

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA TỶ LỆ CHẤT CHỐNG CHÁY, NHIỆT ĐỘ ÉP, THỜI GIAN ÉP ĐẾN CHẤT LƯỢNG VÁN LVL

Trần Văn Chứ<sup>1</sup>, Phan Duy Hưng<sup>1</sup>

## TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu này là tạo ra loại ván LVL từ gỗ Bồ đề, keo dán urê - fomandêhyt, PVAc và chất chống cháy axit boric ( $H_3BO_3$ ), natri borat ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) và ảnh hưởng của tỷ lệ chất chống cháy, nhiệt độ ép, thời gian ép đến một số chỉ tiêu chất lượng ván LVL. Nguyên liệu gỗ Bồ đề 8-9 tuổi được lấy mẫu tại huyện Đoan Hùng, tỉnh Phú Thọ. Hoá chất chống cháy được sử dụng trong thí nghiệm là axit boric ( $H_3BO_3$ ) và natri borat ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) thương mại của Nhà máy Hoá chất Đức Giang - Hà Nội. Keo dán được sử dụng là keo urê-fomandêhyt (U-F) kí hiệu Dynchem WG - 2888 và keo PVAc của Hãng Dyno. Ván thực nghiệm là ván LVL có số lớp ván mỏng là 15 lớp, chiều dày ván LVL là 35 mm. Các tham số công nghệ trong thí nghiệm được qui hoạch thực nghiệm: tỷ lệ chất chống cháy là 2, 4, 6, 8, 10% (so với lượng keo khô kiệt), nhiệt độ 120, 130, 140, 150, 160°C, thời gian ép 30, 40, 50, 60, 70 phút [1], [3], [5], [8]. Kết quả thực nghiệm và thảo luận đã chỉ ra rằng: Công nghệ sản xuất ván LVL chậm cháy, theo kết quả nghiên cứu, hoàn toàn có thể áp dụng vào thực tế sản xuất của Việt Nam với những trang thiết bị dùng trong sản xuất các loại ván nhân tạo hiện nay. Ván LVL được sản xuất theo công nghệ trên hoàn toàn đảm bảo được những yêu cầu về chất lượng cho ván dùng trong đồ mộc, xây dựng. Đây là điểm hết sức có ý nghĩa theo hướng đa dạng hoá các loại hình sản phẩm, theo hướng thay thế các loại gỗ tự nhiên ngày càng khan hiếm, tăng cường tính cạnh tranh của sản phẩm trên thị trường. Các thông số công nghệ ép hợp lý khi tạo ván LVL chậm cháy như sau: tỷ lệ chất chống cháy: 7,42%, nhiệt độ ép: 142,52°C, thời gian ép: 49,45 phút khi các chỉ tiêu chất lượng: độ bền uốn tĩnh ván LVL: 68,923 Mpa, độ bền kéo trượt màng keo: 1,623 Mpa, tỷ lệ trương nở chiều dày: 8,763%, tỷ lệ tổn thất khối lượng mẫu thử ván LVL: 10,782%.

**Từ khóa:** Gỗ Bồ đề, ván LVL chậm cháy, độ bền uốn tĩnh, độ bền kéo trượt màng keo, tỷ lệ trương nở chiều dày, tỷ lệ tổn thất khối lượng.

## 1. BẬT VÁN ĐỀ

Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển của xã hội nhu cầu sử dụng gỗ và sản phẩm từ gỗ để sản xuất đồ mộc hoặc xây dựng của con người gia tăng cả về số lượng và chất lượng. Trong khi đó, lượng gỗ rừng tự nhiên cung cấp cho sản xuất đồ mộc hoặc xây dựng không thể đáp ứng nhu cầu. Vấn đề này bắt buộc ngành chế biến lâm sản phải định hướng chuyển hướng từ gỗ rừng tự nhiên sang sản xuất các loại ván nhân tạo và một trong những định hướng chủ đạo là ván LVL (Laminated veneer lumber - lớp gỗ mặt dát mỏng từ gỗ xẻ). Trong số các loại ván nhân tạo, ván LVL là một loại ván có nhiều tính chất rất quý báu và được sử dụng rộng rãi để thay thế gỗ xẻ hoặc trong các chi tiết chịu lực, như: dầm, xà, khung cửa, cánh cửa hay các chi tiết chịu uốn. Ván LVL cải thiện được một số nhược điểm của

gỗ tự nhiên như: tính chất ván đồng đều hơn gỗ nguyên, có thể tạo ra các chi tiết có kích thước lớn khắc phục sự hạn chế về đường kính và chiều cao (đặc biệt là đối với gỗ rừng trồng). Tuy nhiên cũng như các loại ván nhân tạo khác, ván LVL rất dễ cháy. Vì vậy, chống cháy cho ván LVL nói riêng và ván nhân tạo nói chung là một nhu cầu cấp thiết. Ván LVL chậm cháy, chẳng những nâng cao giá trị sử dụng, giảm thiệt hại do hỏa hoạn gây ra mà còn tăng sức cạnh tranh của sản phẩm này trên thị trường. Có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng ván LVL khi sản xuất tạo ván, trong đó, cần hết sức chú ý đến các thông số chế độ ép, tỷ lệ chất chống cháy và các thông số về nguyên liệu gỗ.

Bài viết này trình bày kết quả nghiên cứu công nghệ tạo ván LVL từ gỗ Bồ đề (*Styrax tonkinensis* Pierre) dùng làm đồ mộc, vật liệu xây dựng và nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ chất chống cháy, thời gian ép, nhiệt độ ép tạo ván đến một số tính chất cơ học, vật lý của ván LVL.

<sup>1</sup> Trường Đại học Lâm nghiệp

**2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP**

**2.1. Nguyên liệu dùng trong thí nghiệm**

**2.1.1. Nguyên liệu gỗ**

Gỗ dùng trong thí nghiệm là gỗ Bồ đề có tuổi 7-8 được lấy về từ huyện Đoan Hùng, tỉnh Phú Thọ. Gỗ Bồ đề có tên khoa học (*Styrax tonkinensis* Pierre). Gỗ Bồ đề rất dễ cháy, có màu trắng phớt hồng, gỗ giác và gỗ lõi không phân biệt, mạch gỗ phân tán tụ hợp đơn kép, đường kính mạch gỗ 100-200  $\mu\text{m}$ , tế bào mô mềm xếp dọc thân cây, tia gỗ sắp xếp đồng nhất chiếm 10-30% thể tích gỗ, không có cấu tạo lớp và ống dẫn nhựa. Gỗ Bồ đề có hàm lượng xenlulo là 47-49%, hàm lượng lignin 22,3%. Khối lượng thể tích gỗ bồ đề 0,38-0,41  $\text{g}/\text{cm}^3$ , hệ số co rút 0,29, ứng suất ép dọc thớ  $192,10^5 \text{ N}/\text{m}^2$ , độ bền uốn tĩnh  $505,10^5 \text{ N}/\text{m}^2$ , sức bền tự nhiên kém, dễ gia công và dễ nứt. [1], [4], [5], [8].

Tính chất cơ học, vật lý, hóa học của gỗ qua kiểm tra cho thấy gỗ Bồ đề hoàn toàn có thể đáp ứng tiêu chuẩn dùng làm nguyên liệu cho công nghệ sản xuất ván LVL.

**2.1.2. Keo dán**

Keo dùng trong thí nghiệm là keo urê-fomandêhyt (U-F) kí hiệu Dynchem WG -2888 và keo PVAc của Hãng Dyno. Lượng keo tráng thích hợp:  $180 \text{ g}/\text{m}^2$ . Trong quá trình pha keo không sử dụng chất đóng rắn. Đơn hỗn hợp keo dùng trong quá trình dán phủ như sau: Keo PVAc:10 pbw; UF: 3 pbw. Các chỉ tiêu kỹ thuật của keo U-F qua kiểm tra theo tiêu chuẩn GB/T14074.4-93: dạng lỏng, màu trắng đục, hàm lượng khô 47%, tỷ trọng 1,25-1,27  $\text{g}/\text{ml}^{-1}$ , độ nhớt 100-180 Pa.s (ở  $20^\circ\text{C}$ ), độ pH 7,0-7,2, thời gian gel hoá 67 s, lượng fomandêhyt tự do nhỏ hơn 0,5%, thời gian bảo quản 2 tháng. Keo PVAc: Dạng sữa lỏng, hàm lượng khô 40%, độ nhớt  $\geq 4000 \text{ mPa.s}$ , độ pH 7,0-7,5, thời gian bảo quản 1,5 tháng. Đơn pha chế [7], [8]: Keo U-F: 100 phần trọng lượng, nước: 60 phần trọng lượng, keo sữa PVAc: 45 phần trọng lượng. Các chỉ tiêu kỹ thuật của hỗn hợp keo U-F và PVAc qua kiểm tra như sau: keo dạng sữa, màu trắng đục, hàm lượng khô 70%, tỷ trọng 1,32 - 1,35  $\text{g}/\text{ml}$ , độ nhớt 150 - 210  $\text{mPa.s}$  (ở  $30^\circ\text{C}$ ), độ pH 7,1-7,25 (kiểm tra ở  $20^\circ\text{C}$ ), thời gian gel hoá ở  $100^\circ\text{C}$  là 70 s.

Với các chỉ tiêu chất lượng như vậy, căn cứ vào yêu cầu của keo dán dùng trong ván LVL ta thấy hỗn

hợp keo này hoàn toàn đáp ứng yêu cầu về chất lượng.

**2.1.3. Chất chống cháy**

Căn cứ vào điều kiện công nghệ, đặc tính của hoá chất (chống cháy tốt, ít độc hại, ảnh hưởng ít đến dán dính, giá thành rẻ,...), chúng tôi chọn axit boric và natri borat là chất chống cháy trong thí nghiệm. Tỷ lệ hoà trộn theo khối lượng giữa hai hoá chất là  $\text{H}_3\text{BO}_3 : \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  là 1:1. Các hóa chất được mua tại Nhà máy hóa chất Đức Giang.

- *Axit boric ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ):* Axit boric là chất màu trắng dạng tinh thể, khối lượng phân tử 61, tỷ trọng 1,44, lượng tan trong nước ở  $20^\circ\text{C}$ - 5  $\text{g}/100 \text{ g H}_2\text{O}$ , nhiệt độ nóng chảy  $70^\circ\text{C}$ , nhiệt độ phân hủy  $320^\circ\text{C}$ , độ pH-4 [4], [5], [6].

-  *$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ :*  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  là chất màu trắng dạng tinh thể, khối lượng phân tử 382; tỷ trọng 1,55, lượng tan trong nước ở  $20^\circ\text{C}$ - 3,75  $\text{g}/100\text{g H}_2\text{O}$ , nhiệt độ nóng chảy  $87^\circ\text{C}$ , nhiệt độ phân hủy  $387^\circ\text{C}$ , độ pH-9,3 [1], [4], [5], [6].

**2.2. Phương pháp nghiên cứu**

**2.2.1. Các chỉ tiêu của ván thí nghiệm**

Dựa vào đặc điểm của nguyên liệu và các chỉ tiêu của ván LVL đáp ứng yêu cầu dùng cho xây dựng, chúng tôi lựa chọn loại ván LVL như sau:

Chiều dày ván mỏng ướt là 1,8 mm. Số lớp ván mỏng là 15 lớp. Chiều dày ván LVL 35 mm. Các lớp ván được xếp song song theo một theo nguyên tắc mặt phải - mặt phải. Yêu cầu độ ẩm ván mỏng sau khi sấy là 10%, độ ẩm của ván mỏng sau khi tráng keo là 20%. Khối lượng thể tích ván  $0,7 \text{ g}/\text{cm}^3$ , kích thước ván (chưa rọc cạnh) là:  $800 \times 800 \times 18 \text{ mm}$  [1].

Các chỉ tiêu tính chất vật lý, cơ học của ván LVL chậm cháy đáp ứng được yêu cầu của theo tiêu chuẩn CAN3 - 0437 - M85, CAN3 - 0437 - M85, JAS S-11-15,2, ASTM - E69-70, gồm [1], [3], [11], [12], [13]: Độ bền uốn tĩnh (kí hiệu MOR)  $\geq 13 \text{ Mpa}$ , độ bền kéo trượt màng keo (kí hiệu  $\sigma_T$ )  $\geq 0,7 \text{ Mpa}$ , tỷ lệ tổn thất khối lượng ván LVL (kí hiệu WLR)  $< 20\%$ , tỷ lệ trương nở chiều dày (kí hiệu TS)  $\leq 8\%$ .

**2.2.2. Mô hình toán học**

Mô hình toán học được chọn cho thí nghiệm là quy hoạch thực nghiệm các yếu tố rút gọn đa yếu tố bậc hai TYR [1], [4]. Tổng số thí nghiệm theo quy hoạch:

$$N = k(2^m + 2m + 1)$$

Trong công thức: k- số lần lặp lại (theo tính toán k = 3); m- các biến số thí nghiệm (m = 2). 3 biến số đầu vào: tỷ lệ chất chống cháy (%), thời gian ép (phút), nhiệt độ ép (°C); số thí nghiệm qua 3 lần lặp lại là 27.

Các yếu tố đầu vào của thí nghiệm gồm: tỷ lệ chất chống cháy (C), nhiệt độ ép (T), thời gian ép (τ). Mức và bước thay đổi của các thông số được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Các yếu tố đầu vào của thí nghiệm

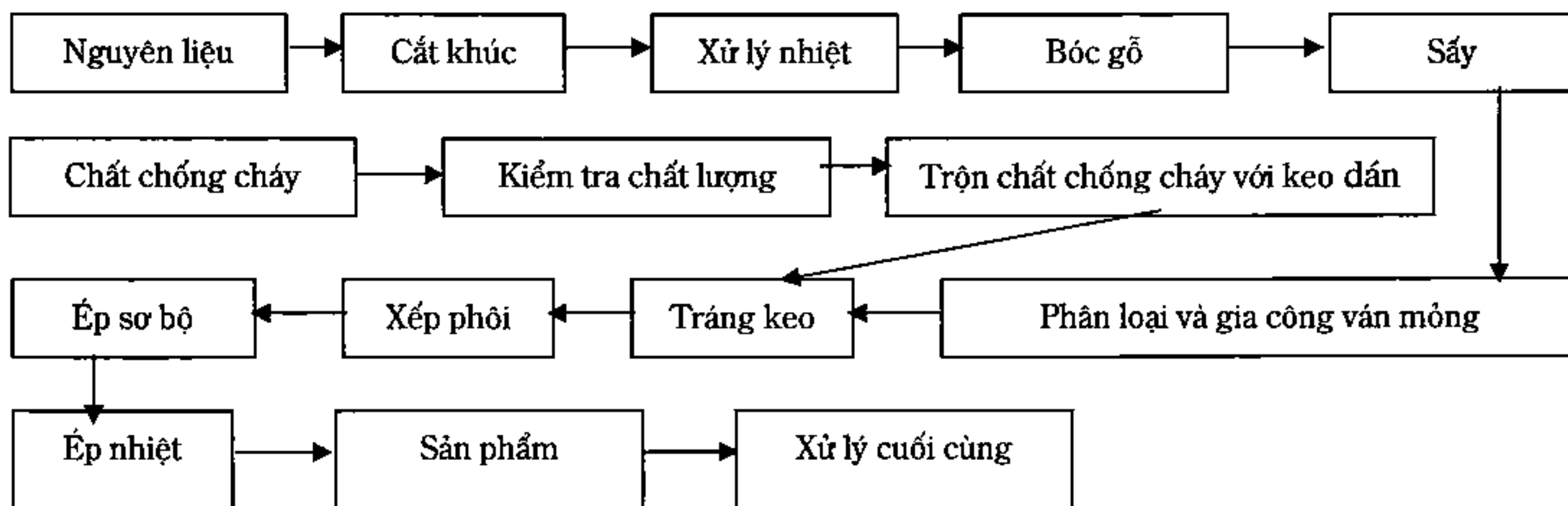
Mức	- α	-	0	+	+ α
Tỷ lệ chất chống cháy (%)	2	4	6	8	10
Nhiệt độ ép (°C)	120	130	140	150	160
Thời gian ép (phút)	30	40	50	60	70

2.2.3. Quá trình công nghệ tạo ván LVL chậm cháy

Quá trình công nghệ tạo ván LVL chậm cháy được thể hiện theo sơ đồ ở hình 1.

Gỗ Bò đề với đường kính 15-20 cm ở độ tuổi 7-8 được khai thác tại huyện Đoan Hùng, tỉnh Phú Thọ. Ngay sau khi khai thác gỗ được bóc vỏ và cắt khúc với chiều dài 1,35 m. Sau đó gỗ được xử lý nhiệt trong bể luộc trước khi bóc theo phương pháp luộc. Mục đích của xử lý nhiệt là làm mềm hoá gỗ trước khi bóc. Chế độ xử lý nhiệt: nhiệt độ: 65-70°C, thời gian: 10-12 giờ, cân bằng nhiệt độ ngoài môi trường: 2 giờ [1], [3], [11].

Gỗ sau khi xử lý hoá mềm được đưa vào máy bóc để tạo ván mỏng. Chiều dày ván mỏng ướt là 3,6 mm. Các thông số khi bóc gỗ như sau: Góc mài: 20°, góc sau: 3°, độ nhô mũi dao: h = 1 mm, tốc độ vòng quay trục trấu: 150 vòng/phút, tốc độ ăn dao: 5,8 mm/s, chiều cao thước nén: h<sub>0</sub> = 0,3 mm, mức độ nén: Δ = 20%.



Hình 1. Quá trình công nghệ tạo ván LVL chậm cháy

Ván mỏng bóc xong được sấy bằng lò sấy con lăn tuần hoàn dọc. Yêu cầu độ ẩm ván mỏng sau khi sấy là 10%, độ ẩm của ván mỏng sau khi tráng keo là 20%. Chế độ sấy ván mỏng: Nhiệt độ đầu vào: T = 60-70°C, nhiệt độ đầu ra: T = 110-120°C, tốc độ con lăn: 0,75 m/s, tốc độ tuần hoàn không khí: V = 3 m/s, [1], [3].

Ván mỏng sau khi sấy được phân loại và kiểm tra chất lượng. Chất lượng ván mỏng sau khi sấy qua kiểm tra như sau: chiều sâu vết nứt: 51,62 - 62,21%, tần số vết nứt: 4,12 - 5,23 vết/cm, sai số chiều dày: 1,86-2,56%, tỷ lệ lợi dụng ván mỏng: 52-61%. Màu sắc của ván mỏng sau khi sấy tương tự gỗ nguyên ở trạng thái hong phơi tự nhiên. Phần giác có màu hơi sẫm song khó phân biệt so với gỗ giác phơi tự nhiên.

Ván mỏng với chất lượng như vậy hoàn toàn đảm bảo yêu cầu dùng làm nguyên liệu cho ván LVL và ván dán [1], [3].

Sau khi định lượng đủ lượng keo cho một mẻ ván thí nghiệm tiến hành pha keo. Đầu tiên hoà trộn keo U-F và PVAc và khuấy đều cho nhuyễn. Tiếp theo, dùng nước hoà tan chất đông rắn. Các chất chống cháy được cân theo tỷ lệ và được kiểm tra chất lượng. Chất chống cháy BB được pha theo tỷ lệ khối lượng H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> : Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>.10H<sub>2</sub>O = 1:1. Sau đó các chất chống cháy được trộn đều với keo dán theo các tỷ lệ theo quy hoạch thực nghiệm 2-10% so với lượng keo khô kiệt. Cho dần chất đông rắn đã hoà tan vào thùng keo và khuấy đều. Tiến hành kiểm tra độ pH, thời gian gel hoá của hỗn hợp keo - chất chống cháy

ở các tỷ lệ pha trộn. Sau khi pha trộn và kiểm tra chất lượng hỗn hợp keo thì đến công đoạn tráng keo.

Việc tráng keo được thực hiện trên máy tráng keo kiểu rulô, lượng keo tráng được điều chỉnh thông qua khoảng cách giữa hai trục rulô. Tráng thử để kiểm tra lượng keo tráng có đảm bảo yêu cầu hay không, sau đó tiến hành công đoạn tráng keo. Sau khi tráng ta có thể hong phơi cho độ ẩm của ván mỏng giảm, tránh được hiện tượng nổ ván khi xả van máy ép.

Ván mỏng được tráng keo và xếp phơi. Lượng keo tráng được định mức từ 180 g/m<sup>2</sup>. Số lớp ván mỏng được xếp phơi là 15 lớp. Các lớp ván được xếp song song theo một theo nguyên tắc mặt phải - mặt phải. Sau đó các lớp ván đã xếp phơi được đưa vào máy ép nhiệt. Khi ép tạo ván LVL thường có ba phương pháp: ép 01 lần, ép nhiều lần (từng bước) và ép bằng tần số cao. Do điều kiện về công nghệ và thiết bị, chúng tôi chọn giải pháp ép 01 lần.

Quá trình thí nghiệm tạo ván LVL: máy ép được dùng là máy ép BID113 của Trung tâm Công nghiệp rừng - Trường Đại học Lâm nghiệp. Máy ép đã được kiểm tra độ đồng phẳng mặt bàn ép và chênh lệch nhiệt độ của các điểm trên mặt và giữa 2 mặt bàn. Chiều dày ván LVL được giới hạn bởi thanh cữ bằng thép có chiều dày 15 mm. Các thông số chế độ ép nhiệt được bố trí theo quy hoạch như sau: Nhiệt độ 120-160°C, áp suất ép 1,5 Mpa, thời gian ép 30-70 phút [3].

Sau khi ép nhiệt, ván được để ổn định trong 48 giờ nhằm hạn chế cong vênh do hút ẩm trở lại. Ván mẫu được bảo quản trong môi trường phòng thí nghiệm với nhiệt độ khoảng 27°C, độ ẩm tương đối của không khí khoảng 65% và thời gian 48 giờ trước khi gia công mẫu.

2.2.4. Phương pháp kiểm tra kết quả thí nghiệm

Kiểm tra chất lượng keo dán và hỗn hợp

Độ pH của keo dán và hỗn hợp các chất được đo bằng máy đo độ pH (HI 9224 Microprocesser

printing pH meter) và được kiểm tra theo tiêu chuẩn GB/T4897-77 [1], [3], [7]. Độ chính xác của máy đo độ pH là 0,1. Độ nhớt của keo dán được đo bằng máy đo độ nhớt (Rion Viscoteter VT-04) theo tiêu chuẩn GB/T 14074.7-93 [12], [13] [14].

Thời gian gel hoá của keo dán đối chứng và hỗn hợp keo dán - chất chống cháy, kiểm tra theo tiêu chuẩn GB/T 14074.7-93 [4], [12], [13].

Phương pháp kiểm tra như sau: Rót 01 ml dung dịch keo vào ống thủy tinh thí nghiệm. Đặt ống thủy tinh có chứa keo vào trong nước sôi ở 100°C. Dùng đũa thủy tinh khuấy keo liên tục và dùng đồng hồ bấm giây đo thời gian gel hoá của keo dán.

Các chất chống cháy thường có độ pH rất thấp hoặc rất cao, do đó, làm ảnh hưởng đến độ pH của keo dán hay chính xác là độ bền liên kết màng keo. Nhằm đánh giá sự ảnh hưởng của chất chống cháy đến khả năng liên kết keo và các thành phần khác trong ván LVL, đã tiến hành kiểm tra độ bền liên kết màng keo theo tiêu chuẩn GB/T 14070.10-83 [12], [8], [9].

Kiểm tra chất lượng ván mỏng

Sai số chiều dày ván mỏng: Sai số chiều dày ván mỏng được kiểm tra theo tiêu chuẩn GB/T 14078.10-84 [15]. Dụng cụ kiểm tra thước panme điện tử, độ chính xác 10-2 mm. Kích thước mẫu kiểm tra: 100 x 100 mm, số lượng 10 mẫu.

Tần số vết nứt và chiều sâu vết nứt: Tần số và chiều sâu vết nứt của ván mỏng kiểm tra theo tiêu chuẩn GB 13010-91. Dùng mực nho có nồng độ nhất định để bôi lên bề mặt dưới của ván rồi phơi khô tự nhiên. Sau đó, mẫu được cắt theo kích thước 50 x 100 mm, dùng lupa ống để đếm và đo chiều sâu vết nứt [11]. Chiều dày ván lạng được đo tại 3 vị trí theo tiết diện ngang của ván ở độ ẩm 30%. Sử dụng thước kẹp panme có độ chính xác 0,01 mm để đo chiều dày ván lạng.

Kiểm tra chất lượng ván LVL

Bảng 2. Một số chỉ tiêu chất lượng và tiêu chuẩn kiểm tra ván LVL

N <sub>0</sub>	Chỉ tiêu	Kí hiệu	Đơn vị	Tiêu chuẩn kiểm tra
1	Tỷ lệ trương nở chiều dày ván	TS	%	CAN3 - 0437 - M85
2	Khối lượng thể tích	γ	g/cm <sup>3</sup>	CAN3 - 0437 - M85
3	Cường độ kéo trượt màng keo	σ <sub>T</sub>	MPa	JAS S-11-15.2
4	Độ bền uốn tĩnh theo chiều vuông góc	MOR	MPa	CAN3 - 0437 - M85
5	Tỷ lệ tổn thất khối lượng mẫu thử	WLR	%	ASTM - E69-70

Một số chỉ tiêu tính chất của ván LVL được kiểm tra trên máy thử vạn năng AMSLER 50 KN tại Phòng thí nghiệm Cơ lý gỗ, Trường Đại học Lâm nghiệp. Một số tiêu chuẩn kiểm tra tính chất của ván LVL được trình bày ở bảng 2.

Khả năng chống cháy của ván LVL được kiểm tra theo tiêu chuẩn ASTM - E69-70. Dụng cụ kiểm tra là "ống lửa". Số lượng mẫu kiểm tra: 03 mẫu. Kích thước mẫu (dài x rộng x dày): 150 x 35 x 24 mm [1], [3], [8], [4].

Phương pháp "ống lửa" được mô tả như sau: mẫu ván LVL được đặt vào trong ống sắt tây (kích thước ống sắt: đường kính 50 mm, chiều dài 165 mm). Mẫu ván thò ra ngoài ống sắt về phía dưới 5 mm. Phía sát đáy ống sắt có đặt gương quan sát quá trình cháy của ván LVL. Mẫu ván LVL treo vào dây nối với cân điện tử. Đèn dùng để đốt cháy mẫu thử là đèn cồn hoặc đèn hơi. Khi đốt cháy mẫu tim ngọn lửa phải đứng vào đoạn cuối của mẫu thử (cách 10 mm). Nếu dùng đèn cồn thời gian đốt là 2,5 phút, đèn hơi thời gian đốt là 2 phút. Khi hết thời gian đốt, chuyển đèn đi ngay. Qua cân điện tử, có thể đo được tổn thất khối lượng trong quá trình cháy của ván và khối lượng mẫu trước và sau khi thử cháy [1], [3], [8], [4].

### 3.1. Kết quả thí nghiệm

#### 3.1.1. Chất lượng keo dán và hỗn hợp

##### Khả năng hòa tan của hỗn hợp chất chống cháy:

Khả năng hoà tan trong nước của  $H_3BO_3$ ,  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$  và hỗn hợp được trình bày ở bảng 3.

**Bảng 3. Khả năng hòa tan trong nước của một số chất nhóm bo**

Điều kiện	$H_3BO_3$	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	Boric: Borat (1:1)
Độ hoà tan trong nước ở 20°C (g/100g)	4,64	2,58	10-13

Khả năng hoà tan trong nước của boric và borat qua kiểm tra như sau:

$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$  dạng tinh thể kém tan trong nước lạnh (ở 20°C là 2,58 g/100g nước). Khi đun nóng tới 100°C khả năng tan trong nước tăng 20%.  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$  tan tốt trong axêton, cồn [1], [3], [4], [7].

$H_3BO_3$  có dung môi hoà tan là nước nóng, glyxêrin, axit axêtic. Khả năng hoà tan trong nước

của  $H_3BO_3$  ở 20°C là 5 g/100 g nước, ở 100°C là 40,3 g/100 g nước [2].

##### Độ pH của hỗn hợp keo dán - chất chống cháy

Độ pH của các chất chống cháy qua kiểm tra như sau: Axit boric có pH - 4, natri borat có pH - 9,31. Kết quả kiểm tra độ pH của hỗn hợp keo ở nồng độ chất chống cháy 10% là 5,8.

Kết quả nghiên cứu cho thấy: Độ pH của các hỗn hợp keo dán sau khi hoà trộn các chất đều không đảm bảo yêu cầu của độ pH khi tráng keo, như vậy, sẽ ảnh hưởng rất lớn đến các liên kết bên trong ván, do keo đóng rắn quá nhanh hoặc quá chậm. Với các dung dịch keo có độ pH thấp, thời gian đóng rắn nhanh, màng keo sẽ bị "giòn", chất lượng dán dính không đảm bảo. Với dung dịch keo có độ pH cao, keo đóng rắn chậm, chất lượng dán dính cũng không đảm bảo, năng suất ép thấp. Vì vậy, sau khi hoà trộn các chất chống cháy, chất chống ẩm với keo dán thì cần điều chỉnh lại độ pH. Để điều chỉnh độ pH của hỗn hợp keo, chúng ta có thể dùng dung dịch kiềm (NaOH 20%) hoặc dung dịch axit oxalic (HOOC-COOH) 20% [3].

**Thời gian gel hoá của hỗn hợp keo dán:** Kết quả kiểm tra thời gian gel hoá của keo dán ở nồng độ 10% chất chống cháy là 55,5 giây. Qua kết quả, ta thấy: khi hoà trộn chất chống cháy, chất chống ẩm vào keo, do sự ảnh hưởng của chất chống cháy đến độ pH của keo, thời gian gel hoá của hỗn hợp keo có nhiều thay đổi so với thời gian gel hoá của keo không hoà trộn chất chống cháy.

**Độ bền liên kết của màng keo:** Độ bền liên kết của màng keo ở 10% chất chống cháy là 1,72 MPa. Kết quả nghiên cứu cho thấy: So với mẫu keo không có chất chống cháy thì các loại mẫu cho chất chống cháy đều có độ bền liên kết giảm. Qua các số liệu thực nghiệm ở các bảng ta thấy: Lượng chất chống cháy cho vào càng nhiều, sự ảnh hưởng càng lớn. Khi tỷ lệ chất chống cháy nhỏ hơn 10% thì các giá trị độ pH, thời gian gel hoá, độ bền liên kết đáp ứng được yêu cầu theo tiêu chuẩn. Khi tỷ lệ chất chống cháy lớn hơn 10%, độ pH, thời gian gel hoá, độ bền liên kết đều không đảm bảo. Tuy nhiên, cũng qua các kết quả này cho thấy: khi hoà trộn chất chống cháy, chất chống ẩm cùng keo dán thì chất chống cháy không tác dụng với keo theo các phản ứng hoá học. Vì vậy, khi tạo ván LVL chậm cháy theo phương pháp trộn chất chống cháy cùng keo dán, chúng ta cần tiến

hành kiểm tra và điều chỉnh độ pH của hỗn hợp chất chống cháy và keo dán cho phù hợp yêu cầu.

**3.1.2. Chất lượng ván mỏng**

**Bảng 4. Chất lượng ván mỏng gỗ Bô đề sau khi sấy**

Chỉ tiêu	Giá trị		
	Max	Min	TB
Chiều sâu vết nứt (%)	52,2	43,5	48,0
Tần số vết nứt (vết/cm)	4,21	3,13	3,67
Sai số chiều dày (%)	10,05	8,12	9,08

Kết quả kiểm tra chất lượng ván mỏng sau khi bóc và sấy được trình bày ở bảng 4.

Kết quả thực nghiệm cho thấy: Ván mỏng với chất lượng như vậy hoàn toàn nằm trong giới hạn cho phép của tiêu chuẩn đảm bảo yêu cầu dùng làm nguyên liệu cho ván LVL.

**3.1.3. Chất lượng ván LVL chậm cháy**

Kết quả kiểm tra một số chỉ tiêu chất lượng của ván LVL chậm cháy được trình bày ở bảng 5.

**Bảng 5. Một số chỉ tiêu chất lượng ván LVL**

TT	Thông số đầu vào			Các chỉ tiêu chất lượng của ván LVL				
	C (%)	T (°C)	τ (phút)	γ (g/cm <sup>3</sup> )	σ <sub>T</sub> (MPa)	TN (%)	σ <sub>V</sub> (MPa)	WLR (%)
1	8	150	60	0,612	1,493	9,234	68,235	13,987
2	4	150	60	0,574	1,412	7,671	58,861	17,465
3	8	130	60	0,582	1,934	8,532	71,542	18,132
4	4	130	60	0,593	1,575	5,972	67,328	18,986
5	8	150	40	0,594	1,742	7,652	69,678	15,675
6	4	150	40	0,575	1,624	5,776	69,324	19,223
7	8	130	40	0,582	1,292	9,654	58,476	12,875
8	4	130	40	0,527	1,584	5,367	71,334	20,234
9	10	140	50	0,581	1,862	7,321	68,678	19,886
10	2	140	50	0,586	1,725	8,213	71,204	23,723
11	6	160	50	0,593	1,716	7,943	67,143	21,245
12	6	120	50	0,578	1,654	8,234	66,356	20,002
13	6	140	70	0,592	1,723	9,456	67,981	21,265
14	6	140	30	0,575	1,697	10,012	66,765	19,876
15	6	140	50	0,591	1,738	7,215	68,234	20,023
Ván đối chứng				0,601	1,822	5,103	73,113	25,455

*Ghi chú: các số liệu ở bảng 5 là các số liệu trung bình đã qua xử lý thống kê.*

Các phương trình tương quan biểu diễn quan hệ giữa tỷ lệ chất chống cháy, nhiệt độ, thời gian ép và một số chỉ tiêu chất lượng như sau:

$$TS = 19,567 - 0,575C + 0,004C^2 + 3,128T - 0,005CT - 0,103T^2 + 20,345\tau - 0,163\tau T - 0,187\tau C - 3,211\tau^2$$

$$\sigma_T = -3,632 + 0,043C - 0,0145C^2 + 0,235T - 0,014CT - 0,146T^2 + 7,125\tau + 0,401\tau T - 0,657\tau C - 2,103\tau^2$$

$$MOR = -0,764 + 5,543C - 0,132C^2 + 1,912T + 0,345CT - 4,562T^2 - 1,124\tau + 2,092\tau C + 1,823\tau T - 0,114\tau^2$$

$$WLR = -3,115 + 2,202C - 0,142C^2 - 1,846T + 0,154CT + 1,098T^2 + 0,982\tau + 2,092\tau C + 0,376\tau T - 0,189\tau^2$$

Các phương trình tương quan cho thấy: khi thời gian ép tăng, khối lượng thể tích ván (γ) có xu thế tăng đôi chút. Nhưng mức độ tăng γ chững lại khi thời gian ép tới 50 phút. Với thời gian dài hơn, γ hầu như không tăng. Biểu hiện này chứng tỏ với thời gian ép 50 phút, keo đã đóng rắn hoàn toàn có nghĩa là không còn biến dạng dẻo trong kết cấu ván.

Tương tự, ta cũng có thể thấy rằng với các thông số nhiệt độ và thời gian ép, γ đều có xu hướng tăng trong những chế độ đầu của lưới thực nghiệm. Tới các mức có thời gian ép 50 phút, nhiệt độ 140°C thì γ hầu như chững lại.

Khi tỷ lệ chất chống cháy tăng lên trong ván LVL, tỷ lệ trương nở chiều dày ván (TS) tăng lên rất nhanh. Tuy nhiên khi tỷ lệ chất chống cháy vẫn tăng lên, khi nhiệt độ ép đạt khoảng 140°C, thời gian ép

đạt 50 phút, tỷ lệ trương nở chiều dày ván có xu thế chững lại và tăng rất chậm. Nhưng khi nhiệt độ ép vượt trên 140°C, thời gian ép vượt 50 phút, tỷ lệ trương nở chiều dày ván tăng lên rất nhanh.

Tương tự như vậy, khi tỷ lệ chất chống cháy tăng lên trong ván LVL, độ bền kéo trượt màng keo của ván ( $\sigma_T$ ), độ bền uốn tĩnh ( $\sigma_U$ ) giảm đi rất nhanh. Tuy nhiên khi tỷ lệ chất chống cháy vẫn tăng lên, khi nhiệt độ ép đạt khoảng 140°C, thời gian ép đạt trên dưới 50 phút, độ bền kéo trượt màng keo của ván, độ bền uốn tĩnh có xu thế chững lại và giảm rất chậm. Nhưng khi nhiệt độ ép vượt trên 140°C, thời gian ép vượt 50 phút, độ bền kéo trượt màng keo của ván, độ bền uốn tĩnh giảm đi rất nhanh.

Khi tỷ lệ chất chống cháy tăng lên trong ván LVL, tỷ lệ tổn thất khối lượng mẫu thử khi đốt (WLR) giảm đi rất nhanh. Tỷ lệ tổn thất khối lượng mẫu thử khi đốt thấp nhất khi nhiệt độ ép đạt khoảng 140°C, thời gian ép đạt 50 phút.

Khi nhiệt độ ép và thời gian ép tăng lên khi ép tạo ván LVL, tỷ lệ trương nở chiều dày ván (TS) giảm đi rất nhanh. Tỷ lệ trương nở chiều dày ván thấp nhất là khi nhiệt độ ép đạt khoảng 140°C, thời gian ép đạt 50 phút. Tuy nhiên, khi nhiệt độ ép vượt qua ngưỡng 140°C, thời gian ép 50 phút thì tỷ lệ trương nở chiều dày ván tăng lên rất nhanh.

Khi nhiệt độ ép và thời gian ép tăng lên khi ép tạo ván LVL, độ bền kéo trượt màng keo của ván ( $\sigma_T$ ), độ bền uốn tĩnh ( $\sigma_U$ ) tăng lên rất nhanh và cao nhất khi nhiệt độ ép đạt khoảng 140°C, thời gian ép đạt trên dưới 50 phút. Nhưng khi nhiệt độ ép vượt trên 140°C, thời gian ép vượt 50 phút, độ bền kéo trượt màng keo của ván, độ bền uốn tĩnh giảm đi rất nhanh.

Ván đối chứng có độ bền kéo trượt màng keo, độ bền kéo vuông góc cao hơn ván LVL chậm cháy. Tuy nhiên, khả năng chống cháy của ván chậm cháy cao hơn rất nhiều.

Các nhận xét trên đây có thể được giải thích như sau:

Từ cơ chế chống cháy của các hóa chất chống cháy đã được trình bày trong các phần trên, ta có thể thấy: sở dĩ các hóa chất trên có khả năng chống cháy, vì trong quá trình chịu tác động của nhiệt độ, các hóa chất trên phân giải hoặc nóng chảy tạo ra  $\text{NH}_3$ , hơi nước  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{HPO}_4$  và  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  dạng màng. Các chất  $\text{NH}_3$ , hơi nước  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{HPO}_4$  đều

có khả năng chống cháy theo các hướng của cơ chế chống cháy đã được phân tích. Khi nhiệt độ tăng lên, tốc độ tạo ra các chất trên càng nhiều, khả năng chống cháy vì thế mà càng cao. Khi có nhiệt các chất  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  và  $\text{H}_3\text{BO}_3$  phân giải tạo ra  $\text{B}_2\text{O}_3$  và chất dạng màng ngăn cản cháy.

Từ các phương trình tương quan và đồ thị có thể thấy sự ảnh hưởng của tỷ lệ chất chống cháy và nhiệt độ ép, thời gian ép là ngược chiều nhau (các hệ số của các giá trị tỷ lệ chất chống cháy và lượng keo tráng là trái dấu nhau). Trong các phương trình tương quan trên ta thấy: hệ số ảnh hưởng chung của tỷ lệ chất chống cháy, nhiệt độ ép đến khả năng chống cháy LVL lớn hơn rất nhiều so với các hệ số khác. Sở dĩ như vậy là do các chất chống cháy rất dễ tạo ra các chất khác theo cơ chế phân giải khi có nhiệt độ tác động. Thời gian chỉ là tác nhân để cho nhiệt độ tác động vào chất chống cháy.

Ván LVL xử lý chống cháy thì khả năng chống ẩm của ván giảm xuống. Vì, bản thân các chất chống cháy có thể hòa tan trong nước ở các mức độ khác nhau. Để hòa tan được các chất chống cháy, thì theo định luật khuyếch tán, các chất này phải hút nước, điều đó dẫn đến kết quả là khả năng chống ẩm của ván LVL chậm cháy kém hơn ván LVL không xử lý chống cháy có cùng tỷ lệ chống ẩm. Chất chống cháy trong ván LVL càng nhiều khả năng hút nước của ván LVL càng tăng và do đó tỷ lệ trương nở chiều dày càng tăng.

Quá trình hút ẩm của ván LVL chậm cháy có liên quan đến những thay đổi hóa học trong ván và sự thay đổi cấu trúc xốp trong ván LVL. Trong ván LVL các chất biến tính lấp đầy các mao mạch nhỏ và có thể chống lại hơi nước thấm qua nếu các chất biến tính đã tạo thành chất mới không tan trong nước [11]. Cấu trúc xốp của vật liệu đã được nhiều nhà khoa học nghiên cứu và cho rằng có tới 4/5 lượng hơi nước mà được hấp thụ vào trong ván là do cấu trúc mao mạch. Khả năng hút nước của ván LVL còn phụ thuộc vào những liên kết tồn tại bên trong ván LVL. Ván LVL có liên kết bền vững, tỷ lệ trương nở chiều dày càng giảm. Khi chúng ta cho chất chống cháy vào ván LVL dù ít hay nhiều các chất chống cháy này cũng ảnh hưởng đến liên kết bên trong ván.

Các chất chống cháy tồn tại ở trong ván LVL dưới dạng đơn chất hoặc dưới dạng liên kết. Nếu chúng tồn tại ở dạng liên kết thì sẽ có tác dụng ngăn chặn quá trình hút ẩm. Nếu các chất chống cháy tồn

tại ở dạng đơn chất, chúng hòa tan được trong nước, do đó chúng dễ cho nước “xâm nhập và đi qua” vào trong ván LVL.

Hầu hết các chất chống cháy khi cho vào trong ván LVL dù ít hay nhiều đều ảnh hưởng đến các liên kết bên trong ván LVL. Sở dĩ như vậy là các chất chống cháy có độ pH cao hoặc thấp, không có lợi cho các liên kết với màng keo. Điều đó cho thấy: ván LVL thông dụng có độ bền uốn tĩnh cao hơn ván LVL chậm cháy và khi tỷ lệ chất chống cháy tăng lên thì các tính chất cơ học của ván LVL giảm xuống, khả năng hút nước lại cao lên.

### 3.2. Xác định giá trị tối ưu của thí nghiệm

Để xác định các giá trị tối ưu cho các thông số tỷ lệ chất chống cháy, nhiệt độ ép, thời gian ép, căn cứ vào yêu cầu của ván LVL đáp ứng các tiêu chuẩn (CAN3 – 0437 – M85, CAN3 – 0437 – M85, JAS S-11-15.2, ASTM – E69-70) [1], [3], [11], [12], [14] dùng trong đồ mộc, xây dựng, chúng tôi giải bài toán tối ưu theo phương pháp trao đổi giá trị phụ. Kết quả các giá trị tối ưu của các thông số đầu vào như sau: tỷ lệ chất chống cháy: 7,42%, nhiệt độ ép: 142,52°C, thời gian ép: 49,45 phút khi các chỉ tiêu chất lượng: MOR = 68,923 Mpa,  $\sigma_T = 1,623$  Mpa, TS = 8,763%, WLR:10,782%.

### 4. KẾT LUẬN

- Ván LVL sản xuất từ gỗ Bồ đề theo công nghệ trên hoàn toàn đảm bảo được những yêu cầu về chất lượng cho ván dùng trong đồ mộc, xây dựng. Đây là điểm hết sức có ý nghĩa theo hướng đa dạng hoá các loại hình sản phẩm, theo hướng thay thế các loại gỗ tự nhiên ngày càng khan hiếm, tăng cường tính cạnh tranh của sản phẩm trên thị trường.

- Công nghệ sản xuất ván LVL chậm cháy theo kết quả nghiên cứu, hoàn toàn có thể được áp dụng vào thực tế sản xuất của Việt Nam với những trang thiết bị dùng trong sản xuất các loại ván nhân tạo hiện nay.

- Các thông số công nghệ ép hợp lý khi tạo ván LVL chậm cháy như sau: tỷ lệ chất chống cháy: 7,42%, nhiệt độ ép: 142,52°C, thời gian ép: 49,45 phút khi các chỉ tiêu chất lượng: độ bền uốn tĩnh ván LVL: 68,923 Mpa, độ bền kéo trượt màng keo: 1,623 Mpa, tỷ lệ trương nở chiều dày: 8,763%, tỷ lệ tổn thất khối lượng mẫu thử ván LVL:10,782% [2].

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Văn Chứ (2001). *Nghiên cứu, tạo ván dăm chậm cháy*. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, tr. 63-111.

2. Trần Văn Chứ, Lê Xuân Phương, Trịnh Hiền Mai (2011). *Công nghệ biến tính gỗ*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội, tr. 114-117.

3. Trần Văn Chứ (2005). Nghiên cứu công nghệ biến tính gỗ có khối lượng riêng thấp thành nguyên liệu chất lượng cao. *Đề tài nghiên cứu khoa học trọng điểm cấp Bộ NN&PTNT*, (1), tr. 50-70.

4. Nguyễn Văn Bì (1987). Phương pháp lập và giải bài toán tối ưu trong công nghiệp rừng. *Thông tin KHKT-Đại học Lâm nghiệp*, (1), tr. 50-70.

5. Phạm Văn Chương, Nguyễn Văn Thuận (1993). *Công nghệ sản xuất ván nhân tạo*. Trường Đại học Lâm nghiệp, Hà Tây, tr. 63-67.

6. Ferhman (1973). *Sổ tay hóa học*. NXB Giáo dục, Hà Nội, tr. 45-56.

7. Chao Chinson, Hikaru Sasaki, Hua Yukun (1994). *Properties and Utilization of Fast – Growing Trees*. China Forestry Publishing House Beijing.

8. *Japanese Agricultural Standard (JAS) for Structural Laminated veneer Lumber* (1993).

9. Collins P. J. (1997). The Formulation of plywood adhesives. *Plywood production course*. Csiro forestry & forest products, Plywood association of Australia. Volume 3, pp. 21-23.

10. Erja Neuvonen, Minna Salminen, Jani Heiskanen, Micha Hochstrate and Matthias Weber (1998). *LVL laminated veneer lumber*. Wood-Based Panels Technology. Department of Forest products Marketing. Kymenlaakson Ammattikorkeakoulu, Germany.

11. Browing B. L. (1963). *The chemistry of wood*. Interscience publishers a division of Joh wiley & Sons, Newyork-London.

12. Леонвич А. А. (1978). *Теория и практика изготовления огнезащитенных древесных плит*. Министерство высшего и среднего специального образования. Л.: Издательство Ленинградского университета, Ленинград, 158 с.

13. Леонвич А. А., Оболенская А. В. (1988). *Химия древесины и полимеров – М.: Лесная промышленность*, Москва, 152 с.

14. Огарков Б. И., Апостопп А. В. (1984). *Теория и физическая сущность прессования древесины*. Издательство Воронежского университета - 359 с.



**STUDY ON THE EFFECT OF FIRE - RETARDANT RATIO, HOT-PRESSING TEMPERATURE AND TIME ON QUALITY OF LAMINATED VENEER LUMBER (LVL)**

Tran Van Chu, Phan Duy Hung

**Summary**

The purpose of this paper is to study on producing LVL (Laminated Veneer Lumber), which is made from wood material of *Styrax* (*Styrax tonkinensis* Pierre) and adhesives of urea - formaldehyde (U-F) and polyvinyl acetate (PVAc) with addition of fire-retardants of boric acid ( $H_3BO_3$ ) and hydrous sodium borate ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ), and effect of fire-retardant ratio, hot-pressing temperature and time on some qualitative norms of LVL. Wood materials of *Styrax* (8-9)-year-old were taken from Doan Hung district, Phu Tho province. Fire-resistant chemicals, which were used in the experiments and supplied by Duc Giang Chemicals Co. Ltd., Hanoi, Vietnam, are the commercial chemicals of boric acid ( $H_3BO_3$ ) and hydrous sodium borate ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ). Two types of adhesive of Dyno Company applied in this research are urea-formaldehyde with symbol of Dynchem WG -2888 and PVAc. Experimental board is LVL 15 layers of veneer, in thickness of 35 mm. The technological parameters are experimentally planned as following: Fire-retardant ratio in the range of 2, 4, 6, 8, 10% (based on the oven-dry weight of adhesive), hot-pressing temperature in the range of 120, 130, 140, 150, 160°C, hot-pressing time in the range of 30, 40, 50, 60, 70 minutes [1], [3], [5], [8]. Experimental results and discussions are shown that: Fire-retardant LVL technology can be applied entirely in actual production in Vietnam with the equipments used in manufacturing the types of common wood-based materials nowadays. LVL products manufactured by this technology can meet fully the qualitative requirements for those of which are used in furniture and construction. This is very significant point for a target of diversification of product types in accordance with the basis of way replacing solid wood which is becoming scarcer and intensifying competitiveness of products on the market. Suitable technological parameters in fire-retardant LVL production are as following: Fire-retardant ratio of 7.42%, hot-pressing temperature of 142.52°C, hot-pressing time of 49.45 minutes in which the qualitative norms of LVL can get value of bending modulus of rupture (MOR) of 68.923 MPa, tensile strength (TS) of 1.623 MPa, thickness swelling of 8.763%, and weight loss ratio of LVL sample of 10.782%.

**Keywords:** *Styrax tonkinensis* Pierre wood, fire-retardant laminated veneer lumber, bending modulus of rupture (MOR), tensile strength, thickness swelling (TN), weight loss ratio.

**Người phản biện:** PGS.TS. Hoàng Hữu Nguyên

**Ngày nhận bài:** 8/4/2016

**Ngày thông qua phản biện:** 9/5/2016

**Ngày duyệt đăng:** 16/5/2016