi nén ép là 13,61%).

Phạm Văn Chương và cộng sự (2019) nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ suất nén đến một số tính chất của gỗ Keo lai, Thông nhựa và Bạch đàn Uro xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ. Các mẫu gỗ được gia công với kích thước 400 (l) x 120 (w) x chiều dày (t) mm. Quá trình hoá dẻo và nén ép được thực hiện trên máy ép nhiệt BYD 113/4 với 5 mức tỷ suất nén: 10%, 20%, 30%, 40% và 50%. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Với cùng một chế độ nén ép, tỷ suất nén ảnh hưởng rõ nét đến độ đàn hồi trở lại của gỗ (độ đàn hồi trở lại lớn nhất đối với gỗ Bạch đàn và nhỏ nhất đối với gỗ Thông nhựa); khối lượng thể tích, độ bền uốn tĩnh và mô đun đàn hồi của gỗ tăng khi tỷ suất nén tăng. Để đạt được yêu cầu của gỗ nhóm III theo TCVN 1072-71, với gỗ Keo lai tỷ suất nén phải lớn hơn 30%, với gỗ Bạch đàn tỷ suất nén lớn hơn 20% và với gỗ Thông nhựa tỷ suất nén lớn hơn 40% mới đạt yêu cầu.

Các nghiên cứu chỉ ra rằng xử lý gỗ theo phương pháp nhiệt-cơ gỗ ít hút ẩm hơn và các tính chất cơ lý vượt trội khi so sánh với gỗ chưa qua xử lý. Nhiệt độ nén ép ảnh hưởng rõ nét tới mức độ đàn hồi trở lại sau khi nén, ảnh hưởng đến độ cứng và mô đun đàn hồi của gỗ. Nhiệt độ nén, thời gian nén cũng ảnh hưởng đến màu sắc của gỗ. Khi tăng nhiệt độ, khối lượng riêng của gỗ giảm và một số tính chất cơ học của gỗ cũng giảm, tuy nhiên trị số độ bền cơ học vẫn

cao hơn so với gỗ không xử lý. Khối lượng riêng và độ cứng tĩnh của gỗ tăng khi áp suất ép tăng. Nhiệt độ và thời gian ép tăng làm cho độ cứng tăng, tuy nhiên khi nhiệt độ tăng đến 220⁰C, độ cứng có xu hướng giảm. Thay đổi nhiệt độ và áp suất ép ảnh hưởng đến độ bền cơ học, độ ổn định kích thước, độ ẩm thăng bằng và tính chất bề mặt của gỗ. Nhiệt độ, thời gian, vị trí theo phương ngang thân cây đều có ảnh hưởng rõ đến độ bền uốn tĩnh và độ giòn của gỗ, tuy nhiên, các nhân tố này ảnh hưởng không lớn đến mô đun đàn hồi uốn tĩnh. Kết quả các công trình nghiên cứu về gỗ Sa mộc xử lý nhiệt-cơ cho thấy: Hướng nén và tốc độ nén ảnh hưởng đến khả năng giảm ẩm của gỗ. Nén theo hướng tiếp tuyến và hướng 45 độ rất hiệu quả trong việc giảm MC. Tốc độ nén tăng thì khả năng giảm độ ẩm giảm. Nhiệt độ xử lý thay đổi dẫn đến thay đổi thành phần hóa học và cấu trúc của gỗ Sa mộc. Nhiệt độ ảnh hưởng đến độ dẻo của lignin. Xử lý gỗ ở nhiệt độ 160⁰C trở lên làm tăng độ dẻo của lignin tại chỗ.

Sa mộc (*Cunninghamia lanceolata* Lamb. Hook) là một loài gỗ nhẹ, dễ gia công, độ bền cơ học thấp. Gỗ Sa mộc hiện tại chỉ được sử dụng chủ yếu ở dạng gỗ tròn chưa mang lại giá trị kinh tế cao. Với sự phát triển của nhận thức về môi trường, nhu cầu cấp bách là phải nâng cấp các loài gỗ phát triển nhanh, không bền thành các sản phẩm gỗ bền hơn bằng các phương pháp biến tính gỗ có tác động môi trường thấp. Khối lượng riêng, độ ẩm, khả năng chống hút nước, khả năng chịu uốn, nén của gỗ là những tiêu chí quan trọng để đánh giá hiệu quả của công nghệ xử lý gỗ. Nghiên cứu này sẽ làm rõ sự ảnh hưởng đồng thời của 3 tham số chế độ lý nhiệt-cơ đến một số tính chất vật lý và cơ học của gỗ Sa mộc.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu và thiết bị nghiên cứu

* *Vật liệu nghiên cứu:*

- Gỗ Sa mộc (*Cunninghamia lanceolata* Lamb. Hook), 15 năm tuổi được trồng tại huyện Bắc Hà, tỉnh Lào Cai.

Công nghiệp rừng

- Gỗ xẻ theo phương tiếp tuyến;
- Độ ẩm của gỗ trước khi xử lý nhiệt - cơ: 11-14%.

* *Thiết bị nghiên cứu:*

- Máy ép thí nghiệm BYD113;
- Thiết bị kiểm tra nhiệt độ bàn ép Bennetech GM-320;
- Tủ sấy Memmer duy trì nhiệt độ $103 \pm 2^\circ\text{C}$ (khoảng nhiệt độ điều chỉnh $10-250^\circ\text{C}$),
- Cân điện tử Adventurer Pro (độ chính xác 0,01g),
- Thước kẹp điện tử Mitutoyo (độ chính xác 0,01 mm).
- Thiết bị, dụng cụ kiểm tra tính chất cơ học MQTest 25.

Các thí nghiệm được tiến hành tại Phòng thí nghiệm Khoa Lâm nghiệp - Trường Đại học Nông lâm Thái Nguyên và Trung tâm Thí nghiệm và Phát triển công nghệ - Viện Công nghiệp gỗ và Nội thất Trường Đại học Lâm nghiệp.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bố trí thí nghiệm

Trong nghiên cứu này chúng tôi lựa chọn phương pháp thiết kế hỗn hợp trung tâm (CCD-center composite design) với 3 yếu tố, 6 điểm tâm để thiết kế thí nghiệm. Số thí nghiệm được xử lý bằng phần mềm *Design Expert 12.0* thu được các chế độ tiến hành thực nghiệm tại bảng 1.

Bảng 1. Các thông số thực nghiệm với 3 yếu tố ảnh hưởng đến biến tính nhiệt – cơ

Ký hiệu mẫu	Nhiệt độ ($^\circ\text{C}$)	Thời gian (Phút/mm chiều dày)	Tỷ suất nén (%)	Chiều dày phôi (mm)	Thời gian duy trì (phút)
TN1	160	0,5	30	28,6	14,3
TN2	200	0,5	30	28,6	14,3
TN3	160	0,7	30	28,6	20,0
TN4	200	0,7	30	28,6	20,0
TN5	160	0,5	50	40,0	20,0
TN6	200	0,5	50	40,0	20,0
TN7	160	0,7	50	40,0	28,0
TN8	200	0,7	50	40,0	28,0
TN9	146,36	0,6	40	33,3	20,0
TN10	213,64	0,6	40	33,3	20,0
TN11	180	0,43	40	33,3	14,3
TN12	180	0,77	40	33,3	25,7
TN13	180	0,6	23,18	26,0	15,6
TN14	180	0,6	56,82	46,3	27,8
TN15	180	0,6	40	33,3	20,0
TN16	180	0,6	40	33,3	20,0
TN17	180	0,6	40	33,3	20,0
TN18	180	0,6	40	33,3	20,0
TN19	180	0,6	40	33,3	20,0
TN20	180	0,6	40	33,3	20,0

2.2.2. Các bước thực nghiệm

Bước 1: Tạo phôi

Chế độ nén có 5 cấp tỷ suất nén (23,18%,

30%, 40%, 50% và 56,82%). Ván được xẻ, sấy và bào với các thông số như sau:

- Chiều dày ván xẻ : 26; 28,6; 33,3; 40; 46mm;

- Chiều rộng ván xẻ 50mm,

- Chiều dài ván xẻ 600 mm

- Ván xẻ tiếp tuyến, độ ẩm 11-14%

- Lựa chọn ván không mục, ván không có ruột ả: Cắt các khúc gỗ ở phần giữa cây gỗ với chiều dài 1,2-2,0 m tính từ $D_{1,3}$

Bước 2: Xử lý nén gỗ bằng phương pháp nhiệt-cơ. Biểu đồ ép thể hiện tại Hình 1.

Giai đoạn 1: Hóa dẻo gỗ

- Nhiệt độ: 155°C (đưa mẫu vào máy ép khi đã đạt nhiệt độ thiết kế)

- Thời gian hóa dẻo: 2 phút/ mm chiều dày phôi (Lựa chọn từ thực nghiệm thăm dò)

- Áp suất: 0,12 MPa.

- Xả ẩm trong quá trình hóa dẻo: 15 phút xả ẩm 1 lần (Lựa chọn từ thực nghiệm thăm dò)

Cụ thể: Mẫu 26mm, 28,6mm, 33,3mm

Giai đoạn 2: Ép sơ bộ

- Nhiệt độ: 146,36°C, 160°C, 180°C, 200°C, 213,64°C

- Thời gian ép sơ bộ: 3 phút/ mm chiều dày phôi.

- Áp suất: 0,6 MPa.

- Xả ẩm trong quá trình ép sơ bộ: 15 phút xả ẩm 1.

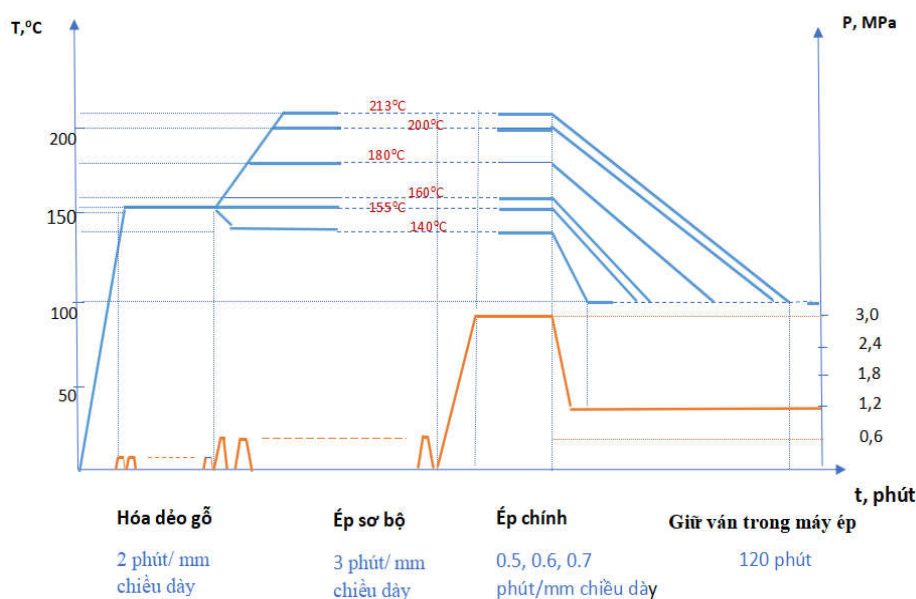
Giai đoạn 3: Ép chính

- Nhiệt độ: 146,36°C, 160°C, 180°C, 200°C, 213,64°C

- Áp suất: 3 MPa

Thời gian tăng áp từ 0,6 đến 3 MPa phụ thuộc vào chiều dày ván cho đến khi chạm thanh cữ ở 3,0 MPa (tăng 0,5 phút/mm)

- Thời gian duy trì áp suất ép: 0,5; 0,6 và 0,7 phút/mm chiều dày.



Hình 1. Biểu đồ ép gỗ Sa mộc bằng phương pháp nhiệt- cơ

Giai đoạn 4: Giữ ván trong máy ép

- Áp lực: giảm áp lực xuống 1,2 MPa

- Thời gian xử lý nhiệt sau nén: 120 phút

- Nhiệt độ xử lý nhiệt sau nén: 100 °C

Bước 3: Ổn định sau xử lý

Gỗ sau khi xử lý nhiệt - cơ được ổn định trong phòng thí nghiệm với nhiệt độ $30 \pm 5^\circ\text{C}$, độ ẩm $70 \pm 5\%$, thời gian 7 ngày.

Bước 4: Cắt mẫu thí nghiệm

Mẫu được cắt theo tiêu chuẩn cho từng chỉ tiêu đánh giá.

2.2.3. Xử lý số liệu

Kết quả thực nghiệm được xử lý theo tiêu chuẩn kiểm tra (bảng 2) và phân tích số liệu thống kê bằng phần mềm Design Expert 12.



Hình 2. Mẫu thí nghiệm

Bảng 2. Tiêu chuẩn kiểm tra

TT	Tính chất	Chỉ tiêu theo dõi	Tiêu chuẩn kiểm tra
1	Vật lý	Độ ẩm	TCVN 8048-1:2009
		Khối lượng riêng	TCVN 8048-2:2009
		Khả năng chống hút nước	ASTM D4446-08
2	Cơ học	Độ bền uốn tĩnh	TCVN 8048-3:2009
		Độ bền nén dọc thớ	TCVN 8048-5:2009

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của chế độ xử lý nhiệt – cơ đến một số tính chất vật lý của gỗ Sa mộc

Một số tính chất vật lý của gỗ Sa mộc xử lý

nhiệt – cơ trong nghiên cứu này là độ ẩm, khối lượng riêng và khả năng chống hút nước. Kết quả nghiên cứu được thể hiện tại bảng 3.

Bảng 3. Một số tính chất vật lý của gỗ Sa mộc xử lý nhiệt - cơ

STT	Thứ tự	Nhiệt độ ép (°C)	Thời gian ép (phút/mm chiều dày)	Tỷ suất nén (%)	Độ ẩm (%)	Độ lệch chuẩn	Khối lượng riêng (g/cm ³)	Độ lệch chuẩn	WRE (%)
1	11	160	0,5	30	8,45	0,99	0,42	0,056	10,48
2	14	200	0,5	30	6,50	0,61	0,38	0,047	29,65
3	18	160	0,7	30	8,02	0,67	0,42	0,045	5,36
4	8	200	0,7	30	6,02	0,63	0,38	0,040	46,59
5	9	160	0,5	50	8,22	0,90	0,56	0,058	9,21
6	10	200	0,5	50	6,38	0,64	0,52	0,042	33,01
7	7	160	0,7	50	7,99	0,84	0,54	0,052	7,31
8	15	200	0,7	50	5,91	0,65	0,50	0,054	50,60
9	4	146,36	0,6	40	8,82	0,59	0,47	0,064	8,35
10	2	213,64	0,6	40	5,70	0,75	0,40	0,032	64,24
11	12	180	0,43	40	7,78	0,72	0,44	0,041	16,16
12	13	180	0,77	40	7,12	0,80	0,42	0,046	27,15
13	20	180	0,6	23,18	7,41	0,47	0,39	0,040	10,80
14	19	180	0,6	56,82	7,09	0,47	0,62	0,040	13,53
15	17	180	0,6	40	7,46	0,63	0,43	0,037	18,87
16	3	180	0,6	40	7,24	0,63	0,42	0,030	19,14
17	16	180	0,6	40	7,28	0,69	0,43	0,041	19,23
18	5	180	0,6	40	7,44	0,64	0,43	0,045	18,49
19	6	180	0,6	40	7,18	0,58	0,42	0,030	20,02
20	1	180	0,6	40	7,48	0,62	0,43	0,028	19,11
ĐC					12,18	0,61	0,32	0,027	

Ảnh hưởng đến khối lượng riêng

Kết quả tại bảng 3 cho thấy các tham số nhiệt độ, thời gian, tỷ suất nén đều ảnh hưởng đến khối lượng riêng của gỗ nén. Khối lượng riêng có sự thay đổi rõ nét nhất khi tỷ suất nén thay đổi. Cùng tham số nhiệt độ và thời gian xử lý, tỷ suất nén càng cao, khối lượng riêng càng lớn. Mặt khác, thời gian xử lý, nhiệt độ càng tăng, khối lượng riêng càng giảm.

Từ kết quả phân tích ANOVA cho thấy mô hình phù hợp với hàm bậc hai và có ý nghĩa. Tham số nhiệt độ, thời gian, tỷ suất nén có giá trị P-value nhỏ hơn 0,05. Điều đó cho thấy khối lượng riêng có sự khác biệt khi nhiệt độ, thời gian và tỷ suất nén thay đổi. Tỷ suất nén là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến khối lượng riêng (F=2192,11), sau đó là nhiệt độ (F=220,78), thời gian là yếu tố có ảnh hưởng ít nhất (F=7,80).

Kết quả kiểm tra cũng đã thể hiện: nhiệt độ xử lý làm cho khối lượng riêng của gỗ giảm nhưng trong xử lý nhiệt-cơ, tỷ suất nén lại là yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất, do vậy ở tất cả các công thức thí nghiệm, khối lượng riêng gỗ của nén tăng so với đối chứng.

Kết quả phân tích trên phần mềm Design Expert 12 cho thấy tỷ suất nén là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến khối lượng riêng, sau đó là nhiệt độ, thời gian là yếu tố có ảnh hưởng ít nhất. Nhiệt độ 160°C, thời gian 0,5 phút, tỷ suất nén 50% cho ta kết quả khối lượng riêng của gỗ nén là cao nhất (0,558g/cm³)

Điều này được giải thích: các tế bào gỗ được liên kết với nhau nhờ lignin và hemicellulose, các hợp chất hữu cơ này khi chịu tác động của nhiệt độ cao làm nó mềm hóa. Vì vậy, dưới tác động nhiệt độ các mối liên kết trong gỗ lỏng lẻo, mềm hóa tạo điều kiện cho quá trình nén ép gỗ. Quá trình nén ép gỗ là quá trình dưới tác động của lực lớn làm giảm khoảng cách giữa các tế bào gỗ, phân rỗng trong gỗ giảm xuống, khi đó khối lượng thể tích của gỗ nén tăng lên. Kết quả

này tương đồng với nghiên cứu của Phạm Văn Chương (2014).

Khả năng chống hút nước - WRE (Water Repellency Effectiveness)

Khả năng chống hút nước là một chỉ tiêu quan trọng khi đánh giá chất lượng gỗ nén. Kết quả kiểm tra khả năng chống hút nước của gỗ Sa mộc xử lý nhiệt – cơ được thể hiện tại bảng 3

Kết quả tại bảng 3 cho thấy tất cả các tham số chế độ nén đều ảnh hưởng đến WRE của gỗ Sa mộc xử lý nhiệt – cơ. Cùng tỷ suất nén, nhiệt độ xử lý càng cao, thời gian xử lý càng dài cho kết quả WRE càng tốt và ngược lại. Cùng tỷ suất và thời gian nén, gỗ xử lý ở 200°C có WRE tốt nhất. Khi xử lý ở nhiệt độ trên 200°C, gỗ vẫn có xu hướng cho khả năng chống hút nước tốt.

Từ kết quả phân tích ANOVA cho thấy mô hình phù hợp với hàm bậc hai và có ý nghĩa. Tham số nhiệt độ, thời gian, tỷ suất nén có giá trị P-value nhỏ hơn 0,05. Điều đó cho thấy khả năng chống hút nước có sự khác biệt khi nhiệt độ, thời gian và tỷ suất nén thay đổi. Nhiệt độ là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến WRE (F=8240,86), tiếp đó là thời gian xử lý (F=355,39), tỷ suất nén có ảnh hưởng thấp nhất và không đáng kể đến WRE (F=26,84).

Kết quả phân tích trên phần mềm Design Expert 12 cho thấy nhiệt độ là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến khả năng chống hút nước (WRE), tiếp đó là thời gian xử lý, tỷ suất nén có ảnh hưởng thấp nhất và không đáng kể đến WRE. Nhiệt độ 200°C, thời gian 0,7 phút, tỷ suất nén 44,67% cho ta kết quả WRE là tốt nhất.

Điều này được giải thích: Dưới tác dụng nhiệt độ cao, thời gian xử lý dài, gỗ có thể bị loại bỏ một số chất chiết suất hoặc hemicellulose trong gỗ bị phân giải dẫn đến làm giảm số lượng nhóm hydroxyl (-OH) có trong gỗ, làm giảm độ hút nước vào gỗ sau khi xử lý, điều này hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu của RG Vasconcelos và CHS Del Menezzi (2013).

Kết quả nghiên cứu cũng tương đồng với kết luận của Mesut Yalcin (2015): Xử lý nhiệt gây ra những thay đổi về thành phần hóa học tùy thuộc vào nhiệt độ và thời gian. Trong khi hàm lượng holocellulose giảm ở nhiệt độ 200°C trở lên, hàm lượng lignin tăng theo tỷ lệ thuận. Hàm lượng hemixenlulo bắt đầu giảm ở nhiệt độ

tương đối thấp và trải qua sự suy giảm sâu rộng sau khi xử lý ở 220°C trong 4 giờ.

3.2. Ảnh hưởng của chế độ xử lý nhiệt–cơ đến một số tính chất cơ học của gỗ Sa mộc

Kết quả về độ bền nén dọc thớ và độ bền uốn tĩnh của gỗ Sa mộc xử lý nhiệt–cơ được thể hiện tại bảng 4.

Bảng 4. Độ bền nén dọc thớ của gỗ Sa mộc xử lý nhiệt–cơ

STT	Thứ tự	Nhiệt độ ép (°C)	Thời gian ép (phút/mm chiều dày)	Tỷ suất nén (%)	Độ bền nén dọc thớ (MPa)	Độ lệch chuẩn	Độ bền uốn tĩnh (MPa)	Độ lệch chuẩn
1	11	160	0,5	30	35,43	4,26	55,03	2,74
2	14	200	0,5	30	32,19	3,72	51,67	3,61
3	18	160	0,7	30	36,27	4,36	55,59	3,99
4	8	200	0,7	30	31,28	5,00	51,49	3,07
5	9	160	0,5	50	42,43	2,73	62,57	3,09
6	10	200	0,5	50	39,48	3,61	61,01	1,89
7	7	160	0,7	50	41,05	2,53	61,89	4,6
8	15	200	0,7	50	37,35	3,66	59,37	2,48
9	4	146,36	0,6	40	38,26	4,79	56,82	1,75
10	2	213,64	0,6	40	32,17	3,03	52,03	3,58
11	12	180	0,43	40	39,59	3,67	57,25	1,65
12	13	180	0,77	40	38,34	4,63	56,28	1,96
13	20	180	0,6	23,18	32,12	3,81	53,86	2,85
14	19	180	0,6	56,82	44,83	3,72	68,01	3,73
15	17	180	0,6	40	42,80	5,53	62,29	3,92
16	3	180	0,6	40	43,30	2,54	62,29	3,79
17	16	180	0,6	40	43,01	3,77	62,32	3,75
18	5	180	0,6	40	44,90	3,07	62,29	5,99
19	6	180	0,6	40	43,80	3,71	63,02	5,23
20	1	180	0,6	40	43,5	4,56	62,47	6,18
ĐC					29,96	4,24	49,76	2,34

Ảnh hưởng đến độ bền nén dọc thớ

Kết quả về độ bền nén dọc thớ của gỗ Sa mộc xử lý nhiệt–cơ tại bảng 4 cho thấy tất cả các chế độ đều cho khả năng chịu nén tốt hơn mẫu đối chứng. Các tham số nhiệt độ, thời gian, tỷ suất nén đều ảnh hưởng đến khả năng chịu nén của gỗ. Cùng mức nhiệt độ và thời gian xử lý, tỷ suất nén càng cao, khả năng chịu nén dọc của gỗ càng tốt.

Từ kết quả phân tích ANOVA cho thấy mô hình phù hợp với hàm bậc hai và có ý nghĩa. Tham số nhiệt độ, thời gian, tỷ suất nén có giá trị P-value nhỏ hơn 0,05. Điều đó cho thấy độ

bền nén dọc thớ có sự khác biệt rõ rệt khi nhiệt độ, thời gian và tỷ suất nén thay đổi. Tỷ suất nén là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến độ bền nén dọc (F=352,21), tiếp đó là nhiệt độ (F=102,67), thời gian là yếu tố có ảnh hưởng thấp nhất và không đáng kể (F=5,25).

Tỷ suất nén là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến độ bền nén dọc, tiếp đó là nhiệt độ, thời gian là yếu tố có ảnh hưởng thấp nhất và không đáng kể. Nhiệt độ 175°C, thời gian 0,6 phút/mm chiều dày, tỷ suất nén 45,641% cho ta kết quả độ bền nén dọc thớ cao.

Theo phân tích ANOVA, tỷ suất nén là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến độ bền nén dọc, tiếp đó là nhiệt độ, thời gian là yếu tố có ảnh hưởng thấp nhất và không đáng kể. Trong các công thức thí nghiệm về chế độ nén gỗ, tỷ suất nén nhỏ nhất là 30%. Như vậy, tất cả các chế độ nén đều cho khả năng chịu nén tốt hơn mẫu đối chứng là hoàn toàn phù hợp với lý thuyết.

Từ kết quả phân tích tối ưu của phần mềm Design Expert 12 chúng tôi lựa chọn tham số phù hợp nhất là: nhiệt độ 175°C, thời gian 0,6 phút/mm chiều dày, tỷ suất nén 45,641% cho ta kết quả độ bền nén dọc thớ cao.

Ảnh hưởng đến độ bền uốn tĩnh

Chế độ nén có ảnh hưởng đến độ bền uốn tĩnh của gỗ sau khi xử lý. Kết quả về độ bền uốn tĩnh của gỗ Sa mộc xử lý nhiệt–cơ được thể hiện tại bảng 4.

Kết quả tại bảng 4 cho thấy tất cả các chế độ đều cho khả năng chịu uốn tốt hơn mẫu đối chứng. Các tham số nhiệt độ, thời gian, tỷ suất nén đều ảnh hưởng đến khả năng chịu uốn của gỗ. Cùng mức nhiệt độ và thời gian xử lý, tỷ suất nén càng cao, khả năng chịu uốn của gỗ càng tốt. Cùng tỷ suất nén, khi nhiệt độ cao và kéo dài thời gian nén, độ bền uốn có xu hướng giảm. Đặc biệt, độ bền uốn tĩnh giảm mạnh khi nhiệt độ xử lý ở mức trên 200°C.

Từ kết quả phân tích ANOVA cho thấy mô hình phù hợp với hàm bậc hai và có ý nghĩa. Tham số nhiệt độ, thời gian, tỷ suất nén có giá trị P-value nhỏ hơn 0,05. Điều đó cho thấy độ bền uốn tĩnh có sự khác biệt rõ rệt khi nhiệt độ, thời gian và tỷ suất nén thay đổi. Tỷ suất nén là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến độ bền uốn tĩnh ($F=2208,45$), nhiệt độ là tham số ảnh hưởng đáng kể ($F=281,80$), thời gian là yếu tố có ảnh hưởng thấp nhất ($F=9,36$).

Tỷ suất nén là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến độ bền uốn tĩnh, tiếp đó là nhiệt độ, thời gian là yếu tố có ảnh hưởng thấp nhất và không đáng kể. Nhiệt độ 176,5°C, thời gian 0,59 phút/mm chiều dày, tỷ suất nén 50% cho ta kết quả độ bền

uốn tĩnh cao.

Theo phân tích ANOVA tỷ suất nén là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến độ bền uốn tĩnh, tiếp đó là nhiệt độ, thời gian là yếu tố có ảnh hưởng thấp nhất.

Nhiệt độ là tham số ảnh hưởng đáng kể đến độ bền uốn tĩnh của gỗ. Khi chịu tác động của nhiệt độ, polyme trên vách tế bào, đặc biệt là hemicellulose từ những chuỗi dài chuỗi thành những chuỗi ngắn hơn, dẫn đến khả năng chịu uốn giảm xuống. Nhận định này cũng đồng quan điểm với nghiên cứu ảnh hưởng của các nhiệt độ xử lý nhiệt khác nhau đến thành phần hóa học và cấu trúc của Sa mộc. Tác giả kết luận nhiệt độ thay đổi dẫn đến những thay đổi trong cấu trúc hóa học của hemicelluloses, cellulose và lignin của gỗ Sa mộc. Những thay đổi này bao gồm một sự suy giảm dần các nhóm cacbonyl của đơn vị axit glucuronic, sự suy giảm của pyranose trong hemicelluloses, giảm hàm lượng cellulose tinh thể, và mất nhóm C = O và C = C liên kết với nhau trong cấu trúc của lignin (Shichao Cheng và cộng sự, 2016)

Từ kết quả phân tích tối ưu của phần mềm Design Expert 12 cho ta bảng tối ưu và chúng tôi lựa chọn tham số phù hợp nhất là: nhiệt độ 176,5°C, thời gian 0,59 phút/mm chiều dày, tỷ suất nén 50% cho ta kết quả độ bền uốn tĩnh cao nhất (66,11 MPa) tăng 32,88% so với đối chứng.

Sự khác biệt về tính chất cơ học khi xử lý nhiệt cơ được giải thích: Về lý thuyết, xử lý nhiệt-cơ là một phương pháp điều chỉnh gỗ, được làm đặc bằng phương pháp nhiệt và nén cơ học được áp dụng vuông góc với các sợi, dưới sự kết hợp khác nhau của thời gian, nhiệt độ và áp suất, làm tăng mật độ gỗ và do đó cải thiện một số đặc tính của nó. Xử lý nhiệt-cơ cũng là một cách để chuyển đổi các loại gỗ mềm và xốp thành các loại gỗ dày đặc hơn (khối lượng riêng tăng lên) do đó khả năng chịu lực tốt hơn. Độ bền nén, độ bền uốn tĩnh cải thiện khi khối lượng riêng của gỗ cải thiện là phù hợp

cơ sở lý thuyết. Điều đó cũng tương đồng với kết luận của L. M. Arruda và C. H. S. Del Menezzi (2013) và Misrian de Almeida Costa (2017) trong nghiên cứu về độ bền của gỗ bằng xử lý nhiệt-cơ.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu trên cho thấy tất cả các tham số nhiệt độ, thời gian, tỷ suất nén đều có sự ảnh hưởng nhất định đến tính chất vật lý và cơ học của gỗ xử lý nhiệt-cơ. Cụ thể là:

Ảnh hưởng của chế độ xử lý nhiệt-cơ đến một số tính chất vật lý của gỗ Sa mộc

(1) Ảnh hưởng đến độ ẩm: Tham số nhiệt độ ảnh hưởng lớn nhất, thời gian ảnh hưởng thấp hơn nhiều so với nhiệt độ, tỷ suất nén ảnh hưởng không đáng.

(2) Ảnh hưởng đến khối lượng riêng: Tỷ suất nén là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến khối lượng riêng, sau đó là nhiệt độ, thời gian là yếu tố có ảnh hưởng ít nhất. Nhiệt độ 160°C, thời gian 0,5 phút, tỷ suất nén 50% cho ta kết quả khối lượng riêng của gỗ nén là cao nhất (0,56 g/cm³)

(3) Ảnh hưởng đến khả năng chống hút nước: Nhiệt độ là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến khả năng chống hút nước WRE, tiếp đó là thời gian xử lý, tỷ suất nén có ảnh hưởng thấp nhất và không đáng kể đến khả năng chống hút nước WRE. Nhiệt độ 200°C, thời gian 0,7 phút, tỷ suất nén 44,67% cho ta kết quả khả năng chống hút nước là tốt nhất

Ảnh hưởng của chế độ xử lý nhiệt-cơ đến một số tính chất cơ học của gỗ Sa mộc

(1) Ảnh hưởng đến độ bền nén dọc thớ: Tỷ suất nén là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến độ bền nén dọc, tiếp đó là nhiệt độ, thời gian là yếu tố có ảnh hưởng thấp nhất và không đáng kể. Nhiệt độ 175°C, thời gian 0,6 phút/mm chiều dày, tỷ suất nén 45,641% cho ta kết quả độ bền nén dọc thớ cao.

(2) Ảnh hưởng đến độ bền uốn tĩnh: Tỷ suất nén là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến độ bền uốn tĩnh, tiếp đó là nhiệt độ, thời gian là yếu tố có ảnh hưởng thấp nhất và không đáng kể. Nhiệt độ 176,5°C, thời gian 0,59 phút/mm chiều dày,

tỷ suất nén 50% cho ta kết quả độ bền uốn tĩnh cao nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Văn Chương, Vũ Mạnh Tường, Nguyễn Trọng Kiên và Lê Ngọc Phước (2019), "Ảnh hưởng của tỷ suất nén đến một số tính chất của gỗ Keo lai, Thông nhựa và Bạch đàn Uro xử lý bằng phương pháp nhiệt - cơ", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp số 01*, tr 88-95.
2. Phạm Văn Chương và Vũ Mạnh Tường (2014), "Ảnh hưởng của nhiệt độ khi nén đến một số tính chất cơ lý của gỗ nén từ gỗ Tống quá sù", *Tạp chí Nông nghiệp và PTNT*, 11, tr. 12-16.
3. Lê Ngọc Phước, Phạm Văn Chương, Vũ Mạnh Tường, Trần Minh Sơn (2018), Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian nén ép đến một số tính chất vật lý và cơ học của gỗ Keo lai, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp số 03*, tr 193-200
4. Zeki Candan, Suleyman Korkut and Oner Unsal (2013), "Effect of thermal modification by hot pressing on performance properties of paulownia wood boards", *Industrial Crops and Products*, 45, pp. 461-464.
5. Misrian de Almeida Costa (2017), "Effect of thermo-mechanical treatment on properties of parica plywoods (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke)", *Articles • Rev. srvore* 41 (1), <https://doi.org/10.1590/1806-90882017000100015>
6. Juan Guo, Jiangping Yin, Yonggang Zhang, Lennart Salmén and Yafang Yin (2017), "Effects of thermo-hygro-mechanical (THM) treatment on the viscoelasticity of in-situ lignin", *De gruyter*. DOI 10.1515/hf-2016-0201.
7. Mesut Yalcin and Halil Ibrahim Sahin (2015), "Changes in the chemical structure and decay resistance of heat-treated narrow-leaved ash wood", *Maderas, Cienc. tecnol.* vol.17 no.2 Concepción Apr. 2015 Epub Mar 25, 2015.
8. Norbert Horváth, Károly Csupor, Sándor Molnár and Róbert Németh. (2012), "Chemical-free Wood Preservation – The Effect of Dry Thermal Treatment on Wood Properties with Special Emphasis on Wood Resistance to Fungal Decay", *International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint, Sopron, Hungary*.
9. RG Vasconcelos and CHS Del Menezzi (2013), "Utilization of a three-step thermo-mechanical treatment to modify wood properties ", *Proceedings of the 19th International Conference on Composite Materials, Quebec, Canada*, pp. 7692-7699.
10. Shichao Cheng, Anmin Huang, Shennan Wang and Qihui Zhang. (2016), "Effect of Different Heat

Treatment Temperatures on the Chemical Composition and Structure of Chinese Fir Wood", *BioResources* 11(2), pp. 4006-4016.

11. Olekandr Skyba (2008), Durability and Physical Properties of Thermo-Hygro-Mechanically (THM)-densified Wood, *citizen of Ukraine*.

12. Tao Li, Jia-bin Cai and Ding-guo Zhou (2013), "Optimization of the Combined Modification Process of Thermo-Mechanical Densification and Heat Treatment on Chinese Fir Wood", *BioResources* 8 (4), pp. 5279-5288.

13. Youke Zhao, Zhihui Wang, Ikuho Iida, Rongfeng Huang, Jianxiang Lu and Jinghui Jiang (2015), "Studies on pre-treatment by compression for wood drying I: effects of compression ratio, compression direction and compression speed on the reduction of moisture content in wood ", *The Japan Wood Research Society*

14. L. M. Arruda và C. H. S. Del Menezzi (2013), "Effect of thermomechanical treatment on physical properties of wood veneers", *International Wood Products Journal*. 4, pp. 217-224.

EFFECTS OF HEAT - MECHANICAL TREATMENT ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES of *Cunninghamia lanceolata* Lamb. Hook

Nguyen Thi Tuyen¹, Pham Van Chuong², Nguyen Viet Hung¹

¹University of Agriculture and Forestry – Thai Nguyen University

²Vietnam National University of Forestry

SUMMARY

Heat-mechanical treatment of wood to improve some physical, mechanical, and natural properties of wood. This study aims to investigate the influence of heat-mechanical treatment (temperature, time, compression ratio) on some physical and mechanical properties of wood. After heat-mechanical treatment, *Cunninghamia lanceolata* Lamb. Hook is tested for moisture, density, resistance to water absorption, compressive strength, and static bending strength of wood according to TCVN 8048:2009 and ASTM D4446-08. The scope of research showed that all processing parameters have a certain influence on the physical and mechanical properties of wood. At the same temperature and compression ratio, as the curing time is extended, the moisture content decreased. The moisture content of compressed wood tended to increase when treated at a temperature below 160°C (146.36°C, moisture content of compressed wood reached 8.82) and decreased when the temperature is above 200°C, moisture content of compressed wood only reached above 200°C (213.64°C; 5.70%). The temperature of 160°C, the time of 0.5 minutes, and the compression ratio of 50% resulted in the highest density of compressed wood (0.56g/cm³). The temperature of 200°C, the time of 0.7 minutes, and the compression ratio of 44.67% showed the best resistance to water absorption. Temperature 175°C, time 0.6 min/mm thickness, compression ratio 45.641% resulted in the highest compressive strength along the grain. Temperature 176.5°C, time 0.59 min/mm thickness, compression ratio 50% for the highest static bending strength results.

Keywords: *Cunninghamia lanceolata* Lamb. Hook, heat-mechanical treatment, mechanical properties, physical properties, thermal denaturation.

Ngày nhận bài : 26/8/2022

Ngày phản biện : 04/10/2022

Ngày quyết định đăng : 20/10/2022