

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG CÁC THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ UỐN ÉP GỖ KEO LAI

Đặng Đình Bôi

Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

Quách Văn Thiêm

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Đề tài “Nghiên cứu xây dựng các thông số công nghệ uốn ép gỗ Keo Lai (*Acacia hybrid*)”. Thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên đã đạt được kết quả nghiên cứu như sau:

Tìm ra được phương trình hồi qui biểu diễn sự phụ thuộc của hàm tỷ lệ phục hồi độ cong sau uốn và hàm tỷ lệ hư hỏng vào nhiệt độ uốn, áp suất uốn, thời gian uốn, thời gian hấp hơi là hàm bậc hai đối với ba bán kính.

Xây dựng được chế độ uốn gỗ Keo lai với bán kính cong 800mm, khi nhiệt độ uốn là 125⁰c; áp suất uốn là 6,3KG/cm², thời gian uốn là 41phút, thời gian hấp hơi là 60phút thì tỷ lệ phục hồi độ cong là 10,5% và tỷ lệ hư hỏng là 20,6%

Xây dựng được chế độ uốn gỗ Keo lai với bán kính cong 1000mm, khi nhiệt độ uốn là 125⁰c; áp suất uốn là 6,0KG/cm², thời gian uốn là 44phút, thời gian hấp hơi là 53phút thì tỷ lệ phục hồi độ cong là 10,8% và tỷ lệ hư hỏng là 18,8%

Xây dựng được chế độ uốn gỗ Keo lai với bán kính cong 1400mm, khi nhiệt độ uốn là 125⁰c; áp suất uốn là 5,8KG/cm², thời gian uốn là 48phút, thời gian hấp hơi là 51phút thì tỷ lệ phục hồi độ cong là 10,1% và tỷ lệ hư hỏng là 14,5%

Từ khóa: Gỗ Keo lai, Tỷ lệ phục hồi độ cong sau uốn, Tỷ lệ hư hỏng khi uốn.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành gỗ Việt Nam trong những năm qua có tốc độ phát triển cao và là một trong 10 ngành xuất khẩu chủ lực của cả nước. Chỉ trong 8 năm trở lại đây, kim ngạch xuất khẩu của ngành gỗ đã tăng gần 11 lần, từ 219 triệu USD năm 2000, đã tăng lên khoảng 2,8 tỷ USD năm 2008. Với kim ngạch xuất khẩu đồ gỗ trong những năm qua; Việt Nam đang khẳng định vị trí số 1 ở khu vực Đông Nam Á về sản xuất và xuất khẩu đồ gỗ. Theo định hướng phát triển ngành chế biến gỗ của Chính phủ đến năm 2020 giá trị xuất khẩu sản phẩm gỗ đạt 7 tỷ USD; đồng thời phát triển công nghiệp chế biến và thương mại lâm sản phải trở thành mũi nhọn của kinh tế lâm nghiệp, phát triển theo cơ chế thị trường trên cơ sở công nghệ tiên tiến.

Để đáp ứng được những yêu cầu từ thực tiễn sản xuất và đòi hỏi của thị trường việc thiết kế và gia công sản phẩm ngoài các yêu cầu về kỹ thuật, mỹ thuật chúng ta phải tiết kiệm nguyên liệu. Đồng thời phải đa dạng hóa nguồn nguyên liệu và lựa chọn công nghệ vừa đảm bảo được các yêu cầu kỹ thuật nhưng phải tiết kiệm nguyên liệu. Trong sản xuất hàng mộc để nâng cao tính thẩm mỹ người ta thường thiết kế những đường cong, lượn... Để gia công các chi tiết này, người ta sử dụng hai phương pháp đó là gia công bằng cưa cắt và uốn ép gỗ định hình. Gia công cưa tức là dùng cưa vòng lượn cắt thành chi tiết cong, rồi phay; phương pháp này tiêu hao nguyên liệu nhiều, khó trang sức, cường độ chịu lực của gỗ giảm... Còn phương pháp gia công bằng uốn ép có thể nâng cao năng suất, tiết kiệm gỗ, và có thể trực tiếp tạo ra các hình dạng phức tạp...

Gỗ Keo Lai là một loài cây rừng trồng mọc nhanh, chu kỳ khai thác ngắn hiện nay đang có trữ lượng lớn, được sử dụng nhiều, mang lại hiệu quả kinh tế cao, và đang được sử dụng nhiều để gia công các loại bàn ghế xuất khẩu... Xuất phát từ những vấn đề trên chúng tôi tiến hành nghiên cứu đề tài “*Nghiên cứu xây dựng các thông số công nghệ uốn ép gỗ Keo Lai*”

VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Vật liệu nghiên cứu

- Gỗ Keo Lai có độ tuổi khai thác 7 – 10 năm; khu vực phân bố ở một số tỉnh Miền Đông Nam Bộ
- Kích thước phôi: dài x dày x rộng (460 x 20 x 40)mm. Độ ẩm ban đầu của gỗ 8 ÷ 12%. Sau đó gỗ được đem đi ngâm nước 2giờ ở nhiệt độ thường; độ ẩm của gỗ sau khi ngâm trong khoảng 21 ÷ 23%.
- Urê, Nước, hệ thống máy uốn ép gỗ bằng hơi nước, thước dây, thước kẹp, cân điện tử, Máy đo độ ẩm gỗ, tủ sấy mẫu gỗ, đồng hồ đo thời gian.

Phương pháp nghiên cứu

Sử dụng phương pháp tiếp cận hệ thống, phương pháp giải tích toán học và quy hoạch thực nghiệm. Có thể tóm tắt như sau:

– Tỷ lệ phục hồi độ cong sau uốn

$$\Delta C = \frac{(R_s - R_k) \cdot 100}{R_k} (\%) \quad (1)$$

Trong đó:

- ΔC . tỷ lệ phục hồi độ cong sau uốn
- R_s . bán kính cong trung bình của mẫu sau uốn
- R_k . bán kính cong của khuôn

– Tỷ lệ hư hỏng khi uốn:

$$\Delta K = \frac{(M_h) \cdot 100}{M_v} (\%) \quad (2)$$

Trong đó: ΔK . Tỷ lệ hư hỏng

M_h . Số lượng chi tiết bị hư hỏng

M_v . Số lượng chi tiết đưa vào uốn

Chi tiết hư hỏng là những chi tiết bị ít nhất một trong các dạng sau: đứt thớ gỗ, móp thớ gỗ, nứt dầm bề mặt gỗ, gãy, dập

– Ma trận thí nghiệm được lập theo phương án bất biến quay bậc hai của BOX và HUNTER

Số thí nghiệm: $N = 2^k + n_\alpha + n_0$ với $k < 5$ (3)

Trong đó: k - là yếu tố nghiên cứu, $k = 4$

2^k - số thí nghiệm ở mức cơ sở

n_α - số thí nghiệm ở mức điểm sao $\pm \alpha$, $n_\alpha = 2k$

n_0 - số thí nghiệm lặp lại ở tâm, $n_0 = 7$

Số thí nghiệm là: $N = 2^4 + 8 + 7 = 31$

Trị số cánh tay đòn: $\alpha = 2^{k/4} = 2^{4/4} = 2$

– Phương pháp xử lý số liệu thực nghiệm: Áp dụng phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) để đánh giá mức độ ảnh hưởng của thông số nghiên cứu đến quá trình nghiên cứu chỉ là ngẫu nhiên hay thực sự có ảnh hưởng. Phương pháp này giúp loại bỏ các yếu tố kém ảnh hưởng đến quá trình nghiên cứu cũng như mức độ tương quan. Ngoài ra còn giúp kiểm tra các giả thiết đồng nhất phương sai, độ tin cậy của các hệ số hồi qui và mức độ phù hợp của mô hình lựa chọn theo tiêu chuẩn Fisher khi thực nghiệm. Đồng thời sử dụng chương trình phần mềm: Excel, Statgraphics – vers 7.0 để lập ma trận thí nghiệm, xác định các hệ số hồi qui, phân tích phương sai mô hình thống kê thực nghiệm trong bài toán quy hoạch thực nghiệm.

– Miền thực nghiệm được lập theo bảng 1

Bảng 1. Miền thực nghiệm

Yếu tố đầu vào	Các mức					Khoảng biến thiên
	Điểm sao dưới ($-\alpha$)	Mức dưới -1	Mức cơ sở 0	Mức trên +1	Điểm sao trên ($+\alpha$)	
T: Nhiệt độ uốn ($^{\circ}\text{C}$) X_1	85	95	105	115	125	10
P: Áp suất uốn (KG/cm^2) X_2	4	5	6	7	8	1
Tg: Thời gian uốn (phút) X_3	20	30	40	50	60	10
H: Thời gian hấp hơi (phút) X_4	20	30	40	50	60	10

Mô hình toán của phương án được chọn là:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{14}X_1X_4 + b_{23}X_2X_3 + b_{24}X_2X_4 + b_{34}X_3X_4 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{44}X_4^2 \quad (4)$$

Các hệ số của phương trình được tính như sau:

$$b_0 = a_1 \sum_{i=1}^N y_i - a_2 \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^N x_{ji}^2 y_i ; \quad b_i = a_3 \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^N x_{ji} y_i \quad b_{jl} = a_4 \sum_{i=1}^N x_{ji} x_{li} y_i ; l \neq j ; j, l = 1:k;$$

$$b_{jj} = a_5 \sum x_{ji}^2 y_i + a_6 \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^N x_{ji}^2 y - a_7 \sum_{i=1}^N y_i$$

Phương sai của các hệ số được tính theo công thức

$$s_{b_0}^2 = a_1 s_{th}^2; s_{b_1}^2 = a_3 s_{th}^2;$$

$$s_{b_j}^2 = a_4 s_{th}^2; s_{b_{jj}}^2 = (a_5 + a_6) s_{th}^2$$

Với các trị số $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$ là hằng số đã được xác định

$$a_1 = 0,1428; a_2 = 0,0375; a_3 = 0,0417; a_4 = 0,0625$$

$$a_5 = 0,0312; a_6 = 0,0037; a_7 = 0,0357$$

Sau đó kiểm tra sự tồn tại của các hệ số hồi quy theo tiêu chuẩn Student với độ chính xác 0,05 và kiểm tra sự tương tích của phương trình hồi quy theo tiêu chuẩn Fisher

– Để xây dựng được chế độ uốn gỗ ta giải bài toán tối ưu đa mục tiêu của hai hàm tỷ lệ phục hồi độ cong và tỷ lệ hư hỏng ở dạng mã hóa bằng phương pháp trọng số. Sau đó ta chuyển giá trị mã hóa về giá trị thực.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Uốn gỗ với độ cong 800mm

Ma trận và kết quả thí nghiệm

Ma trận và kết quả thí nghiệm dạng mã hóa được trình bày ở bảng 2

Bảng 2. Ma trận và kết quả thí nghiệm dạng mã hóa

Stt	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y ₁	Y ₂
1	1	1	1	1	36.6	42.9
2	1	-1	1	1	41.3	38.1
3	1	1	-1	-1	46.1	61.9
4	1	-1	-1	1	46.6	28.6
5	1	1	1	-1	44.0	66.7
6	1	1	-1	1	41.9	38.1
7	1	-1	1	-1	48.5	61.9
8	1	-1	-1	-1	50.6	57.1
9	0	0	0	0	66.2	47.6
10	0	0	-2	0	79.6	42.9
11	0	0	2	0	67.3	52.4
12	0	0	0	2	66.9	33.3
13	0	0	0	-2	71.0	76.2
14	0	2	0	0	68.9	52.4
15	0	-2	0	0	78.2	38.1
16	2	0	0	0	14.7	38.1
17	-1	1	-1	-1	105.1	57.1
18	-1	1	1	-1	98.2	57.1
19	-1	-1	1	-1	102.9	47.6
20	-1	-1	-1	-1	109.8	47.6
21	-1	1	1	1	98.1	42.9
22	-1	1	-1	1	108.2	38.1
23	-1	-1	1	1	102.7	33.3
24	-1	-1	-1	1	112.5	28.6
25	-2	0	0	0	140.2	33.3
26	0	0	0	0	67.2	47.6
27	0	0	0	0	66.9	47.6
28	0	0	0	0	65.7	42.9
29	0	0	0	0	67.9	47.6
30	0	0	0	0	65.3	47.6
31	0	0	0	0	67.1	47.6

Xác định phương trình hồi quy

Tỷ lệ phục hồi độ cong [$Y_{(1-8)}$]

– Thực nghiệm theo ma trận bậc hai đã lập. Ma trận và kết quả thí nghiệm trình bày ở bảng 02; phân tích phương sai và hồi quy dạng đa thức bậc hai cho kết quả như sau:

– Hệ số tương quan: $R = 0,9995$

– Hàm tỷ lệ phục hồi độ cong sau uốn ở dạng mã hóa

$$Y_{(1-8)} = 66,619 - 30,536.X_1 - 2,314.X_2 - 3,044.X_3 - 1,065.X_4 - 0,001.X_1.X_2 + 1,179.X_1.X_3 - 1,757.X_1.X_4 - 0,024.X_2.X_3 + 0,001.X_2.X_4 - 0,779.X_3.X_4 + 2,908.X_1^2 + 1,941.X_2^2 + 1,908.X_3^2 + 0,784.X_4^2 \quad (5)$$

– Kiểm tra sự có nghĩa của hệ số hồi theo tiêu chuẩn Student và loại bỏ các hệ số không đảm bảo độ tin cậy ta có phương trình hồi quy mới như sau:

$$Y_{(1-8)} = 66,619 - 30,536.X_1 - 2,314.X_2 - 3,044.X_3 - 1,065.X_4 + 1,179.X_1.X_3 - 1,757.X_1.X_4 - 0,779.X_3.X_4 + 2,908.X_1^2 + 1,941.X_2^2 + 1,908.X_3^2 + 0,784.X_4^2 \quad (6)$$

– Kiểm tra sự phù hợp của mô hình: kiểm tra theo tiêu chuẩn Fisher. Hàm tỷ lệ phục hồi độ cong có giá trị $F_{\text{tính}} = 1,517$ và giá trị bảng của tiêu chuẩn Fisher; $F_{\text{bảng}} = F_{0,05(13, 6)} = 3,97$; Vậy $F_{\text{tính}} < F_{\text{bảng}}$ do đó phương trình hồi quy (6) tìm được tương thích với thực nghiệm.

– Chuyển hàm $Y_{(1-8)}$ về dạng thực

$$\Delta C_8 = 814,423 - 8,930.T - 25,608.P - 2,757.Tg - 1,422.H + 0,012.T.Tg - 0,018.T.H - 0,008.Tg.H + 0,029.T^2 + 1,941.P^2 + 0,019.Tg^2 + 0,008.H^2 \quad (7)$$

Tỷ lệ hư hỏng [$Y_{(2-8)}$]

– Thực nghiệm theo ma trận bậc hai đã lập. Ma trận và kết quả thí nghiệm trình bày ở bảng 02; phân tích phương sai và hồi quy dạng đa thức bậc hai cho kết quả như sau

– Hệ số tương quan: $R = 0,9930$

– Hàm tỷ lệ hư hỏng trong quá trình uốn ở dạng mã hóa

$$Y_{(2-8)} = 46,939 + 2,183.X_1 + 3,770.X_2 + 2,183.X_3 - 10,516.X_4 - 0,893.X_1.X_2 + 0,893.X_1.X_3 - 2,083.X_1.X_4 - 0,298.X_2.X_3 + 0,298.X_2.X_4 + 0,893.X_3.X_4 - 2,661.X_1^2 - 0,276.X_2^2 + 0,319.X_3^2 + 2,101.X_4^2 \quad (8)$$

– Kiểm tra sự có nghĩa của hệ số hồi theo tiêu chuẩn Student và loại bỏ các hệ số không đảm bảo độ tin cậy ta có phương trình hồi quy mới như sau:

$$Y_{(2-8)} = 46,939 + 2,183.X_1 + 3,770.X_2 + 2,183.X_3 - 10,516.X_4 - 0,893.X_1.X_2 + 0,893.X_1.X_3 - 2,083.X_1.X_4 + 0,893.X_3.X_4 - 2,661.X_1^2 + 2,101.X_4^2 \quad (9)$$

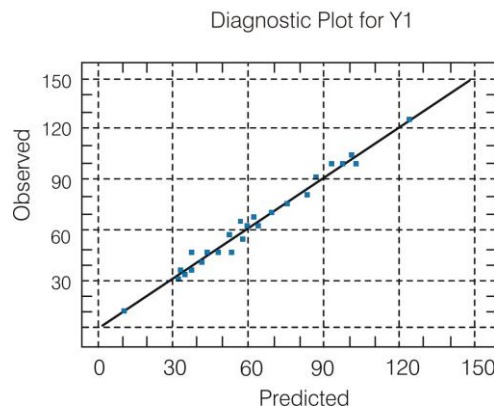
– Kiểm tra sự phù hợp của mô hình: kiểm tra theo tiêu chuẩn Fisher. Hàm tỷ lệ hư hỏng có giá trị $F_{\text{tính}} = 0,731$ và giá trị bảng của tiêu chuẩn Fisher; $F_{\text{bảng}} = F_{0,05(14, 6)} = 3,94$; Vậy $F_{\text{tính}} < F_{\text{bảng}}$ do đó phương trình hồi quy (9) tìm được tương thích với thực nghiệm.

– Chuyển hàm $Y_{(2-8)}$ về dạng thực

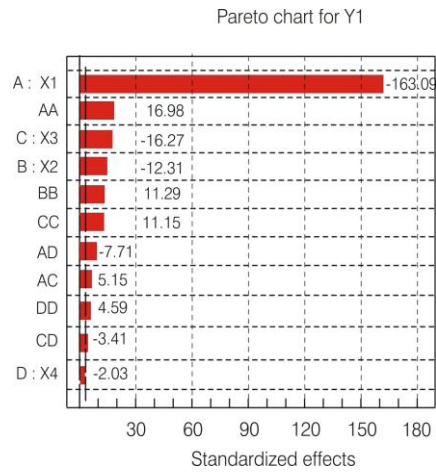
$$\Delta K_8 = -317,000 + 6,819.T + 13,145.P - 1,076.Tg - 0,902.H - 0,089.T.P + 0,009.T.Tg - 0,021.T.H + 0,009.Tg.H - 0,027.T^2 + 0,021.H^2 \quad (10)$$

Phân tích kết quả thực nghiệm

Phân tích hàm tỷ lệ phục hồi độ cong



Hình 1. Đồ thị so sánh các điểm thực nghiệm với lý thuyết hàm tỷ lệ phục hồi độ cong

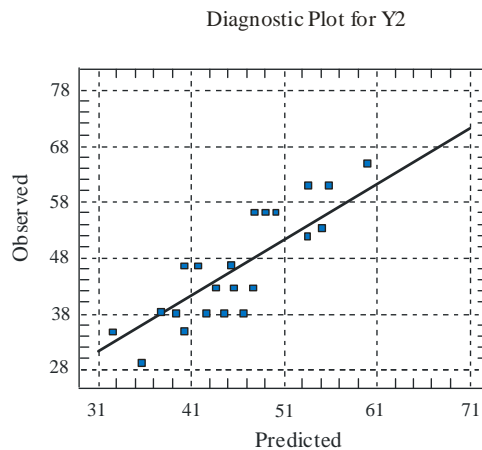


Hình 2. Đồ thị ảnh hưởng của các hệ số hồi quy tới hàm tỷ lệ phục hồi độ cong dạng mã hóa

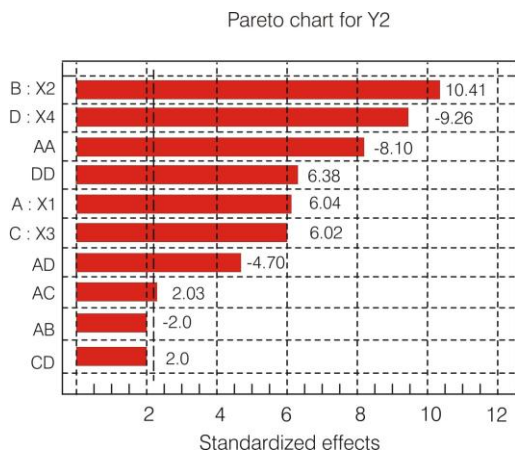
Trên đồ thị hình 1 cho thấy đường lý thuyết và các điểm thực nghiệm gần với nhau.

Trên đồ thị hình 2 cho thấy các hệ số có dấu (+) thể hiện tỷ lệ thuận với tỷ phục hồi độ cong và có dấu (-) thể hiện tỷ lệ nghịch với tỷ phục hồi độ cong. Mức độ ảnh hưởng của hệ số hồi quy lớn nhất là X_1 và nhỏ nhất là X_4 .

Phân tích hàm tỷ lệ hư hỏng



Hình 3. Đồ thị so sánh các điểm thực nghiệm với lý thuyết hàm tỷ lệ hư hỏng



Hình 4. Đồ thị ảnh hưởng của các hệ số hồi quy tới hàm tỷ lệ hư hỏng dạng mã hóa

Trên đồ thị hình 3 cho thấy đường lý thuyết và các điểm thực nghiệm gần với nhau.

Trên đồ thị hình 4 ta thấy các hệ số có dấu (+) thể hiện tỷ lệ thuận với tỷ lệ hư hỏng và có dấu (-) thể hiện tỷ lệ nghịch với tỷ lệ hư hỏng. Mức độ ảnh hưởng của hệ số hồi quy lớn nhất là X_2 và nhỏ nhất là X_3, X_4 .

Xác định các thông số tối ưu

Xác định các thông số tối ưu của hàm $[Y_{(1-8)}]$ ở dạng mã hoá

- Chỉ tiêu tối ưu về tỷ lệ phục hồi độ cong sau khi uốn là tỷ lệ phục hồi độ cong nhỏ nhất
- Bài toán tối ưu được lập trên cơ sở của hàm $Y_{(1-8)}$ đặc trưng cho một chỉ tiêu nghiên cứu vùng thực nghiệm thiết lập hàm này và yêu cầu kỹ thuật của đối tượng gia công. Như vậy ta có bài toán tối ưu sau:

$$Y_{(1-8)} = 66,619 - 30,536.X_1 - 2,314.X_2 - 3,044.X_3 - 1,065.X_4 + 1,179.X_1.X_3 - 1,757.X_1.X_4 - 0,779.X_3.X_4 + 2,908.X_1^2 + 1,941.X_2^2 + 1,908.X_3^2 + 0,784.X_4^2 \rightarrow \min$$

- Kết quả của bài toán tối ưu cho giá trị tỷ lệ phục hồi độ cong sau uốn nhỏ nhất $Y_{(1-8)} = 9,8\%$ các thông số tối ưu gồm:

- Nhiệt độ uốn có giá trị mã hoá $X_1 = 2$ ta suy ra được giá trị thực $T = 125^0c$
- Áp suất uốn có giá trị mã hoá $X_2 = 0,6$ ta suy ra được giá trị thực $P = 6,6KG/cm^2$.
- Thời gian uốn có giá trị mã hoá $X_3 = 0,6$ ta suy ra được giá trị thực $Tg = 46$ phút
- Thời gian hấp hơi có giá trị mã hoá $X_4 = 2$ ta suy ra được giá trị thực $H = 60$ phút

Xác định các thông số tối ưu của hàm $[Y_{(2-8)}]$ ở dạng mã hoá

- Chỉ tiêu tối ưu về tỷ lệ hư hỏng khi uốn là tỷ lệ hư hỏng nhỏ nhất
- Bài toán tối ưu được lập trên cơ sở của hàm $Y_{(2-8)}$ đặc trưng cho một chỉ tiêu nghiên cứu vùng thực nghiệm thiết lập hàm này và yêu cầu kỹ thuật của đối tượng gia công. Như vậy ta có bài toán tối ưu sau:

$$Y_{(2-8)} = 46,978 + 2,183.X_1 + 3,770.X_2 + 2,183.X_3 - 10,516.X_4 - 0,893.X_1.X_2 + 0,893.X_1.X_3 - 2,083.X_1.X_4 + 0,893.X_3.X_4 - 2,661.X_1^2 + 2,101.X_4^2 \rightarrow \min$$

- Kết quả của bài toán tối ưu cho giá trị tỷ lệ hư hỏng khi uốn nhỏ nhất $Y_{(2-8)} = 12,2\%$ các thông số tối ưu gồm:

- Nhiệt độ uốn có giá trị mã hoá $X_1 = -2$ ta suy ra được giá trị thực $T = 85^0c$
- Áp suất uốn có giá trị mã hoá $X_2 = -2$ ta suy ra được giá trị thực $P = 4KG/cm^2$.
- Thời gian uốn có giá trị mã hoá $X_3 = -2$ ta suy ra được giá trị thực $Tg = 20$ phút
- Thời gian hấp hơi có giá trị mã hoá $X_4 = 1,9$ ta suy ra được giá trị thực $H = 59$ phút

Xác định các thông số tối ưu theo đa mục tiêu của hai hàm $[Y_{(1-8)}, Y_{(2-8)}]$

- Để giải quyết bài toán tối ưu theo đa mục tiêu, tức là chúng ta thiết lập bài toán tối ưu dựa trên cơ sở hai hàm $Y_{(1-8)}$ và $Y_{(2-8)}$ ở dạng mã hoá với điều kiện nằm trong giới hạn của cánh tay đòn $\pm\alpha$ (biên của quy hoạch).

- Áp dụng phương pháp trọng số cho bài toán hai mục tiêu dạng cực tiểu thành một bài toán một mục tiêu chung cần cực tiểu. Bài toán này được thực hiện giải tối ưu hoá bằng phương pháp tối ưu ngẫu nhiên kết hợp với dò tìm trực tiếp. Kết quả tính toán, rút ra chế độ ép tối ưu khi $\alpha = 0,7$ như sau:

- Các chỉ tiêu tối ưu: Tỷ lệ phục hồi độ cong sau uốn là 10,5%; Tỷ lệ hư hỏng khi uốn là 20,6%
- Các thông số tối ưu: Nhiệt độ uốn là 125^0c , Áp suất uốn là $6,3KG/cm^2$, Thời gian uốn là 41phút, Thời gian hấp hơi là 60phút

Uốn gỗ với độ cong 1000mm

Cũng tiến hành như trên uốn gỗ với độ cong 1000mm ta được các kết quả sau:

- Tìm được phương trình hồi quy giữa tỷ lệ phục hồi độ cong sau uốn với nhiệt độ uốn, áp suất uốn, thời gian uốn, thời gian hấp hơi.

$$Y_{(1-10)} = 55,755 - 27,635.X_1 - 1,968.X_2 - 3,562.X_3 - 1,830.X_4 + 1,255.X_1.X_3 - 1,055.X_3.X_4 + 2,438.X_1^2 + 1,842.X_2^2 + 2,063.X_3^2 + 0,945.X_4^2 \quad (11)$$

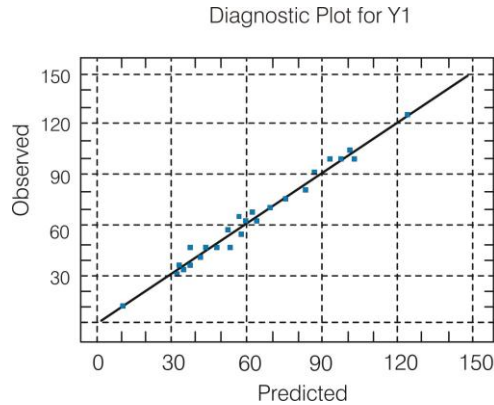
- Tìm được phương trình hồi quy giữa tỷ lệ hư hỏng khi uốn với nhiệt độ uốn, áp suất uốn, thời gian uốn, thời gian hấp hơi.

$$Y_{(2-10)} = 27,457 + 1,190.X_1 + 3,175.X_2 - 0,794.X_3 - 7,540.X_4 - 1,190.X_1.X_2 - 2,976.X_1.X_4 + 1,786.X_2.X_4 + 1,190.X_3.X_4 + 1,405.X_2^2 + 0,811.X_3^2 + 3,787.X_4^2 \quad (12)$$

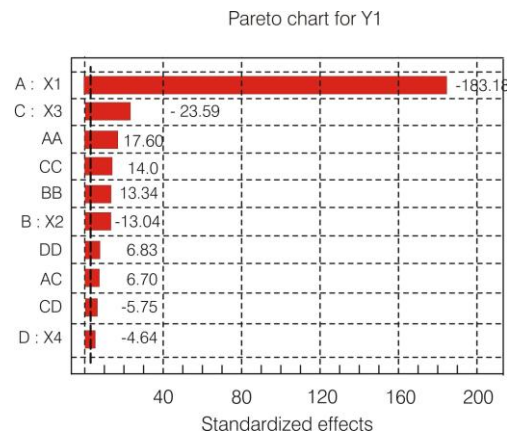
- Tìm được chế độ uốn gỗ như bảng 3 và đồ thị ở các hình 5; 6; 7; 8.

Bảng 3. Chế độ uốn gỗ với bán kính 1000mm

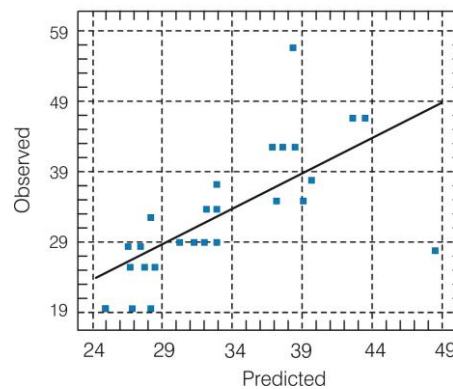
Bán kính cong uốn (mm)	Các thông số chế độ uốn				Tỷ lệ phục hồi độ cong (%)	Tỷ lệ hư hỏng (%)
	Nhiệt độ uốn (°C)	Áp suất uốn (KG/cm ²)	Thời gian uốn (phút)	Thời gian hấp hơi (phút)		
1000	125	6,0	44	53	10,8	18,8



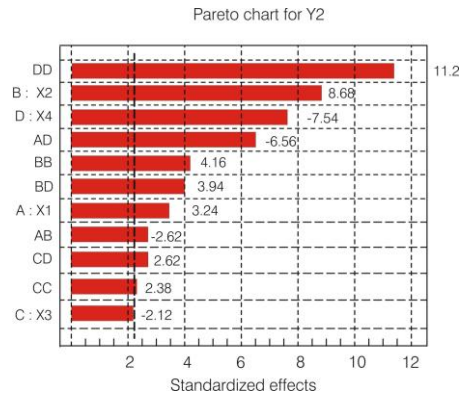
Hình 5. Đồ thị so sánh các điểm thực nghiệm với lý thuyết hàm tỷ lệ phục hồi độ cong



Hình 6. Đồ thị ảnh hưởng của các hệ số hồi quy tới hàm tỷ lệ phục hồi độ cong dạng mã hóa



Hình 7. Đồ thị so sánh các điểm thực nghiệm với lý thuyết hàm tỷ lệ hư hỏng



Hình 8. Đồ thị ảnh hưởng của các hệ số hồi quy tới hàm tỷ lệ hư hỏng dạng mã hóa

Uốn gỗ với độ cong 1400mm

Cũng tiến hành như trên uốn gỗ với độ cong 1000mm ta được các kết quả sau:

– Tìm được phương trình hồi quy giữa tỷ lệ phục hồi độ cong sau uốn với nhiệt độ uốn, áp suất uốn, thời gian uốn, thời gian hấp hơi.

$$Y_{(1-14)} = 48,257 - 25,138.X_1 - 1,621.X_2 - 4,079.X_3 - 2,596.X_4 + 1,331.X_1.X_3 + 2,294.X_1.X_4 - 1,331.X_3.X_4 + 2,287.X_1^2 + 1,649.X_2^2 + 2,124.X_3^2 + 1,012.X_4^2 \quad (13)$$

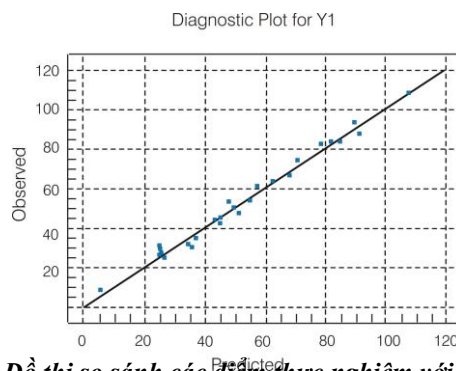
– Tìm được phương trình hồi quy giữa tỷ lệ hư hỏng khi uốn với nhiệt độ uốn, áp suất uốn, thời gian uốn, thời gian hấp hơi.

$$Y_{(2-14)} = 18,367 + 1,984.X_1 + 0,974.X_2 - 1,190.X_3 - 5,556.X_4 + 1,786.X_1.X_2 - 1,190.X_1.X_3 - 4,167.X_1.X_4 + 2,976.X_2.X_4 + 1,361.X_1^2 + 3,146.X_2^2 + 1,956.X_3^2 + 4,337.X_4^2 \quad (14)$$

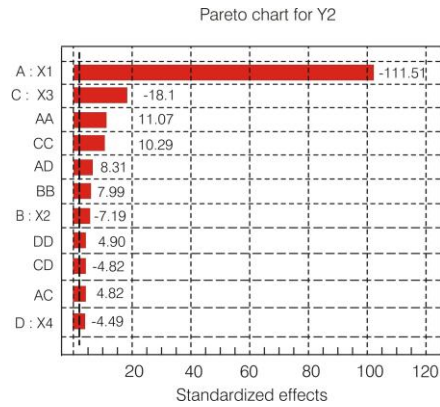
– Tìm được chế độ uốn gỗ như bảng 4 và đồ thị ở các hình 9; 10; 11; 12.

Bảng 4. Chế độ uốn gỗ với bán kính 1400mm

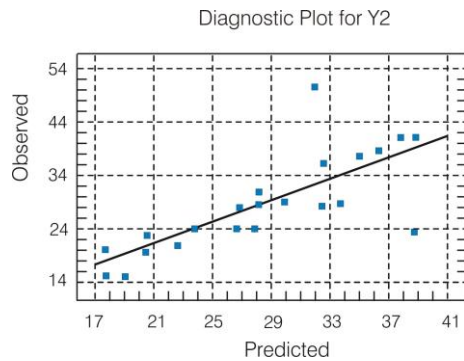
Bán kính cong uốn (mm)	Các thông số chế độ uốn				Tỷ lệ phục hồi độ cong (%)	Tỷ lệ hư hỏng (%)
	Nhiệt độ uốn (°C)	Áp suất uốn (KG/cm ²)	Thời gian uốn (phút)	Thời gian hấp hơi (phút)		
1400	125	5,8	48	51	10,1	14,5



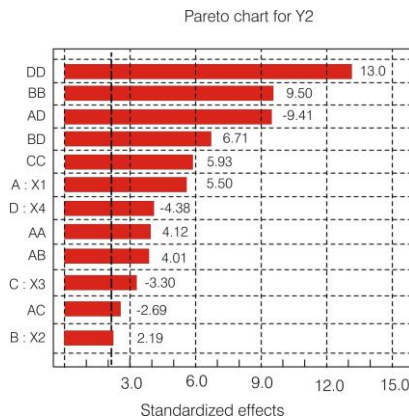
Hình 9. Đồ thị so sánh các điểm thực nghiệm với lý thuyết hàm tỷ lệ phục hồi độ cong



Hình 10. Đồ thị ảnh hưởng của các hệ số hồi quy tới hàm tỷ lệ phục hồi độ cong dạng mã hóa



Hình 11. Đồ thị so sánh các điểm thực nghiệm với lý thuyết hàm tỷ lệ hư hỏng



Hình 12. Đồ thị ảnh hưởng của các hệ số hồi quy tới hàm tỷ lệ hư hỏng dạng mã hóa

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Từ kết quả trên chúng tôi có các kết luận sau:

- Đã xây dựng được mô hình tương quan về mức độ ảnh hưởng của một số thông số chế độ uốn ép đến tỷ lệ phục hồi độ cong và tỷ lệ hư hỏng khi uốn gỗ Keo lai.
- Bằng nghiên cứu quy hoạch thực nghiệm tìm được kết quả tối ưu về chế độ uốn như bảng 5

Bảng 5. Chế độ uốn gỗ tối ưu

Stt	Bán kính cong uốn (mm)	Các thông số chế độ uốn				Tỷ lệ phục hồi độ cong (%)	Tỷ lệ hư hỏng (%)
		Nhiệt độ uốn (°C)	Áp suất uốn (KG/cm ²)	Thời gian uốn (phút)	Thời gian hấp hơi (phút)		
1	800	125	6,3	41	60	10,5	20,6
2	1000	125	6,0	44	53	10,8	18,8
3	1400	125	5,8	48	51	10,1	14,5

Kiến nghị

Để sử dụng và nâng cao hiệu quả khi uốn gỗ chúng tôi có một số kiến nghị sau:

- Tiếp tục nghiên cứu mối quan hệ giữa chiều dày, độ cong uốn tới tỷ lệ phục hồi và tỷ lệ hư hỏng khi uốn, tìm thời gian uốn phù hợp với chiều dày phôi, độ cong uốn.
- Kết quả nghiên cứu này có thể áp dụng vào sản xuất và cho những loại gỗ có tính chất tương đương như gỗ Keo lai với kích thước, độ cong tương ứng.