

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ UỐN GỖ THÔNG *Pinus merkussi* Jungh et de Vriese TẠO CHI TIẾT CONG CHO ĐỒ MỘC TRÊN MÁY UỐN GỖ UG - HD

Nguyễn Đức Thành¹, Vũ Huy Đại², Nguyễn Xuân Hiền³

^{1,3} Viện nghiên cứu Công nghiệp rừng

² Trường Đại học Lâm nghiệp Việt Nam

TÓM TẮT

Công nghệ uốn gỗ để sản xuất các chi tiết cong cho các sản phẩm mộc nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm và tỷ lệ lợi dụng nguyên liệu gỗ đã được nghiên cứu và ứng dụng vào sản xuất ở nhiều nước trên thế giới như: Nhật, Nga, Mỹ, Trung Quốc. Công nghệ uốn gỗ thông tạo chi tiết cong cho sản xuất đồ mộc đã được thực hiện và thu được một số kết quả như: (1) Xác định được vận tốc uốn phù hợp với 03 cấp chiều dày gỗ uốn: Chiều dày gỗ uốn 20mm, vận tốc uốn phù hợp là 26, mm/s; Chiều dày gỗ uốn 25mm, vận tốc uốn phù hợp là 17,7mm/s; Chiều dày gỗ uốn 30mm, vận tốc uốn phù hợp là 17,7mm/s. (2) Xác định được độ đàn hồi trở lại của gỗ uốn ở 3 cấp chiều dày nêu trên, độ đàn hồi trở lại của gỗ uốn nằm trong giới hạn cho phép $\Delta f < 3\text{mm}$. (3) Xác định được tính chất của gỗ uốn: khối lượng thể tích; tỷ lệ giãn nở thể tích, độ bền ép dọc thớ. Chất lượng các sản phẩm gỗ uốn đạt được yêu cầu kỹ thuật đặt ra về các thông số công nghệ.

Từ khóa: Uốn gỗ, gỗ thông, đồ mộc

Research on bending technique of *Pinus merkussi* Jungh et de Vriese for manufacturing furniture on UG - HD wood bending machine

Wood bending technology to manufacture bentwood for furniture in order to improve product quality and rate of using wood was research and application in many countries such as Japan, Russia, the U.S. and China. Research on *Pinus merkussi* bending technology to manufacture bentwood for furniture is implemented and obtained some results: (1) Identified the speed of bending in accordance with 03 wood thickness level as follows: thickness of bentwood 20mm, bending velocity is 26.5mm/s; thickness of bentwood 25mm, bending velocity is 17.7mm/s; thickness of bentwood 30mm, bending velocity is 17.7mm/s. (2) Identified wood bending elasticity at 03 levels thickness, wood bending elasticity limits allowed $\Delta f < 3\text{mm}$. (3) Identified the properties of the bentwood: density; ratio of volumetric swelling, compressive strength parallel to grain. Quality of bentwood is activated to requiring of technology parameter.

Keywords: Wood bending, *Pinus merkussi*, furniture

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay các chi tiết cong từ gỗ nguyên thường được sản xuất bằng phương pháp cắt theo các mẫu đã vạch sẵn trên các ván xẻ, phương pháp này làm giảm tỷ lệ lợi dụng nguyên liệu và chất lượng chi tiết cong. Do vậy, việc nghiên cứu công nghệ uốn gỗ nguyên tạo chi tiết cong cho sản phẩm đồ mộc là rất cần thiết. Với mục đích xây dựng cơ sở cho việc thiết lập chế độ công nghệ uốn gỗ thông, một loại gỗ rừng trồng phổ biến ở Việt Nam, việc “Nghiên cứu xây dựng quy trình công nghệ uốn gỗ thông tạo chi tiết cong cho đồ mộc trên máy uốn gỗ UG - HD” được thực hiện. Trong phạm vi bài báo trình bày tóm tắt một số kết quả nghiên cứu: xác định vận tốc

uốn phù hợp cho gỗ thông ở 3 cấp chiều dày và một số tính chất của gỗ uốn từ đó thiết lập quy trình công nghệ uốn gỗ để sản xuất chi tiết cong cho sản phẩm gỗ.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Nguyên liệu sử dụng cho nghiên cứu là gỗ Thông nhựa (*Pinus merkussi* Jungh et de Vriese) 15 tuổi được khai thác tại Hòa Bình. Thiết bị nghiên cứu: nồi hấp gỗ có kích thước dài × rộng × cao: 1200 × 35 × 35mm; thiết bị đo độ ẩm gỗ Wagner L606; thanh lót kim loại; vam kim loại; thiết bị đo nhiệt độ; thước kẹp Mitutoyo, máy uốn gỗ UG - HD.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật máy uốn gỗ UG - HD (Vũ Huy Đại, 2010)

TT	Thông số kỹ thuật	Đơn vị	Trị số
1	Công suất động cơ	kW	4
2	Bán kính uốn cong	mm	200 - 750
3	Năng suất uốn	chi tiết/ca	300
4	Chiều dày uốn	mm	5 - 35
5	Trọng lượng	kg	900

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Kế thừa các kết quả nghiên cứu về công nghệ sản xuất các chi tiết cong của gỗ trên thế giới và các phương pháp đánh giá khả năng uốn của gỗ; áp dụng phương pháp xử lý số liệu thống kê thông thường phân tích các kết quả đạt được; sử dụng phương pháp bố trí thực nghiệm đa yếu tố để xác định thông số công nghệ phù hợp.

- Xác định tỷ lệ hư hỏng khi uốn (Vũ Huy Đại, 2005)

$$\text{Tỷ lệ mẫu hỏng} = \frac{M_{h1}}{M_v} \times 100(\%)m$$

Trong đó: M_h : Tỷ lệ mẫu hư hỏng

M_v : Tổng số mẫu thí nghiệm

- Xác định độ đàn hồi trở lại của gỗ uốn:

$$\Delta f = f_1 - f_2 \text{ (mm)}$$

Trong đó:

f_1 : Độ võng của gỗ sau khi tháo định vị

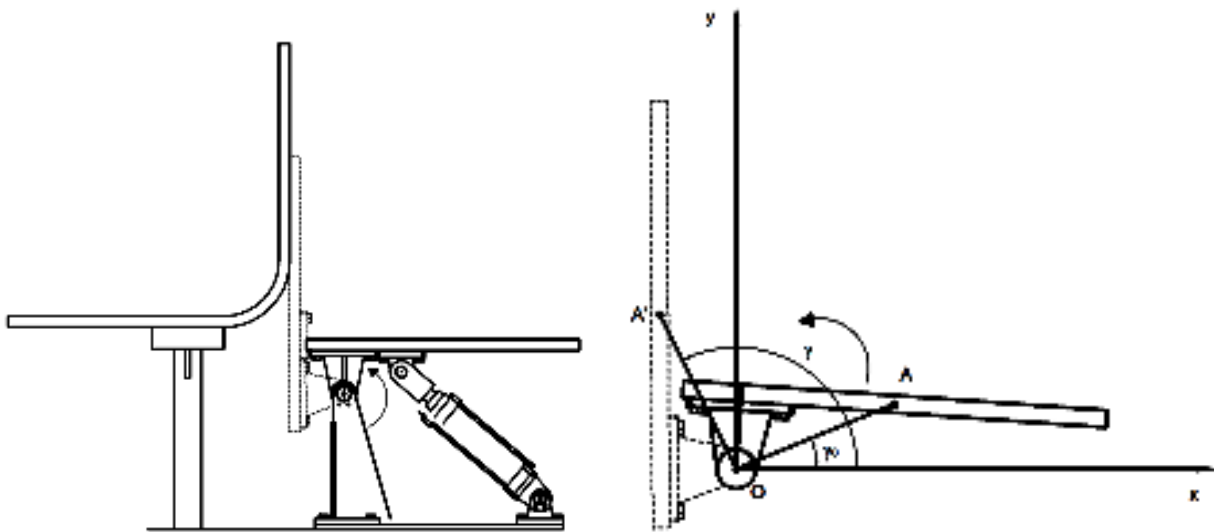
f_2 : Độ võng của gỗ sau một thời gian

- Đánh giá chất lượng gỗ uốn: áp dụng phương pháp cho điểm để đánh giá khả năng uốn của gỗ thông (B.I. Ugolev, 1990).

Bảng 2. Thang điểm đánh giá chất lượng gỗ uốn

STT	Đặc tính mẫu bị phá huỷ	Điểm
1	Gỗ bị đứt hoặc bị nứt toác to	0
2	Thớ gỗ bị đứt, xé ở mặt lồi	3
3	Gỗ bị xước ở mặt lồi	6
4	Gỗ ít bị khuyết tật sau khi uốn.	8
5	Gỗ hoàn toàn không có khuyết tật sau khi uốn.	10

Xác định vận tốc uốn khi uốn chi tiết cong hình chữ L (Vũ Huy Đại, 2010)



Hình 1. Sơ đồ tính vận tốc khi uốn chi tiết chữ L

- Bàn máy hoạt động theo nguyên lý chuyển động quay quanh gối đỡ. Giả thiết coi chuyển động của bàn máy là chuyển động đều, chọn hệ trục tọa độ xOy như hình vẽ. Ta có:

$$\gamma = \gamma_0 + \omega.t \text{ (rad)} \tag{1}$$

Trong đó:

γ : Góc quay của bàn máy tại thời điểm t (rad)

γ_0 : Góc quay của bàn máy tại thời điểm ban đầu (rad)

ω : Vận tốc góc (rad/s)

t: Thời gian chuyển động

- Xét tại điểm A (trung điểm của bàn máy)

$$v_A = OA.\omega \text{ (m/s)} \tag{2}$$

Thay (2) vào (1) ta có:

$$v_A = (\gamma - \gamma_0). \frac{OA}{t} \text{ (m/s)} \tag{3}$$

Từ (3) ta thấy: Vận tốc dài tại A tỷ lệ thuận với góc quay và tỷ lệ nghịch với thời gian t.

Bằng các dụng cụ đo, ta xác định được:

$$\gamma = 116^\circ \approx 0,64.\pi;$$

$$\gamma_0 = 22^\circ \approx 0,12.\pi \text{ (rad)}$$

Thay vào (3) ta có:

$$\begin{aligned} v_{A0} &= (\gamma - \gamma_0). \frac{OA}{t} \\ &= (0,64\pi - 0,12\pi). \frac{0,325}{t} = \frac{0,53}{t} \text{ (m/s)} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow v_A = \frac{530}{t} \text{ (mm/s)}$$

Thiết lập thời gian chuyển động của bàn máy tương ứng với khoảng 10s, 20s, 30s ta có V_A :

Bảng 3. Các cấp vận tốc dùng trong thí nghiệm

t (s)	10	20	30
V_A (mm/s)	53	26.5	17.7

Bố trí thí nghiệm

Mục đích của nghiên cứu: nhằm xác định vận tốc uốn hợp lý cho phôi liệu có kích thước: $1500 \times 50 \times H_{mm}$ (chiều dài \times chiều rộng \times chiều dày)

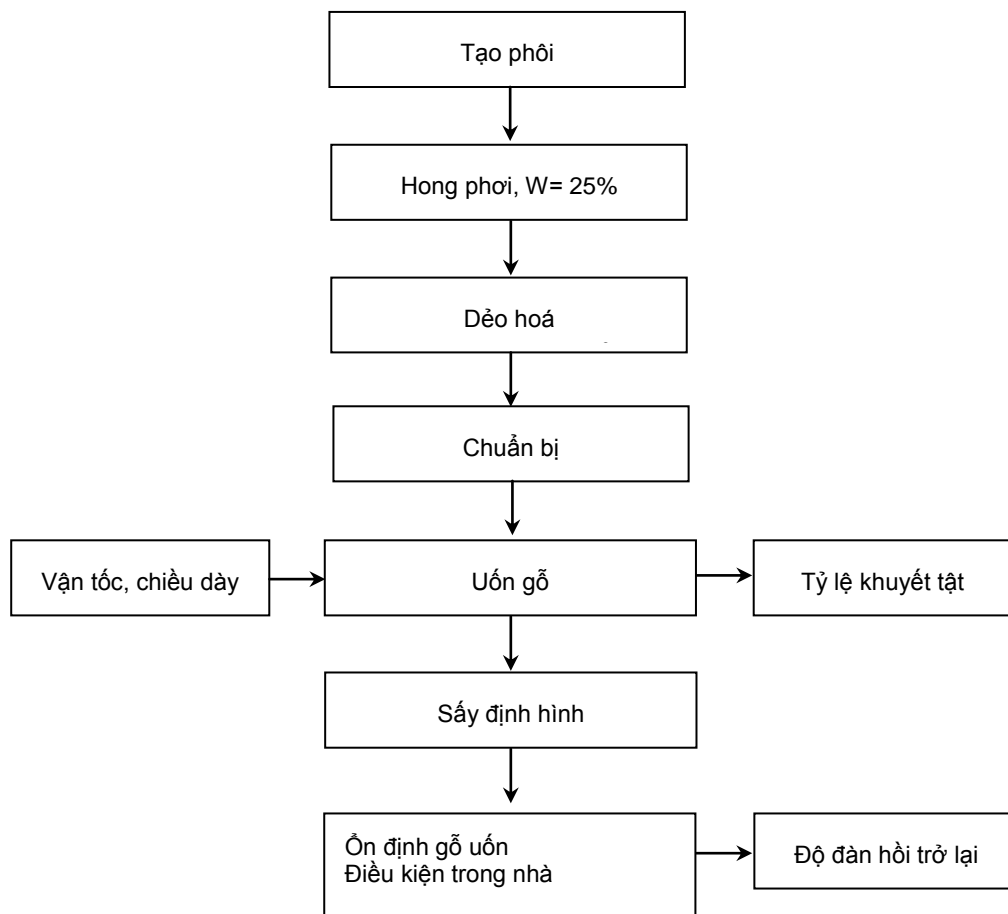
+ Yếu tố thay đổi:

- Vận tốc uốn ở ba cấp thay đổi.
- Chiều dày gỗ uốn thay đổi: 20, 25, 30mm.

+ Yếu tố đầu ra:

- Tỷ lệ khuyết tật gỗ uốn, %.
- Độ đàn hồi trở lại gỗ uốn, mm;
- + Yếu tố cố định: Độ ẩm gỗ khi xử lý hóa dẻo $W=25\%$, nhiệt độ xử lý $100^{\circ}C$, bán kính uốn $R=140mm$, $t_{hoá\ dẻo} = 90$ phút;
- + Số lượng mẫu thí nghiệm: 10 mẫu/seri.
- + Tính chất cơ lý: Khối lượng thể tích, tỷ lệ trương nở, cường độ nén dọc thớ.

Sơ đồ các bước thực nghiệm



Hình 2. Sơ đồ quá trình thực nghiệm

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xác định ảnh hưởng của chiều dày và vận tốc uốn đến chất lượng gỗ uốn

Quá trình uốn gỗ được thực hiện theo sơ đồ hình 2.

Sau khi uốn gỗ xong cố định trong khuôn và hệ thống vạm, giữ cố định ở thời gian $t=15$ phút, sau đó tháo ra khỏi khuôn và đánh giá mức độ khuyết tật.

Trong quá trình uốn gỗ, mặt phía trong của gỗ chịu ứng suất nén, mặt phía ngoài chịu ứng suất kéo. Do vậy, khi gỗ đã đủ hoá dẻo cần phải tiến hành uốn ngay lập tức. Khi uốn gỗ cần phải có thanh lót ở phía mặt ngoài của gỗ uốn để làm giảm sự xuất hiện ứng suất kéo ở mặt ngoài của thanh gỗ nhằm hạn chế tối đa các khuyết tật các vết nứt, rạn có thể xảy ra. Ở đây, thanh lót được sử dụng làm bằng kim loại có chiều dày 2mm (Nguyễn Đức Thành, 2010).

Bảng 4. Bố trí thí nghiệm và kết quả xác định ảnh hưởng của vận tốc uốn đến tỷ lệ mẫu hỏng

Ký hiệu chế độ	Yếu tố đầu vào		Yếu tố đầu ra		Kết luận
	Vận tốc, mm/s	Chiều dày gỗ uốn, mm	Tỷ lệ % khuyết tật gỗ uốn	Điểm đánh giá	
1	17,7	20	10	8,2	Đạt yêu cầu
2	17,7	25	10	8,3	Đạt yêu cầu
3	17,7	30	20	7,8	Đạt yêu cầu
4	26,5	20	10	8,1	Đạt yêu cầu
5	26,5	25	30	7,2	Đạt yêu cầu
6	26,5	30	40	6,9	Không đạt yêu cầu
7	53,0	20	30	7,4	Đạt yêu cầu
8	53,0	25	40	7,0	Đạt yêu cầu
9	53,0	30	50	6,4	Không đạt yêu cầu

Nhận xét:

- Ở cấp chiều dày 20mm khi uốn ở các cấp vận tốc khác nhau (17,7 mm/s; 26,5 mm/s; 53,0 mm/s) cho kết quả uốn ở 2 cấp vận tốc 17,7 mm/s và cấp vận tốc 26,5 mm/s thì có tỷ lệ khuyết tật tương đương nhau (10%), còn ở cấp vận tốc 53,0 mm/s có tỷ lệ khuyết tật là 20%. Do đó, để đáp ứng mức độ công nghiệp trong sản xuất thì vận tốc uốn 26,5 mm/s là phù hợp.
- Ở cấp chiều dày 25mm khi uốn ở các cấp vận tốc khác nhau (17,7 mm/s; 26,5 mm/s; 53,0 mm/s) cho kết quả uốn ở 2 cấp vận tốc 17,7 mm/s và cấp vận tốc 26,5 mm/s thì có tỷ

lệ khuyết tật tương ứng 10% và 30%, còn ở cấp vận tốc 53,0 mm/s có tỷ lệ khuyết tật là 40%. Đó đó khi uốn gỗ có chiều dày 25mm thì vận tốc uốn 17,7 là phù hợp.

- Ở cấp chiều dày 25mm khi uốn ở các cấp vận tốc khác nhau (17,7 mm/s; 26,5 mm/s; 53,0 mm/s) cho kết quả uốn ở 2 cấp vận tốc 17,7 mm/s và cấp vận tốc 26,5 mm/s thì có tỷ lệ khuyết tật tương ứng 20% và 40%, còn ở cấp vận tốc 53,0 mm/s có tỷ lệ khuyết tật là 50%. Kết quả nghiên cứu này cho thấy trong các mức thí nghiệm thì vận tốc uốn 17,7 là hợp lý nhất.

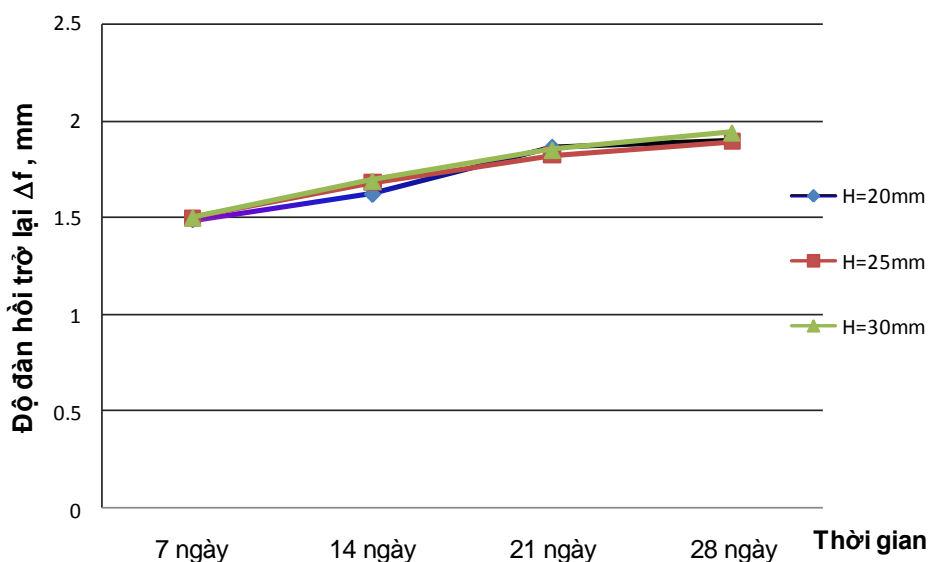
3.2. Xác định độ đàn hồi trở lại của gỗ uốn

Gỗ sau khi uốn, được định vị và sấy định hình. Quá trình sấy kết thúc khi gỗ đạt độ ẩm $W = 12\%$.

Sau khi giai đoạn sấy kết thúc, để gỗ ổn định trong khoảng 15 ngày rồi mới tháo định vị và xác định độ đàn hồi trở lại của gỗ uốn.

Bảng 5. Độ đàn hồi trở lại của gỗ uốn gỗ Thông hình chữ L

STT	Cấp chiều dày gỗ uốn, H	Vận tốc uốn gỗ (mm/s)	Thời gian lưu giữ (ngày)			
			7	14	21	28
1	20	26,5	1,49	1,62	1,86	1,90
2	25	17,7	1,50	1,68	1,82	1,89
3	30	17,7	1,50	1,69	1,85	1,94



Hình 3. Độ đàn hồi trở lại của gỗ uốn gỗ thông hình chữ L

3.3. Xác định tính chất gỗ uốn

Sau khi xác định được vận tốc uốn và độ đàn hồi trở lại của gỗ uốn phù hợp, tiến hành xác định tính chất cơ học và vật lý của gỗ uốn.

Các tính chất được xác định bao gồm: khối lượng thể tích gỗ, tỷ lệ dẫn nở thể tích sau khi ngâm nước 1 tháng và độ bền nén dọc thớ gỗ.

Bảng 6. Các tiêu chuẩn tương ứng để lấy mẫu kiểm tra (Vũ Huy Đại, 2010)

Tính chất gỗ	Kích thước mẫu, mm			Tiêu chuẩn
	Dọc thớ	Xuyên tâm	Tiếp tuyến	
Khối lượng thể tích	30	20	20	TCVN 362-70
Tỷ lệ dẫn nở thể tích	30	20	20	TCVN 361-70
Độ bền nén dọc thớ gỗ	30	20	20	TCVN 363-70

Kết quả kiểm tra được thể hiện ở bảng 7.

Bảng 7. Tính chất của gỗ uốn gỗ thông

Stt	Tính chất cơ lý	Gỗ uốn	Gỗ xẻ cong	Gỗ nguyên
1	Khối lượng thể tích (g/cm ³)	0,59	0,62	0,62
2	Tỷ lệ giãn nở thể tích (%)	11, 21	10,24	10,13
3	Độ bền nén dọc thớ gỗ (N/cm ²)	47,34	38,64	43,27

Từ bảng tổng hợp 7, khi so sánh các tính chất của gỗ uốn so với gỗ nguyên và gỗ tạo chi tiết cong bằng phương pháp cưa xẻ cho thấy:

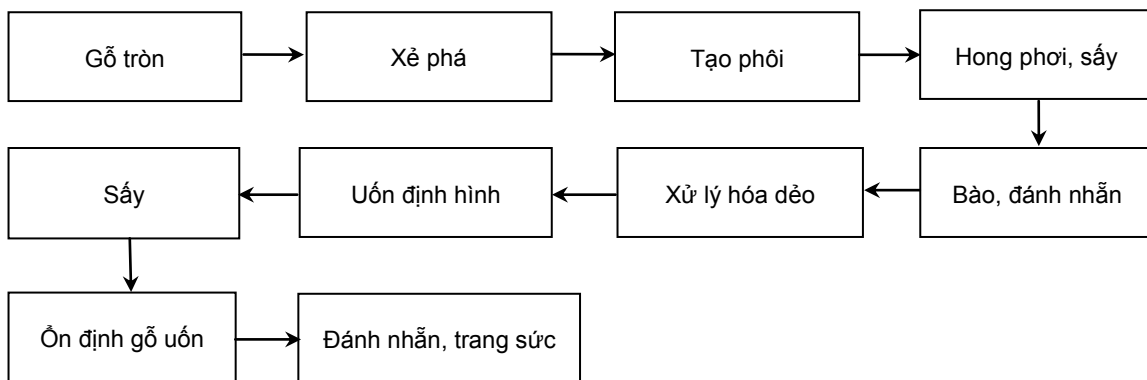
- Về khối lượng thể tích gỗ: Gỗ uốn có khối lượng thể tích thấp hơn so với gỗ nguyên và gỗ tạo chi tiết cong bằng phương pháp cưa xẻ. Nguyên nhân là trong quá trình uốn gỗ, các sợi gỗ bị kéo giãn ra làm cho liên kết nội tại trong gỗ trở nên lỏng lẻo, gỗ trở nên nhẹ hơn.
- Tuy nhiên tỷ lệ giãn nở thể tích của gỗ uốn lớn hơn cả nguyên nhân do thớ gỗ bị kéo giãn, một phần gỗ phía trong mặt cong bị nén nên có xu hướng quay trở về trạng thái cân bằng, dưới tác động của nước làm cho gỗ hút nước, trương nở, làm giải phóng ứng suất bên trong gỗ uốn, do đó gỗ uốn có tỷ lệ trương nở thể tích nhiều nhất.
- Cường độ nén dọc thớ của gỗ xẻ cong là nhỏ nhất do các thớ gỗ bị cắt đứt khi tạo chi tiết

cong, do đó các thớ gỗ sẽ dễ bị trượt lên nhau quá trình nén dọc. Gỗ uốn thì các thớ gỗ trong quá trình uốn đã được kéo dài và định hướng lại theo chiều dọc thớ, do đó cường độ chịu nén dọc thớ của gỗ uốn sẽ tốt hơn.

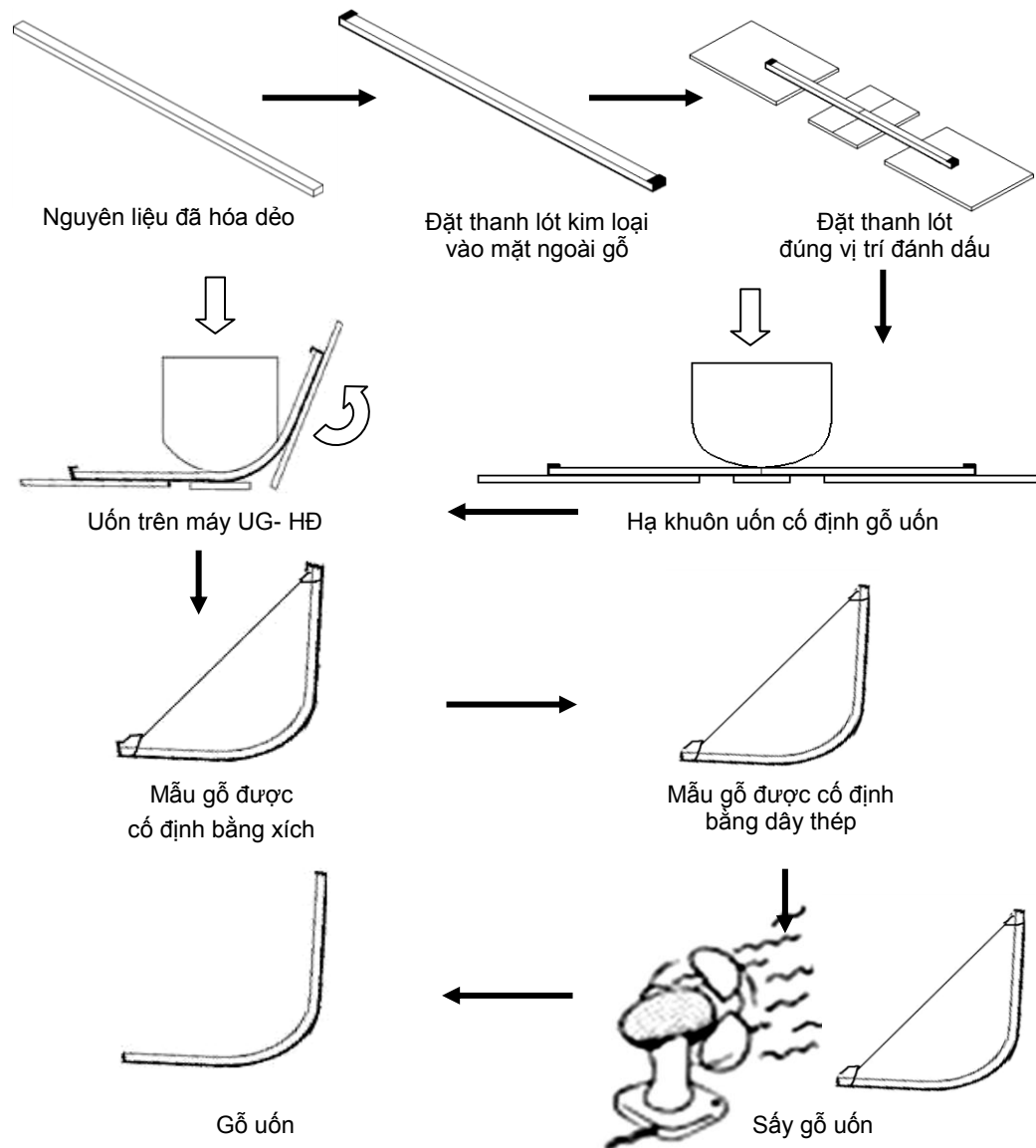
IV. ĐỀ XUẤT CÁC BƯỚC CÔNG NGHỆ UỐN CHI TIẾT GỖ HÌNH CHỮ L

Các chi tiết gỗ cong trong các sản phẩm mộc rất đa dạng về kiểu dáng, kích thước và bán kính cong. Hình dạng, kích thước của các chi tiết ghé lại phụ thuộc vào kiểu dáng của từng loại ghé. Các bán kính cong của các chi tiết gỗ cong trong các sản phẩm ghé, bán từ thường từ 30mm cho đến 500mm; chiều dày thông thường 20 - 30mm.

Sơ đồ các bước công nghệ uốn chi tiết cong tay vịn cho sản phẩm ghé như ở hình 4.



Hình 4. Sơ đồ các bước công nghệ uốn chi tiết cong



Hình 5. Sơ đồ mô tả các bước thực nghiệm uốn gỗ (Vũ Huy Đại, 2010)

- Chọn nguyên liệu

Nguyên liệu gỗ tròn được chọn phải đảm bảo về cả độ tuổi và đường kính của cây. Nói chung gỗ Thông nhựa phải ở tuổi thành thực từ 15 tuổi, đường kính từ 25cm trở lên, gỗ phải thẳng thớ, ít cành nhánh, vòng năm của gỗ tương đối đều nhau.

- Xẻ phá

Các cây gỗ tròn được xẻ theo bản đồ xẻ sao cho được nhiều tấm ván tiếp tuyến, bản tiếp tuyến nhất.

Yêu cầu trong quá trình xẻ các tấm ván được lựa theo chiều thớ để xẻ phá, đảm bảo trong các tấm ván thớ gỗ không bị cắt đứt.

- Gia công phôi

Công đoạn này gồm có cắt ngắn, hong phơi, bào đánh nhẵn trong mỗi khâu đoạn đều có những yêu cầu riêng nhưng mục đích của quá trình này là tạo được thanh phôi tinh gỗ uốn, độ ẩm của thanh là 25%. (Nguyễn Đức Thành, 2010).

+ *Xẻ phơi thô*: công đoạn này được tiến hành trên máy cưa đĩa, quá trình tạo phôi thô cũng

cần chú ý không làm cắt đứt thớ gỗ và tiến hành loại bỏ các khuyết tật như mắt gỗ, hay các vết nứt, rạn.

+ *Hong phơi, sấy*: tiến hành hong phơi bằng cách xếp đồng, cách xếp phải đúng quy cách đảm bảo lưu thông trong đồng. Nếu điều kiện không thể tiến hành hong phơi thì tiến hành sấy luôn, gỗ sau quá trình sấy đạt độ ẩm 25%.

+ *Bào đánh nhẵn*: công đoạn giúp cho phơi gỗ tránh được hiện tượng tách xé trong quá trình uốn, ngoài ra cũng tạo điều kiện thuận lợi cho công đoạn chế biến sau này. Gỗ sau khi đánh nhẵn phải loại trừ hết được các sơ, sợi gỗ.

- Hoá dẻo gỗ

Tiến hành hoá dẻo bằng hơi nước nóng trong điều kiện thường, thời gian là 90 phút (thời gian được tính từ khi nhiệt độ trong thiết bị hấp đạt 100⁰C). Trong quá trình hóa dẻo, để đảm bảo cho các thanh gỗ được hóa dẻo đồng đều cần xếp gỗ đảm bảo khoảng cách giữa các thanh là 2cm.

- Uốn gỗ

Khi tiến hành uốn gỗ cần hết sức lưu ý một số điểm sau:

- Cần phải để thanh lót kim loại luôn tiếp xúc chặt với gỗ uốn, nếu không sẽ bị các khuyết tật như bị tách, xé ở mặt ngoài. Nếu gỗ ngắn hơn thanh lót phải chêm gỗ vào 2 đầu.

- Khi uốn xong cần phải giữ gỗ trong khuôn uốn khoảng thời gian t = 10-15 phút, sau đó cố định hai đầu của gỗ uốn bằng xích.

- Sấy gỗ uốn

Sau khi cố định hai đầu của gỗ uốn, tháo gỗ uốn ra khỏi khuôn và đem sấy gỗ và thanh lót ở trạng thái định hình trong lò sấy ở nhiệt độ

t = 50 - 60⁰C cho đến khi đạt độ ẩm thẳng bằng W=12%.

- Hoàn thiện sản phẩm

Gỗ uốn sau khi ổn định được tiến hành gia công: đánh nhẵn, tạo các liên kết mộc như các chi tiết gỗ bình thường khác, chủ yếu sử dụng các máy đánh nhẵn cầm tay. Gỗ sau khi gia công, đánh nhẵn màu sắc trở nên sáng, bề mặt tương đối mịn rất tốt cho quá trình trang sức bề mặt, sau đó tiến hành phun sơn trang sức.

V. KẾT LUẬN

1. Đã xác định được vận tốc uốn phù hợp với 3 cấp chiều dày gỗ uốn như sau:

- Chiều dày gỗ uốn 20mm, vận tốc uốn phù hợp là 26,5 mm/s

- Chiều dày gỗ uốn 25mm, vận tốc uốn phù hợp là 17,7 mm/s

- Chiều dày gỗ uốn 30mm, vận tốc uốn phù hợp là 17,7 mm/s

2. Xác định được độ đàn hồi trở lại của gỗ uốn ở 3 cấp chiều dày nêu trên, độ đàn hồi trở lại của gỗ uốn nằm trong giới hạn cho phép Δf<3mm.

3. Xác định được tính chất của gỗ uốn: khối lượng thể tích; tỷ lệ giãn nở thể tích, độ bền ép dọc thớ.

4. Phương pháp xử lý hóa dẻo bằng hơi nước hoàn toàn có thể áp dụng vào trong điều kiện thực tế sản xuất ở nước ta với quy mô vừa và nhỏ.

5. Cây thông có thân tương đối thẳng, tròn đều, độ cong, độ thon nhỏ, số lượng mắt không nhiều. Gỗ thông có thể đáp ứng được yêu cầu nguyên liệu trong công nghệ uốn gỗ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Vũ Huy Đại, 2005. Nghiên cứu công nghệ uốn ép gỗ để sản xuất chi tiết cong cho đồ mộc dân dụng phục vụ tiêu dùng nội địa và xuất khẩu. Báo cáo đề tài KHCN cấp Bộ.
2. Vũ Huy Đại, 2010. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ uốn gỗ tạo chi tiết cong công năng và mỹ nghệ sản xuất đồ mộc quy mô vừa và nhỏ. Báo cáo đề tài KHCN cấp thành phố Hà Nội.
3. Nguyễn Đức Thành, 2010. Nghiên cứu một số yếu tố công nghệ uốn gỗ Keo lai làm chi tiết cong cho đồ mộc. Luận văn thạc sỹ, ĐHLN
4. H.P. Brown, A.J. Panshin and C.C. Forsaith, 1952. Textbook of Wood Technology, Volume II. Newyork McGraw-Hillbook Company Inc.
5. Peter Koch, Utilization of the southern pines, US. Department of Agriculture forest service.
6. Masahiro Makinaga and Misato Norimoto, 1997. Permanent Fixation of Bending Deformation of Wood by Steam Treatment. Koyoto University.
7. David Smith, 2004. Steam bending wood. Lulu Enterprises, Inc.
8. B.S. Trudinov, 1985. Lý thuyết về xử lý nhiệt gỗ. NXB Khoa học, Maxcova.
9. B.I. Ugolev, 1990. Khoa học gỗ và các sản phẩm từ gỗ. NXB công nghiệp rừng Maxcova.

Người thẩm định: TS. Trần Tuấn Nghĩa