

ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI GIAN VÀ NHIỆT ĐỘ SẤY CỦA QUÁ TRÌNH SẤY ĐÓNG RẮN KEO ĐẾN TÍNH CHẤT CƠ HỌC, VẬT LÝ CỦA SẢN PHẨM TRE ÉP KHỐI

Nguyễn Thị Phương, Nguyễn Thanh Tùng, Nguyễn Văn Định, Tạ Thị Thanh Hương
Viện Nghiên cứu Công nghiệp rừng

TÓM TẮT

Sấy đóng rắn keo là bước công nghệ cuối cùng trong quy trình công nghệ sản xuất tre ép khối. Đây là một trong những bước công nghệ quan trọng nhất và có ảnh hưởng đến hầu hết các tính chất cơ học, vật lý của sản phẩm tre ép khối. Bài viết này trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian và nhiệt độ sấy đóng rắn keo của khuôn tre ép khối sau khi được ép nguội sử dụng thiết bị sấy tre ép khối băng chuyền CFGH-3000 với 3 cấp thời gian (10h, 11h, và 12h) và 3 dải nhiệt độ khác nhau trên 6 vùng của băng chuyền sấy đến một số tính chất cơ học, vật lý của sản phẩm tre ép khối. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra chế độ sấy với thông số công nghệ sấy: thời gian sấy là 11h, nhiệt độ sấy ở các vùng sấy, vùng 1: 3 m đầu nhiệt độ môi trường, vùng 2: 3 m tiếp nhiệt độ 80 - 110°C, vùng 3: 3 m tiếp nhiệt độ 110 - 120°C, vùng 4: 21 m tiếp nhiệt độ 120 - 130°C, vùng 5: 10 m tiếp nhiệt độ 130 - 80°C, vùng 6: 5 m còn lại nhiệt độ môi trường cho sản phẩm tre ép khối đạt chất lượng tốt nhất với độ bền uốn tĩnh (MOR): 149,38 MPa, mô đun đàn hồi khi uốn tĩnh (MOE): 18,256.82 MPa, độ bền trượt dọc: 14,21 MPa, độ bền nén dọc: 100,25 MPa, độ trương nở chiều dày (TS): 1,45%

Từ khóa: Tre ép khối, sấy đóng rắn keo, nhiệt độ sấy, thời gian sấy

EFFECTS OF DURATION AND TEMPERATURE OF THE HEATING PROCESS FOR RESIN CURING ON SEVERAL MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF BAMBOO SCRIMBER

Nguyen Thi Phuong, Nguyen Thanh Tung, Nguyen Van Dinh, Ta Thi Thanh Huong
Research Institute of Forest Industry

SUMMARY

The heating process for resin curing is the final stage of the technology procedure for manufacturing bamboo scrimber. This stage is one of the most important stages of the manufacture of bamboo scrimber and has effects on almost all mechanical and physical properties of bamboo scrimber. This article demonstrated the research results of the effects of the duration and temperature during the heating process for resin curing of bamboo scrimber after cold pressing using the curing channel CFGH - 3000. Three levels of duration (10h, 11h, 12h) and three different ranges of temperature in the six zones of the curing channel were applied for resin curing. The results indicated that the duration and temperature of the heating process: duration of 11h, temperature at different zones; zone 1: first 3 m room temperature, zone 2: next 3 m 80 - 110°C, zone 3: next 3 m 110 - 120°C, zone 4: next 21 m 120 - 130°C, zone 5: next 10 m 130 - 80°C, zone 6: the final 5 m room temperature created the bamboo scrimber with the best performance: modulus of rupture (MOR) of 149.38 MPa, modulus of elastic (MOE) of 18,256.82 MPa, tensile parallel to grain of 14.21 MPa, compression parallel to grain of 100.25 MPa, thickness swelling (TS) of 1.45%

Keywords: Bamboo scrimber, resin curing, heating duration, heating temperature

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhu cầu sản phẩm gỗ kết cấu làm nguyên liệu xây dựng đã và đang ngày càng tăng trong những năm gần đây, song số lượng và chất lượng nguồn nguyên liệu gỗ tự nhiên đã bị suy giảm. Chính vì vậy, cần thiết phải tiến hành nghiên cứu để tạo ra nguyên liệu xây dựng mới thay cho việc sử dụng gỗ truyền thống. Tre được xem là một trong những nguồn nguyên liệu thay thế gỗ tiềm năng vì ngoài các đặc tính tương tự như khả năng tái tạo, khả năng phân hủy sinh học và khả năng hấp thụ carbon, tre còn có các tính chất cơ học cao và sinh trưởng nhanh (Sharma B, *et al.*, 2005). Mặt khác, tre đã và đang được trồng với diện tích lớn ở nhiều quốc gia như Trung Quốc, Ấn Độ,... Điều này đã giúp nông dân địa phương cải thiện sinh kế bằng cách chế biến tre thành nhiều sản phẩm khác nhau (Guan M *et al.*, 2012). Tuy nhiên, tre có các nhược điểm như thân rỗng, đường kính nhỏ, cấu tạo và tính chất không đồng đều theo chiều dày thành tre và chiều dài thân tre. Những nhược điểm này của tre đã làm hạn chế việc sử dụng nguyên thân cây tre làm nguyên liệu trong xây dựng (Mahdavi M *et al.*, 2011). Do đó, việc nghiên cứu tạo ra các loại sản phẩm tre có kích thước lớn làm nguyên liệu trong xây dựng đã và đang được sự quan tâm của các nhà khoa học trên thế giới cũng như các nhà khoa học trong nước. Một trong số sản phẩm đó là tre ép khối, đây là một loại vật liệu composite tre mới được tạo thành từ các nan tre cán dập đã được ngâm keo và ép thành khối với khối lượng riêng cao. Sản phẩm tre ép khối có các đặc tính nổi trội như tỷ lệ sử dụng nguyên liệu cao (đạt trên 80%), có bề mặt vân thớ đẹp, độ cứng và màu sắc tương tự như gỗ lá rộng, điều này làm cho tre ép khối có khả năng cạnh tranh với nguyên liệu xây dựng và nội

thất thông thường (Yu Y *et al.*, 2014; Wang X *et al.*, 2015; Gong Y *et al.*, 2016; Zhong Y *et al.*, 2017; Wu G *et al.*, 2018; Wei Y *et al.*, 2017). Ở Việt Nam, diện tích trồng tre, luồng khoảng 1,5 triệu ha (Trần Minh Hiệp, 2023), đây chính là nguồn nguyên liệu tiềm năng cho việc tạo các sản phẩm có kích thước lớn, và có tính chất đồng đều sử dụng làm nguyên liệu trong sản xuất đồ mộc cũng như trong xây dựng. Tuy nhiên, việc nghiên cứu về sản phẩm tre ở trong nước còn chưa tương xứng với tiềm năng về nguồn nguyên liệu, đặc biệt là đối với việc nghiên cứu công nghệ sản xuất tre ép khối (Nguyễn Quang Trung *et al.*, 2018; Nguyễn Quang Trung *et al.*, 2019). Bài viết này trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian và nhiệt độ sấy đóng rắn keo sử dụng thiết bị sấy băng chuyền đến một số tính chất cơ học, vật lý của sản phẩm tre ép khối.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

- Cây luồng (*Dendrocalamus barbatus*), 3 - 4 tuổi, được khai thác ở Thanh Hóa. Phần ngọn luồng được cắt với chiều dài 3 m sử dụng làm nguyên liệu cho nghiên cứu này. Ống luồng được bỏ nan, phay cán dập và xử lý thủy nhiệt bằng hơi nước bão hòa ở nhiệt độ 140°C, trong 5h.

- Chất kết dính: Sử dụng keo PF (phenol formaldehyde) 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 như sau:

- Máy phay, cán dập tre MZKP-N1 có công suất 10 tấn nguyên liệu/ca sản xuất, sau khi đi qua công đoạn này, nan tre được loại bỏ bưng cật và cán dập.

- Hàm sấy nan tre có chiều dài 45 m, rộng 1 m, cao 2 m.

- Máy ép nguội Ly 3.000 × 105-300, áp lực ép tối đa là 3.000 tấn.

- Thiết bị sấy đóng rắn keo dạng băng chuyên CFGH-3000, dài 45 m, rộng 3 m, cao 1 m. Thiết bị có thể điều chỉnh nhiệt độ sấy ở 6 vùng khác nhau trong băng chuyên sấy và cũng có thể điều chỉnh được tốc độ di chuyển của băng chuyên sấy.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Sử dụng phương pháp thực nghiệm đa yếu tố để nghiên cứu ảnh hưởng đồng thời của thời gian và nhiệt độ sấy đóng rắn keo đến một số tính chất cơ học, vật lý của sản phẩm tre ép khối.

- Yếu tố cố định:

+ Nan tre cán dập sau khi xử lý thủy nhiệt được sấy đạt độ ẩm dưới 10% để tạo khoảng trống cho keo thấm vào khi nan tre được ngâm keo (Nguyễn Quang Trung, 2018).

+ Keo được pha với nước với tỷ lệ 1:1,5 theo thể tích, sau đó các nan tre cán dập được ngâm vào dung dịch keo trong thời gian là 10 phút (Nguyễn Quang Trung, 2018).

+ Nan tre sau ngâm keo được để ráo và sấy về độ ẩm 12 -15% (Yu W, 2012).

+ Nan tre sau ngâm keo có độ ẩm 12 - 15% được cân với lượng là 62 kg, xếp vào khuôn ép

có kích thước 110 × 170 × 3.000 mm và ép nguội với áp lực ép là 70 MPa để tạo sản phẩm có khối lượng riêng là 1.000 kg/m³.

- Yếu tố biến đổi:

Các khuôn tre ép nguội được tiến hành sấy đóng rắn keo trên thiết bị sấy băng chuyên CFGH-3000 với 3 cấp thời gian (10h, 11h và 12h) và 3 dải nhiệt độ khác nhau trên 6 vùng của băng chuyên sấy (Nhiệt độ tại đầu vào của mỗi vùng được kiểm soát bằng các đầu đo nhiệt thông qua hệ thống điều khiển tự động) tại bảng 1 để đánh giá ảnh hưởng của thời gian và nhiệt độ sấy đóng rắn keo đến: độ bền uốn tĩnh (MOR), mô đun đàn hồi khi uốn tĩnh (MOE), độ bền trượt dọc, độ bền nén dọc và độ trương nở chiều dày (TS) của sản phẩm tre ép khối. Mỗi thí nghiệm sấy được lặp lại 03 lần.

- Tiêu chuẩn thử nghiệm

Độ bền uốn tĩnh (MOR) và mô đun đàn hồi khi uốn tĩnh (MOE) được thử theo TCVN 12446/ISO 16978, độ bền trượt dọc được thử theo TCVN 8048-6/ISO 13061 - 6, độ bền nén dọc được thử theo TCVN 363/ISO 13061-17, độ trương nở chiều dày (TS) được thử theo tiêu chuẩn TCVN 12445/ISO 16983.

- Xử lý số liệu: Số liệu thực nghiệm được xử lý bằng phương pháp thống kê toán học dựa trên phần mềm Excel.

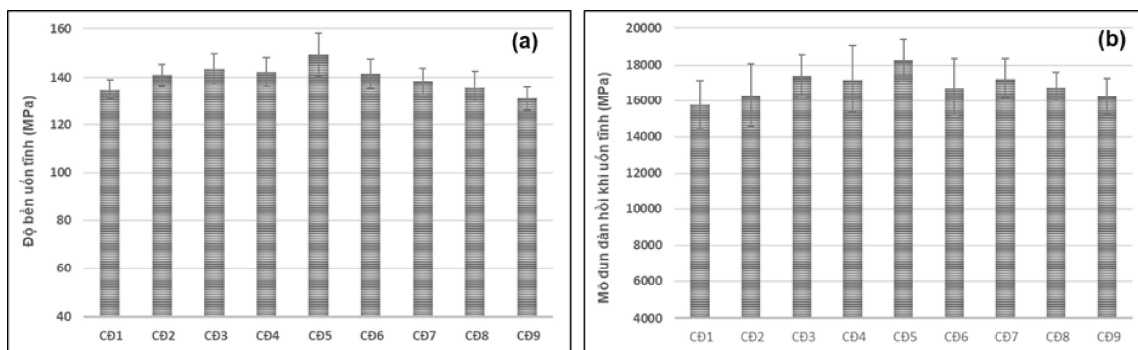
Bảng 1. Bố trí thí nghiệm sấy đóng rắn keo

Chế độ sấy đóng rắn keo	Thời gian sấy (h)	Nhiệt độ sấy (°C)
CĐ1	10	Vùng 1: 3 m đầu, nhiệt độ môi trường Vùng 2: 3 m tiếp, nhiệt độ 80 -100 Vùng 3: 3 m tiếp, nhiệt độ 100-110 Vùng 4: 21 m tiếp, nhiệt độ 110-120 Vùng 5: 10 m tiếp, nhiệt độ 120-80 Vùng 6: 5 m còn lại, nhiệt độ môi trường
CĐ2	10	Vùng 1: 3 m đầu nhiệt độ môi trường Vùng 2: 3 m tiếp nhiệt độ 80 -110 Vùng 3: 3 m tiếp nhiệt độ 110-120

Chế độ sấy đóng rắn keo	Thời gian sấy (h)	Nhiệt độ sấy (°C)
		Vùng 4: 21 m tiếp nhiệt độ 120-130 Vùng 5: 10 m tiếp nhiệt độ 130-80 Vùng 6: 5 m còn lại nhiệt độ môi trường
CĐ3	10	Vùng 1: 3 m đầu nhiệt độ môi trường Vùng 2: 3 m tiếp nhiệt độ 80 -120 Vùng 3: 3 m tiếp nhiệt độ 120-135 Vùng 4: 21 m tiếp nhiệt độ 135-140 Vùng 5: 10 m tiếp nhiệt độ 140-80 Vùng 6: 5 m còn lại nhiệt độ môi trường
CĐ4	11	Vùng 1: 3 m đầu nhiệt độ môi trường Vùng 2: 3 m tiếp nhiệt độ 80 -100 Vùng 3: 3 m tiếp nhiệt độ 100-110 Vùng 4: 21 m tiếp nhiệt độ 110-120 Vùng 5: 10 m tiếp nhiệt độ 120-80 Vùng 6: 5 m còn lại nhiệt độ môi trường
CĐ5	11	Vùng 1: 3 m đầu nhiệt độ môi trường Vùng 2: 3 m tiếp nhiệt độ 80-110 Vùng 3: 3 m tiếp nhiệt độ 110-120 Vùng 4: 21 m tiếp nhiệt độ 120-130 Vùng 5: 10 m tiếp nhiệt độ 130-80 Vùng 6: 5 m còn lại nhiệt độ môi trường
CĐ6	11	Vùng 1: 3 m đầu nhiệt độ môi trường Vùng 2: 3 m tiếp nhiệt độ 80 -120 Vùng 3: 3 m tiếp nhiệt độ 120-135 Vùng 4: 21 m tiếp nhiệt độ 135-140 Vùng 5: 10 m tiếp nhiệt độ 140-80 Vùng 6: 5 m còn lại nhiệt độ môi trường
CĐ7	12	Vùng 1: 3 m đầu nhiệt độ môi trường Vùng 2: 3 m tiếp nhiệt độ 80 -100 Vùng 3: 3 m tiếp nhiệt độ 100-110 Vùng 4: 21 m tiếp nhiệt độ 110-120 Vùng 5: 10 m tiếp nhiệt độ 120-80 Vùng 6: 5 m còn lại nhiệt độ môi trường
CĐ8	12	Vùng 1: 3 m đầu nhiệt độ môi trường Vùng 2: 3 m tiếp nhiệt độ 80 -110 Vùng 3: 3 m tiếp nhiệt độ 110-120 Vùng 4: 21 m tiếp nhiệt độ 120-130 Vùng 5: 10 m tiếp nhiệt độ 130-80 Vùng 6: 5 m còn lại nhiệt độ môi trường
CĐ9	12	Vùng 1: 3 m đầu nhiệt độ môi trường Vùng 2: 3 m tiếp nhiệt độ 80 -120 Vùng 3: 3 m tiếp nhiệt độ 120-135 Vùng 4: 21 m tiếp nhiệt độ 135-140 Vùng 5: 10 m tiếp nhiệt độ 140-80 Vùng 6: 5 m còn lại nhiệt độ môi trường

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của chế độ sấy đóng rắn keo đến độ bền uốn tĩnh (MOR) và mô đun đàn hồi khi uốn tĩnh

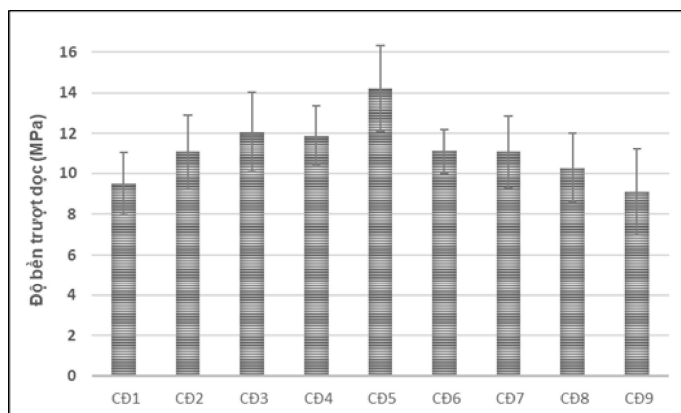


Hình 1. Ảnh hưởng của chế độ sấy đóng rắn keo đến (a) độ bền uốn tĩnh, (b) Mô đun đàn hồi khi uốn tĩnh sản phẩm tre ép khối

Kết quả thử nghiệm được trình bày ở hình 1 chỉ ra rằng cả thời gian sấy và nhiệt độ sấy đều có ảnh hưởng đến độ bền uốn tĩnh (MOR) cũng như mô đun đàn hồi khi uốn tĩnh (MOE) của sản phẩm tre khối. Giá trị trung bình của MOR và MOE, với thời gian sấy đóng rắn keo là 10h, tăng lên cùng với sự tăng lên của nhiệt độ sấy. Ngược lại, khi thời gian sấy đóng rắn keo là 12h thì giá trị trung bình của cả MOR và MOE đều giảm đi khi nhiệt độ sấy tăng lên. Điều này có thể giải thích như sau: với thời gian sấy là 10h thì keo có thể chưa đóng rắn hết, do vậy khi nhiệt độ sấy tăng lên làm cho tỷ lệ đóng rắn

keo cũng tăng lên dẫn đến giá trị MOR và MOE tăng lên. Khi thời gian sấy đóng rắn là 12h thì keo đã đóng rắn hoàn toàn do vậy khi tăng nhiệt độ sấy đóng rắn dẫn đến hiện tượng màng keo bị giảm cường độ dán dính do chịu tác động của nhiệt độ cao trong thời gian dài dẫn đến hiện tượng giảm MOR và MOE. Khi thời gian sấy đóng rắn keo là 11h, giá trị trung bình của cả MOR và MOE tăng lên và đạt giá trị lớn nhất (MOR là 149,38 MPa, MOE là 18256,82 MPa) ở chế độ sấy đóng rắn keo CD5 sau đó giá trị trung bình của cả MOR và MOE đều giảm đi khi tăng nhiệt độ sấy.

3.2. Ảnh hưởng của chế độ sấy đóng rắn keo đến độ bền trượt dọc

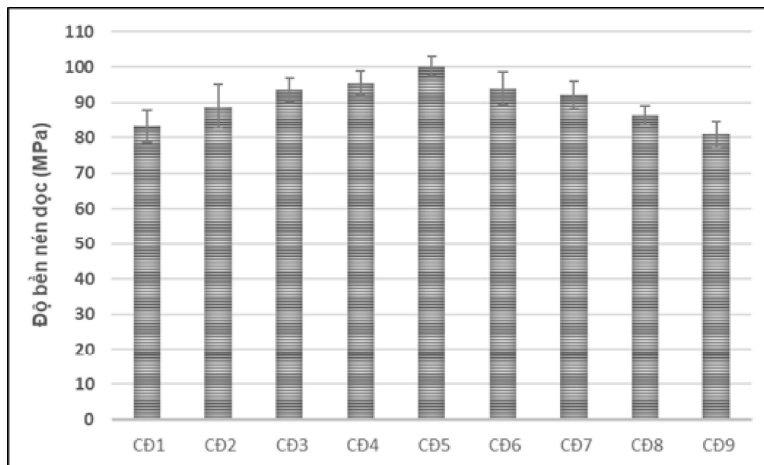


Hình 2. Ảnh hưởng của chế độ sấy đóng rắn keo đến độ bền trượt dọc sản phẩm tre ép khối

Kết quả thử nghiệm ảnh hưởng của thời gian và nhiệt độ sấy đóng rắn keo đối với độ bền trượt dọc được thể hiện ở hình 2 cho thấy, tương tự như đối với MOR và MOE, giá trị trung bình độ bền trượt dọc sản phẩm tre ép khối tăng lên khi nhiệt độ sấy tăng lên đối với chế độ sấy có

thời gian sấy nhỏ nhất (10h) và giá trị trung bình này giảm đi khi nhiệt độ sấy tăng lên với chế độ sấy có thời gian sấy lớn nhất (12h). Giá trị trung bình độ bền trượt dọc lớn nhất (14,21 MPa) đạt được ở chế độ sấy đóng rắn CĐ5 chế độ có thời gian sấy là 11h.

3.3. Ảnh hưởng của chế độ sấy đóng rắn keo đến độ bền nén dọc

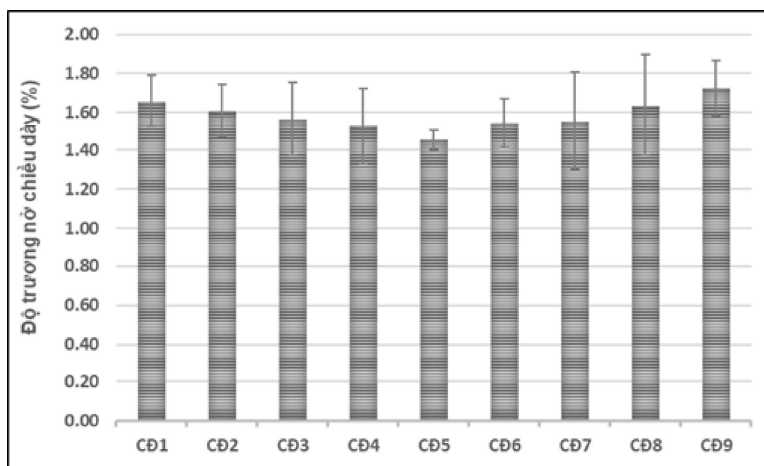


Hình 3. Ảnh hưởng của chế độ sấy đóng rắn keo đến độ bền nén dọc sản phẩm tre ép khối

Kết quả thử nghiệm độ bền nén dọc của sản phẩm tre ép khối ở các chế độ sấy đóng rắn keo khác nhau được thể hiện ở hình 3 chỉ ra rằng cũng tương tự như đối với độ bền trượt dọc, độ bền nén dọc cũng tăng lên khi nhiệt độ sấy tăng lên với thời gian sấy là 10h và giá trị này giảm

đi khi nhiệt độ sấy tăng lên khi thời gian sấy là 12h. Tuy nhiên, tỷ lệ tăng giảm này nhỏ hơn so với tỷ lệ tăng giảm đối với độ bền trượt dọc. Giá trị trung bình lớn nhất của độ bền nén dọc (100,25 MPa) cũng đạt được ở chế độ CĐ5 chế độ có thời gian sấy là 11h.

3.4. Ảnh hưởng của chế độ sấy đóng rắn keo đến độ trương nở chiều dày



Hình 4. Ảnh hưởng của chế độ sấy đóng rắn keo đến độ trương nở chiều dày sản phẩm tre ép khối

Kết quả thử nghiệm độ trương nở chiều dày của sản phẩm tre ép khối với các chế độ sấy đóng rắn keo khác nhau được trình bày ở hình 4 cho thấy tre ép khối có độ trương nở chiều dày là tương đối thấp, điều này có nghĩa là tre ép khối có độ ổn định kích thước cao. Từ hình 4 chỉ ra rằng tre ép khối đạt được độ ổn định cao nhất (tỷ lệ trương nở nhỏ nhất 1,45%) ở chế độ sấy đóng rắn keo CĐ5 chế độ có thời gian sấy là 11h. Khi tiến hành sấy đóng rắn keo với thời gian sấy là 10h, thì độ ổn định kích thước tăng lên cùng với sự tăng lên của nhiệt độ sấy. Trái lại, khi sấy đóng rắn keo với thời gian sấy là 12h, thì độ ổn định kích thước giảm đi khi nhiệt độ sấy tăng lên.

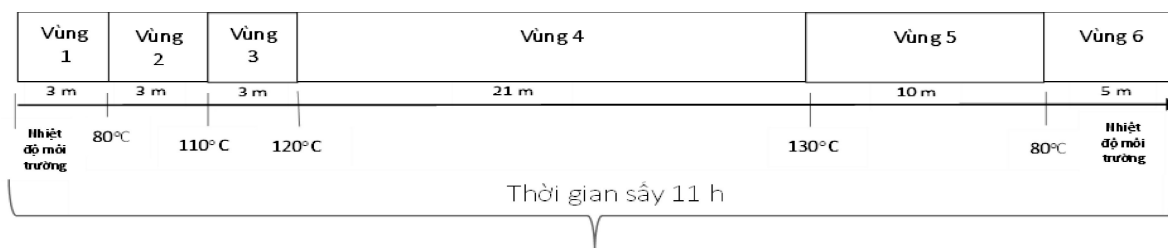
IV. KẾT LUẬN

- Với thời gian sấy là 10h, mô đun uốn tĩnh, mô đun đàn hồi khi uốn tĩnh, độ bền trượt dọc, độ

bền nén dọc và độ ổn định kích thước của sản phẩm tre ép khối tăng lên cùng với sự tăng lên của nhiệt độ sấy.

- Với thời gian sấy là 12h, mô đun uốn tĩnh, mô đun đàn hồi khi uốn tĩnh, độ bền trượt dọc, độ bền nén dọc và độ ổn định kích thước của sản phẩm tre ép khối giảm đi khi nhiệt độ sấy tăng lên.

- Mô đun uốn tĩnh, mô đun đàn hồi khi uốn tĩnh, độ bền trượt dọc, độ bền nén dọc của sản phẩm tre ép khối đạt giá trị cao nhất với độ bền uốn tĩnh (MOR): 149,38 MPa, mô đun đàn hồi khi uốn tĩnh (MOE): 18.256,82 MPa, độ bền trượt dọc: 14,21 MPa, độ bền nén dọc: 100,25 MPa, và độ trương nở chiều dày đạt giá trị thấp nhất 1,45% ở chế độ sấy CĐ5 với các thông số như sau:



TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Sharma B, Gatóo A, Bock M, Ramage M, 2005. Engineered bamboo for structural applications. *Constr Build Mater* 81:66-73.
2. Guan M, Cai Z, Zhu Y, Lin J, 2012. Performance evaluation of bamboo scrimber under planer machining. *Key Eng Mater* 517:101-106
3. Mahdavi M, Clouston PL, A.M.ASCE, Arwade SR, 2011. Development of laminated bamboo lumber: review of processing, performance, and economical considerations. *J Mater Civil Eng* 23(7):1036-1042.
4. Yu Y, Huang X, Yu W, 2014. A novel process to improve yield and mechanical performance of bamboo fiber reinforced composite via mechanical treatments. *Compos Part B Eng* 56:48-53
5. Wang X, Wu Z, Wang X, Song S, Cao Y, Ni J, Sun Q, Fei B, 2015. Shearing behavior of structural insulated panel wall shelled with bamboo scrimber. *Wood Fiber Sci* 47(4):336-344
6. Gong Y, Zhang C, Zhao R, Xing X, Ren H, 2016. Experimental study on tensile and compressive strength of bamboo scrimber. *BioResources* 11(3):7334 - 7344
7. Zhong Y, Wu G, Ren H, Jiang Z, 2017. Bending properties evaluation of newly designed reinforced bamboo scrimber composite beams. *Constr Build Mater* 143:61-70
8. Wu G, Zhong Y, Gong Y, Ren H, 2018. Mode II fracture toughness of bamboo scrimber with compact shear specimen. *BioResources* 13(1):477-48

9. Wei Y, Ji X, Duan M, Li G, 2017. Flexural performance of bamboo scrimber beams strengthened with fiber-reinforced polymer. *Constr Build Mater* 142:66-82
10. Những thách thức trong việc phát triển chuỗi giá trị tre luồng tỉnh Thanh Hóa. <https://tapchicongthuong.vn/bai-viet/nhung-thach-thuc-trong-viec-phat-trien-chuoi-gia-tri-tre-luong-tinh-thanh-hoa-103427.htm>.
11. Nguyễn Quang Trung, Nguyễn Thị Phượng, Phạm Thị Thanh Miên, 2019. Nghiên cứu đặc điểm 3 loài tre làm nguyên liệu cho sản xuất tre ép khối. *Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp* 1:119-124.
12. Nguyễn Quang Trung, Nguyễn Thị Phượng, Phạm Thị Thanh Miên, 2018. Ảnh hưởng của thông số ngâm keo cho luồng đến chất lượng tre ép khối làm vật liệu xây dựng. *Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp*, 2:138-144.
13. Nguyễn Quang Trung, Nguyễn Thị Phượng, Phạm Thị Thanh Miên, 2019. Nghiên cứu công nghệ tạo sản phẩm tre ép khối vật liệu xây dựng. *Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp*, Số chuyên san 157-164.
14. Nguyễn Quang Trung, 2018. Nghiên cứu công nghệ sản xuất tre ép khối làm vật liệu xây dựng và nội thất tại vùng Tây Bắc. Báo cáo tổng kết đề tài thuộc Chương trình “Khoa học và công nghệ phục vụ phát triển bền vững vùng Tây Bắc”.
15. Yu W, 2012. Current status and future development of bamboo scrimber industry in China. *China Wood Ind* 1:11-14

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

Ngày nhận bài: 13/09/2023

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 22/09/2023

Ngày duyệt đăng: 28/09/2023