

MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU SẤY GỖ CÁNG LÒ (*Betula alnoides* Buch. Ham)

Đỗ Thị Hoài Thanh, Hà Tiến Mạnh

Viện Nghiên cứu Công nghiệp rừng

Từ khóa: Chế độ sấy, gỗ Cáng lò, quy trình sấy gỗ xẻ

TÓM TẮT

Sấy là khâu quan trọng và không thể thiếu trong chế biến gỗ, đặc biệt là đối với loài sinh trưởng nhanh như gỗ Cáng lò. Kết quả nghiên cứu đã xác định chế độ sấy phù hợp cho gỗ Cáng lò (*Betula alnoides* Buch. Ham), loài gỗ sinh trưởng nhanh, tồn tại nội ứng suất lớn, dễ bị nứt vỡ. Khi sấy gỗ Cáng lò ở chế độ cứng, nhiệt độ 60 - 80 °C, mức độ nứt vỡ trên thanh gỗ sấy là rất cao (3,44%), cao tương đương với gỗ Hồng (*Paulownia*) và gần bằng gỗ bạch đàn (*Eucalyptus*). Ở hai chế độ sấy khác, 40 - 60°C và 50 - 70°C, mức độ nứt vỡ gỗ giảm rõ rệt, lần lượt là 1,24% và 1,44%. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, mức độ cong vênh khi sấy của gỗ Cáng lò là thấp và không chênh lệch nhau nhiều ở cả ba chế độ sấy. Chế độ 50 - 70°C cho thời gian sấy rút ngắn 76 giờ so với chế độ 40 - 60°C, gỗ sấy đạt chất lượng tốt nên được lựa chọn để đề xuất quy trình sấy hợp lý cho gỗ Cáng lò.

Study on drying technology of *Betula alnoides* Buch. Ham

Keywords: *Betula alnoides* Buch. Ham, drying schedule, wood drying process

Wood drying is an important stage the manufacturing process, especially for the fast - growing species like *Betula alnoides* Buch. Ham. This study investigated appropriate drying technology applied for *Betula alnoides* Buch. Ham wood, which is fast - growing tree with high internal stress and potential wood - drying defects. The result showed that the percentage of wood checks and splits is rather high (3.44%) at drying temperature of 60 - 80°C. This value is equivalent to Paulownia wood and Eucalyptus wood. However, this value decreased significantly to 1.24% and 1.44% at drying temperature of 40 - 60°C and 50 - 70°C, respectively. The results also revealed that the degree of wood warping was similar in all three drying classes. The drying time of the *Betula alnoides* Buch. Ham wood at 50 - 70°C was 76 hours, shorter than that at 40 - 60°C. This drying procedure can be practically applied for drying of *Betula alnoides* Buch. Ham wood.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cáng lò (*Betula alnoides* Buch. Ham) là cây gỗ lớn, thân tròn thẳng, sinh trưởng nhanh, đường kính tăng trung bình 2 - 2,5 cm/năm, tăng trưởng chiều cao 1,5 - 2 m/năm. Khi thành thực ở trên 20 tuổi, đường kính có thể đạt 60 - 85cm, chiều cao 25 - 30m. Cây mọc tái sinh tự nhiên mạnh ở nơi nhiều ánh sáng, độ dốc cao, nhất là ở nơi bị xói lở, dọc theo các con đường hoặc đất sau nương rẫy. Ở Việt Nam, Cáng lò đã được trồng thử nghiệm thành công ở một số nơi như Sơn La, Lào Cai, Lai Châu, Điện Biên. Nếu kết hợp cùng với rừng mọc tái sinh tự nhiên, tiềm năng khai thác gỗ Cáng lò hiện nay và sau này là rất lớn.

Đề định hướng loài cây Cáng lò làm nguyên liệu chế biến gỗ, cần phải nghiên cứu các phương án sử dụng hiệu quả. Ngoài việc sử dụng để làm ván mỏng, gỗ xẻ loài cây này có thể dùng để sản xuất đồ mộc vì có vân thớ và màu sắc đẹp. Sấy là một khâu quan trọng không thể thiếu trong chế biến gỗ hiện nay vì tính hiệu quả về thời gian và chất lượng gỗ sử dụng. Cáng lò không phải là loài gỗ khó tách ẩm khi sấy nhưng là loài sinh trưởng nhanh nên tồn tại nội ứng suất khá lớn, có thể gây nứt vỡ trong khi sấy. Để khắc phục nhược điểm này, ngoài các phương pháp xử lý gỗ trước khi sấy như nhiệt ẩm, hoá học, nghiên cứu lựa chọn quy trình sấy hợp lý là cách giải quyết khả quan, ít tốn kém và an toàn hơn cho người sử dụng.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

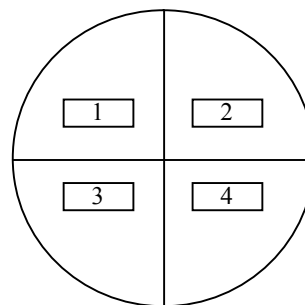
- Mẫu thí nghiệm:

Gỗ Cáng lò có độ tuổi từ 12 đến 15 được khai thác tại xã Hưng Thịnh, huyện Bảo Lạc, tỉnh Cao Bằng. Các khúc gỗ tròn đều có đường kính đầu nhỏ đạt từ 20cm trở lên.

Mẫu xẻ theo quy cách: Dài × rộng × dày = 450 × 80 × 25mm.

- Yêu cầu lấy mẫu:

Lấy mẫu theo nguyên tắc đối xứng qua trục dọc thân cây (Hình 1) và lấy ở vị trí gần nhau theo chiều dọc thân cây. Các mẫu được lựa chọn không có khuyết tật.



Hình 1. Sơ đồ lấy mẫu thí nghiệm

- Độ ẩm ban đầu của mẫu (Wd):

+ Gỗ trước khi tiến hành thí nghiệm sấy được điều chỉnh độ ẩm ban đầu về 50% (Độ ẩm ban đầu càng cao thì thời gian sấy càng dài. Nếu các mẻ sấy có độ ẩm ban đầu khác nhau thì chế độ sấy cũng phải điều chỉnh theo. Vì vậy, để có kết quả chính xác khi nghiên cứu sự ảnh hưởng của chế độ sấy đến chất lượng sấy cần phải cố định yếu tố độ ẩm ban đầu của các mẻ sấy).

+ Để đạt được yêu cầu này, tiến hành bọc nilon giảm sự thoát ẩm cho mẫu để quá lâu trong khi chờ đợi các mẻ sấy và các thí nghiệm khác.

- Thiết bị thí nghiệm:

Thiết bị sấy đang được sử dụng phổ biến tại các cơ sở sản xuất là lò sấy hơi nước, gia nhiệt bằng hơi nước bão hòa, có dung tích lò lớn, hiệu suất cao, dễ thay đổi độ ẩm môi trường và thông số sấy. Vì vậy, việc thí nghiệm sấy gỗ Cáng lò được thực hiện ở lò sấy Shepherd Systems P/L, Model: Melb Uni 2074 - 4 do Úc thiết kế chế tạo, gia nhiệt bằng điện, phun ẩm và điều khiển các thông số môi trường sấy tự động, cơ chế vận hành tương tự với lò sấy hơi nước hiện nay.

Để xác định độ ẩm ban đầu và độ ẩm tức thời của gỗ, sử dụng tủ sấy Memmert, cân kỹ thuật, và cân phân tích.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Lựa chọn thông số sấy

Hiện nay, phương pháp điều hành sấy phổ biến, an toàn và hiệu quả là sấy hai cấp thông qua điều chỉnh hai thông số trạng thái môi trường sấy (nhiệt độ sấy T và độ ẩm môi trường φ hoặc độ ẩm thăng bằng EMC). Nghiên cứu này chỉ tập trung nghiên cứu sự ảnh hưởng của yếu tố nhiệt độ đến chất lượng và thời gian sấy. Theo các kết quả nghiên cứu và thực tế sản xuất, nhiệt độ sấy thường từ 50°C đến 70°C . Vì vậy, ba mức nhiệt độ sấy cho ba mẻ sấy thí nghiệm được lựa chọn là: $T_{\min} = (40 - 60)^{\circ}\text{C}$, $T_o = (50 - 70)^{\circ}\text{C}$, $T_{\max} = (60 - 80)^{\circ}\text{C}$.

Chu trình giảm dần của yếu tố độ ẩm môi trường sấy (RH) trong suốt quá trình sấy và các thông số công nghệ khác như tốc độ gió (2 - 4 m/s), kích thước thanh kê ($15 \times 15\text{mm}$) được cố định.

Theo Hồ Xuân Các (1999), có 5 nhóm gỗ sấy, từ I tới V. Trong đó nhóm V là nhóm được tập hợp các loại gỗ dễ sấy và thường là các loại gỗ tạp nhẹ, các loại gỗ vườn sinh trưởng nhanh, gỗ xộp nhẹ, chóng khô và ít nảy sinh khuyết tật sấy trong quá trình sấy. Chế độ sấy cho nhóm V với loại ván có chiều dày 25mm là tương đối cứng, ở giai đoạn đầu, nhiệt độ sấy là 70°C , chênh lệch nhiệt kế khô - ướt là 4°C tức độ ẩm thăng bằng (EMC) là 15%, độ ẩm môi trường sấy là 82%, dúc sấy (U) lớn hơn 3. Cáng lò là loài gỗ nhẹ, khối lượng thể tích $0,65\text{g}/\text{cm}^3$, dễ tách ẩm nên có thể xếp vào nhóm sấy V. Qua sấy thăm dò, gỗ Cáng lò là loài gỗ dễ bị nứt mặt ở giai đoạn sấy đầu. Lý do là gỗ Cáng lò có khả năng thấm dẫn tốt, ở giai đoạn sấy đầu, lớp ngoài của thanh gỗ

nhanh chóng giảm ẩm xuống dưới điểm bão hoà thớ gỗ, dẫn đến co rút và chịu ứng suất kéo, trong khi đó, lớp trong chưa thoát ẩm xuống dưới điểm bão hoà và chịu ứng suất nén gây sự chênh lệch ứng suất. Để khắc phục, nghiên cứu lựa chọn chế độ sấy tương đối mềm hơn và thời gian sấy dài hơn ở giai đoạn đầu, khi độ ẩm gỗ còn cao bằng cách điều chỉnh môi trường sấy sao cho dúc sấy nhỏ hơn 3 và duy trì dúc sấy 2,1 - 2,3 khi độ ẩm gỗ xuống đến 40%. Ở giai đoạn sấy 2, với gỗ nhóm V có thể sấy với dúc sấy bằng 4 để rút ngắn thời gian sấy của giai đoạn này. Tuy nhiên, để tránh tăng dúc sấy đột ngột làm gỗ dễ khuyết tật, ở giai đoạn sau, nhóm nghiên cứu chỉ duy trì các thông số sấy sao cho dúc sấy không lớn hơn 3. Để hạn chế nứt vỡ, tiến hành xử lý phun ẩm ở 3 giai đoạn ban đầu, giữa chừng và cuối cùng cũng được nghiên cứu thực hiện.

2.2.2. Phương pháp đánh giá chất lượng gỗ sấy

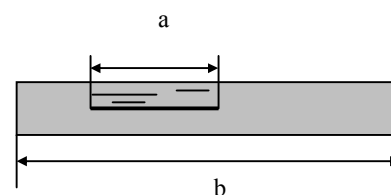
Mức độ nứt mặt, nứt đầu, cong vênh của ván sau sấy được kiểm tra theo tiêu chuẩn Timber Drying Quality Standard của ATDG (Australian Timber Drying Group):

- Nứt mặt

Mức độ nứt mặt của thanh gỗ thứ i là tỷ số chiều dài bề mặt gỗ chứa vết nứt a (mm) trên chiều dài thanh gỗ b (mm).

Khi đó, mức độ nứt mặt được tính theo công thức:

$$NM_i = \frac{a}{b} \times 100 (\%)$$

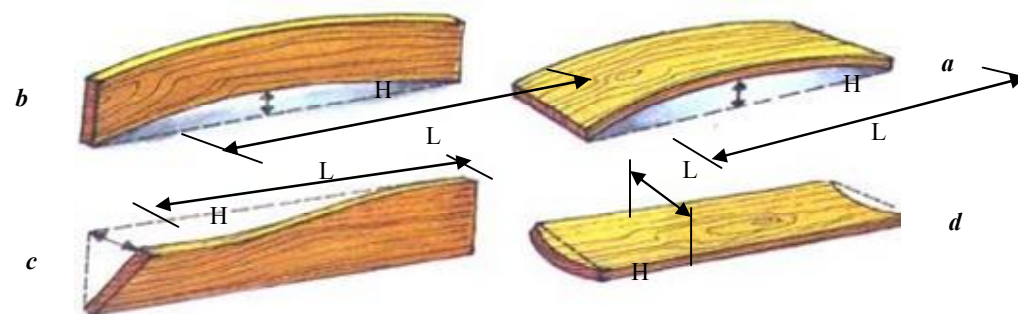
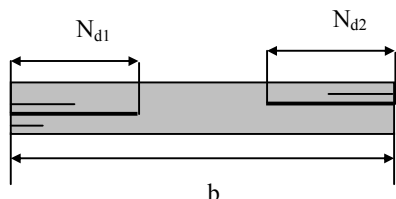


- Nứt đầu

Mức độ nứt đầu của thanh gỗ thứ i là tỷ số giữa tổng chiều dài (mm) 2 vết nứt đầu dài nhất ở 2 đầu thanh gỗ, N_{d1} và N_{d2} , trên chiều dài thanh gỗ b (mm).

Mức độ nứt đầu được tính theo công thức:

$$ND_i = \frac{N_{d1} + N_{d2}}{b} \times 100 \quad (\%)$$



Hình 2. Một số dạng cong, vênh của gỗ sấy

Tổng khuyết tật vết nứt ván xẻ

Tổng khuyết tật vết nứt ván xẻ thứ i do sấy được tính theo công thức:

$$N = NM_i + ND_i \quad (\%)$$

- Cong vênh:

Mức độ cong vênh và biến dạng được xác định bằng tỷ lệ % giữa chiều cao H (mm) chỗ cong nhất trên độ dài dây cung L (mm) của đường cong.

$$C = \frac{H}{L} \times 100 \quad (\%)$$

Phương pháp kiểm tra độ ẩm:

Độ ẩm trước và sau sấy được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 8048 - 1:2009, sử dụng phương pháp cân - sấy - cân.

Độ ẩm tức thời của mẻ sấy là giá trị trung bình của độ ẩm tức thời các thanh theo dõi, đại diện cho mẻ sấy. Độ ẩm tức thời của các thanh theo dõi được xác định bằng công thức sau:

$$W_t = \frac{m_t}{m_d} \left(1 + \frac{W_d}{100} \right) - 1$$

Trong đó:

- W_t - độ ẩm mẫu theo dõi tại từng giai đoạn, %;
- W_d - độ ẩm mẫu theo dõi trước sấy, %;
- m_d - khối lượng mẫu theo dõi trước sấy, g;
- m_t - khối lượng mẫu theo dõi tại từng giai đoạn, g.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sự ảnh hưởng của chế độ sấy đến chất lượng gỗ sấy

Sự ảnh hưởng của chế độ sấy đến mức độ nứt vỡ, cong vênh và tỷ lệ co rút theo chiều dày và chiều rộng thanh gỗ được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của chế độ sấy đến khuyết tật

Nhiệt độ sấy (°C)	40 - 60	50 - 70	60 - 80
Mức độ nứt vỡ (N, %)	1,24	1,44	3,44
Mức độ cong vênh (C, %)	0,40	0,43	0,53

Bảng số liệu cho thấy các chỉ số khuyết tật của chế độ sấy (60 - 80)°C đều cao hơn 2 chế độ còn lại rất nhiều, đặc biệt, tỷ lệ nứt vỡ cao gấp hơn 2 lần (3,44% so với 1,24% và 1,44% của 2

chế độ còn lại). Chế độ sấy (50 - 70)°C có tỷ lệ khuyết tật và co rút cao hơn ở chế độ (40 - 60)°C nhưng không đáng kể.

Bảng 2 dưới đây tổng hợp kết quả nghiên cứu sấy một số loài gỗ phổ biến của Viện Nghiên cứu Công nghiệp rừng.

Bảng 2. Tổng hợp kết quả nghiên cứu sấy với một số loài gỗ

Loài gỗ	Đước	Bạch đàn	Hồng
Mức độ nứt vỡ (N, %)	5 - 7	3,78	3,44
Mức độ cong vênh (C, %)	-	<1	-

So sánh với một số loài gỗ ở bảng trên, khi sấy ở chế độ (60 - 80)°C, gỗ Cáng lò có tỷ lệ khuyết tật tương đương gỗ Hồng và nhỏ hơn gỗ bạch đàn, Đước. Tuy nhiên để lựa chọn chế độ sấy hợp lý, cần xem xét đến thời gian sấy.

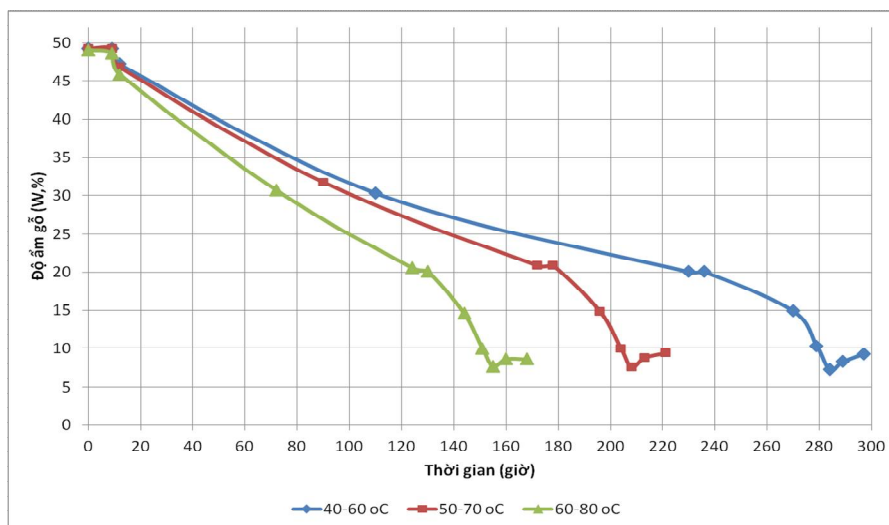
3.2. Sự ảnh hưởng của chế độ sấy đến thời gian sấy

Thời gian gỗ đạt các mức độ ẩm theo từng giai đoạn sấy được tổng hợp trong bảng 3.

Bảng 3. Thời gian từng giai đoạn sấy của các chế độ sấy thí nghiệm

Quá trình sấy	Độ ẩm gỗ (W,%)	Thời gian (giờ)		
		Chế độ 40 - 60°C	Chế độ 50 - 70°C	Chế độ 60 - 80°C
Khởi lò	50	0	0	0
Làm nóng + phun ẩm	50	9	9	9
Giai đoạn sấy đầu	30	110	90	72
	20	230	172	124
Xử lý phun ẩm giữa chừng	20	236	178	130
Giai đoạn sấy cuối	15	270	196	144
	10	279	204	151
	7	284	208	155
Xử lý phun ẩm cuối	8	289	213	160
Làm nguội, kết thúc	9	297	221	168

Diễn biến giảm ẩm gỗ ở các chế độ sấy thí nghiệm khác nhau có thể so sánh khi quan sát đồ thị giảm ẩm ở hình 3.



Hình 3. Đồ thị diễn biến ẩm của gỗ ở các chế độ sấy

Nhận xét:

- Ở cả 3 chế độ sấy, khoảng thời gian sấy giai đoạn đầu chiếm tỷ lệ rất cao, 74% đến 80% tổng thời gian mẻ sấy. Điều này tương đối khác thường so với các loại gỗ phổ biến khác, giai đoạn 1 sấy nhanh, giai đoạn 2 sấy chậm. Với gỗ keo, thời gian sấy từ độ ẩm 35% xuống 20% chiếm 30% tổng thời gian sấy (Hứa Thị Huân, Nguyễn Lê Hồng Thuý, 2014); từ kết quả nghiên cứu của Nguyễn Cảnh Mão (2014), có thể tính toán được tỷ lệ thời gian sấy từ độ ẩm trên 40% xuống 20% so với tổng thời gian sấy gỗ keo là 47%, gỗ Bò Đẻ 53%, gỗ thông 54%; gỗ Đước, thời gian sấy từ độ ẩm 45% xuống 20% chiếm 50% tổng thời gian sấy (Lê Thanh Chiển, 2010). Sự khác thường so với lý thuyết và các nghiên cứu khác là vì để hạn chế nứt vỡ, giai đoạn sấy đầu được lựa chọn thông số sấy rất mềm. Một lý do nữa là giai đoạn sấy cuối diễn ra rất nhanh.

- Khoảng thời gian sấy cuối ở các chế độ sấy đều rất nhanh, chỉ mất 25 - 48 giờ, chiếm 15 - 16% tổng thời gian mẻ sấy. Để có được kết quả rút ngắn thời gian này, cùng với sự gia tăng nhiệt độ sấy, độ ẩm môi trường sấy giai đoạn sấy cuối liên tục được hạ thấp trong các mốc thời gian rất ngắn.

- Một kết quả rất dễ dàng nhận thấy là sự khác biệt về thời gian sấy ở các chế độ sấy. Chế độ

sấy (40 - 60)°C có thời gian sấy lâu nhất, trên 12 ngày (297 giờ). Sấy ở chế độ (50 - 70)°C mất trên 9 ngày (221 giờ), rút ngắn 76 giờ, tức 25,59% so với chế độ (40 - 60)°C. Chế độ sấy (60 - 80)°C có thời gian nhanh nhất, chỉ mất 168 giờ (7 ngày), rút ngắn 129 giờ, tức 43,43% so với chế độ (40 - 60)°C. So sánh với các loài gỗ khác, gỗ Cáng lò sấy nhanh hơn gỗ keo rất nhiều nhưng chậm hơn gỗ thông, Bò đẻ và Bạch đàn urophylla. Nghiên cứu của Nguyễn Cảnh Mão (2014) chỉ ra rằng gỗ keo sấy mất 592 giờ, thông mất 147 giờ, Bò đẻ mất 141 giờ (các loài gỗ này được sấy với chế độ sấy thông thường). Nguyễn Quang Trung (2011) nghiên cứu sấy gỗ Bạch đàn urophylla chế độ (40 - 65)°C với thời gian 200 giờ.

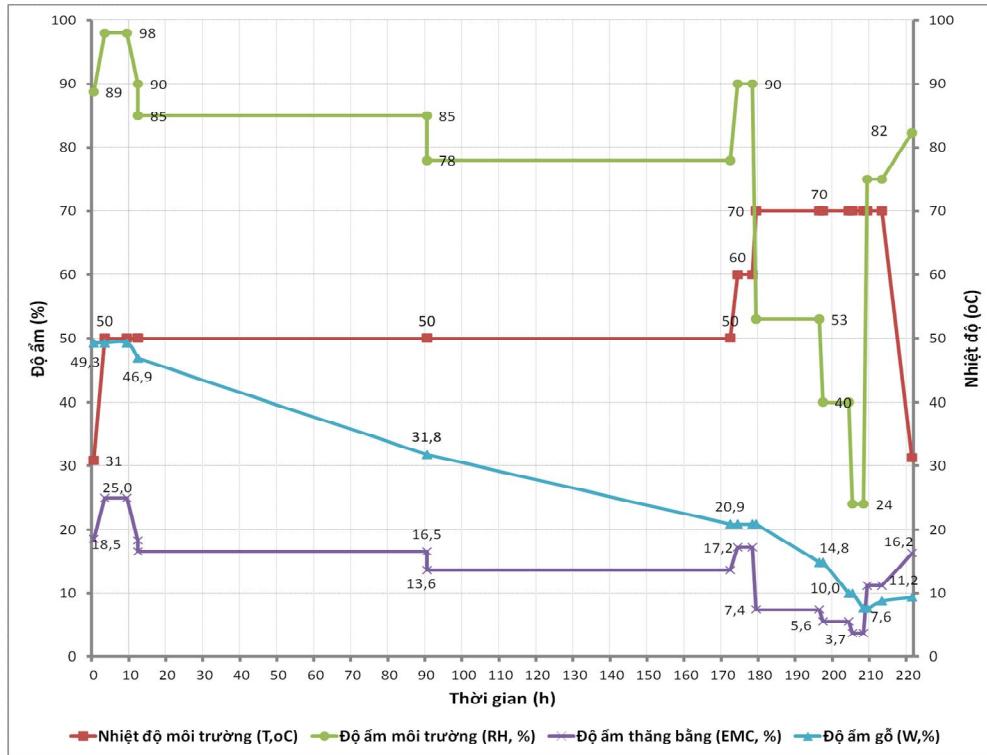
3.3. Lựa chọn chế độ sấy phù hợp

Thời gian sấy của chế độ (60 - 80)°C là rất nhanh nhưng chỉ số gỗ khuyết tật rất cao, cao hơn hẳn 2 chế độ còn lại. Chế độ sấy (50 - 70)°C tuy không rút ngắn thời gian sấy bằng chế độ (60 - 80)°C nhưng có chỉ số khuyết tật thấp, chỉ cao hơn chế độ (40 - 60)°C không đáng kể.

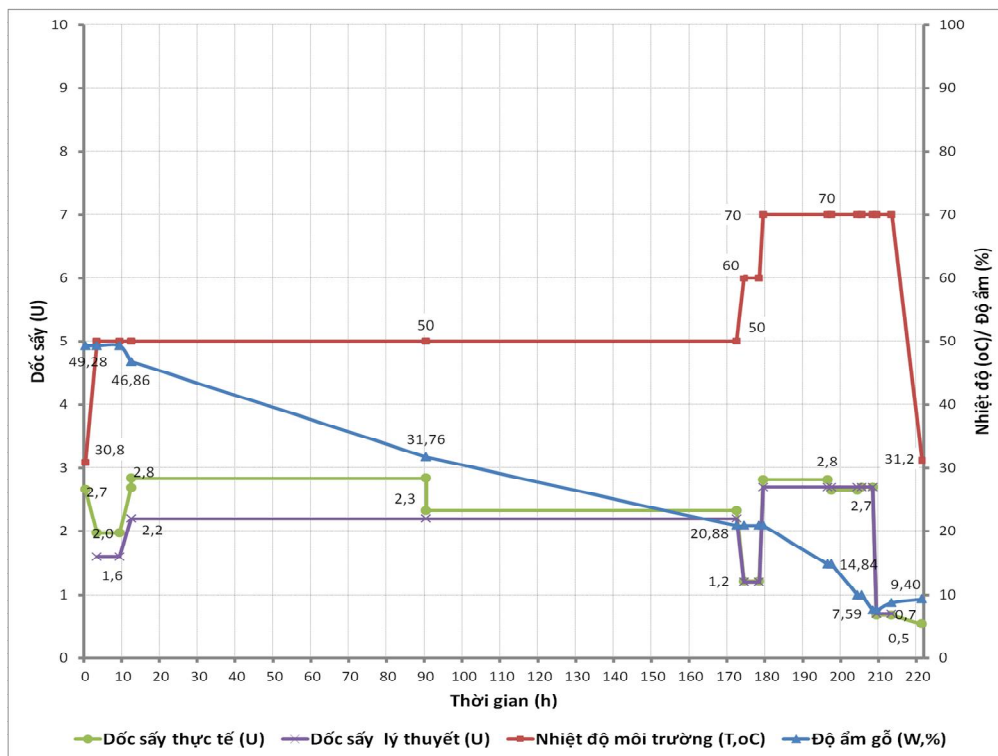
Từ những kết quả trên, nghiên cứu lựa chọn chế độ sấy (50 - 70)°C để đề xuất quy trình sấy cho gỗ Cáng lò, với các thông số cụ thể như bảng 4, hình 4 và hình 5.

Bảng 4. Chế độ sấy gỗ Cáng lò dày 25mm từ độ ẩm 50% về 8 - 10%

Quá trình sấy	Độ ẩm gỗ tức thời W_t (%)	Nhiệt độ sấy T_k (°C)	Độ ẩm môi trường RH (%)	Độ ẩm thăng bằng EMC (%)	Dốc sấy U	Thời gian (h)
Khởi lò	50	T_k trong phòng	RH trong phòng	EMC trong phòng		0
Làm nóng + phun ẩm ban đầu	50	50	98	25	2,0	3
Duy trì xử lý phun ẩm	50	50	98	25	2,0	6
Giai đoạn sấy đầu	50 - 30	50	90	18,3	2,7	3
	50 - 30	50	85	16,5	2,8	78
	30 - 20	50	78	13,6	2,3	82
Phun ẩm giữa chừng	20	60	90	17,2	1,2	6
Giai đoạn sấy cuối	20 - 15	70	53	7,4	2,8	18
	15 - 10	70	40	5,6	2,7	8
	10 - 7	70	24	3,7	2,7	4
Phun ẩm cuối	7 - 8	70	75	11,2	0,7	5
Làm nguội (tắt máy, bật quạt)	8 - 10					8



Hình 4. Đồ thị điều khiển các thông số chế độ sấy (50 - 70)°C



Hình 5. Đồ thị đốc sấy (U)

IV. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xác định được chế độ sấy hợp lý cho gỗ xẻ Cánh lò, chiều dày 25mm từ độ ẩm 50% xuống độ ẩm 8 - 10%, mức nhiệt độ sấy hợp lý nhất là $T_0 = 50 - 70^\circ\text{C}$, thời gian sấy là 221 giờ, độ nứt vỡ gỗ là 1,44% và độ cong vênh là 0,43%.

Một số yêu cầu khi điều khiển quá trình sấy ở chế độ sấy này là:

+ Xử lý phun ẩm ở trước giai đoạn sấy đầu, ở trước giai đoạn sấy cuối (xử lý giữa chừng) và ở sau giai đoạn cuối (xử lý cuối cùng) để hạn chế khuyết tật gỗ sấy.

+ Giai đoạn sấy đầu được điều chỉnh chế độ sấy rất mềm vì gỗ Cánh lò dễ nứt vỡ ở giai đoạn này.

+ Giai đoạn sấy sau diễn ra rất nhanh vì lượng nước liên kết trong gỗ Cánh lò dễ dàng thoát ra hơn các loài gỗ khác. Khoảng thời gian giảm ẩm gỗ từ các mức cao sang mức thấp trong giai đoạn này rất ngắn, ngắn hơn nhiều các loài gỗ phổ biến khác, người điều khiển sấy thường xuyên theo dõi độ ẩm gỗ để kịp thời giảm độ ẩm môi trường theo đúng các mốc giảm ẩm cài đặt.

Khuyến nghị

Cần mở rộng phạm vi nghiên cứu đã được giới hạn ở nghiên cứu này như độ ẩm ban đầu cao hơn; phương pháp sấy khác; cấp chiều dày gỗ xẻ khác nhau, có nhiều yếu tố tác động hơn; nhiều chỉ tiêu chất lượng sấy hơn (độ đồng đều độ ẩm cuối của gỗ,...).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hồ Xuân Các, 1999. Phân nhóm gỗ sấy và chế độ sấy. Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh.
2. Hứa Thị Huân, Nguyễn Lê Hồng Thuý, 2014. Nghiên cứu Quy trình sấy gỗ keo lai bằng năng lượng mặt trời kết hợp hơi nước. Thông tin Khoa học Công nghệ, Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Bình Dương.
3. Nguyễn Cảnh Mão, 2015. Thiết kế, chế tạo thiết bị và nghiên cứu công nghệ sấy nhiệt độ cao kết hợp với xử lý một số loại gỗ. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, Hà Nội.
4. Nguyễn Hoàng Nghĩa, Phạm Quang Thu, 2008. Cây cánh lò (*Betula alnoides* Buch. Ham. Ex D. Don) - một loài cây có triển vọng trồng rừng quy mô lớn ở Việt Nam. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 1, trang 501 - 505.
5. Hồ Thu Thủy, 2005. Nghiên cứu ứng dụng một số giải pháp xử lý gỗ trước khi sấy nhằm rút ngắn thời gian sấy gỗ. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam
6. ATDG (Australian Timber drying Group), 1999. Timber Drying Quality Standard.

Email tác giả chính: hoaitanhvafs@gmail.com

Ngày nhận bài: 14/11/2017

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 28/11/2017

Ngày duyệt đăng: 05/12/2017