BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG GỖ KEO LAI *(Acacia mangium* x *Acacia auriculiformis)* BẰNG PHƯƠNG PHÁP NHIỆT-CƠ DÙNG ĐỂ SẢN XUẤT VÁN SÀN

Ngành: Kỹ thuật Chế biến lâm sản

Mã số: 9549001

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI, 2020

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan Luận án Tiến sỹ kỹ thuật:

"Nâng cao chất lượng gỗ Keo lai (*Acaia mangium x Acacia curiculiformis*) bằng phương pháp nhiệt cơ dùng để sản xuất ván sàn" mã số 954 90 01 là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Tôi xin cam đoan số liệu và kết quả nghiên cứu trong Luận án là hoàn toàn trung thực và chưa từng được công bố trong bất kỳ công trình nào khác dưới mọi hình thức.

Tôi xin chịu trách nhiệm trước Hội đồng Bảo vệ Luận án Tiến sỹ về lời cam đoan của mình.

Hà Nội, tháng 6 năm 2020

Tác giả luận án

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN i
MỤC LỤC ii
BẢNG CÁC CHỮ VIẾT TẮT v
DANH MỤC CÁC BẢNG vi
DANH MỤC CÁC HÌNH viii
ĐẶT VẤN ĐỀ 1
CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU 2
1.1. Gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ 2
1.1.1. Khái niệm gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ 2
1.1.2. Đặc điểm của gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ 3
1.2. Tổng quan về biến tính gỗ bằng phương pháp nhiệt-cơ 3
1.2.1. Tình hình nghiên cứu trên thế giới về gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ 3
1.2.2. Tình hình nghiên cứu tại Việt Nam về công nghệ biến tính gỗ bằng phương pháp nhiệt-cơ 12
1.3. Tình hình nghiên cứu về ván sàn sử dụng gỗ biến tính 16
1.3.1. Tình hình nghiên cứu trên thế giới về ván sàn sử dụng gỗ biến tính 16
1.3.2. Tình hình nghiên cứu tại Việt Nam về ván sàn sử dụng gỗ biến tính 20
1.4. Kết luận chung rút ra từ tổng quan 20
1.4.1. Kết quả của các công trình có liên quan 20
1.4.2. Hướng nghiên cứu của luận án 21
1.5. Đối tượng nghiên cứu 22
1.5.1. Đối tượng nghiên cứu tổng quát: 22
1.5.2. Đối tượng nghiên cứu cụ thể: 22
1.6. Phạm vi nghiên cứu 22
1.6.1. Thông số cố định 22
1.6.2. Thông số thay đổi 23
1.7. Mục tiêu nghiên cứu 23
1.7.1. Mục tiêu lí luận 23

1.7.2. Mục tiêu thực tiễn 23
1.8. Nội dung nghiên cứu 23
1.9. Phương pháp nghiên cứu 24
1.9.1. Phương pháp lý thuyết 24
1.9.2. Phương pháp thực nghiệm 24
1.10. Ý nghĩa của Luận án 37
1.10.1. Ý nghĩa khoa học 37
1.10.2. Ý nghĩa thực tiễn 37
CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT 38
2.1. Lý thuyết về gỗ 38
2.1.1. Cấu tạo gỗ và sự ảnh hưởng thành phần gỗ đến tính chất gỗ 38
2.1.2. Đặc điểm gỗ Keo lai [1] 42
2.2. Lý thuyết về xử lý gỗ bằng phương pháp nhiệt- cơ 44
2.2.1. Cơ chế hóa mềm gỗ 44
2.2.2. Cơ chế biến dạng gỗ khi biến tính bằng phương pháp nhiệt-cơ 49
2.2.3. Các chuyển hoá trong gỗ khi xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ 52
2.2.4. Các biến dạng trong gỗ khi xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ 54
2.2.5. Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ .56
2.2.6. Ổn định kích thước gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt- cơ 58
2.3. Cơ sở đánh giá chất lượng ván sàn 60
CHƯƠNG 3 KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN 62
3.1. Xác định nhiệt độ hóa dẻo của gỗ 62
3.2. Ảnh hưởng của tham số đến tính chất vật lý của gỗ Keo lai biến tính bằng phương pháp nhiệt- cơ 63
3.2.1. Ảnh hưởng tham số xử lý đến độ đàn hồi trở lại 63
3.2.2. Ảnh hưởng của tham số xử lý đến khối lượng riêng 68
3.2.3. Ảnh hưởng của tham số xử lý đến khả năng chống hút nước 73
3.2.4. Tối ưu hóa tham số xử lý ảnh hưởng đến tính chất vật lý 77
3.3. Ảnh hưởng của tham số ép đến tính chất cơ học gỗ Keo lai 78
3.3.1. Ảnh hưởng của tham số xử lý đến độ bền uốn tĩnh 78

3.3.2. Ảnh hưởng tham số xử lý đến độ bền nén dọc. 83
3.3.3. Ảnh hưởng tham số xử lý đến độ cứng bề mặt 88
3.3.4. Ảnh hưởng tham số xử lý đến độ mài mòn. 93
3.3.5. Tối ưu hóa chế độ xử lý ảnh hưởng đến độ bền cơ học của gỗ 98
3.4. Kết quả xác định khả năng kháng nấm mốc của gỗ Keo xử lý 99
3.5. Biểu đồ phân bố khối lượng riêng 101
3.6. Xác định cấu trúc gỗ Keo lai trước và sau khi nén ép 106
3.7. Khảo nghiệm kết quả 108
3.7.1. Thông số tối ưu được lựa chọn 108
3.7.2. Kết quả so sánh sai lệch kết quả khảo nghiệm 108
3.8. Đề xuất qui trình công nghệ 110
3.8.1. Sơ đồ công nghệ 110
3.8.2. Mô tả quy trình 111
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ 119
1. Kết luận 119
2. Kiến nghị 120
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ 122
TÀI LIỆU THAM KHẢO 123

BẢNG CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Ý nghĩa	Đơn vị
ASE	Khả năng chống trương nở	%
ASTM	Hiệp hội vật liệu và thử nghiệm Hoa Kỳ	
CCD	Thiết kế hỗn hợp trung tâm	
CR	Tỷ suất nén	%
DMOR	Độ giảm độ bền uốn tĩnh	MPa
DMTA	Phân tích cơ động lực	
HDF	Ván sợi khối lượng thể tích cao	
JAS- SE-007	Tiêu chuẩn thử ván sàn của Nhật Bản	
KLR	Khối lượng riêng	Kg/m^3
MC	Độ ẩm	%
MDF	Ván sợi khối lượng thể tích trung bình	
MOE	Mô đun đàn hồi uốn tĩnh	Mpa
MOR	Độ bền uốn tĩnh	Mpa
RS	Độ đàn hồi trở lại	%
RMS	Phương pháp bề mặt đáp ứng	
SD	Sai quân phương	
SEM	Kính hiển vi điện tử	
T	Nhiệt độ xử lý	^oC
t	Thời gian xử lý	phút, giờ
TCW	Máy ép	
TH	Thủy-nhiệt	
THM	Nhiệt –cơ	
Tg	Nhiệt độ thủy tinh hóa	^oC
Ts	Độ dày	mm
WRE	Khả năng chống hút nước	%
TCVN	Tiêu chuẩn Việt Nam	
VPD	Phân bố mật độ theo chiều dày	
WA	Hấp thụ nước	

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1.1. Tổng hợp các loại gỗ đã được nghiên cứu phần tổng quan 20

Bảng 1.2. Thông số thực nghiệm với 3 yếu tố ảnh hưởng 27

Bảng 2.1. Tính chất cơ học của gỗ Keo lai 44

Bảng 2.2. So sánh các phương pháp hoá mềm gỗ.....49

Bảng 3.1. Độ đàn hồi của gỗ ở các chế độ xử lý khác nhau.....64

Bảng 3.2. Kết quả phân tích INOVA tối ưu hóa chế độ xử lý ảnh hưởng đến độ đàn hồi trở lại 65

Bảng 3.3. Kết quả phân tích sự phù hợp của mô hình với thực nghiệm 65

Bảng 3.4. Kết quả kiểm tra khối lượng riêng của gỗ xử lý và mẫu gỗ đối chứng 69

Bảng 3.5. Kết quả phân tích ANOVA tối ưu hóa chế độ xử lý ảnh hưởng đến khối lượng riêng của gỗ 70

Bảng 3.6. Kết quả phân tích sự phù hợp của mô hình với thực nghiệm 70

Bảng 3.7. Kết quả kiểm tra khả năng chống hút nước của mẫu gỗ xử lý 73

Bảng 3.8. Kết quả phân tích ANOVA tối ưu hóa chế độ xử lý ảnh hưởng đến khả năng chống hút nước của gỗ nén.....74

Bảng 3.9. Kết quả phân tích sự phù hợp của mô hình với thực nghiệm 74

Bảng 3.10. Tham số lựa chọn tối ưu hóa thông số chế độ nén đến tính chất vật lý.....77

Bảng 3.11. Bảng chế độ tối ưu các tham số chế độ ép đến tính chất vật lý 78

Bảng 3.12. Kết quả kiểm ảnh hưởng tham số xử lý đến độ bền uốn tĩnh 79

Bảng 3.13. Kết quả phân tích INOVA tối ưu hóa chế độ xử lý ảnh hưởng đến độ bền uốn tĩnh.....80

Bảng 3.14. Kết quả phân tích sự phù hợp của mô hình với thực nghiệm 80

Bảng 3.15. Kết quả kiểm tra ảnh hưởng tham số xử lý đến độ bền nén dọc.....84

Bảng 3.16. Kết quả phân tích INOVA tối ưu hóa chế độ xử lý ảnh hưởng đến

độ bền chịu nén dọc.....85

Bảng 3.17. Kết quả phân tích sự phù hợp của mô hình với thực nghiệm 85

Bảng 3.18 . Kết quả kiểm tra độ cứng tĩnh của mẫu gỗ nén 89

Bảng 3.19. Kết quả phân tích INOVA tối ưu hóa chế độ xử lý ảnh hưởng đến độ cứng tĩnh.....90

Bảng 3.20. Kết quả phân tích sự phù hợp của mô hình với thực nghiệm 90

Bảng 3.21. Kết quả kiểm tra ảnh hưởng tham số xử lý đến độ mài mòn của mẫu gỗ.....94

Bảng 3.22. Kết quả phân tích INOVA tối ưu hóa chế độ nén ảnh hưởng đến độ mài mòn.....95

Bảng 3.23 Kết quả phân tích sự phù hợp của mô hình với thực nghiệm 95

Bảng 3.24. Tham số lựa chọn tối ưu hóa chế độ xử lý gỗ đến độ bền cơ học gỗ 98

Bảng 3.25. Chế độ tối ưu hóa chế độ xử lý đến độ bền cơ học gỗ nén 99

Bảng 3.26. Kết quả kháng nấm mốc của gỗ xử lý.....100

Bảng 3.27. Ảnh của tham số ép tới trị số của các chỉ số đặc trưng phân bố khối lượng riêng 104

Bảng 3.28. Kết quả phân tích điểm rỗng của gỗ Keo lai.....107

Bảng 3.29. Chế độ tối ưu lựa chọn.....108

Bảng 3.30. Bảng hướng dẫn cách thức cắt hạ cấp chiều dài ván sàn.....116

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1.1. Ảnh hưởng của chế độ xử lý đến mô đun đàn hồi của gỗ 4
Hình 1.2. Sự thay đổi thành phần hóa học của gỗ khi xử lý THM 8
Hình 1.3. Thay đổi hình dạng khúc gỗ tròn bằng phương pháp nén 2 chiều 10
Hình 1.4. Mẫu gỗ được nén bằng phương pháp THM 10
Hình 1.5. Thay đổi cấu trúc gỗ khi nén theo chiều xuyên tâm 11
Hình 1.6. Biểu đồ thay đổi ứng suất gỗ theo thời gian khi nén ép gỗ dương (poplar) theo hướng xuyên tâm 11
Hình 1.7. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian giai đoạn ổn định kích thước đến tính chất của gỗ nén chỉnh hình 13
Hình 1.8. Sơ đồ tổng quát quá trình nghiên cứu thực nghiệm 24
Hình 1.9. Mô hình bài toán xác định các thông số tối ưu khi nén gỗ Keo lai bằng phương pháp nhiệt- cơ 25
Hình 1.10. Thiết kế thí nghiệm trong phương pháp RSM 26
Hình 1.11. Sơ đồ mô tả quá trình thực nghiệm 31
Hình 1.12. Biểu đồ tham số xử lý biến tính nhiệt-cơ thực nghiệm 31
Hình 1.13. Các thông số đặc trưng của phân bố khối lượng riêng 36
Hình 1.14. Máy đo quét mật độ tia X (DENSE-LAB mark 3, E.W.S.GmbH, Đức), ... 36
Hình 1.15. Mẫu gỗ và thiết bị chụp ảnh SEM 37
Hình 2.1. Các thành phần hóa học cấu tạo nên gỗ 38
Hình 2.2. Phân tử cellulose 38
Hình 2.3. Cấu tạo hiển vi gỗ Keo lai 43
Hình 2.4. Ảnh hưởng của độ ẩm đến nhiệt độ chuyển trạng thái của hemicellulose và lignin 45
Hình 2.5. Thiết bị hấp gỗ gia nhiệt bằng hơi nước 46
Hình 2.6. Máy ép thuỷ lực hoá mềm và uốn gỗ 47
Hình 2.7. Máy ép cáo tần hoá mềm và uốn, ép gỗ 48
Hình 2.8. Mối quan hệ giữa ứng lực và biến dạng trong quá trình ép ngang thớ gỗ 51
Hình 2.9. Mối quan hệ giữa nhiệt độ chuyển hoá và biến dạng của gỗ 52

Hình 2.10. Sự biến dạng của gỗ theo thời gian tác dụng ngoại lực 54
Hình 2.11. Phương pháp ổn định kích thước gỗ 59
Hình 3.1. Nhiệt độ hóa dẻo của gỗ Keo lai 62
Hình 3.2. Đồ thị ảnh hưởng tham số xử lý đến độ đàn hồi trở lại 67
Hình 3.3. Đồ thị ảnh hưởng tham số xử lý đến khối lượng riêng 72
Hình 3.4. Đồ thị ảnh hưởng thông số chế độ xử lý đến khả năng hút nước 76
Hình 3.5. Đồ thị ảnh hưởng thông số chế độ nén đến khả năng chịu uốn tĩnh 82
Hình 3.6. Đồ thị ảnh hưởng thông số xử lý đến độ bền nén dọc 87
Hình 3.7. Đồ thị ảnh hưởng thông số chế độ xử lý đến độ cứng tĩnh 92
Hình 3.8. Đồ thị ảnh hưởng thông số chế độ nén đến độ mài mòn 97
Hình 3.9. Thử nghiệm khả năng kháng nấm mốc Aspergillus. Niger 99
Hình 3.10. Biểu đồ phân bố khối lượng riêng khi nén với tỷ suất nén 30% tại các mức nhiệt độ: (a) 140 ºC và (b) 180 ºC 102
Hình 3.11. Biểu đồ phân bố khối lượng riêng khi nén với tỷ suất nén 50% tại các mức nhiệt độ: (a) 140 ºC và (b) 180 ºC 103
Hình 3.12. Biểu đồ phân bố khối lượng riêng khi nén ở nhiệt độ 160 ºC, tỷ suất nén 40% với thời gian nén 120 phút 104
Hình 3.13. So sánh cấu trúc gỗ Keo lai trước và sau khi nén ép 107
Hình 3.14. Sơ đồ công nghệ sản xuất ván sàn từ gỗ Keo lai được xử lý bằng phương pháp nhiệt – cơ 110
Hình 3.15. Sơ đồ xẻ ván cho gỗ biến tính nhiệt cơ làm ván sàn 111
Hình 3.16. Mô tả cách xếp ván 113
Hình 3.17. Chu kì 1 lần nén sơ bộ 114
Hình 3.18. Biểu đồ nén gỗ bằng phương pháp nhiệt cơ 114
Hình 3.19. Quá trình xử lý nhiệt sau khi nén 115
Hình 3.20. Qui cách tạo mộng và rãnh cân bằng ván sàn 117

TRANG THÔNG TIN VỀ NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI VỀ MẶT HỌC THUẬT, LÝ LUẬN CỦA LUẬN ÁN

I) Thông tin chung:

Tên luận án: "***Nâng cao chất lượng gỗ Keo lai (Acaia mangium x acacia auriculiformis) bằng giải pháp nhiệt cơ dùng để sản xuất ván sàn***"

Tên cơ sở đào tạo: Trường Đại học Lâm nghiệp

- Nghiên cứu sinh

Họ tên NCS: Lê Ngọc Phước

Khóa đào tạo NCS: K25

Ngành: Kỹ thuật Chế biến Lâm sản. Mã số: 9.54.90.01

- Người hướng dẫn khoa học:

Họ tên người hướng dẫn khoa học 1: Lê Xuân Phương. Chức danh khoa học: PGS, học vị: Tiến sĩ. Đơn vị công tác: Trường Đại học Lâm nghiệp;

Họ tên người hướng dẫn khoa học 2: Phạm Văn Chương. Chức danh khoa học: GS, học vị: Tiến sĩ. Đơn vị công tác: Trường Đại học Lâm nghiệp.

II) Những đóng góp mới về mặt học thuật, lý luận của luận án:

- Về mặt học thuật:

Đây là công trình đầu tiên tại Việt Nam nghiên cứu một cách hệ thống công nghệ biến tính gỗ bằng phương pháp nhiệt-cơ, áp dụng để sản xuất ván sàn.

Luận án đã nghiên cứu sử dụng phương pháp biến tính nhiệt-cơ tác dụng vào vật liệu gỗ nhằm cải thiện một số chỉ tiêu chất lượng cơ học và vật lý phẩm gỗ.

Công trình nghiên cứu đã xác định nhiệt độ, thời gian và tỷ suất nén hợp lý để biến tính gỗ Keo lai.

- Về mặt lý luận:

Việc nghiên cứu sẽ xây dựng được cơ sở khoa học về công nghệ biến tính gỗ bằng phương pháp nhiệt cơ. Đây sẽ là tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo về công nghệ biến tính nhiệt, nhiệt cơ, thủy nhiệt cho các loại gỗ mọc nhanh rừng trồng ở Việt Nam.

Các kết quả nghiên cứu đạt được sẽ mở ra hướng mới cho việc định hướng lựa chọn vật liệu gỗ cho công nghệ sản xuất đồ gỗ nội thất.

- Những luận điểm mới rút ra từ kết quả nghiên cứu của luận án:

Kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở cho việc lựa chọn các thông số công nghệ, quy trình, giải pháp phù hợp để nâng cao chất lượng gỗ nguyên liệu từ rừng trồng. Công nghệ này sẽ góp phần nâng cao giá trị sử dụng và mở rộng thị trường tiêu thụ cho sản phẩm gỗ mọc nhanh rừng trồng ở Việt Nam.

Hà Nội, ngày ... tháng 6 năm 2020

Tập thể người hướng dẫn	**Nghiên cứu sinh**
Hướng dẫn 1	**Hướng dẫn 2**

ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là nước có tốc độ tăng trưởng kinh tế đứng hàng đầu thế giới, tăng trưởng kinh tế của nước ta đạt khoảng 6,9% năm 2019. Song song với sự phát triển về kinh tế cũng có nhiều thách thức cần phải giải quyết đó là vấn đề môi trường, xã hội và phát triển kinh tế bền vững. Nhu cầu về đồ gỗ nói chung và ván sàn nói riêng của nước ta ngày càng tăng tuy nhiên nguồn nguyên liệu gỗ tự nhiên ngày càng giảm, để phát triển kinh tế bền vững thì vấn đề sử dụng gỗ rừng trồng thay thế cho gỗ rừng tự nhiên là một biện pháp khả thi và đáng được quan tâm.

Gỗ Keo lai đã được bộ Nông nghiệp và phát triển Nông thôn định hướng là cây chủ lực trong chương trình thay thế trồng rừng gỗ nhỏ thành trồng rừng gỗ lớn theo quyết định 774/QĐ-BNN-TCLN ngày 18/4/2014. Gỗ Keo lai có nhiều ưu điểm như thớ gỗ thẳng, có màu sắc và vân thớ tương đối đẹp, nhưng gỗ Keo lai cũng có nhiều nhược điểm đó là gỗ nhẹ, độ bền cơ học thấp, khả năng hút nước cao, chất lượng gỗ không đồng đều. Vì vậy, hiện nay sản phẩm gỗ từ gỗ Keo lai không thu hút được nhiều người sử dụng, đặc biệt là sử dụng làm ván sàn. Để thu hút khách hàng sử dụng ván sàn sử dụng gỗ mọc nhanh rừng trồng công việc cần làm là nâng cao chất lượng gỗ nguyên liệu, làm thay đổi độ cứng, làm tăng tính ổn định kích thước, cũng như chất lượng thẩm mỹ của bề mặt thì chúng ta rất cần có những dụng công nghệ xử lý biến tính gỗ rừng trồng để có thể tạo ra vật liệu mới làm nguyên liệu. Loại hình công nghệ hiện nay đang được thế giới quan tâm và đã được ứng dụng đó là công nghệ biến tính áp dụng nguyên lý nhiệt-cơ. Đây là công nghệ sử dụng các yếu tố chính là nhiệt độ cao và áp suất để làm tăng mật độ của gỗ, từ đó có thể nâng cao được một số tính chất vật lý, nâng cao độ bền cơ học gỗ và làm giảm cong vênh cho gỗ. Công nghệ này là công nghệ rất thân thiện môi trường do trong quá trình sản xuất không sử dụng hoá chất độc hại, thiết bị sử dụng tương đối đơn giản vì nó tương tự các thiết bị hiện đang được sử dụng, cơ bản có tại các nhà máy chế biến gỗ hiện nay.

Hiện nay trên thế giới đã có một số nhà nghiên cứu áp dụng công nghệ này để nghiên cứu nâng cao chất lượng ván sàn tuy nhiên tại Việt Nam vấn đề nghiên cứu biến tính gỗ bằng phương pháp nhiệt-cơ còn ít được quan tâm, đặc biệt là nghiên cứu biến tính cho gỗ Keo lai dùng để sản xuất ván sàn thì chưa có công trình nào nghiên cứu. Do đó, để giải quyết vấn đề nghiên cứu áp dụng phương pháp biến tính nhiệt-cơ cho gỗ Keo lai là một lĩnh vực mới, cần nghiên cứu bài bản và cụ thể để nâng cao hiệu quả sử dụng gỗ rừng trồng nói chung và gỗ Keo lai nói riêng với mục đích để sản xuất ván sàn.

CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU

1.1. Gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ

1.1.1. Khái niệm gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ

Xử lý gỗ bằng phương pháp nhiệt-cơ là kỹ thuật làm tăng mật độ hay nói cách khác là tăng khối lượng riêng của gỗ dưới tác động của nhiệt độ, độ ẩm và nén cơ học [16].

Kỹ thuật tăng khối lượng riêng của gỗ có hai phương thức: Tăng khối lượng riêng cho toàn bộ khối gỗ và tăng khối lượng riêng cho phần bề mặt của khối gỗ. Phương thức tăng khối lượng riêng cho toàn bộ khối gỗ được sử dụng tạo gỗ và sản phẩm gỗ dùng trong xây dựng, các chi tiết đồ mộc và nội thất chịu lực. Phương thức này có nhược điểm là tổn hao khối lượng gỗ lớn (lượng gỗ phôi/ lượng gỗ sau biến tính). Để khắc phục hiện tượng này, một số công trình nghiên cứu đã tạo gỗ ghép kết cấu tổ hợp, bằng cách dán ép các tấm gỗ nén lên bề mặt của tấm gỗ không nén ép, sản phẩm tạo ra có độ bền cơ học được cải thiện đáng kể trong khi khối lượng riêng trung bình của sản phẩm không quá cao [42], [15]. Phương thức nén gỗ với mục tiêu chỉ tăng khối lượng riêng phần bề mặt đã được nhiều tác giả nghiên cứu thành công. Với công nghệ này, các loại gỗ có khối lượng riêng thấp sau khi nén tăng khối lượng riêng bề mặt, độ cứng, độ bền cơ học, độ nhẵn bề mặt được tăng lên rõ rệt. Sản phẩm gỗ nén ép bề mặt được sử dụng để sản xuất ván sàn, mặt bàn….[55], [74].

Gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ được sản xuất theo phương pháp sử dụng đặc tính rỗng xốp của gỗ để dồn nén gỗ làm cho có mật độ lớn hơn trong một đơn vị thể tích, tức là làm tăng khối lượng riêng của gỗ từ đó sẽ tăng được độ cứng của vật liệu này. Gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ là sản phẩm còn có tên gọi: Lignstone và chủ yếu được sử dụng làm thoi dệt, ống sợi, tay nắm công cụ, chế tạo chi tiết có khả năng chịu mài mòn, tự bôi trơn trong các chi tiết máy của ô tô, máy nông nghiệp. Nhược điểm của gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ là trong điều kiện ẩm ướt thì kích thước của nó không ổn định và có khả năng đàn hồi trở lại.[48]

Trong quá trình nén ép, gỗ được gia ẩm, gia nhiệt để đạt được trạng thái dẻo (nhiệt độ gỗ lớn hơn trị số Tg) sau đó được nén cơ học với một mức độ nén nhất định. Nếu các tham số của quá trình làm mềm, nén ép, xử lý ổn định không hợp lý; gỗ sau biến tính khi tiếp xúc với môi trường ẩm, gỗ sẽ có xu hướng đàn hồi trở lại hình dạng

và kích thước ban đầu, hiện tượng này được gọi là "Đàn hồi trở lại hoặc phục hồi nguyên trạng". Yêu cầu của gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ là tăng độ bền cơ học, tăng độ ổn định kích thước song không làm phá huỷ cấu tạo gỗ và mức độ đàn hồi trở lại là nhỏ nhất. Để hạn chế độ đàn hồi trở lại, Norimoto và cộng sự đã nghiên cứu và đề xuất bốn giải pháp sau: (1) Vam gỗ sau khi nén ép; (2) Ngăn chặn không cho gỗ tiếp xúc với môi trường ẩm bằng cách sơn, phủ; (3) Xử lý hoá chất; (4) Xử lý nhiệt sau khi nén ép. Giải pháp xử lý nhiệt sau khi nén ép là một giải pháp ưu việt và đã được đề xuất để áp dụng trong sản xuất quy mô công nghiệp [49].

1.1.2. Đặc điểm của gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ

Sản phẩm của công nghệ này là gỗ nén và sử dụng phương pháp biến tính nhiệt - cơ tức là dùng tác nhân làm mềm gỗ là nhiệt và ẩm sau đó dùng máy ép để nén chặt gỗ lại. Biện pháp công nghệ này gây ít tác hại đến môi trường nhất. Tuy nhiên sản phẩm của nó có những tồn tại cần phải khắc phục đó là sự hút ẩm và đàn hồi trở lại của gỗ biến tính trong quá trình sử dụng. Khi tăng tỷ suất nén gỗ, độ bền của gỗ sẽ tăng lên mà không phụ thuộc vào phương pháp nén.

Gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt- cơ thường có những đặc điểm sau: Tính chất cơ học của gỗ được cải thiện rõ rệt so với trước khi xử lý; Tính chất vật lý cũng có sự thay đổi như: Khối lượng riêng tăng lên, khả năng chống hút nước tốt hơn; Khả năng phòng chống vi sinh vật hại gỗ tốt hơn so với gỗ chưa xử lý; Rất dễ đàn hồi trở lại nếu vấn đề sử lý nhiệt không tốt; Gỗ có thể bị dập, vỡ nếu áp suất ép lựa chọn không tốt, phương chiều nén không đúng, và quá trình làm mềm hóa gỗ không đúng.

1.2. Tổng quan về biến tính gỗ bằng phương pháp nhiệt-cơ

1.2.1. Tình hình nghiên cứu trên thế giới về gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ

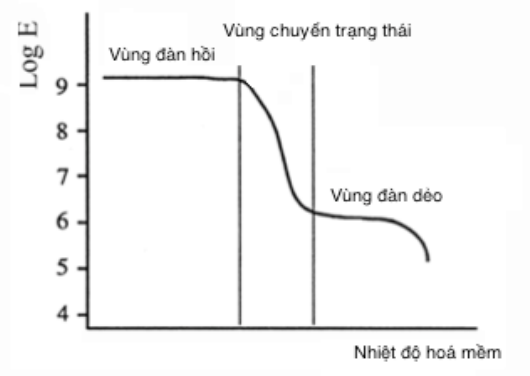
Gỗ với các tính chất cơ học hoàn thiện có thể được thay đổi bằng nhiều cách kết hợp các phương pháp xử lý nén, nhiệt và hóa học. Nó có thể được tăng cường bằng cách ngâm tẩm hạn chế thể tích rỗng của nó bằng các polyme, nhựa tự nhiên nóng chảy, sáp, lưu huỳnh và thậm chí là các kim loại nóng chảy, với việc làm nguội tiếp theo để hóa rắn chất thấm. Mặt khác, gỗ có thể được nén theo hướng ngang trong các điều kiện không gây ra tổn thương cho thành tế bào. [38]

Năm 1886 ý tưởng về nén gỗ nhằm nâng cao độ bền của gỗ đã được chú ý nghiên

cứu [72]. Năm 1922 tại Áo, hai anh em nhà Plumfes đã xây dựng phương pháp tăng mật độ gỗ bằng cách ngâm gỗ trong cao su lỏng. Loại gỗ biến tính này đã được sử dụng trong nhiều lĩnh vực công nghiệp cho tới năm 1945 khi công nghiệp sản xuất nhôm phát triển và ứng dụng nhiều trong đời sống. Gỗ nén cũng đã xuất hiện tại Đức vào những năm 1930 với tên thương mại là Lignostone và một dạng gỗ nén khác có tên thương mại là Lignofol (Kollmann. 1936; Stamm. 1964). Để làm giảm sự đàn hồi trở lại của gỗ sau khi nén. Stamm và Seaborg (1941) đã ngâm gỗ sau khi nén ép trong keo PF và sau đó làm nóng gỗ từ 10-20 phút để nhựa PF đóng rắn; đây là một phương pháp nén ép gỗ kết hợp với ngâm tẩm và được gọi là "Compreg". Sau đó họ đã cải tiến phương pháp này theo nguyên lý thuỷ-nhiệt-cơ, sản phẩm gỗ sau xử lý được gọi là "Staypark". Những nghiên cứu mới về nén ép tăng mật độ gỗ bằng phương pháp Nhiệt-cơ (Thermal-Hydro-Mechanical; THM) đã được nêu trong báo cáo của Tanahashi (1990), Navi và Girardet (2000), F Heger va P Navi (2004). [46], [28], [65]

- Các công trình nghiên cứu về hoá dẻo gỗ tiêu biểu:

Nhiệt độ xử lý hoá dẻo cho gỗ là một tham số công nghệ quan trọng, để cấu trúc không bị phá huỷ khi nén ép gỗ phải được xử lý làm mềm, hoá dẻo tới nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ để chuyển trạng thái của gỗ từ đàn hồi (rắn) sang biến dạng dẻo. Quá trình chuyển hoá này phụ thuộc vào loại gỗ, độ ẩm gỗ và nhiệt độ xử lý, được thể hiện như hình 1.1.[26]



Hình 1.1. Ảnh hưởng của chế độ xử lý đến mô đun đàn hồi của gỗ

"Nguồn: Lorna J Gibson, MF Ashby và Kenneth E Easterling 1988"

Nghiên cứu trị số nhiệt độ chuyển trạng thái của gỗ đã được một số nhà khoa học thên thế giới công bố; nhiệt độ này chính là nhiệt độ làm dẻo, nóng chảy lignin,

hemicelluloses và semi-crystalline cellulose. Oring (1963). Baldwin và Goring (1968), Takamura (1968), Back và Didriksson (1969), Alfthan và de Ruvo (1973), Lapierre và Monties (1986) và Salmén (1979). Các tác giả đã chỉ ra rằng, đối với hemicellulose, nhiệt độ chuyển trạng thái khoảng 150-220 ^{o}C. Theo Alfthan và cộng sự (1973), Yano (1976) nhiệt độ chuyển trạng thái đối với hemicellulose là 180 ^{o}C. Khi xử lý hoá dẻo cho gỗ trong môi trường nước nóng (TH) nhiệt độ chuyển trạng thái của lignin và hemicellulose sẽ giảm đáng kể so với môi trường khác, bởi lẽ mô đun đàn hồi của gỗ giảm mạnh khi nhiệt độ và độ ẩm của gỗ tăng. [18], [64], [17], [14], [44], [58]

W. E. Hillis và cộng sự (1978) đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ tới khả năng hoá mềm gỗ Thông (Pinus radiata). Tác giả đã kết luận: Nhiệt độ gỗ khi được làm nóng là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng rõ nét đến trị số Tg. Gỗ Thông tươi có Tg là 78 ^{o}C; sau khi làm nóng 2 giờ ở nhiệt độ 100 ^{o}C, Tg của gỗ giảm xuống còn 60 ^{o}C [29].

Bruno Esteves và cộng sự (2007) đã chứng minh, ảnh hưởng của độ ẩm và nhiệt độ khi hấp gỗ lên cấu trúc tế bào không phải là lớn, không phá huỷ vách tế bào, song có tác động đến 2 thành phần chính của vách tế bào là lignin và hemicellulose. Sự phụ thuộc của tính chất của vật liệu thành tế bào vào độ ẩm và nhiệt độ được thể hiện thông qua sự đàn dẻo của vật liệu [23].

Kristiina Laine (2014) đã nghiên cứu quá trình hoá mềm gỗ cho mục đích nén lớp gỗ bề mặt. Tác giả cho rằng, ở điều kiện thường gỗ được coi là vật liệu cứng và dòn, nhưng khi tăng nhiệt độ và/hoặc tăng độ ẩm gỗ sẽ chuyển sang trạng thái dẻo và dão. Nhiệt độ chuyển trạng thái Tg của cellulose, hemicellulose và lignin là khác nhau. Tg của gỗ khi độ ẩm cao phụ thuộc chủ yếu vào cấu trúc lignin, đặc biệt phụ thuộc vào số lượng nhóm methoxyl có khả năng tham gia phản ứng [43]

Jiali Jiang và cộng sự (2009) đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ hấp đến mộ số tính chất của gỗ Sa mộc (*Cunninghamia lanceolata*). Kết quả nghiên cứu cho thấy: (1) Nhiệt độ tăng làm giảm khối lượng của mẫu. Khoảng 4 và 9% khối lượng bị mất do sự thoái hóa nhiệt xảy ra sau khi gia nhiệt đẳng hướng ở 180 và 200 ^{o}C trong 550 phút, làm cho độ cứng của gỗ giảm 35 và 85%. (2) Mô đun đàn hồi khi uốn tĩnh gần như không thay đổi trong quá trình xử lý ở nhiệt độ ở 25 và 40 ^{o}C, trong khi ở nhiệt độ

lớn hơn 60 ^oC, và kéo dài thời gian xử lý, trị số MOE giảm rõ rệt. (3) Nguyên nhân là do lignin được làm mềm và ở nhiệt độ cao hơn, sự mất mát polysaccharides vô định hình được coi là yếu tố chính ảnh hưởng đến độ dẻo của gỗ [37].

Adlam và cộng sự (2005) đã nghiên cứu công nghệ hoá mềm gỗ Thông (Pinus radiata) trên máy ép nhiệt trước khi nén ép. Tác giả đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian hoá mềm đến trị số nhiệt độ tại các lớp khác nhau theo chiều dày ván; khi hoá mềm tấm gỗ Thông có chiều dày 40 mm, thời gian hoá mềm 25 phút nhiệt độ tại tâm tấm ván đạt 70 ^oC (tương đương với Tg của gỗ), khi đó bắt đầu quá trình nén ép [13].

***Các công trình nghiên cứu về nén ép gỗ tiêu biểu*:**

Nhiệt độ và áp suất khi nén ép là 2 tham số quan trọng ảnh hưởng lớn đến chất lượng sản phẩm. Việc xác định trị số nhiệt độ phải căn cứ vào 2 tiêu chí: Nhiệt độ khi nén ép phải cao hơn nhiệt độ nóng chảy của lignin; ở điều kiện độ ẩm bão hoà là 110 ^oC và 140 ^oC ở độ ẩm tương đối là 80%; để hạn chế giảm độ bền cơ học của gỗ. nhiệt độ khi nén ép không nên vượt quá 200 ^oC.

Áp suất nén ép phụ thuộc vào loại gỗ, độ ẩm gỗ, nhiệt độ gỗ và tỷ suất nén. Thông thường áp suất nén ép biến động từ 1,5-4,0 MPa. [33]

Tỷ suất nén (C) hay còn gọi là mức độ nén được xác định theo công thức:

$$C = \frac{R_O - R_C}{R_O} \; x \; 100 \; (\%) \qquad (1.1)$$

Trong đó: R_o- chiều dày gỗ trước khi nén ép

Rc- chiều dày gỗ sau khi nén ép.

Oleksandr Skyba và cộng sự (2009) đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ ép gỗ tới chất lượng gỗ nén. Tác giả đã thực nghiệm cho 02 loại gỗ Vân sam Na Uy (*Picea abies* Karst.) và Dẻ gai (*Fagus sylvatica* L.), với 03 mức nhiệt độ là 140, 160 và 180 ^oC và thời gian ép 20 phút, tác giả đã chứng minh nhiệt độ nén ép ảnh hưởng rõ nét tới mức độ đàn hồi trở lại sau khi nén, ảnh hưởng đến độ cứng và mô đun đàn hồi của gỗ. Ở nhiệt độ ép 180 ^oC, độ đàn hồi trở lại của gỗ sau nén ép là nhỏ nhất. [62].[63]

R. Vasconcelos và cộng sự (2013) đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ ép và thời gian ổn định áp suất đến độ bền cơ học và tính chất bề mặt của gỗ nén. Tác giả đã kết luận nhiệt độ ép và thay đổi áp suất theo 03 giai đoạn đã ảnh hưởng đến độ bền cơ

học, độ ổn định kích đước, đổ ẩm thăng bằng và tính chất bề mặt của gỗ. So với phương pháp ép 02 gia đoạn áp suất (tăng và ổn định), độ đàn hồi trở lại sau khi ép giảm, độ ẩm thăng bằng giảm và góc tiếp xúc (năng lượng bề mặt) tăng [71].

Zeki Candan và cộng sự (2013) đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ ép và áp suất ép đến tính chất gỗ nén. Tác giả đã thực nghiệm với gỗ Dương (*Populus spp*.); các mẫu gỗ được hoá mềm và nén ép trong máy ép nhiệt với 2 mức nhiệt độ ép 150 ^oC và 170 ^oC; với 2 mức áp suất ép là 1,0 MPa và 2,0 MPa trong thời gian ép là 45 phút. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Khối lượng thể tích và độ cứng tĩnh của gỗ tăng khi áp suất ép tăng. Nhiệt độ ép và áp suất ép ảnh hưởng không rõ nét đến độ trương nở chiều dày (TS) của gỗ nén [77].

A Kutnar, FA Kamke (2012) Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ và môi trường hơi bão hòa đến sự phục hồi biến dạng nén của gỗ Dương lai, khi nén gỗ ở 3 mức nhiệt độ 150, 160 và 170^{o}C. Kết quả cho thấy nhiệt độ và điều kiện của môi trường hơi nước ảnh hưởng đến sự thay đổi mật độ tương đối và biến dạng trong quá trình nén, cũng như tính chất của vật liệu gỗ nén. Trong khi nhiệt độ ảnh hưởng đáng kể đến biến dạng nén của mẫu thử được nén trong điều kiện hơi quá nhiệt và quá nhiệt, nhiệt độ trong phạm vi nghiên cứu ít ảnh hưởng đến biến dạng nén trong hơi bão hòa. Trong tất cả các điều kiện được thử nghiệm, biến dạng nén đã đạt được mà không bị gãy thành tế bào. Nhiệt độ nén cao hơn, bất kể điều kiện hơi nước, dẫn đến độ ẩm cân bằng thấp hơn. Trong các mẫu được nén dưới hơi nước bão hòa, mô đun uốn (MOR) và mô đun đàn hồi (MOE) được tăng tỷ lệ thuận với sự tăng mật độ, trong khi nén dưới hơi quá nhiệt tạo ra mức tăng MOE và MOR thấp hơn dự kiến dựa trên mức tăng về mật độ. Nén trong điều kiện hơi bão hòa ở 170 °C tạo ra gỗ có mật độ cao với MOE và MOR cao hơn dự kiến dựa trên sự gia tăng mật độ. [41]

***- Các công trình nghiên cứu về độ đàn hồi trở lại của gỗ nén tiêu biểu*:**

Nghiên cứu xác định độ đàn hồi trở lại của gỗ (R) và các giải pháp hạn chế độ đàn hồi trở lại của gỗ sau khi nén ép cũng được nhiều nhà khoa học trên thế giới nghiên cứu.

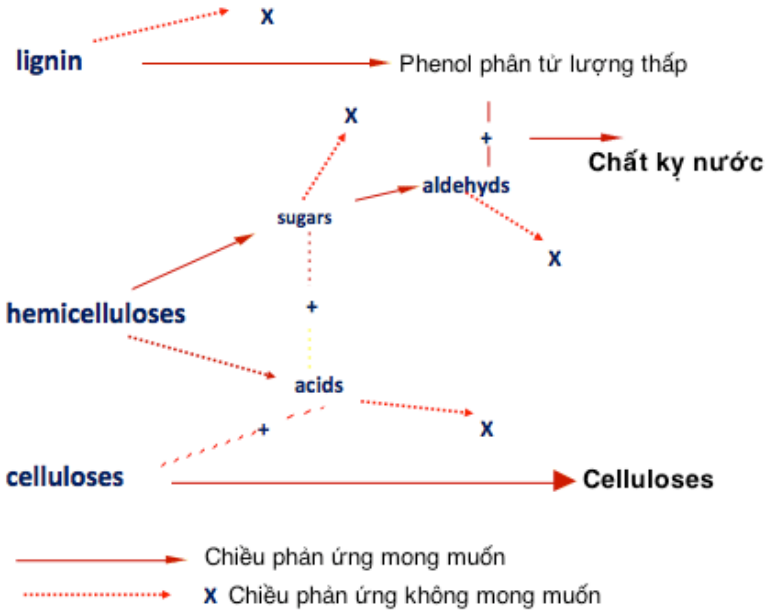
Độ đàn hồi trở lại của gỗ được xác định theo công thức [28]:

$$R = \frac{R'_c - R_c}{R_0 - R_c} \, x \, 100 \, (\%) \qquad (1.2)$$

Trong đó: R_c'- chiều dày của mẫu sau khi đàn hồi trở lại; R_o- chiều dày ban đầu của mẫu thử theo hướng nén; R_c- độ dày sau khi nén.

Uhmeier và cộng sự (1998) đã chỉ ra rằng, gỗ sau khi nén ép được xử lý tại nhiệt độ 140 ^{o}C trong thời gian 20 phút độ đàn hồi trở lại của gỗ giảm đáng kể, khi tăng nhiệt độ từ 150 ^{o}C lên 200 ^{o}C độ đàn hồi của gỗ giảm nhưng mức độ chậm dần. [69]

Giải thích về độ ổn định kích thước của gỗ được xử lý bằng phương pháp THM đã được một số nhà khoa học làm rõ thông qua sự thay đổi thành phần hoá học của gỗ. Shafizadeh (1963) và Timell (1964) đã phân tích sự thay đổi của nhóm hydroxyl, của polysaccharide… trong quá trình xử lý TH. Quá trình này đã làm cho lignin, hemicellulose, polysaccharide, các chất chiết suất … bị nóng chảy và hình thành nên các chất mới (hình 1.2) có khả năng chịu nước. Điều này đã làm rõ về cơ chế ổn định kích thước của gỗ xử lý bằng phương pháp THM. [61], [66]



Hình 1.2. Sự thay đổi thành phần hóa học của gỗ khi xử lý THM

"Nguồn: Shafizadeh 1963 và Timell 1964"

Rautkari và cộng sự (2013) đã nghiên cứu giải pháp hạn chế độ đàn hồi trở lại của gỗ bằng xử lý nhiệt sau quá trình biến tính nhiệt-cơ. Tác giả đã thực nghiệm với gỗ Thông (*Pinus sylvestris* L.). Mẫu sau khi nén ép được xử lý trong môi trường hơi nước ở nhiệt độ 200 ^{o}C trong thời gian 3 giờ, tiếp đến các mẫu được sấy ở nhiệt độ 103 ^{o}C để đo khối lượng và kích thước mẫu khi khô kiệt; sau đó các mẫu được ngâm trong nước ở nhiệt độ thường trong thời gian 24 giờ; tiếp tục sấy khô, quá trình này được lặp lại 2 lần trước khi xác định độ đàn hồi trở lại của gỗ [54].

Benedikt Neyses và cộng sự (2016) đã nghiên cứu giải pháp làm giảm độ đàn hồi trở trại của gỗ nén bằng xử lý hoá chất. Tác giả đã thực nghiệm với gỗ Thông (*Pinus sylvestris* L.). Trước khi nén ép các mẫu được ngâm trong dung dịch Silicat Natri (Na2SiO3) và Hydroxit Natri (NaOH), thời gian ngâm 90 giây. Sau khi ngâm hoá chất, các mẫu được nén ép trên máy ép có mặt bàn trên được gia nhiệt và mặt bàn dưới không gia nhiệt (nén ép 1 mặt). Tỷ suất nén 12%, thời gian đóng bàn ép 30 giây, thời gian ép mẫu 60 giây, nhiệt độ bàn ép trên 130 ^oC, sau đó làm nguội đến 80 ^oC trước khi lấy mẫu ra khỏi bàn ép. Kết quả cho thấy với hầu hết các chế độ xử lý, độ đàn hồi trở lại của chu kỳ ngâm nước - sấy lần thứ hai giảm so với chu kỳ lần thứ nhất. Nói chung, hiệu quả của việc xử lý trước bằng hoá chất là khá nhỏ [47].

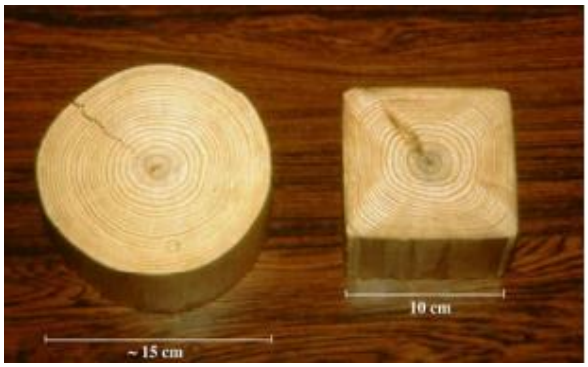
Atmawi Darwis và cộng sự (2017), đã nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian xử lý nhiệt sau khi nén ép đến độ đàn hồi trở lại của 2 loài gỗ: Agathis (*Agathis loranthifolia* Salisb) và Gmelina (*Gmelina arborea* Roxb). Trước khi nén ép các mẫu gỗ được ngâm nước để đạt độ ẩm bão hoà. Sau đó các mẫu được nén ép trên máy ép thuỷ lực với nhiệt độ ép 100 ^oC, với 3 mức tỷ suất nén là 12,5%, 25% và 37,5%. Sau khi nén ép, các mẫu được sấy khô ở nhiệt độ 103±2 ^oC trong 24 giờ. Tiếp đến các mẫu gỗ được xử lý nhiệt trong lò sấy ở nhiệt độ 180 ^oC, với các mức thời gian là 5, 10, 15 và 20 giờ. Tác giả đã kết luận: Độ đàn hồi trở lại của gỗ nén giảm rất lớn khi xử lý sau ép ở 180 ^oC. Thời gian xử lý càng tăng, độ đàn hồi trở lại của gỗ càng giảm. Độ đàn hồi trở lại của gỗ tăng khi tăng tỷ suất nén từ 12,5% đến 37,5% [22].

Các công trình nghiên cứu về hướng nén và phương pháp nén gỗ tiêu biểu:

Voreiter (1949) đã dự đoán rằng công nghiệp sản xuất gỗ nén sẽ phát triển mạnh từ đầu thế kỷ thứ XX, phương pháp nâng cao khối lượng riêng của gỗ chủ yếu thực hiện theo phương pháp THM và gỗ được nén theo phương xuyên tâm. Kollmann (1944) đã bước đầu giải thích cơ chế nâng cao độ bền của gỗ bằng phương pháp nén ép; về bản chất đó là quá trình làm giảm hoặc loại bỏ các khoảng trống trong gỗ và ổn định nó ở trạng thái mới. [72]

Những năm gần đây công nghệ THM với dạng nén kín (3 chiều) và nén 2 chiều được nhiều nhà khoa học nghiên cứu. Ito và cộng sự (1998) đã nghiên cứu công nghệ nén kín bằng phương pháp THM, quá trình này được tác giả thực hiện theo 4 bước: (1) hoá dẻo gỗ trong môi trường thuỷ - nhiệt, (2) nén ép gỗ, (3) xử lý sau khi nén ép, (4) làm

nguội. Tác giả đã sử dụng phương pháp này để nén ép khúc gỗ có tiết diện hình tròn thành khúc gỗ có tiết diện hình vuông (hình 1.3) và khối lượng riêng của gỗ tăng 75%.



Hình 1.3. Thay đổi hình dạng khúc gỗ tròn bằng phương pháp nén 2 chiều

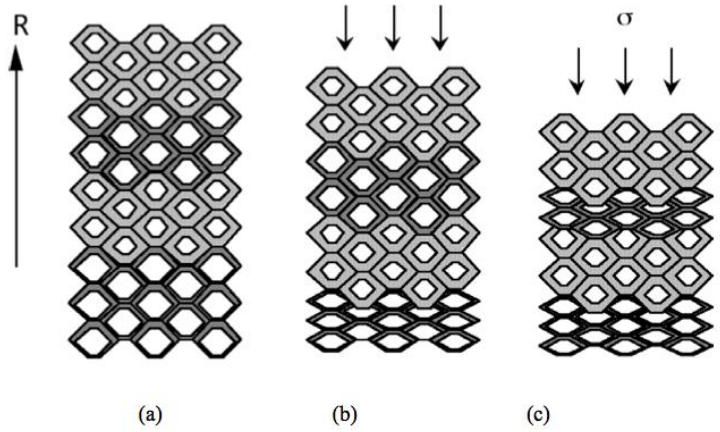
"Nguồn: Dick Sandberg and Parviz Navi 2007"

Bami và cộng sự (2011) cũng đã công bố kết quả nghiên cứu tạo gỗ nén ép dùng trong xây dựng từ gỗ nhẹ có độ bền cơ học thấp. với phương pháp nén ép định hình. Phương pháp này khác với phương pháp trên ở chỗ: với phương pháp 1, quá trình định dạng và xử lý ổn định là một quá trình liên tục; với phương pháp 2, quá trình định dạng và xử lý ổn định kích thước là 2 công đoạn riêng biệt.[19]

Hình 1.4. Mẫu gỗ được nén bằng phương pháp THM

"Nguồn: Dick Sandberg and Parviz Navi 2007"

Với yêu cầu trong khi và sau khi nén ép cấu trúc gỗ không bị phá huỷ, Gibson và Ashby (1988) đã nghiên cứu sự thay đổi cấu trúc của gỗ khi nén ép để làm căn cứ xác định chế độ công nghệ nén ép gỗ. Quá trình này được mô tả như hình 2.5.[26]

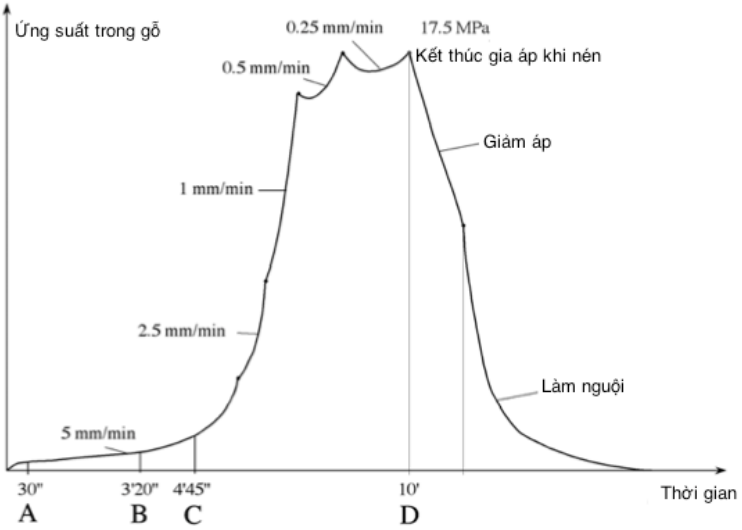


Hình 1.5. Thay đổi cấu trúc gỗ khi nén theo chiều xuyên tâm

a) Trước khi nén ép; b) Biến dạng bên trong của gỗ chủ yếu xảy ra tại các vùng chịu lực nhỏ; c) Cấu trúc gỗ sau khi nén ép.

"Nguồn: Lorna J Gibson, MF Ashby và Kenneth E Easterling 1988"

Quá trình nén ép gỗ được thể hiện như hình 2.6



Hình 1.6. Biểu đồ thay đổi ứng suất gỗ theo thời gian khi nén ép gỗ dương (poplar) theo hướng xuyên tâm

"Nguồn: Parviz Navi và Frédéric 2004"

- Tiểu kết tình hình biến tính gỗ bằng nhiệt cơ trên thế giới

Qua tìm hiểu các công trình nghiên cứu trên thế giới về xử lý gỗ bằng phương pháp nhiệt-cơ rút ra một số kết luận như sau:

- Nhiệt độ hóa dẻo gỗ nằm trong khoảng từ 70 ^{o}C đến 150 ^{o}C theo W. E. Hillis (1978) và Adlam (2005);

- Nhiệt độ biến tính tốt nhất nằm trong khoảng 150-200 ^oC theo nghiên cứu của Oleksandr Skyba (2009); Hill (2006) và Burmester (1973);

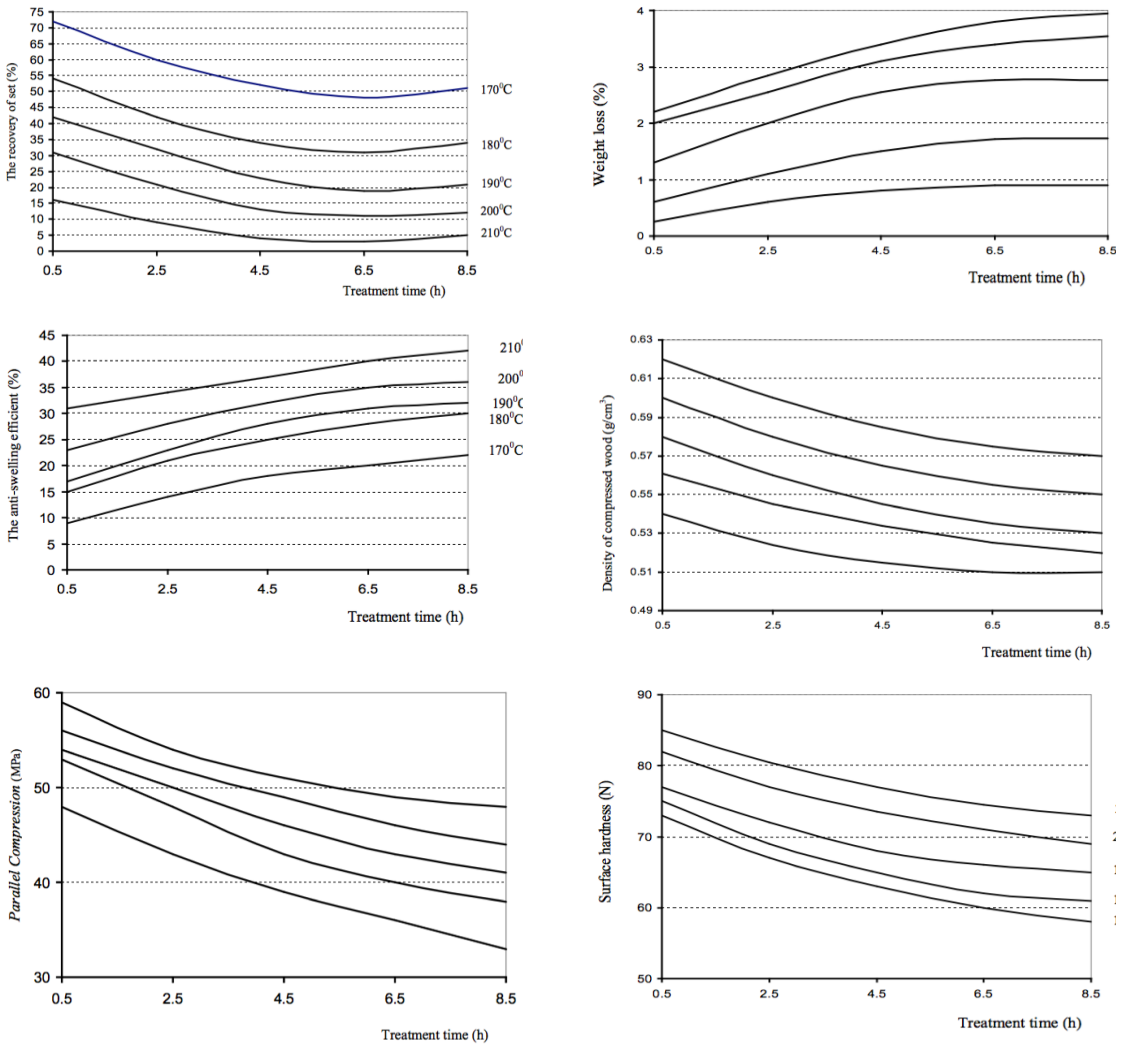
- Thời gian nén ép nằm trong khoảng 0,5-5 phút/mm chiều dày theo nghiên cứu của Oleksands Skyba (2009), Zeki Candan (1998) và Uhmeier (1998);

- Tỷ suất nén phụ thuộc vào đặc tính rỗng xốp của gỗ nhưng không nên lựa chọn tỷ suất nén vượt quá 100%, FA Kamke và A Kutnar (2009)

1.2.2. Tình hình nghiên cứu tại Việt Nam về công nghệ biến tính gỗ bằng phương pháp nhiệt-cơ

Nghiên cứu công nghệ nén ép gỗ nhằm nâng cao độ bền cơ học, độ bền sinh học của gỗ đã được một số nhà khoa học của Việt Nam nghiên cứu từ năm 1990.

Nguyễn Minh Hùng (2014), đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian của giai đoạn ổn định kích thước đến tính chất của gỗ nén chỉnh hình. Tác giả đã thực nghiệm nén chỉnh hình đối với gỗ Bồ đề (*Styrax tonkinensis*), với 6 mức nhiệt độ là 160, 170, 180, 190, 200 và 210 ^oC, với 5 mức thời gian là 0,5, 2,5, 4,5, 6,5 và 8,5 giờ. Kết quả nghiên cứu đã khẳng định: Khi nhiệt độ tăng, độ đàn hồi trở lại của gỗ giảm và khả năng chống trương nở (ASE) tăng. Điều đó có nghĩa là độ ổn định kích thước tăng khi thời gian xử lý tăng. Quá trình thay đổi các trị số của hàm mục tiêu được xác định rõ nét trong giai đoạn xử lý từ 0,5-4,5 giờ. Khi thời gian xử lý lớn hơn 7,0 giờ, khối lượng riêng của gỗ giảm đáng kể. Khi nhiệt độ xử lý đạt tới 200 ^oC, độ ổn định kích thước là tối ưu nhất. Khi tăng nhiệt độ, khối lượng riêng của gỗ giảm và một số tính chất cơ học của gỗ cũng giảm, tuy nhiên trị số độ bền cơ học vẫn cao hơn so với gỗ không xử lý. Độ bền nén ngang thớ giảm rõ nét nhất trong giai đoạn xử lý từ 0,5-2,5 giờ; sau 2,5 giờ ảnh hưởng này không rõ nét và đạt giá trị ổn định trong khoảng thời gian 6,5-8,5 giờ. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian của giai đoạn ổn định kích thước đến tính chất của gỗ nén chỉnh hình được thể hiện hình 1.7. [5]



Hình 1.7. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian giai đoạn ổn định kích thước đến tính chất của gỗ nén chỉnh hình

"Nguồn: Nguyễn Minh Hùng 2014"

Nguyễn Đức Thành và cộng sự (2013) đã nghiên cứu xây dựng quy trình công nghệ uốn gỗ Thông (*Pinus merkussi*) tạo chi tiết cong cho đồ mộc trên máy uốn gỗ UG-HĐ. Trước khi uốn, gỗ được 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 100 ^{o}C). 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 2,0 cm. Các thanh gỗ sau khi uốn được sấy ở nhiệt độ 50-60 ^{o}C cho đến khi đạt độ ẩm thăng bằng là 12%.[8]

Phạm Văn Chương và Vũ Mạnh Tường (2014) đã nghiên cứu ảnh hưởng của

nhiệt độ khi nén đến một số tính chất cơ lý của gỗ Tống quá sủ. Kết quả cho thấy, nhiệt độ khi ép có ảnh hưởng nhất định đến tính chất cơ lý của gỗ. Gỗ Tống quá sủ sau khi xử lý có khối lượng riêng tăng lên đáng kể. Công nghệ đã nâng khối lượng riêng của gỗ từ nhóm VI lên nhóm III theo TCVN 1072-21.[3]

Nguyễn Thị Minh Nguyệt, Vũ Mạnh Tường (2016) Ảnh hưởng của xử lý nhiệt đến một số tính chất cơ học gỗ Keo lai các tác giả kết luận: Ảnh hưởng của xử lý nhiệt đến một số tính chất cơ học gỗ keo lai. Nghiên cứu này đã tiến hành xử lý gỗ keo lai ở nhiệt độ từ 210 ºC đến 230 ºC trong điều kiện môi trường có khí ni tơ (N2) bảo vệ trong thời gian từ 2h đến 6h, đồng thời một số tính chất cơ học của gỗ keo lai gồm: Độ bền uốn tĩnh, mô đun đàn hồi uốn tĩnh, độ ròn của gỗ trước và sau khi xử lý cũng được xác định. Kết quả phân tích phương sai đa nhân tố thể hiện, 3 nhân tố ảnh hưởng gồm nhiệt độ, thời gian, vị trí theo phương ngang thân cây (gỗ dác, gỗ lõi) đều có ảnh hưởng rõ đến độ bền uốn tĩnh và độ ròn của gỗ, tuy nhiên, các nhân tố này ảnh hưởng không lớn đến mô đun đàn hồi uốn tĩnh.[7]

Hoàng Việt, Vũ Mạnh Tường (2016) Đã nghiên cứu độ bền màu của gỗ Keo lai sau khi xử lý nhiệt. Nghiên cứu này nhằm khảo sát và đánh giá sự thay đổi màu và tính ổn định màu sắc gỗ Keo lai được xử lý ở nhiệt độ trong phạm vi từ 210 ºC-230 ºC, thời gian 4 giờ trong môi trường khí Nitơ. Độ ổn định màu của gỗ Keo lai đã xử lý nhiệt được kiểm tra sau khi chiếu tia UV trong khoảng thời gian 1000 giờ. Kết quả cho thấy, các chỉ số màu sắc của gỗ trong hệ màu L*a*b* sau khi xử lý nhiệt có thay đổi rõ rệt và màu sắc gỗ trở nên sẫm hơn khi tăng nhiệt độ xử lý. Gỗ dác và gỗ lõi của gỗ Keo lai sau khi xử lý với nhiệt độ khoảng 220-230 ºC có màu sắc cơ bản tương đồng. Sau khi chiếu tia UV màu sắc gỗ xử lý nhiệt và gỗ không xử lý nhiệt đều biến đổi. Tuy nhiên, ở các chế độ xử lý nhiệt, về cơ bản sau khi chiếu tia UV với bước sóng 350 nm, độ lệch màu so với mẫu trước khi chiếu UV thấp hơn so với gỗ không xử lý và gần như không biến đổi sau 300 giờ. Gỗ xử lý ở nhiệt độ 210 ºC đến 215 ºC có độ ổn định màu cao hơn so với tính ổn định màu ở các chế độ xử lý khác. [11]

Phạm Văn Chương và các công sự (2014). Nghiên cứu ảnh hưởng của thông số chế độ ép đến chất lượng gỗ ghép khối dùng làm dầm chịu lực, nhóm nghiên cứu đã chỉ rằng thông số nhiệt độ và thời gian ép có ảnh hưởng lớn đến tính chất cơ học vật lý

của gỗ Tống Quá sủ được nén ở 3 cấp nhiệt độ và 3 cấp thời gian khác nhau, từ đó định hướng kết cấu cho dầm chịu lực. [3]

Trần Văn Chứ, Vũ Mạnh Tường (2015) Ảnh hưởng của xử lý nhiệt đến khả năng chịu ẩm của gỗ Keo lai. Nghiên cứu này đã tiến hành xử lý gỗ keo lai ở nhiệt độ từ 210 ^{o}C đến 230 ^{o}C trong điều kiện môi trường có khí ni tơ (N2) bảo vệ trong thời gian từ 2h đến 6h, đồng thời một số tính chất cơ học của gỗ keo lai gồm: độ bền uốn tĩnh, mô đun đàn hồi uốn tĩnh, độ ròn của gỗ trước và sau khi xử lý cũng được xác định. Kết quả phân tích phương sai đa nhân tố thể hiện, 3 nhân tố ảnh hưởng gồm nhiệt độ, thời gian, vị trí theo phương ngang thân cây (gỗ dác, gỗ lõi) đều có ảnh hưởng rõ đến độ bền uốn tĩnh và độ ròn của gỗ, tuy nhiên, các nhân tố này ảnh hưởng không lớn đến mô đun đàn hồi uốn tĩnh. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian xử lý đến các tính chất này không tồn tại ngoại trừ độ ròn của gỗ. Các chỉ tiêu cơ học này của gỗ đều có xu hướng giảm khi tăng nhiệt độ và thời gian xử lý. [2]

Phạm Văn Chương và cộng sự (2015) đã hoàn thành đề tài Nghiên cứu công nghệ và thiết bị xử lý gỗ Tống quá sủ để sản xuất cấu kiện xây dựng nhà nông thôn, Mã số: KC.07.15/11-15. Đề tài đã đưa ra các kết luận chính gồm: (1) Áp dụng phương pháp nhiệt-cơ có thể nâng cao được độ bền cơ học của gỗ Tống quá sủ từ gỗ nhóm VI lên gỗ nhóm III theo TCVN 1072:1971; (2) Gỗ sau khi xử lý biến tính có thể sử dụng làm nguyên liệu sản xuất cấu kiện xây dựng làm nhà ở nông thôn; (3) Giải pháp xử lý nhiệt-cơ có thể áp dụng tốt với gỗ có khối lượng riêng thấp như gỗ Tống quá sủ. Đối với các loại gỗ rừng trồng khác, nếu có điều kiện tiến hành nghiên cứu sẽ nâng cao chất lượng và dùng làm nguyên liệu tốt cho sản xuất các sản phẩm gỗ chất lượng cao, mở rộng phạm vi sử dụng gỗ rừng trồng tại Việt Nam.

- Tiểu kết tình hình biến tính gỗ bằng nhiệt cơ tại Việt Nam

Qua tìm hiểu các công trình nghiên cứu tại Việt Nam về biến tính gỗ bằng phương pháp nhiệt cơ tôi đưa ra một số kết luận như sau:

- Nhiệt độ hóa dẻo khoảng 100 ^{o}C, thời gian khoảng 45 phút theo Phạm Văn Chương và Vũ Mạnh Tường (2014).

- Nhiệt độ nén nằm trong vùng từ 130 ^{o}C-180 ^{o}C theo Phạm Văn Chương và Vũ Mạnh Tường (2014).

- Nhiệt độ nén: 160, 170, 180, 190, 200 và 210 ^{o}C, với 5 mức thời gian là: 0,5, 2,5, 4,5, 6,5 và 8,5 giờ theo Nguyễn Minh Hùng (2016).

1.3. Tình hình nghiên cứu về ván sàn sử dụng gỗ biến tính

1.3.1. Tình hình nghiên cứu trên thế giới về ván sàn sử dụng gỗ biến tính

Về công nghệ sản xuất, hầu hết các hãng sản xuất đều áp dụng công nghệ và máy móc của Châu Âu (Đức, Pháp, Ý, Thụy Sỹ, Phần Lan ...). Ván sàn gỗ công nghiệp được làm từ sợi gỗ (chiếm 65-85%) còn lại là chất phụ gia và các lớp làm tăng độ cứng, ổn định bề mặt, chống thấm, chống xước, chống va đập. ... Mặc dù công nghệ là tương đối giống nhau nhưng sản phẩm của các hãng vẫn có sự khác biệt về hình thức và chất lượng. Để có được những sản phẩm chất lượng như vậy đã có rất nhiều những công trình nghiên cứu về các tính chất của sản phẩm như: chất lượng của bề mặt và mầu sắc; các hãng đều có khá nhiều mầu sắc và vân gỗ khác nhau khá đa dạng và phong phú, tính ổn định kích thước, khả năng dán dính giữa các lớp vật liệu, thành phần các chất phụ gia có độ bền cao và không có hại cho sức khỏe…

Chang Hua Fang, Pierre Blanchet, Alain Cloutier và Costel Barbuta (2012) đã nghiên cứu công nghệ và chế độ ép ván sàn gỗ công nghiệp chịu lực với lớp mặt được nén ép. Tác giả đã sử dụng các thanh gỗ Sugar maple để tạo ván với các thanh cơ sở lớp mặt được xử lý nén ép với tỷ suất nén 35%. Kết quả nghiên cứu đã xác định chế độ ép hợp lý là: sử dụng keo PVAc ép nguội. áp suất ép là 1,03 MPa và thời gian ép 60 phút.[24] J. Hrázský và P. Král (2007), đã nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ ép cho ván dán chịu ẩm, sử dụng gỗ Spruce (Vân sam). Kết quả nghiên cứu đã xác định, các tham số chế độ ép là yếu tố quyết định đến chất lượng sản phẩm.[32]

O. Unsal và các cộng sự (2007), Bộ môn Máy và công nghệ gỗ, khoa Lâm nghiệp, Đại học Istanbul, Thổ Nhĩ Kì đã nghiên cứu ảnh hưởng của áp suất ép và nhiệt độ ép đến độ ẩm và biểu đồ phân bố mật độ theo chiều dày của sản phẩm đến ván ghép dạng lớp từ gỗ Thông dùng cho sản suất ván sàn. Nghiên cứu này đã đánh giá khả năng chống sâu nấm và mối mọt của các tấm gỗ thông nén nhiệt dưới áp suất ở mức 5 hoặc 7 MPa và 120 hoặc 150 °C trong 1 giờ. Các mẫu gỗ từ các tấm được tiếp xúc với các xét nghiệm kháng sâu nấm trong phòng thí nghiệm bằng cách sử dụng các loại nấm phân hủy gỗ *Gloeophyllum trabeum* và *Trametes Vers* mốc. Quá trình nén nhiệt gây ra sự gia tăng mật độ và giảm độ dày của tấm; tuy nhiên, các thử nghiệm kháng sâu nấm trong phòng thí nghiệm cho thấy gỗ nén nhiệt không có khả năng

chống lại nấm thoái hóa gỗ được thử nghiệm. Các kết quả thú vị hơn đã được tìm thấy trong các thử nghiệm kháng mối trong phòng thí nghiệm bằng cách sử dụng các loài mối dưới đất phương Đông, *Reticulitermes flavipes*. Khi áp suất và nhiệt độ áp dụng cho các mẫu thử tăng lên 7 MPa và 120 °C, tổn thất khối lượng trong mẫu thử giảm dần so với mẫu thử đối chứng. Tuy nhiên, các mẫu được nén ở 7 MPa và 150 °C cho thấy tổn thất khối lượng cao hơn khi so sánh với các mẫu được nén ở 7 MPa và 120 °C. Tỷ lệ hấp thụ và trương nở thấp nhất đã được nhìn thấy trong các mẫu ép ở áp suất 7 MPa ở 120 °C. Quá trình nén nhiệt ở 7 MPa và 150 °C dẫn đến sự hấp thụ và trương nở cao nhất trong các mẫu. Tác giả đã khẳng định rằng: khi ép nhiệt, áp suất ép có ảnh hưởng đáng kể đến tính chất vật lý và độ bền cơ học của sản phẩm (thể hiện rõ nhất thông qua biểu đồ profile mật độ theo chiều dày của ván).[70]

Candan và các cộng sự (2013). Nghiên cứu các tác động của biến tính nhiệt bằng cách ép nóng (TCW) vào các đặc tính hiệu suất của ván gỗ dương. Các mẫu đã được biến tính nhiệt bằng phương pháp ép nóng dưới các mức áp suất và nhiệt độ khác nhau. Vì hai mẫu cho mỗi nhóm biến tính cộng với hai mẫu đối chứng, hoàn toàn 10 mẫu gỗ thử nghiệm đã được chuẩn bị trong nghiên cứu này. Mật độ chính, phân bố mật độ theo chiều dày (VDP), độ dày (TS), độ hấp thụ nước (WA), độ ẩm (MC) và kiểm tra độ cứng đã được thực hiện để đánh giá các đặc tính hiệu suất của ván gỗ biến đổi nhiệt hoặc không biến đổi. Kết quả thu được trong nghiên cứu này chỉ ra rằng mật độ bề mặt của các mẫu tăng lên khi tăng áp lực ép. Việc biến tính nhiệt ảnh hưởng tiêu cực đến giá trị TS và WA của các mẫu. Giá trị độ cứng của ván gỗ được cải thiện đáng kể nhờ biến tính nhiệt. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy phương pháp nén nhiệt có thể được sử dụng để cải thiện tính chất sử dụng cuối của vật liệu gỗ mật độ thấp làm từ các loài cây phát triển nhanh như paulownia, cây dương, bạch đàn, v.v. chuyển đổi thành các sản phẩm giá trị gia tăng dùng để sản xuất ván sàn, đồ mộc.[20]

J Seo và các cộng sự (2011) đã nghiên cứu phân tích hiệu suất nhiệt theo cấu trúc sàn gỗ để bảo toàn nhiệt trong hệ thống sàn sưởi. Mục đích của nghiên cứu này là giảm tiêu thụ năng lượng, đặc biệt là sưởi ấm, trong các tòa nhà. Những cải tiến về tính dẫn nhiệt của sàn gỗ, được coi là giảm nhiệt giữa sàn và khu vực trong nhà, đã được nghiên cứu. Các thành phần sàn gỗ như gỗ đặc, ván sợi mật độ cao (HDF), chất kết

dính và polyetylen thường thể hiện tính dẫn nhiệt thấp. Độ dẫn nhiệt và hiệu suất chuyển của 21 bản sao vật liệu sàn gỗ thường được sử dụng ở Hàn Quốc đã được đo. Độ dẫn nhiệt được đo bằng phương pháp tấm nóng được bảo vệ. Độ dẫn nhiệt khác nhau tùy theo cấu trúc của sàn nhà. Sàn gỗ công nghiệp có độ dẫn nhiệt cao nhất vì mật độ cao và lớp mỏng so với các loại sàn khác. Hiệu suất truyền nhiệt khác nhau theo phương pháp cài đặt. Phương pháp lắp đặt nổi thể hiện tốc độ truyền nhiệt thấp hơn phương pháp lắp đặt bám dính vì các lớp không khí và dạng polyetylen của nó. [60]

Gindl và các công tác viên (2004), đã sử dụng nhựa melamine - formaldehyd hòa tan trong nước để cải thiện độ cứng ván sàn sử dụng gỗ Vân sam Na Uy. Các mẫu gỗ vân sam Na Uy được ngâm tẩm với nhựa formamine melamine hòa tan trong nước bằng cách sử dụng xử lý chân không ngắn hạn và ngâm lâu dài, tương ứng. Bằng phương pháp quang phổ hồng ngoại (FTIR) biến đổi Fourier và kính hiển vi UV, cho thấy chỉ khuếch tán trong quá trình ngâm lâu dài dẫn đến sự thâm nhập đủ của nhựa melamine vào cấu trúc gỗ, dòng chảy của chất lỏng trong gỗ Vân sam Na Uy. Sau khi ngâm trong dung dịch nhựa melamine trong 3 ngày, nhựa đã thâm nhập đến độ sâu lớn hơn 4 mm, sau khi trùng hợp nhựa, dẫn đến sự cải thiện độ cứng tương đương với gỗ Sồi.[27]

Padmanabha và các cộng sự (2001) Đã nghiên cứu chế tạo sàn gỗ composite được gia cố bằng sợi được thiết kế đặc biệt để sử dụng trong các xe tải. Sàn gỗ composite bao gồm gỗ dán cạnh được phủ một lớp nhựa gia cố sợi mỏng. Bề mặt trên cùng của sàn gỗ composite giống như sàn gỗ nhiều lớp thông thường. Lớp lót nhựa gia cố sợi được cấu tạo từ sợi thủy tinh hoặc sợi carbon được nhúng trong nhựa polymer như epoxy, phenolic, vinyl ester, polypropylen hoặc nhựa polyamide. Việc gia cố sợi được thiết kế để tăng cường các tính chất cơ học của sàn theo hướng dọc và ngang của sàn. Nhựa gia cố sợi giúp cải thiện khả năng chống mỏi của sàn gỗ composite và ngăn rò rỉ nước vào rơ moóc thông qua các tấm ván sàn.[52]

L Todora (2011) Nghiên cứu hiệu quả của xử lý hấp đến khả năng chống dấu chân đối với ván sàn sử dụng gỗ Sồi Thổ Nhĩ Kỳ tác giả đã kết luận: Xử lý hấp được thực hiện trên gỗ tươi ở 120 °C và trong 24 giờ, trong khi quy trình sấy được thực hiện trên tất cả các mẫu ở 63 °C, 120 mmHg chân không trong 34 ngày. Phục hồi đàn hồi tốt đã được quan sát đối với gỗ chưa được xử lý, trong khi đối với gỗ được xử lý, khả

năng chống lại dấu chân cao hơn theo hướng xuyên tâm so với hướng tiếp tuyến. Ngược lại, một hiệu ứng tiêu cực đáng kể đối với sự phục hồi đàn hồi của kích thước ban đầu đã được tìm thấy ở độ xuyên tâm cao hơn so với hướng tiếp tuyến.[67]

G Gunduz và các thành viên (2009) Xử lý nhiệt của gỗ là một phương pháp thân thiện với môi trường để bảo quản gỗ. Quá trình xử lý nhiệt chỉ sử dụng hơi nước và nhiệt, và không có hóa chất hoặc tác nhân nào được áp dụng cho vật liệu trong quá trình này. Các thử nghiệm cho thấy không có khí thải độc hại rõ ràng khi làm việc với vật liệu. Quá trình này cải thiện khả năng chống sâu nấm của gỗ và sự ổn định kích thước của nó. Trong nghiên cứu này, mật độ, cường độ nén và độ cứng của gỗ Hornbeam *(Carpinus betulus L.)* được xử lý nhiệt đã được nghiên cứu. Các mẫu gỗ đã được điều hòa ở độ ẩm tương đối 65% và 20 ºC đã được xử lý nhiệt ở 170, 190 và 210 °C trong 4, 8 và 12 giờ. Sau khi xử lý nhiệt, cường độ nén và độ cứng được xác định theo TS 2595 và TS 2479. Kết quả cho thấy sự giảm cường độ nén và độ cứng có liên quan đến mức độ mất mật độ. Cả cường độ nén và độ cứng đều giảm khi nhiệt độ và thời gian gia tăng của quá trình xử lý nhiệt. Mặc dù tổn thất mật độ tối đa quan sát được là 16,12% ở 210 ºC và 12 giờ, ở các điều kiện xử lý nhiệt này, cường độ nén giảm khoảng 30% và các giá trị độ cứng theo hướng tiếp tuyến, hướng tâm và dọc giảm khoảng 55%, 54%, và 38%, tương ứng. Gỗ được xử lý nhiệt có một thị trường đang phát triển trong các ứng dụng ngoài trời như tấm ốp bên ngoài, cửa sổ và cửa ghép, nội thất sân vườn và sàn. Ngoài ra còn có nhiều ứng dụng trong nhà cho gỗ được xử lý nhiệt như sàn, panen, và đồ nội thất nhà bếp và nội thất của phòng tắm và phòng xông hơi. Gỗ xử lý nhiệt giảm mạnh về cường độ, gỗ được xử lý nhiệt không được khuyến nghị cho các công trình chịu lực.[25]

Ramazan Kurt, Kagan Aslan, Vedat Cavus (2013), đã nghiên cứu ảnh hưởng của áp suất ép đến tính chất của ván ép khối (dạng Parallel strand lumber/PSL) sử dụng keo Urea Formaldehyde (UF) định hướng sử dụng. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi áp suất tăng từ 0,75 MPa lên 1,50 MPa độ bền uốn tĩnh (MOR) tăng 77,78 %; mô đun đàn hồi (MOE) tăng 60,49% và độ bền nén vuông góc với bề mặt ván (CS) tăng 19,86%. Từ đó tác giả cũng khuyến nghị, tuỳ thuộc vào yêu cầu chất lượng sản phẩm để xác định, lựa chọn áp suất ép phù hợp. [40]

1.3.2. Tình hình nghiên cứu tại Việt Nam về ván sàn sử dụng gỗ biến tính

Tình hình nghiên cứu về ván sàn sử dụng gỗ biến tính tại Việt Nam còn ít được quan tâm. Sau đây là tóm tắt một số nghiên cứu liên quan đến sản xuất ván sàn:

Trần Ngọc Thành (2006) Nghiên cứu một số yếu tố công nghệ biến tính gỗ Trám trắng (*Canarium album* Raeussch) làm ván sàn bằng phương pháp nén ép. Tác giả đã nén gỗ theo các tham số nhiệt độ nén: 140, 150 và 160 ^{o}C và 3 mức tỷ suất nén 40, 45 và 50%. Kết quả cho thấy khối lượng riêng và tính chất cơ học của gỗ tăng theo cấp tỷ suất nén và nhiệt độ nén.[9]

Phạm Văn Chương, Lê Ngọc Phước (2010) đã nghiên cứu giải pháp tăng cường độ cứng bề mặt cho ván sàn công nghiệp sản xuất từ gỗ rừng trồng. Tác giả đã sử dụng hóa chất DMDHEU và ngâm ở 3 cấp nồng độ: 10, 30 và 50% với 3 mức thời gian 48, 96 và 144h. Kết quả nghiên cứu cho thấy thời gian ngâm tẩm hóa chất ảnh hưởng trực tiếp đến tính chất của ván sàn. Độ mài mòn, độ bong tách màng keo và độ võng do uốn của ván xử lý đều giảm so với ván không xử lý. Khối lượng riêng của ván sàn thay đổi không đáng kể qua các chế độ xử lý.[6]

1.4. Kết luận chung rút ra từ tổng quan

1.4.1. Kết quả của các công trình có liên quan

a) Về loài gỗ

Các loại gỗ được nghiên cứu ở phần tổng quan của các tác giả đều là các loại gỗ có khối lượng thể tích thấp, có độ rỗng xốp cao, có thể liệt kê ra các loại gỗ theo bảng 1.1

Bảng 1.1. Tổng hợp các loại gỗ đã được nghiên cứu phần tổng quan

Tên Gỗ	**Tên tác giả (năm)**
Tác giả nước ngoài	
Thông Thổ Nhĩ Kỳ (*Pinus merkussi*)	Unsal và các cộng sự (2007)
Vân Sam Na Uy (*Picea abies)*	J. Hrázský và P. Král (2007)
Gỗ Dương Lai (*Populus spp*.)	Zeki Candan (2008)
Gỗ Hornbeam *(Carpinus betulus* L.*)*	G Gunduz và các cộng sự (2009)
Sồi Thổ Nhĩ Kỳ (*Quercus Cerris)*	L Todora (2011)
Tác giả trong nước	
Thông (*Pinus merkussi*)	Nguyễn Đức Thành và cộng sự (2013)
Tống quá sủ (*Alnus nepalensis* D.Don)	Phạm Văn Chương (2015)
Gỗ Keo lai (*Acaia mangium x acacia auriculiformis*)	Trần Văn Chứ và Vũ Mạnh Tường (2015)
Bồ đề (*Styrax tonkinensis*)	Nguyễn Minh Hùng (2016)

b) Về công nghệ xử lý nhiệt-cơ và phương phức thực hiện

- Phương pháp xử lý hóa mềm người ta thường dùng 3 phương pháp chính đó là: Hấp, luộc và gia nhiệt trực tiếp trên máy ép nhiệt. Nhiệt độ xử lý tăng thì khả năng mềm hóa gỗ càng nhanh. Tuy nhiên khi nhiệt độ quá cao (lớn hơn 150 ^oC) và thời gian quá dài sẽ làm cho lượng lignhin trong gỗ bị thất thoát, điều này sẽ làm ảnh hưởng đến chất lượng gỗ nén về sau. Thông thường nhiệt độ hóa mềm của gỗ phụ thuộc vào nhiệt độ TG, khi gỗ chuyển từ trạng thái đàn hồi sang trạng thái dẻo.

- Khi nhiệt độ nén ép phù hợp dùng cho nén gỗ nằm trong khoảng 130-180 ^oC, tuy nhiên nếu cao quá sẽ gây hiện tượng cháy bề mặt gỗ. Các công trình nghiên cứu đã chỉ ra rằng nén gỗ ở mức nhiệt độ trên, dưới 200 ^oC thì các tính chất như độ ổn định kích thước đều được cải thiện, tuy nhiên cường độ gỗ bị suy giảm.

- Áp suất nén ép phụ thuộc vào tỷ suất nén mong muốn mà chúng ta cần nén, tuy nhiên tỷ suất nén không nên vượt quá 100% (chiều dày phôi gấp 4 lần chiều dày sản phẩm). Vì điều này sẽ dễ làm phá hủy cấu trúc tái tạo của gỗ.

- Thời gian nén ép phụ thuộc vào chiều dày và độ ẩm gỗ, thời gian nén ép được lựa chọn trong khoảng từ 0,5-4 phút trên mm/dày phôi.

- Để đảm bảo gỗ không bị đàn hồi trở lại thì phải có công đoạn xử lý sau nén ép, mức độ đàn hồi trở lại của gỗ phụ thuộc nhiệt độ và thời gian sau khi xử lý, nhiệt độ xử lý thường lớn hơn 100 ^oC và thời gian xử lý càng dài thì độ đàn hồi trở lại càng bé.

c) Về công nghệ sản xuất ván sàn từ gỗ xử lý biến tính bằng phương pháp nhiệt- cơ

Công nghệ biến tính gỗ làm ván sàn được nghiện cứu tương đối nhiều nhưng chủ yếu tập chung vào biến tính bằng phương pháp nhiệt, phương pháp sử dụng hóa chất và phương pháp thay đổi kết cấu. Về biến tính gỗ bằng phương pháp nhiệt-cơ còn dùng làm ván sàn còn ít được quan tâm, chỉ có một số tác giả đã nghiên cứu công nghệ này có thể kể đến: Chang Hua Fang, Pierre Blanchet, Alain Cloutier và Costel Barbuta (2012) Candan và các cộng sự (2013). Các công trình này chủ yếu tập trung tìm ra chế độ ép hợp lý (thời gian, nhiệt độ và áp suất nén ép) mà chưa tập chung vào cách thức làm mềm hóa gỗ và đặc biệt là tìm hiểu tốc độ tăng áp ảnh hưởng đến chất lượng gỗ và phân bố mật độ chiều dày.

1.4.2. Hướng nghiên cứu của luận án

- Loài gỗ: Gỗ Keo lai (*Acaia mangium x Acacia auriculiformis*)

- Công nghệ xử lý nhiệt-cơ và phương phức kết hợp 03 công đoạn tại cùng 01 thiết bị (hóa dẻo, nén ép và xử lý sau nén ép).

- Công nghệ nén ép để đạt mục tiêu tăng khối lượng riêng, tăng độ bền cơ học và tăng độ bền tự nhiên cho lớp bề mặt (phân bố khối lượng riêng theo chiều dày phôi ván).

- Ảnh hưởng của các thông số công nghệ xử lý nhiệt-cơ đến cấu tạo và tính chất của gỗ.

- Đề xuất quy trình công nghệ sản xuất ván sàn nguyên khối từ gỗ xử lý biên tính nhiệt-cơ.

1.5. Đối tượng nghiên cứu

1.5.1. Đối tượng nghiên cứu tổng quát:

- Tham số chế độ xử lý (thời gian, nhiệt độ và tỷ suất nén) biến tính gỗ Keo lai bằng phương pháp nhiệt-cơ.

- Qui trình sản xuất ván sàn từ gỗ Keo lai được biến tính bằng phương pháp nhiệt-cơ.

1.5.2. Đối tượng nghiên cứu cụ thể:

- Cấu tạo hiển vi và tính chất gỗ keo lai trước và sau khi xử lý bằng phương pháp nhiệt- cơ.

- Tham số nhiệt độ, thời gian và tỷ suất xử lý biến tính gỗ Keo lai

- Cơ chế biến tính bằng phương pháp nhiệt- cơ đối với gỗ Keo lai.

- Thông số công nghệ chủ yếu trong khi nén gỗ Keo lai bằng phương pháp nhiệt-cơ.

1.6. Phạm vi nghiên cứu

1.6.1. Thông số cố định

- *Về mẫu thí nghiệm:*

Gỗ Keo lai (*Acaia mangium x Acacia auriculiformis*) 7 tuổi, dòng Keo lai tự nhiên MA1, khai thác tại Yên Thủy, Hòa Bình, lấy mẫu gỗ tròn ở khúc dưới tán và trên gốc 1,3 m. Độ ẩm ván trước khi đưa và xử lý hóa dẻo khoảng 35±5%. Ván xẻ tiếp tuyến (do chọn hướng nén xuyên tâm).

Gỗ Keo lai sau nén dùng để sản xuất ván sàn.

- *Về mẫu chế độ xử lý:*

Áp suất ép sơ bộ 2,0 MPa. Áp suất nén 3,0 MPa. Nhiệt độ chuyển từ công đoạn

xử lý mềm hóa sang công đoạn ép là 70 ^{o}C. Thời gian xử lý nhiệt sau nén 2 giờ. Nhiệt độ xử lý nhiệt sau nén 100 ^{o}C. Ổn định mẫu sau nén trong môi trường có độ ẩm 70±5% và nhiệt độ 30±3 ^{o}C trong 7 ngày

1.6.2. Thông số thay đổi

Tỷ suất nén 30, 40 và 50%. Nhiệt độ 140, 160 và 180 ^{o}C. Thời gian 60, 120 và 160 phút. Chiều dày mẫu trước khi nén 22; 24.5; 28.5; 34; 39.5 mm.

1.7. Mục tiêu nghiên cứu

1.7.1. Mục tiêu lí luận

- Trên cơ sở nghiên cứu mối quan hệ giữa tỷ suất nén, thời gian, nhiệt độ nén gỗ bằng phương pháp nhiệt cơ để tìm ra sự thay đối về cấu trúc, tính chất cơ học và vật lý của gỗ Keo lai để góp phần giải thích cơ chế biến tính bằng phương pháp nhiệt- cơ cho gỗ rừng trồng nói chung và gỗ Keo lai nói riêng.

- Góp phần bổ sung cơ sở lý luận của công nghệ biến tính bằng phương pháp nhiệt-cơ, làm cơ sở cho việc xác định thông số công nghệ nén nhiệt- cơ cho gỗ Keo lai.

1.7.2. Mục tiêu thực tiễn

- Xác định được ảnh hưởng của biến tính nén gỗ phương pháp nhiệt- cơ đến sự thay đổi cấu tạo hiển vi của gỗ keo lai.

- Xác định được ảnh hưởng tỷ suất nén, nhiệt độ và thời gian nén đến tính chất gỗ (trong công nghệ biến tính bằng phương pháp nhiệt-cơ) đến tính chất gỗ Keo lai.

- Tìm ra thông số công nghệ hợp lý để biến tính gỗ Keo lai bằng phương pháp nén nhiệt-cơ để sản xuất ván sàn (Tối ưu hóa tham số công nghệ đến tính chất vật lý của gỗ Keo lai mục đích sản xuất ván sàn chịu ẩm và Tối ưu hóa tham số công nghệ đến tính chất cơ học của gỗ Keo lai mục đích sản xuất ván sàn cường lực)

- Đề xuất được qui trình công nghệ sản xuất ván sàn từ gỗ Keo lai đã được biến tính bằng phương pháp nhiệt-cơ.

1.8. Nội dung nghiên cứu

- Cơ sở lý thuyết.

- Xác định nhiệt độ hóa dẻo của gỗ (Tg).

- Nghiên cứu ảnh hưởng của tham số nén ép đến tính chất vật lý, cơ học và khả năng kháng nấm mốc của gỗ Keo lai.

- Nghiên cứu xác định chế độ tối ưu biến tính gỗ Keo lai bằng phương pháp nén nhiệt- cơ. (Tối ưu hóa tham số công nghệ đến tính chất vật lý của gỗ Keo lai mục đích sản xuất ván sàn chịu ẩm và Tối ưu hóa tham số công nghệ đến tính chất cơ học của gỗ Keo lai mục đích sản xuất ván sàn cường lực)

- Nghiên cứu sự phân bố khối lượng riêng theo chiều dày và thay đổi cấu tạo gỗ khi nén gỗ bằng phương pháp nhiệt-cơ.

- Khảo nghiệm kết quả và tối ưu hóa các tham số chế độ nén từ đó đề xuất qui trình công nghệ sản xuất ván sàn.

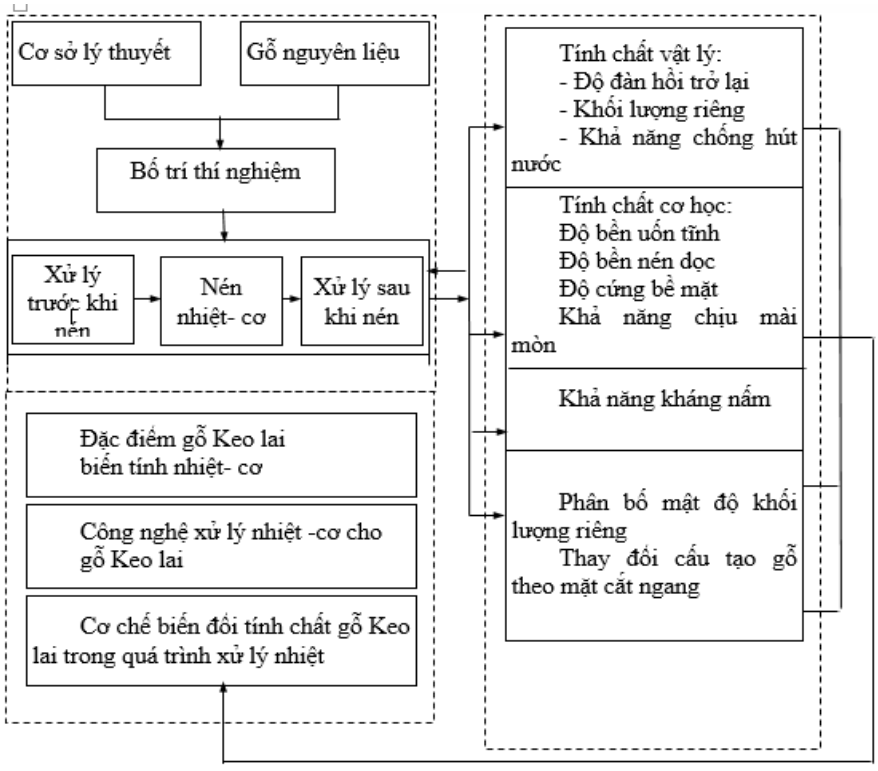
1.9. Phương pháp nghiên cứu

1.9.1. Phương pháp lý thuyết

Kế thừa các công trình nghiên cứu liên quan để nghiên cứu cơ sở lý thuyết của công nghệ nén gỗ bằng phương pháp nhiệt- cơ, các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng gỗ xử lý, cơ sở lý thuyết về gỗ keo lai, cơ sở lý thuyết về tiêu chí ván sàn.

1.9.2. Phương pháp thực nghiệm

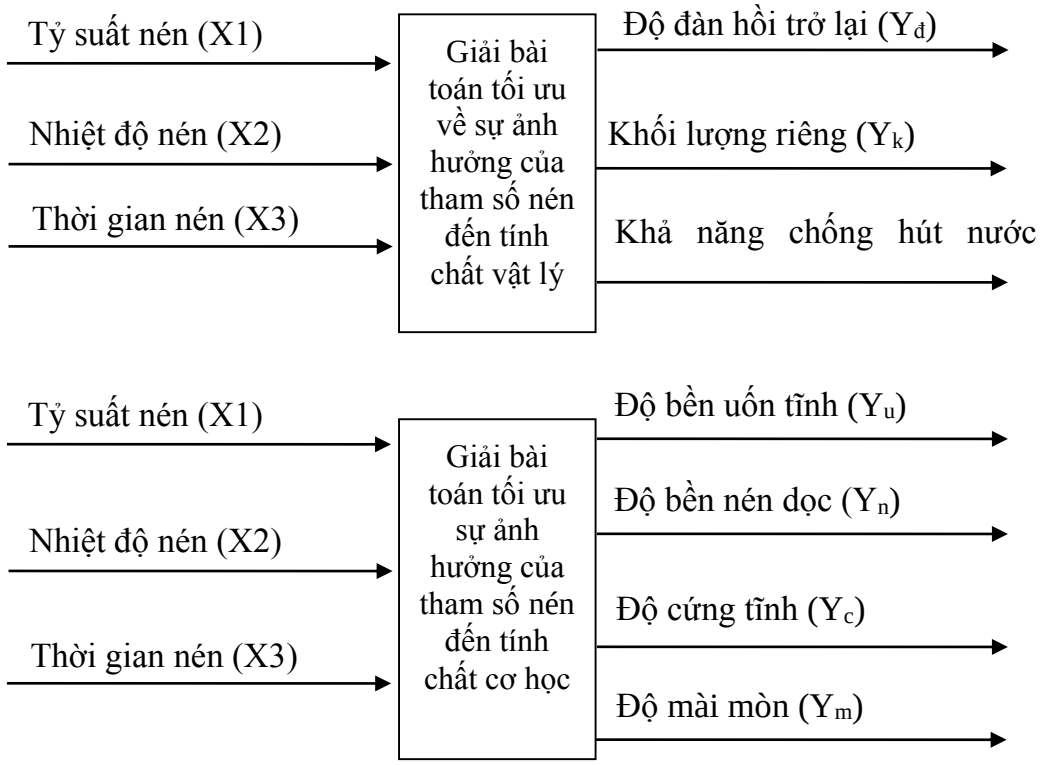
Quá trình thực nghiệm trong của luận án được mô tả theo sơ đồ Hình 1.8.



Hình 1.8. Sơ đồ tổng quát quá trình nghiên cứu thực nghiệm

1.9.2.1. Bố trí thí nghiệm

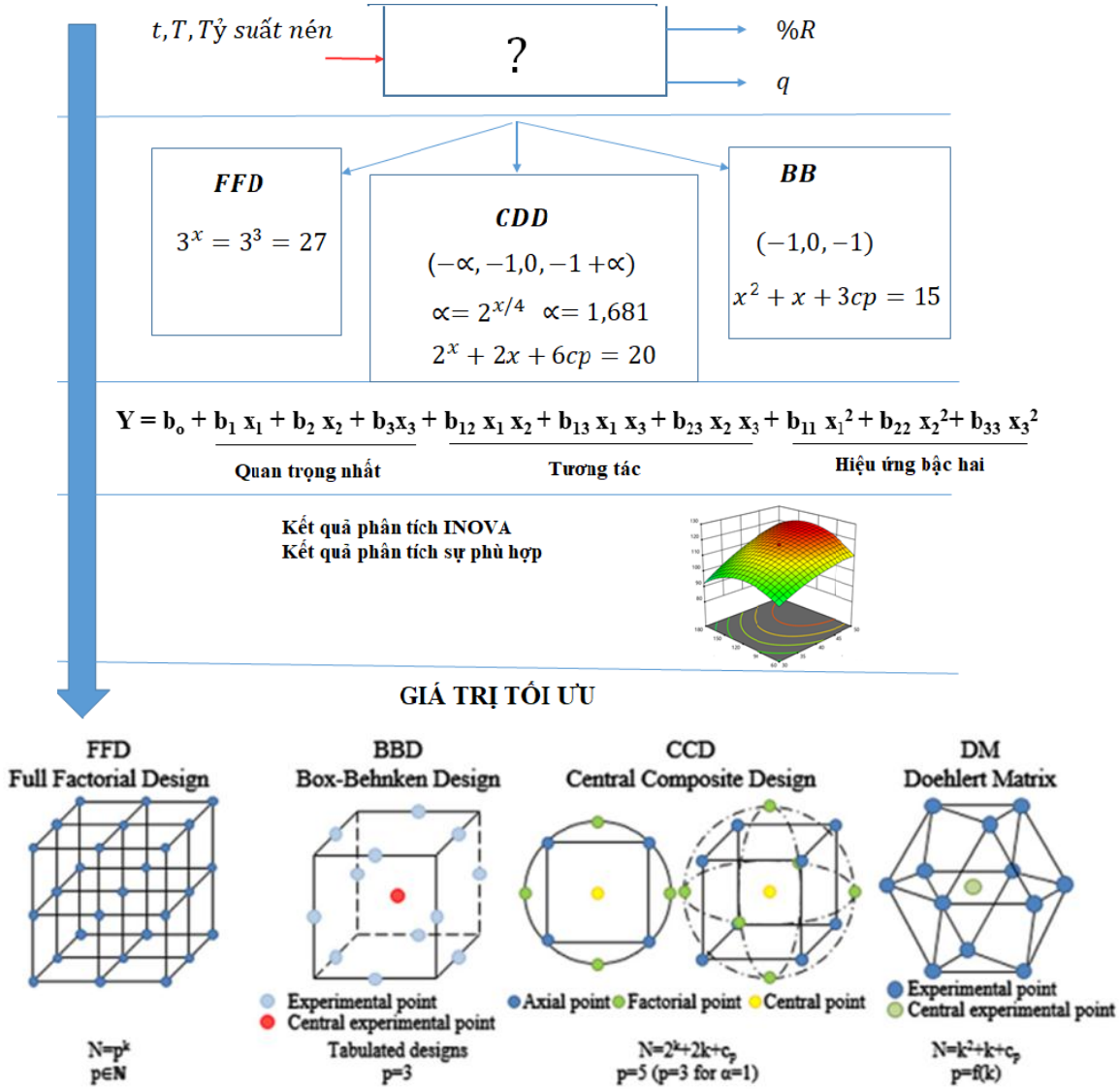
Việc xác định thông số đầu vào được lựa chọn theo cơ sở lý thuyết, căn cứ vào khái niệm về xử lý gỗ bằng phương pháp nhiệt-cơ thì gỗ được làm tăng mật độ nhờ tác dụng của áp suất và nhiệt độ ở một thời gian nhất định nào đó. Từ khái niệm đó cho thể thấy việc lựa chọn 03 biến đầu vào là tỷ suất nén, nhiệt độ và thời gian là hoàn toàn phù hợp. Với biến đầu ra được lựa chọn chủ yếu theo yêu cầu tính chất của ván sàn sẽ được phân tích tại phần cơ sở lý thuyết về chỉ tiêu chất lượng của ván sàn. Mục đích của kế hoạch đa yếu tố là nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ, thời gian và tỷ suất nén đến chất lượng gỗ Keo lai. Mô hình bài toán tối ưu trong nghiên cứu thực nghiệm xử lý nhiệt cho gỗ Keo lai có thể mô tả theo sơ đồ hình 1.9.



Hình 1.9. Mô hình bài toán xác định các thông số tối ưu khi nén gỗ Keo lai bằng phương pháp nhiệt- cơ

Theo hình 1.10 cho thấy có 3 phương pháp thiết kế thí nghiệm bằng phương pháp bề mặt đáp ứng RMS (Response surface methodology) là thiết kế hỗn hợp trung tâm (CCD), thiết kế hộp Beh Behken (BB), Ma trận Doehlert (D), cũng như thiết kế Plackett Burman (PB), đầy đủ hoặc phân đoạn thiết kế giai thừa cho tối ưu hóa với

nhiều biến số (Hình 2). Trong luận án này tôi lựa chọn phương pháp thiết kế hỗn hợp trung tấm (CCD- center composite design) để thiết kế thí nghiệm của mình, phương trình sẽ có ở hình 1.10. [76]



Hình 1.10. Thiết kế thí nghiệm trong phương pháp RSM

FFD- Thiết kế giai thừa hoàn chỉnh (Full factorial design); *CDD*- Thiết kế hỗn hợp trung tâm (Central composite design); *BB*- Thiết kế Box- Behnken (Box–Behnken design)

" Nguồn: A. Witeck 2014"

Như vậy theo phương pháp thiết kế này ta có hàm số sau:

$$N = 2^x + 2x + 6cp \quad (1.3)$$

Trong đó: *N*- số thí nghiệm, x- biến số, cp- tâm (center point)

Khoảng cách từ tâm đến điểm sao $\alpha=2^{k/4}$, với k là biến đầu vào (k=3), vậy α=1,6819. Các mức thí nghiệm được bố trí ở 5 mức (-α, -1, α, 1, +α). Số thí nghiệm được tính theo công thức (1.3) và được xử lý bằng phần mềm Design Expert 11.0 thu được các chế độ tiến hành thực nghiệm tại bảng 1.2.

Bảng 1.2. Thông số thực nghiệm với 3 yếu tố ảnh hưởng

Chế độ	**Kí hiệu**	**Tỷ suất nén (%)**	**Nhiệt độ (ºC)**	**Thời gian (phút)**
CĐ1	K1	40	160	120
CĐ2	K2	40	160	120
CĐ3	K3	30	140	180
CĐ4	K4	30	180	60
CĐ5	K5	40	160	120
CĐ6	K6	40	126	120
CĐ7	K7	50	140	180
CĐ8	K8	40	194	120
CĐ9	K9	50	180	180
CĐ10	K10	40	160	120
CĐ11	K11	40	160	19
CĐ12	K12	57	160	120
CĐ13	K13	23	160	120
CĐ14	K14	30	180	180
CĐ15	K15	40	160	120
CĐ16	K16	50	180	60
CĐ17	K17	50	140	60
CĐ18	K18	30	140	60
CĐ19	K19	40	160	120
CĐ20	K20	40	160	221

1.9.2.2. Kiểm tra đánh giá số liệu

Sau khi làm đủ các thí nghiệm cần thiết, số liệu thu thập được cần được kiểm phân tích bằng phương pháp phân tích đánh giá mô hình hồi qui.

(1) Phân tích đánh giá mô hình hồi quy

a. Kiểm tra độ tương thích của mô hình hồi quy.

Độ tương thích của mô hình hồi quy kiểm tra theo tiêu chuẩn Fisher. Giá trị tính toán của tiêu chuẩn Fisher là:

$$F_u = \frac{mS_a^2}{S_b^2} \qquad (1.4)$$

Trong công thức (1.4): S^2_a- phương sai tuyển chọn tạo nên do sự chênh lệch giữa các giá trị hàm tính theo mô hình và giá trị thực nghiệm của nó; S^2_b- phương sai

do nhiễu tạo ra; bậc tự do ở đây bao gồm: $k_a = N-k^*$; $k_b = N(m-1)$; m- số lần lặp lại của mỗi thí nghiệm. Nếu F_n nhỏ hơn giá trị chuẩn Fisher tra bảng với bậc tự do k_a, k_b với mức ý nghĩa $\alpha = 0.05$ thì mô hình tương thích.

b. Kiểm tra mức ý nghĩa của các hệ số hồi quy

Mức ý nghĩa của các hệ số hồi quy kiểm tra theo chuẩn Student. Chuẩn Student của từng hệ số hồi quy tính theo công chức:

$$t_o = \frac{|b_0|}{S_{bo}}; \qquad t_i = \frac{|b_i|}{S_{bi}}; \qquad t_{ij} = \frac{|b_{ij}|}{S_{bij}}; \qquad t_{ii} = \frac{|b_{ii}|}{S_{bii}}; \tag{1.5}$$

Trong công thức (1.5): S_{bo}, S_{bi},…ước lượng phương sai theo các hệ số hồi quy; b_0, b_i, …giá trị các hệ số hồi quy cần kiểm tra.

Nếu tiêu chuẩn Student của các hệ số hồi quy t_i nào đó lớn hơn chuẩn Student tra bảng t_b thì hệ số có nghĩa. Chuẩn t_b được tra bảng với bậc tự do $\gamma = N(m-1)$ và mức ý nghĩa $\alpha = 0.05$.

c. Chuyển phương trình hồi quy sang dạng chính tắc

Để phương trình hồi quy ở dạng đơn giản hơn và phản ánh rõ tính chất hình học của nó, cần chuyển phương trình hồi quy từ dạng mã sang dạng chính tắc bằng cách rời gốc toạ độ O($x_1 = 0$, $x_2 = 0$, …, $x_k=0$) về điểm đặc biệt: S(x_1^S, x_2^S, …, x_k^S). ở dạng chính tắc phương trình hồi quy sẽ là:

$$y - y_s = \sum_{i=1}^{k} B_{ii} X_i^2 \tag{1.6}$$

Trong công thức (1.6): Y_s- cực trị của hàm tối ưu; X_i- các thông số vào theo toạ độ mới; B_{ii}- hệ số của phương trình chính tắc; k- số thông số.

(2) Phân tích đánh giá mô hình hồi quy bậc 3

a. Kiểm tra độ tương thích của mô hình hồi quy.

Độ tương thích của mô hình hồi quy kiểm tra theo tiêu chuẩn Fisher. Giá trị tính toán của tiêu chuẩn Fisher là:

$$F_u = \frac{mS_a^2}{S_b^2} \tag{1.7}$$

Trong công thức (1.7): S^2_a- phương sai tuyển chọn tạo nên do sự chênh lệch giữa các giá trị hàm tính theo mô hình và giá trị thực nghiệm của nó; S^2_b- phương sai do nhiễu tạo ra; bậc tự do ở đây bao gồm: $k_a = N-k^*$; $k_b = N(m-1)$; m- số lần lặp lại của mỗi thí nghiệm.

Nếu F_n nhỏ hơn giá trị chuẩn Fisher tra bảng với bậc tự do k_a, k_b với mức ý nghĩa $\alpha = 0.05$ thì mô hình tương thích.

b. Kiểm tra mức ý nghĩa của các hệ số hồi quy

Mức ý nghĩa của các hệ số hồi quy kiểm tra theo chuẩn Student. Chuẩn Student của từng hệ số hồi quy tính theo công chức:

$$t_o = \frac{|b_0|}{S_{bo}}; \qquad t_i = \frac{|b_i|}{S_{bi}}; \qquad t_{ij} = \frac{|b_{ij}|}{S_{bij}}; \qquad t_{ii} = \frac{|b_{ii}|}{S_{bii}}; \tag{1.8}$$

Trong công thức (1.8): S_{bo}, S_{bi},…ước lượng phương sai theo các hệ số hồi quy; b_0, b_i, …giá trị các hệ số hồi quy cần kiểm tra.

Nếu tiêu chuẩn Student của các hệ số hồi quy t_i nào đó lớn hơn chuẩn Student tra bảng t_b thì hệ số có nghĩa. Chuẩn t_b được tra bảng với bậc tự do $\gamma = N(m-1)$ và mức ý nghĩa $\alpha = 0.05$.

c. Chuyển phương trình hồi quy sang dạng chính tắc

Để phương trình hồi quy ở dạng đơn giản hơn và phản ánh rõ tính chất hình học của nó, cần chuyển phương trình hồi quy từ dạng mã sang dạng chính tắc bằng cách rời gốc toạ độ O($x_1 = 0$, $x_2 = 0$, …, $x_k = 0$) về điểm đặc biệt: S(x_1^S, x_2^S, …, x_k^S). ở dạng chính tắc phương trình hồi quy sẽ là:

$$y - y_s = \sum_{i=1}^{k} B_{ii} X_i^2 \tag{1.9}$$

Trong công thức (1.9): Y_s- cực trị của hàm tối ưu; X_i- các thông số vào theo toạ độ mới; B_{ii}- hệ số của phương trình chính tắc; k- số thông số.

1.9.2.3. Phân tích và giải bài toán tối ưu

Sử dụng phần mềm Phần mềm Design- Expert 11 được sử dụng để mô hình hóa thí nghiệm và phân tích các kết quả thực nghiệm theo mô hình, xây dựng phương trình hồi quy và giải bài toán tối ưu. Phần mềm này chạy theo thuật toán bề mặt đáp ứng (RSM- Response surface methodology) là một tập hợp các kỹ thuật toán học mô tả mối quan hệ giữa một số độc lập các biến và một hoặc nhiều câu trả lời. Phương pháp này đã được phát triển bởi Box và Wilson (1951) và kể từ đó nó đã được sử dụng rộng rãi như một kỹ thuật để thiết kế thí nghiệm. Phương pháp RSM là dựa trên sự phù hợp của các mô hình toán học (đa thức tuyến tính, vuông chức năng và biến khác) cho kết

quả thử nghiệm được tạo từ thí nghiệm được thiết kế và xác minh mô hình thu được bằng các kỹ thuật thống kê.[76]

Các thí nghiệm trong mô hình, kết quả thực nghiệm (Y) và kết quả mô hình dự đoán (Y') được mô phỏng bởi hình 1.10 và được thể hiện qua mối tương quan giữa các hàm chỉ tiêu Y và các thông số ảnh hưởng x_i:

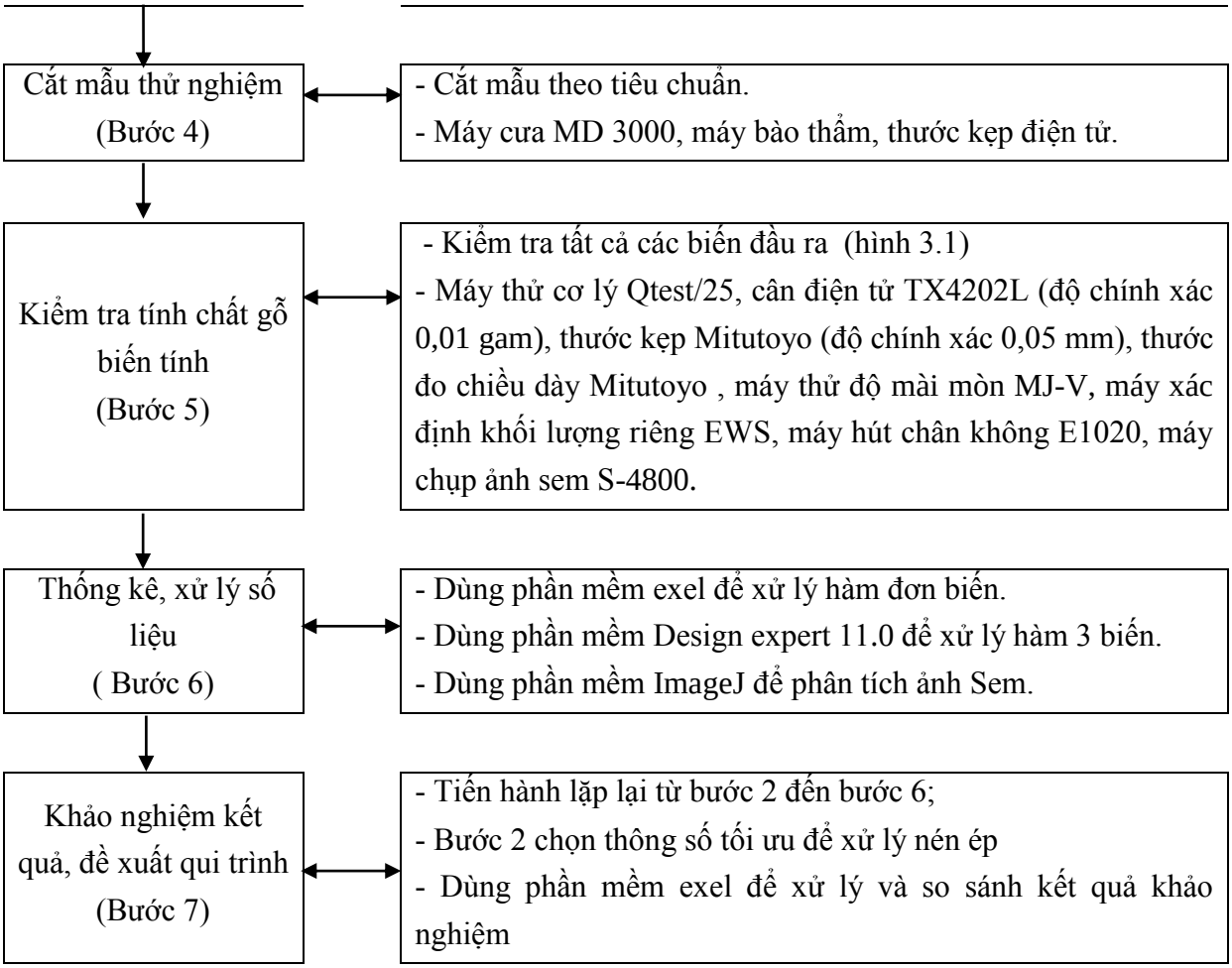
$$Y = b_o + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2 \quad (1.10)$$

Trong đó: Y - các hàm chỉ tiêu (độ đàn hồi trở lại, hệ số chống trương nở, khối lượng riêng, tính chất cơ học...); x_i- giá trị mã hóa của các biến số; b_o - hệ số tự do; b_i - các hệ số tuyến tính; b_{ii} : - các hệ số bậc hai.

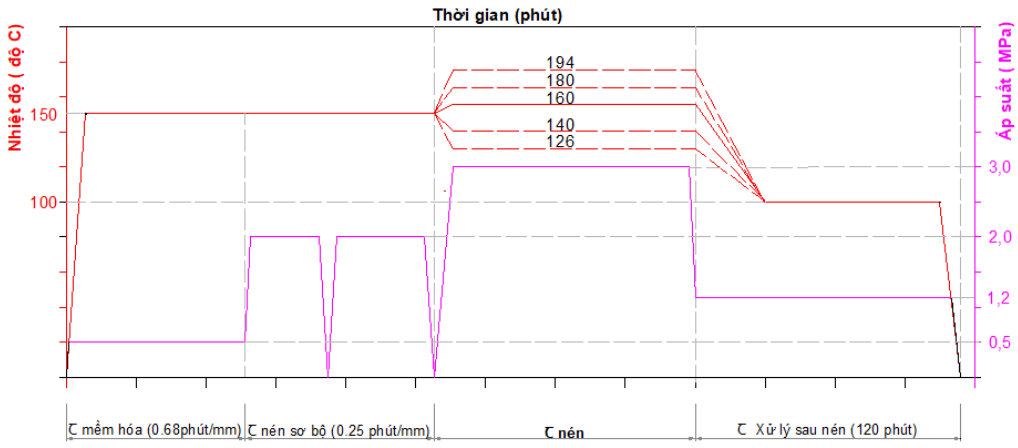
1.9.2.4. Phương pháp xử lý nén gỗ bằng phương pháp nhiệt-cơ

Sơ đồ công nghệ xử lý nén bằng phương pháp nhiệt-cơ.

Tạo phôi gỗ (Bước 1)	- Chế độ nén có 5 cấp tỷ suất nén (23%, 30%, 40%, 50% và 57%) nên ván xẻ được xẻ và bào về kích thước: 22; 24.5; 28.5; 34; 39.5 x 110 x 600 mm. - Ván xẻ độ ẩm: 30-40%. - Ván xẻ tiếp tuyến. - Lựa chọn ván không mục, ván không có ruột ải.
Xử lý gỗ bằng phương pháp nhiệt-cơ (Bước 2)	- Kiểm tra nhiệt độ TG - Nhiệt độ hoá dẻo gỗ: Nhiệt độ hóa dẻo: 150^{o}C; Thời gian 0.68 phút/ mm chiều dày phôi; Áp suất ép 0.5 MPa. - Nén sơ bộ và xả ẩm: Áp suất 2,0 MPa, thời gian 0,25 phút/mm, nhiệt độ tại tâm gỗ đạt 70 -80^{o}C, xả ẩm 3 lần. - Nén ép: Thông số chế độ nén ép theo bảng 3.2 - Giữ ván trong máy ép: Giảm áp lực ép xuống 1,2 MPa, nhiệt độ 100 ^{o}C, thời gian 120 phút. - Tiến hành trên máy ép thí nghiệm BYD113, khoan cầm tay, đồng hồ đo nhiệt tâm gỗ Stiko, súng bắn nhiệt độ bàn ép Bennetech GM-320
Ổn định sau xử lý (Bước 3)	Nhiệt độ 30±5 ^{o}C, độ ẩm 70±5%, thời gian 7 ngày.



Hình 1.11. Sơ đồ mô tả quá trình thực nghiệm



Hình 1.12. Biểu đồ tham số xử lý biến tính nhiệt-cơ thực nghiệm

1.9.2.5.Các chỉ tiêu đánh giá giá thực nghiệm

- Tính chất vật lý: Độ đàn hồi trở lại, khả năng chống hút nước và khối lượng riêng.

- Tính chất cơ học: Độ bền uốn tĩnh, độ bền nén dọc thớ, độ cứng bề mặt và độ mài mòn.

- Độ bền sinh học: Khả năng kháng nấm mốc.

- Phân bố khối lượng riêng theo chiều dày (theo chiều nén).

- Cấu tạo và tính chất gỗ Keo lai đã qua xử lí: Cấu tạo hiển vi của gỗ quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM).

1.9.2.6. Phương pháp xác định các chỉ tiêu chất lượng

(1) Độ đàn hồi trở lại

- Phương pháp kiểm tra: Phương pháp được áp dụng theo phương pháp của Heger, 2004

- Kích thước mẫu: s x 100 x 100 mm (s-chiều dày mẫu giữ nguyên sau nén) Dung lượng mẫu: 15 mẫu/chế độ

- Qui trình kiểm tra: Ngâm mẫu nén trong nước cất ở 60 °C trong 5 ngày và sấy khô ở 30 °C trong 5 ngày. Sau khi quy trình này được lặp lại 5 lần, các mẫu được sấy khô cẩn thận để xác định bộ R vĩnh viễn, được xác định bởi biểu thức:

$$RS = \frac{R_c' - R_c}{R_0 - R_c} \, x \, 100 \, (\%) \qquad (1.11)$$

Trong đó: R_c'-chiều dày của mẫu sau khi đàn hồi trở lại; Ro- là chiều dày ban đầu của mẫu thử theo hướng nén ; Rc -là độ dày sau khi nén.

(3) Khối lượng riêng

- Tiêu chuẩn kiểm tra: TCVN 8048-2: 2009.

- Kích thước mẫu: 20 x 20 x 25 mm. Dung lượng mẫu: 15 mẫu/chế độ.

- Dụng cụ kiểm tra: Cân điện tử độ chính xác ± 0,01g, thước kẹp độ chính xác 0,01mm, tủ sấy nhiệt độ tối đa 300 ^oC có độ chính xác ± 0,1 ^oC.

- Quy trình kiểm tra: Mẫu được đặt vào tủ sấy và tăng dần nhiệt độ. Nhiệt độ cuối cùng là 100 ± 5 ^oC cho đến khô hoàn toàn. Để xác định trạng thái khô hoàn toàn, ta cân mẫu để kiểm tra, nếu khối lượng giữa 2 lần cân liên tiếp cách nhau 2 giờ lệch nhau không quá 0,01g thì dừng sấy, tại thời điểm đó mẫu được coi là khô kiệt. Mẫu khô kiệt được đưa vào bình hút ẩm làm nguội, sau đó cân được khối lượng m_0, g. Sau đó, dùng thước kẹp đo kích thước 3 chiều của mẫu, từ đó tính được thể tích V_0, g/cm^3.

- Công thức xác định:

$$\gamma = \frac{m_0}{v_0}, g/cm^3 \quad (1.12)$$

Trong đó: γ -khối lượng riêng gỗ khô kiệt, g/cm^3; m_o -khối lượng gỗ khô kiệt, g; V_0 - thể tích gỗ khô, cm^3.

(3) Khả năng chống hút nước WRE

-Tiêu chuẩn kiểm tra: ASTM D4446-08.

- Kích thước mẫu: 20 x 20 x 25 mm. Dung lượng mẫu: 15 mẫu/chế độ.

- Dụng cụ kiểm tra: Cân điện tử độ chính xác ± 0,01 g, tủ sấy nhiệt độ tối đa 300 ^oC có độ chính xác ± 2 ^oC.

- Quy trình kiểm tra: Mẫu ngâm trong nước 24 giờ, sau đó cân khối lượng. Tiếp theo, đưa mẫu vào sấy khô kiệt rồi cân khối lượng. Quá trình ngâm sấy thực hiện chu kỳ 7 lần.

Công thức xác định:

$$\text{WRE} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100, \% \quad (1.13)$$

Trong đó: WRE – Hệ số chống hút nước, %; T_1- Hút nước của mẫu đối chứng; T_2 - Hút nước của mẫu xử lý.

T xác định theo công thức:

$$T = \frac{m_s - m_0}{m_{10}} \times 100, \% \quad (1.14)$$

Trong đó: m_s- khối lượng mẫu sau khi ngâm, g; m_o - khối lượng mẫu khô kiệt, g.

(4) Độ bền uốn tĩnh

- Tiêu chuẩn kiểm tra: TCVN 8048-3:2009

- Kích thước mẫu: 20 x 20 x 300 mm. Dung lượng mẫu: 15 mẫu/chế độ

- Dụng cụ kiểm tra: Thước kẹp độ chính xác 0,01mm, máy thử tính chất cơ lý MTS.

- Công thức xác định:

$$MOR = \frac{3 \times P_{max} \times l}{2 \times b \times h^2}, \text{MPa} \quad (1.15)$$

Trong đó: P_{max} – lực phá hủy, N; l- khoảng cách giữa 2 gối đỡ, mm; b- chiều rộng mẫu, mm; h- chiều cao mẫu, mm.

(5) Độ bền nén dọc

- Tiêu chuẩn kiểm tra: TCVN 8048-5:2009

- Kích thước mẫu: 20 x 20 x 30 mm. Dung lượng mẫu: 15 mẫu/chế độ

- Dụng cụ kiểm tra: Thước kẹp có độ chính xác 0,01 mm và máy thử MTS

- Công thức xác định:

$$\sigma_{ed} = \frac{P_{\max}}{b \times t}, \text{ MPa} \quad (1.16)$$

Trong đó: P_{max} -lực phá hủy, N; b- chiều rộng mẫu, mm; t- chiều dày mẫu, mm

(7) Độ cứng bề mặt (cứng tĩnh)

- Tiêu chuẩn kiểm tra: TCVN 8048-12:2009

- Kích thước mẫu: 20 x 50 x 50 mm. Dung lượng mẫu: 15 mẫu/chế độ

- Độ cứng tĩnh, H_{wc}, của mỗi mẫu thử ở độ ẩm W tại thời điểm thử, tính bằng newton, ứng với trên diện tích ấn lõm 1 cm^2, theo công thức:

$$H_{wc} = KP \quad (1.17)$$

Trong đó: P là tải trọng khi mũi ấn đạt tới độ sâu quy định, tính bằng N; K là hệ số bằng 1 và 4/3 trong trường hợp ấn mũi ấn đến độ sâu tương ứng là 5,64 mm; Biểu thị kết quả chính xác đến 1 N.

(6) Độ mài mòn

- Tiêu chuẩn kiểm tra: JAS-007 Nhật bản

- Kích thước mẫu thử: 100 x 100 x t, mm trong đó t là chiều dầy sản phẩm (15 mm), số lượng mẫu thử 10 mẫu trên một mức thí nghiệm.

- Phương pháp xác định: Sử dụng phương pháp cân đo và thử độ mài mòn.

- Dụng cụ kiểm tra: + Thước kẹp có độ chính xác 0,05 mm.
  + Thước banme có độ chính xác 0,01 mm.
  + Cân điện tử có độ chính xác 0,01 g.

- Máy thử độ mài mòn: MJV của Trung tâm thí nghiệm và Phát triển công nghệ viện Công nghiệp gỗ và Nội thất.

- Công thức xác định:

$$\Delta m = \frac{m_1 - m_2}{m_1}.x100\% \quad (1.18)$$

Trong đó: m_1 – khối lượng mẫu trước khi mài; m_2 – khối lượng mẫu sau khi mài.

(7) Khả năng kháng nấm

Phương pháp khử trùng mẫu gỗ

Khử trùng mẫu gỗ được tiến hành dựa theo TCVN 10753: 2015 và TCVN 11356: 2016. Trước ngày đặt mẫu thử trong các đĩa pettri, đặt các mẫu trong túi chịu nhiệt. Trên mỗi túi chỉ đặt các nhóm mẫu giống nhau. Đóng kín các túi và đặt vào nồi khử trùng ở 121 ^{o}C trong vòng 20 phút. Để các túi nguội tự nhiên trong vòng 24 giờ và sau đó lặp lại quá trình khử trùng lại trong 10 phút. Không được mở túi cho đến khi đặt mẫu vào bình nuôi cấy.

Khả năng chống chịu nấm mốc của gỗ keo biến tính được xác định dựa theo tiêu chuẩn Việt Nam về thử hiệu lực bảo quản với nấm (TCVN 11356: 2016) trên nấm *Aspergillus niger*.

Giữ các bình trong phòng nuôi tối với thời gian 4 tuần đối với mẫu gỗ phủ nano, nuôi trong 2 tuần và 4 tuần đối với mẫu gỗ biến tính nhiệt. Sau đó lấy các mẫu gỗ ra khỏi đĩa, lau sạch nấm dính trên đĩa bằng bông vô trùng. Kiểm tra cảm quan bề mặt của mẫu gỗ để xác định sự có mặt của nấm mốc như sau:

0 – Không bị mốc

1 – Bắt đầu có các điểm mốc riêng rẽ, không có điểm nào rộng quá 1,5 mm, dài quá 4 mm, không quá 5% diện tích mốc (mốc).

2 – Bề mặt bị mốc liên tục từ 5-10% tổng diện tích.

3 – Mốc liên tục từ 10-20% tổng diện tích

4 – Mốc liên tục từ 20-50% tổng diện tích

5 – Mốc liên tục quá 50% tổng diện tích

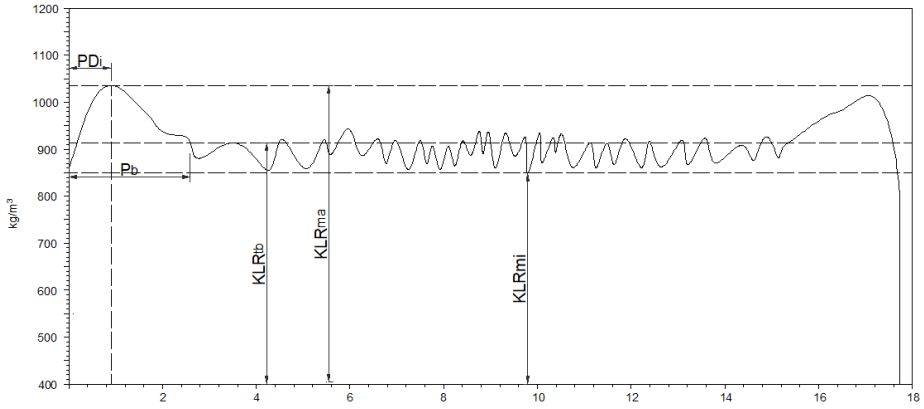
(4) Phân bố khối lượng riêng theo chiều dày

Các mẫu sau khi ép được để ổn định trong phòng bảo ôn ở nhiệt độ môi trường 20±2 ^{o}C và độ ẩm môi trường 65±2% cho đến khi mẫu đạt độ ẩm 12%. Cho mẫu vào túi nhựa kín trước khi đem đi tiến hành kiểm tra tính chất mẫu bằng máy DENSE-LAB mark 3**,** E.W.S.GmbH, sản xuất năm 2015 tại Đức hình 1.14.

Tốc độ đo 0,05 mm/giây. Giá trị khối lượng riêng được đo tại mỗi mặt cắt cách nhau 0,02 mm theo chiều dày mẫu.

Để mô tả biểu đồ phân bố mật độ của gỗ nén (hình 1.13), các thông số đặc trưng

gồm: Khối lượng riêng trung bình (KLRtb); khối lượng riêng lớn nhất theo chiều dày mẫu (KLRmax); khối lượng riêng nhỏ nhất theo chiều dày mẫu (KLRmin); khoảng cách từ bề mặt tới vị trí có khối lượng riêng lớn nhất (PDi); khoảng cách từ bề mặt tới vùng có khối lượng riêng thay đổi đột ngột (Pb).



Hình 1.13. Các thông số đặc trưng của phân bố khối lượng riêng

Hình 1.14. Máy đo quét mật độ tia X (DENSE-LAB mark 3, E.W.S.GmbH, Đức),

(8) Phương pháp phân tích cấu trúc cấu tạo hiển vi

Lấy mẫu phân tích

- Mẫu sau khi xử lý và mẫu xử lý dùng trong phân tích cấu trúc hóa học và cấu tạo hiển vi được lấy t trên cùng một thanh gỗ trên cùng một vòng năm; sau đó thanh gỗ được cắt thành các mẫu nhỏ sao cho các mẫu có vị trí gần nhau để tránh sự khác biệt về cấu trúc khi phân tích do vị trí thân cây gây ra. Độ ẩm mẫu: Tất cả các mẫu gỗ sử dụng để phân tích cấu trúc hóa học và chụp ảnh cấu tạo hiển vi đều được sấy đến khô kiệt (MC = 0%) trước khi đưa vào phân tích. Chụp quan sát theo mặt cắt ngang.

Phương pháp phân tích cấu tạo hiển vi (ảnh SEM)

- Mẫu gỗ dùng trong mô tả cấu tạo hiển vi được lấy từ các mẫu gỗ dùng để phân

tích thay đổi cấu tạo hiển vi.

- Kích thước 3 chiều: xuyên tâm x tiếp tuyến x dọc thớ = 5 mm x 5 mm x 3 mm.
- Vị trí cắt: ở trung điểm theo 2 chiều của tấm gỗ.

Hình 1.15. Mẫu gỗ và thiết bị chụp ảnh SEM

- Mẫu được đưa vào tủ chân không mã hiệu E-1020 tại Viện Khoa học Vật liệu. Hút chân không trong thời gian 30 phút, áp suất hút -0,6 MPa. Sau đó được chụp ảnh SEM bằng máy chụp hiển vi điện tử quét phát xạ từ trường (Field emission Scanning Electrion Microscope) S-4800 tại Viện Khoa học Vật liệu, Hoàng Quốc Việt, Hà Nội.

- Đối tượng cần quan sát, mô tả: Do mục tiêu chính trong nghiên cứu cấu tạo gỗ sau khi xử lý chủ yếu xem xét sự biến đổi hình dạng của các tế bào trong gỗ do tác động của nhiệt độ, nên khi quan sát chủ yếu quan sát sự thay đổi hình dạng của tế bào, tia gỗ, lỗ mạch. Dùng phần mềm mềm ImageJ tính toán mật độ gỗ để chứng minh sự thay đổi của cấu trúc gỗ và tính toán độ rỗng của mẫu gỗ.

1.10. Ý nghĩa của Luận án

1.10.1. Ý nghĩa khoa học

Công trình nghiên cứu cung cấp cơ sở lý luận và bản chất khoa học về xử lý gỗ Keo lai theo phương pháp nhiệt-cơ cho mục đích sử dụng gỗ làm ván sàn.

1.10.2. Ý nghĩa thực tiễn

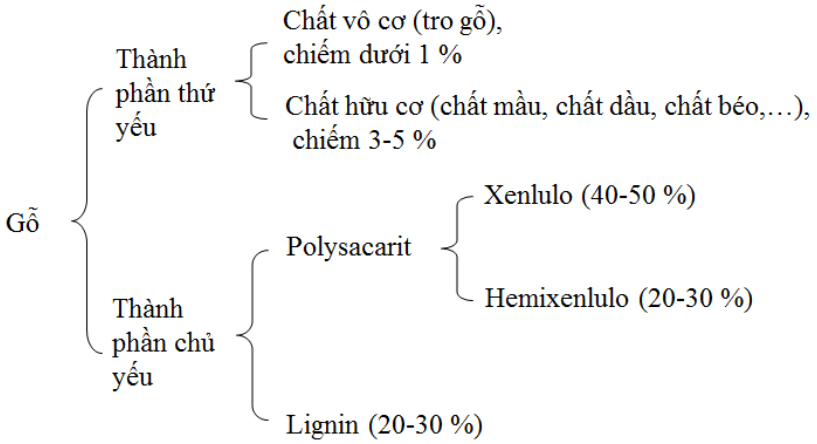
Kết quả nghiên cứu của luận án là cơ sở khoa học và thực tiễn để xây dựng quy trình công nghệ xử lý gỗ Keo lai theo phương pháp nhiệt-cơ nói chung, cho mục đích sản xuất ván sàn nói riêng.

CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Lý thuyết về gỗ

2.1.1. Cấu tạo gỗ và sự ảnh hưởng thành phần gỗ đến tính chất gỗ

Gỗ được tổ thành từ các nguyên tố cơ bản như: C, H, O, N, ngoài ra gỗ còn chứa một lượng nhỏ các nguyên tố khoáng chất. Các hợp chất hóa học cấu tạo nên vách tế bào gỗ có thể được phân làm hai nhóm: Thành phần chủ yếu và thành phần thứ yếu. Thành phần chủ yếu bao gồm cellulose, hemicellulose và lignin; các thành phần thứ yếu bao gồm nhựa cây, tannin, tinh dầu, sắc tố, khoáng chất, pectin, protein, hợp chất vô cơ,…[10]

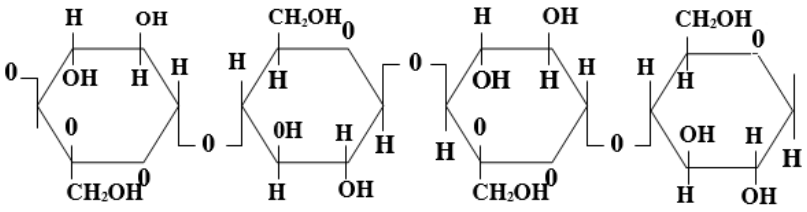


Hình 2.1. Các thành phần hóa học cấu tạo nên gỗ

" Nguồn: Lê Xuân Tình 1998"

2.1.1.1. Cellulose

Cellulose là polsacarit phổ biến nhất trong thiên nhiên. Là thành phần cơ bản cấu tạo nên vách tế bào gỗ, cellulose ảnh hưởng trực tiếp tới cấu tạo và tính chất của gỗ.[12]



Hình 2.2. Phân tử cellulose

" Nguồn: Hồ Sỹ Tráng 2003"

Cấu trúc hóa học của cellulose

Cellulose là một polysacarit đồng thể mạch thẳng, phân tử cellulose được cấu tạo bởi các gốc *β-D*-glucoza, liên kết với nhau bằng các liên kết glycozit 1-4. Cellulose là polyme cấu tạo mạng không gian: Chuỗi phân tử của nó có cấu tạo điều hòa và tất cả các nguyên tử carbon không đối xứng nhau theo một cấu hình chặt chẽ nhất định.

Đơn vị lập thể lặp lại trong chuỗi cellulose là gốc xelobyoza (4-*O*-[*β-D*-glucopyranozil]-*β-D*-glucopyranoza) (Hình 2.2).

Công thức chung của cellulose có thể viết dưới dạng $(C_6H_{10}O_5)_n$ hoặc $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$. Độ trùng hợp n của cellulose trong gỗ khoảng 5.000 đến 10.000. Mức phân tán của cellulose tự nhiên không lớn. Các kết quả nghiên cứu cho rằng, cellulose ở vách tế bào sơ cấp có dạng phân tán, còn ở vách tế bào thứ cấp chúng tồn tại dưới dạng gần với trạng thái đơn tán. Trong quá trình tách từ mô tế bào, cellulose bị biến đổi ở một mức độ nào đó và tính không đồng nhất về phân tử lượng cũng tăng theo.

Ảnh hưởng của cellulose đến gia công và sử dụng gỗ

a. Sự hút và nhả ẩm của cellulose: Cellulose có tính hút ẩm và nhả ẩm. Khi hút hơi nước được gọi là hút ẩm và khi thoát hơi nước được gọi là nhả ẩm. Tính hút ẩm của cellulose có ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng chịu lực và tính ổn định kích thước của sợi. Nhóm hydroxyl (-OH) trên phân tử cellulo trong vùng vô định hình có một phần nhất định ở trạng thái tự do. Các nhóm -OH tự do rất dễ hấp phụ các phân tử nước và hình thành liên kết hydro. Khả năng hút ẩm phụ thuộc vào độ lớn vùng vô định hình và số lượng nhóm -OH tự do. Tính hút ẩm sẽ tăng lên khi vùng vô định hình tăng lên hay đồng nghĩa với nó là độ kết tinh giảm xuống. [21]

Khi độ ẩm tương đối của môi trường thấp, nhóm –OH tự do trong vùng vô định hình hấp phụ phân tử nước; độ ẩm tương đối môi trường tăng lên, một bộ phận liên kết hydro bị phá vỡ hình thành nhóm –OH tự do mới, tiếp tục hấp phụ phân tử nước. Khi độ ẩm tương đối môi trường thấp hơn 70 %, phân tử nước sẽ bị hấp phụ bởi nhóm -OH vốn có và nhóm -OH mới; độ ẩm tương đối môi trường tăng lên trên 70 %, lúc này sẽ hình thành các trung tâm hấp thụ, đồng thời rất nhiều lớp nước hấp phụ sẽ được tạo ra.

b. Hiệu ứng nhiệt: Phân tử nước do vùng vô định hình của cellulose hấp thụ kết hợp với nhóm –OH trong cellulose tạo ra liên kết hydro, làm cho sự sắp xếp của phân

tử nước có tính định hướng nhất định, mật độ lớn hơn so với nước tự do thông thường, và làm cho cellulose bị thấm ướt. Quá trình hút ẩm của cellulose khô xuất hiện hiện tượng tỏa nhiệt, tức tạo ra hiệu ứng nhiệt. Nhiệt tỏa ra được gọi là nhiệt hấp thụ hoặc nhiệt thấm ướt. Nhiệt hấp thụ của sợi cellulo lớn nhất khi ở trạng thái khô kiệt, và giảm đi khi lượng nước hấp thụ tăng lên, đến khi đạt điểm bão hòa sợi thì sẽ không có nhiệt tỏa ra. Khi đo nhiệt hấp thụ, thông thường sử dụng khái niệm tích phân nhiệt hấp thụ. Tích phân nhiệt hấp thụ là nhiệt lượng tỏa ra của 1 g cellulose khi thấm ướt hoàn toàn; vi phân nhiệt hấp thụ là nhiệt lượng kết hợp của 1 g nước với lượng cellulose khô hoặc ướt, hoặc nhiệt lượng tỏa ra do lượng cellulose khô hoặc ướt thoát ra 1 g nước. Vi phân nhiệt hấp thụ khoảng 21-23 kJ/mol nước, giá trị này tương đương với năng lượng của liên kết hydro. Từ đó cho thấy, khi cellulose khô kiệt hút ẩm là do liên kết hydro gây ra. Theo sự gia tăng của nước hấp thụ, nhiệt hấp thụ giảm dần, cho đến khi đạt điểm bão hòa sợi thì nhiệt hấp thụ sẽ bằng không. Phân tử nước hấp thụ vào trước điểm bão hòa sợi được gọi là nước thấm (nước liên kết), nước hấp thụ trên điểm bão hòa sợi được gọi là nước tự do. Nước tự do tồn tại trong ruột tế bào hoặc các mao quản, không làm cho cellulose trương nở, cũng không có hiệu ứng nhiệt. Lượng nước có tại thời điểm bão hòa sợi thường khoảng 20-30 %. Sự hút và thoát ẩm, và hiệu ứng nhiệt của gỗ cùng với hiện tượng mềm hóa và co rút của gỗ có quan hệ mật thiết với tính hút ẩm của cellulose.

2.1.1.2. Hemicellulose

Cũng giống như cellulose, hemicellulose là những polysaccharides cấu tạo nên vách tế bào, nhưng so với cellulose thì hemicellulose kém ổn định hoá học hơn, dễ bị phân giải khi ở nhiệt độ cao. Hemicellulose phân giải trong khoảng nhiệt độ từ 200-260 ^{o}C. Độ bền vững của hemicellulose so với cellulose là thấp mà tính ổn định nhiệt của đường trong gỗ của hemicellulose rất thấp, nó rất dễ phát sinh phản ứng thoát nước. Hemicellulose ở nhiệt độ tương đối thấp phát sinh phân giải sinh ra khối lượng lớn axít acetic và chất khí không cháy, đồng thời có ít dầu gỗ. Hemicellulose dễ bị thuỷ phân dưới tác dụng của acid.

Hemixellulo gồm có pentosan $(C_5H_8O_4)_n$ và hexosan $(C_6H_{10}O_5)_n$, n = 50-200. Hemixellulo dễ bị thuỷ phân dưới tác dụng của axit.

Hemicellulose có cấu trúc phức tạp hơn cellulose và cấu trúc phân tử có mạch nhánh nhiều, độ trùng hợp thấp n nhỏ hơn 200. Do cấu trúc mạch nhánh hemicellulose có cấu trúc chủ yếu ở vùng vô định hình, ngoài ra còn có một ít tồn tại ở vùng tinh thể của cellulose. Vì vậy nó dễ thủy phân trong dung dịch axit, dễ bị chiết xuất khỏi sợi trong dung dịch kiềm loãng, dễ hấp thụ ẩm, có khả năng thủy phân dưới tác dụng của vi khuẩn và làm suy giảm độ bền nhiệt của sợi, tính chất cơ học kém, không bền. Hemicellulose là một trong những chất cao phân tử chủ yếu của gỗ nhạy cảm nhất với điều kiện môi trường. Sự biến đổi, tính chất và đặc điểm của nó có ảnh hưởng rất lớn đến tính chất gia công sử dụng gỗ.

Ảnh hưởng của hemicellulose đến khả năng chịu lực của gỗ

Gỗ sau khi xử lý nhiệt polysacarit bị tổn hại chủ yếu là hemicellulose, do trong điều kiện nhiệt độ cao tốc độ phân giải của hemicellulose lớn hơn cellulose, hay nói cách khác tính chịu nhiệt của hemicellulose kém. Trong vách tế bào, hemicellulose có tác dụng kết dính, do đó sự biến đổi và tổn thất của hemicellulose không chỉ làm giảm tính dẻo dai (toughness) của gỗ mà còn làm cho khả năng chịu uốn, độ cứng và tính mài mòn của gỗ cũng giảm xuống. Tốc độ phân giải của pentosan lớn hơn so với hexosan, sau khi xử nhiệt độ cao tính dẻo của gỗ lá rộng giảm mạnh hơn nhiều so với gỗ lá kim, vì pentosan trong gỗ lá rộng nhiều hơn 2-3 lần so với gỗ lá kim.

Ảnh hưởng của hemicellulose đến tính hút ẩm của gỗ

Hemicellulose là vật chất vô định hình, phân nhánh, trên mạch chính và mạch nhánh hàm chứa rất nhiều nhóm thân nước như: -OH, -COOH, đây là các thành phần có tính hút nước rất mạnh, là một trong những nguyên nhân làm cho gỗ trương nở, biến dạng, nứt, nẻ. Mặt khác, trong quá trình xử lý nhiệt, một vài loại đường trong hemicellulose dễ bị phân giải thành fufuran (C_4H_3O-CHO) và các loại đường đơn, dưới tác dụng của nhiệt độ, những chất này tiếp tục xảy ra tác dụng tụ hợp tạo ra các vật chất không tan trong nước, vì thế có thể làm giảm tính hút ẩm của gỗ, làm giảm co rút và trương nở.

2.1.1.3. Lignin

Lignin có cấu trúc vô định hình, có khối lượng phân tử từ 4.000-10.000, độ trùng hợp cao n bằng 25-45, liên kết giữa các đơn vị lignin rất phức tạp. Bản chất của các

liên kết này chưa được xác định rõ ràng, trong lignin có nhiều nhóm chức như hydroxyl tự do, nhóm metoxyl, nhóm cacbonyl và nối đôi, nhờ vậy mà nó có thể tham gia các phản ứng như oxy hóa làm đứt mạch cacbon tạo thành các axit béo và thơm, hydro hóa và khử, phản ứng với halogen, axit nitric, phản ứng metyl hóa.

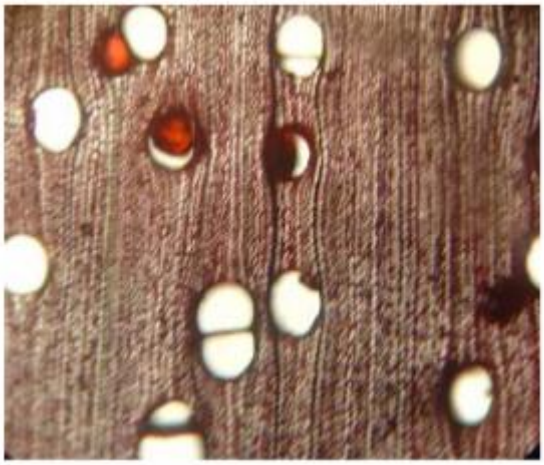
Liên kết giữa lignin và cellulose có ý nghĩa quyết định đến tính chất cơ học, vật lý của gỗ. Lignin có vai trò như một chất liên kết các sợi cellulose trong vách tế bào làm cho gỗ có tính chất cơ học, lý học nhất định. Liên kết lignin và cellulose có ảnh hưởng lớn đến mức độ giãn nở và hút nước cuả gỗ. Tính chất cơ học và hiện tượng giãn nở của gỗ phụ thuộc vào mức độ liên kết, bản chất hoá học của các thành phần có trong gỗ mà trước tiên phải kể đến vai trò của nhóm hydroxyl, chiều dài các phân tử cellulose, hemicellulose, lignin và liên kết giữa các thành phần đó. Để cải thiện tính chất hút nước và giãn nở của gỗ, ta cần có những tác động vào nhóm hydroxyl, để thay đổi tính chất cơ học ta cần tác động làm thay đổi độ polime, khoảng cách giữa các phân tử.

2.1.2. Đặc điểm gỗ Keo lai [1]

- Đặc điểm cây gỗ và cấu tạo gỗ [1]

Thân cây thẳng, đẹp tròn đều, tỉa cành tự nhiên tốt, phân cành cao. vỏ cây khi còn non có màu trắng xanh, không nứt, khi già ngả sang màu nâu, nứt thành những rãnh nhỏ và sâu, có phần giống vo keo lá tràm. quan sát tren mặt cắt ngang gỗ có giác lõi phân biệt, giác có màu vàng nhạt hay vàng xám, lõi có màu vàng nâu, tỉ lệ gỗ lõi chiếm 60%. sự phân chia giác và lõi của gỗ là một đặc điểm cần chú ý trong gia công cắt gọt, do gỗ lõi thường cứng rắn hơn gỗ giác. sự tồn tại cùng gỗ giác và lõi trong cùng mẻ sấy hay trên cùng thanh gỗ xẻ thường dẫn đến hiện tượng khô không đồng đều trong mẻ sấy hoặc trên cùng thanh gỗ sấy, hình thành ứng suất trong gỗ sấy. gỗ keo lai thường có một số khuyết tật chủ yếu như: mắt sống, mắt mục, gỗ bị biến màu, bị mục, hà. vòng sinh trưởng rõ ràng, gỗ sớm gỗ muộn phân biệt, bề rộng thường 10-12mm. mặt gỗ trung bình, chiều hướng thớ gỗ khá thẳng thớ. lỗ mạch phân bố theo hình thức phân tán, mô mềm vây quanh mạch, tia gỗ nhỏ, trong mạch thường có chất chứa. quan sát dưới kính hiển vi, lỗ mạch có hình bầu dục hoặc tròn, phần lớn là mạch đơn, đôi khi xuất hiện mạch kép (2- 3), đường kính lỗ mạch không đồng đều. đường

kính lỗ mạch lớn trung bình 157 µm, đường kính lỗ mạch nhỏ trung bình 52µm. mật độ lỗ mạch 4/ mm2. tế bào mạch có dạng hình trống, tấm xuyên mạch đơn, nằm ngang hoặc hơi xiên tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình thoát dẫn ẩm của gỗ theo chiều dọc thớ. lỗ thông ngang trên vách mạch xếp so le, mật độ nhiều tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình hút và thoát nước theo chiều ngang thân cây. tế bào mô mềm chiếm tỉ lệ không nhiều, chủ yếu là mô mềm vây quanh mạch bề rộng từ 1- 2 tế bào, vây quanh mạch không kín hoặc hình cánh. tia đồng hình có xu hướng tạo thành tầng so le, bề rộng tia (1-2) tế bào, chủ yếu là 1 hàng tế bào; ngược lại chiều cao tia gỗ biến động từ 5 đến 15 hàng tế bào (285µm m). mật độ tia 7/mm. tia nhỏ và hẹp tạo cho độ nghiêng chéo thớ gỗ không lớn, gỗ dễ gia công vì góc tạo bởi trục dọc thân cây và trục dọc tế bào sợi gỗ nhỏ. trên mặt cắt ngang, sợi gỗ có hình đa giác, ở phần gỗ sớm tế bào lớn vách mỏng, ở phần gỗ muộn tế bào bào vách dày hơn. tuy nhiên, do gỗ muộn chiếm tỉ lệ không đáng kể nên gỗ keo lai ít bị răn nứt mặt trên bề mặt.



Hình 2.3. Cấu tạo hiển vi gỗ Keo lai

"Nguồn: Nguyễn Thị Nguyệt Ánh 2007"

- Tính chất vật lý[1]

Sức hút nước gỗ khô kiệt sau 2 giờ ngâm trong nước độ ẩm đạt đến 23,01 %, sau 3 ngày độ ẩm đã đạt đến 62,88%; Từ ngày 29 trở đi độ ẩm đạt trên 149%. Khối lượng thể tích với giá trị dtb= 0,54(g/cm^3);

- Tính chất cơ học[1]

Tính chất cơ học cơ bản của gỗ Keo lai thể hiện dưới Bảng 2.2

Bảng 2.1. Tính chất cơ học của gỗ Keo lai

Tính chất cơ học	Đơn vị	Chỉ số
Độ bền kéo dọc	MPa	53,15
Độ bền kéo ngang	MPa	4,13
Độ bền nén dọc	MPa	39,99
Độ bền nén xuyên tâm	MPa	7,50
Độ bền nén tiếp tuyến	MPa	7,77
Độ bền uốn tĩnh	MPa	83,14

2.2. Lý thuyết về xử lý gỗ bằng phương pháp nhiệt- cơ

2.2.1. Cơ chế hóa mềm gỗ

Hoá mềm gỗ hay dẻo hoá gỗ là một quá trình làm thay đổi tính chất vật lý, tính chất cơ học của gỗ dưới tác động của độ ẩm, nhiệt độ hoặc bổ sung các hoá chất. Mục đích chính của hoá mềm gỗ là tạo ra sự thay đổi tạm thời về tính chất vật lý, tính chất cơ học của gỗ phục vụ cho một loại hình công ghệ tiếp theo nào đó, như: uốn cong, nén ép, phân ly sợi, sấy gỗ...

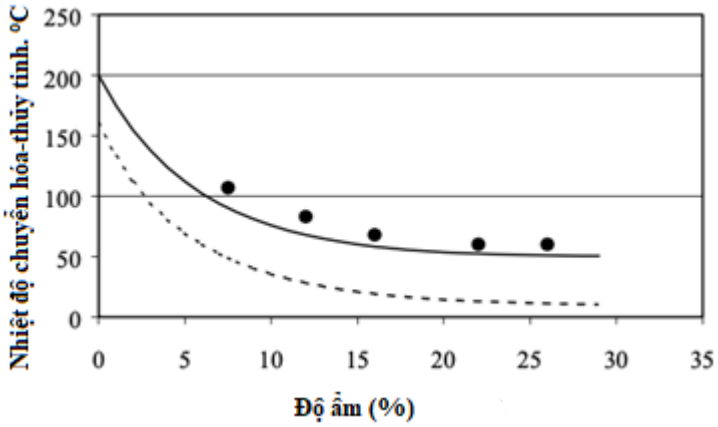
Yêu cầu đối với gỗ hoá mềm là độ dẻo của gỗ tăng (mô đun đàn hồi/MOE giảm) với điều kiện sự thay đổi, sự suy giảm ít nhất của các thành phần hoá học chủ yếu tạo nên gỗ như lignin, cellulose. Mức độ mềm dẻo của gỗ phụ thuộc chủ yếu vào việc làm mềm vách thứ sinh của tế bào gỗ, nơi có thành phần chính là lignin. Lignin là một hỗn hợp các chất thơm cao phân tử có cấu trúc cùng nguồn gốc với phenol, tạo bởi các đơn vị phenylpropan. Hàm lượng lignin trong gỗ chiếm khoảng 20-30%, trong đó gỗ cây lá kim chứa nhiều lignin hơn gỗ cây lá rộng. Lignin có thể được coi như chất nền, chất kết dính để liên kết các sợi gỗ lại với nhau. Do đó để làm mềm gỗ chúng ta chỉ cần tác động để cho lignin chuyển trạng thái từ trạng thái cứng sang trạng thái dẻo.

Gỗ là một vật liệu tổng hợp, bao gồm ba polyme cấu trúc: cellulose, hemicellulose và lignin. Các polyme vô định hình của gỗ (lignin và hemicellulose) có tính chất giống như các vật liệu nhớt, có thể hoạt động như chất lỏng nhớt và như chất rắn đàn hồi tuyến tính; tùy thuộc vào thời gian, nhiệt độ và độ ẩm trong gỗ. Đối với các polyme vô định hình bị cô lập, quá trình chuyển đổi giữa trạng thái cứng sang mềm dẻo được xác định là nhiệt độ chuyển thủy tinh, Tg Salmen 1982. Nhiều tính chất

của các polyme này, chẳng hạn như mô đun đàn hồi thay đổi đáng kể khi vật liệu vượt qua trị số nhiệt độ này này.[57]

Lignin là chất gắn kết chính của thành tế bào có khả năng ảnh hưởng lớn nhất đến độ dẻo của gỗ. Cơ chế của dẻo hoá gỗ là sự thay thế liên kết hydro trong lignin bằng liên kết lignin-nước. [56]

Hemicellulose chuyển sang trạng thái đàn nhớt dưới tác dụng của nhiệt độ và độ ẩm. Tuy nhiên, nhiệt độ chuyển trạng thái của Hemicellulose lớn hơn lignin trong cùng một trị số độ ẩm.



Hình 2.4. Ảnh hưởng của độ ẩm đến nhiệt độ chuyển trạng thái của hemicellulose và lignin

(---): lignin, (—): hemicellulose

"Nguồn: Irvine 1984"

Cellulose là thành phần chính tạo nên lớp thành tế bào thực vật, giúp cho các mô thực vật có độ bền cơ học và tính đàn hồi. Cellulose không tan trong nước ngay cả khi đun nóng và các dung môi hữu cơ thông thường. Do vậy, cellulose ít bị tác động trong quá trình hoá dẻo.

Ở trạng thái khô, nhiệt độ chuyển trạng thái từ cứng sang dẻo của lignin là khoảng 205 °C (Back và Salmén 1982). Một số nhà nghiên cứu cho rằng nhiệt độ Tg khác nhau đối với lignin phụ thuộc vào nhiệt độ khác nhau của gỗ. Khi tăng độ ẩm hoặc sử dụng chất làm dẻo sẽ làm giảm Tg cho tất cả các thành phần của gỗ. Khi tăng độ ẩm đến trị số độ ẩm bão hoà thớ gỗ, lignin có Tg khoảng 100 °C. Ở điều kiện thường (nhiệt độ, độ ẩm) gỗ được coi là vật liệu cứng và dòn, nhưng khi tăng nhiệt độ

và/hoặc tăng độ ẩm gỗ sẽ chuyển sang trạng thái dẻo và dão. Nhiệt độ chuyển trạng thái Tg của cellulose, hemicellulose và lignin là khác nhau. Tg của gỗ khi độ ẩm cao phụ thuộc chủ yếu vào cấu trúc lignin, đặc biệt phụ thuộc vào số lượng nhóm methoxyl có khả năng tham gia phản ứng. Đồng thời theo kết quả nghiên cứu của Salmen (1982), trị số nhiệt độ Tg của lignin là 100 ^{o}C khi gỗ có độ ẩm 10%. Khi nhiệt độ cao, khả năng hút ẩm của gỗ sẽ tăng (đặc biệt khi nhiệt độ lớn hơn Tg), đây là một trong những nguyên nhân làm cho lignin bị thay đổi cấu trúc. Khi nhiệt độ hấp gỗ cao, thời gian hấp gỗ dài độ dẻo của gỗ tăng, tuy nhiên cũng làm giảm đáng kể độ bền cơ học của gỗ. Do cellulose, lignin và hemicellulose sau khi bị tác động bởi ẩm, nhiệt sẽ bị tiền thuỷ phân, cấu trúc lỏng lẻo và không thể phục hồi trạng thái ban đầu [36]

Các phương pháp hoá mềm gỗ:

1) Công nghệ hoá mềm gỗ bằng phương pháp hấp: Việc hấp gỗ được thể hiện bởi quá trình làm nóng gỗ với độ ẩm trên 15% bằng cách sử dụng hơi nước với nhiệt độ cao hơn 80 ^{o}C. Sự gia tăng nhiệt độ gỗ được tiến hành thông qua sự đối lưu theo hướng từ bề mặt về phía trung tâm của các mẫu gỗ. Mẫu vật bằng gỗ được đặt trong buồng hấp gần nhau hoặc theo hàng trên các thanh kê. Thiết bị hấp gỗ mà Dimitar H. Angelski sử dụng được thể hiện như hình 2.6.

Hình 2.5. Thiết bị hấp gỗ gia nhiệt bằng hơi nước

"Nguồn: Dimitar H. Angelski -2014"

Thời gian hoá mềm phụ thuộc phần lớn vào chiều dày của chi tiết gỗ, loài gỗ, cách xếp phôi trong buồng hấp và phụ thuộc vào cường độ dòng hơi nước. Để tránh làm khô bề mặt các chi tiết bằng gỗ trong quá trình hấp, chúng được làm nóng bằng hơi nước bão hòa. Với những ưu điểm về chất lượng hoá mềm, về khía cạnh môi trường nên hấp gỗ là phương pháp phù hợp để làm mềm, hoá dẻo gỗ. Các chi tiết có

thể uốn cong ở bán kính nhỏ và chiều dày lớn. Đây là lý do chính cho phương pháp này được thực hiện rộng rãi nhất trong việc sản xuất các chi tiết bằng gỗ cong bằng cách uốn.

2) Công nghệ hoá mềm gỗ bằng phương pháp luộc: Luộc gỗ là quá trình đun sôi của gỗ trong nước nóng ở nhiệt độ 100 °C. Phương pháp này sẽ rút ngắn thời gian hoá mềm gỗ (nhanh gấp 1,5 lần) so với phương pháp hấp. Saito, Y. và cộng sự (1951) đã chứng minh rằng áp lực uốn là thấp hơn đối với các loại gỗ được hoá dẻo bằng cách luộc so với hoá dẻo bằng phương pháp hấp. Hoá mềm gỗ bằng phương pháp luộc có ba nhược điểm lớn: một là, gỗ bị thay đổi màu sắc rất lớn, thông thường gỗ chuyển sang màu nâu đen; hai là, sau khi xử lý gỗ dễ bị nứt đầu do tác dụng quá nhanh của ẩm, nh iệt; ba là, phương pháp này đòi hỏi thời gian sấy lâu hơn sau khi uốn, tốn nhiều thời gian, năng lượng và làm giảm hiệu quả hoạt động trong sản xuất các chi tiết cong.

3) Công nghệ hoá mềm gỗ bằng phương pháp ép nhiệt: Hoá mềm gỗ theo phương pháp ép nhiệt còn gọi là hoá mềm theo phương pháp khô. Quá trình làm nóng của nó thực hiện bởi tiếp xúc với bề mặt kim loại nóng (bàn ép). Việc làm nóng được thực hiện theo hướng từ bề mặt về phía trung tâm của các chi tiết gia nhiệt và tiến hành trên các máy ép chuyên dụng.

Hình 2.6. Máy ép thuỷ lực hoá mềm và uốn gỗ

"Nguồn: Dimitar H. Angelski -2014"

Phương pháp này có hai ưu điểm chính: không cần làm ẩm gỗ trước khi xử lý và thời gian để ổn định hình dạng sau khi uốn được rút ngắn. Nhược điểm chính của các phương pháp này là mức độ hoá mềm của gỗ, thời gian hoá mềm dài. Do đó, phương pháp này rất phù hợp với hoá mềm các chi tiết có thể uốn cong ở các bán kính

cong tương đối lớn. Trong thực tế, tỷ lệ bán kính cong/chiều dày (R/h) không nhỏ hơn 25-30. Hạn chế này được khắc phục trong thực tế bằng cách kết hợp quá trình dẻo hóa nhiệt với việc ngâm sơ bộ các chi tiết bằng gỗ với độ ẩm 8-12% trong nước đun nóng đến 60-80 ^{o}C trong một khoảng thời gian từ 15 đến 30 phút.

4) Công nghệ hoá mềm gỗ bằng dòng cao tần: Cơ chế hoá mềm theo phương pháp này là sự ma sát nội tại trong quá trình quay của các phân tử nước làm cho nhiệt độ tăng lên của vật liệu gỗ. Việc tạo nhiệt độ trong thể tích vật liệu từ trung tâm đến bề mặt là điểm khác biệt chính và lợi thế của phương pháp này đối với các phương pháp truyền nhiệt thông thường đối với gỗ (tiếp xúc, đối lưu), ở đó nhiệt độ bề mặt cao hơn nhiệt độ trung bình và có gradient nhiệt độ ẩm. Độ ẩm của gỗ ban đầu là một trong những yếu tố chính ảnh hưởng đến tốc độ tăng nhiệt độ. Độ ẩm giữa 15% và 20% và tần số của trường điện từ 5 đến 9 MHz được coi là tối ưu trong quá trình làm mềm gỗ.

Thời gian hoá mềm gỗ bằng dòng cao tần nhanh hơn so với các phương pháp hoá mềm khác. Thời gian của nó là 1-10 phút tùy thuộc vào công suất của máy phát tần số cao và kích thước mặt cắt ngang của các chi tiết. Mặc dù thời gian hoá mềm tương đối ngắn, phương pháp này rất khó áp dụng vì gỗ dễ bị nứt bên trong, đặc biệt khi sự phân bố không đồng đều của độ ẩm ban đầu theo chiều dọc và theo mặt cắt chi tiết.

Hình 2.7. Máy ép cáo tần hoá mềm và uốn, ép gỗ

"Nguồn: Dimitar H. Angelski -2014"

5) Công nghệ hoá mềm sử dụng hoá chất: Hoá mềm gỗ bằng hóa chất là quá trình tác động, phản ứng của hoá chất với các thành phần hoá học cấu tạo nên gỗ, biến đổi cấu trúc vách tế bào gỗ, dẫn đến sự thay đổi một phần của các mối liên kết, hoà tan và nới lỏng các mối liên kết trong vách tế bào gỗ. Độ mềm dẻo trước hết là do sự biến

đổi của lignin, hemicellulose. Việc hoá mềm bằng phương pháp hóa học thường sử dụng các dung dịch nước amoniac, urea, dicyandiamide....Ưu điểm chính của quá trình hoá mềm bằng hoá chất là thời gian xử lý nhanh, mức độ đồng đều cao, gỗ ít bị khuyết tật sau khi xử lý. Nhược điểm của phương pháp này là độ bền cơ học của gỗ giảm, gỗ thường bị xẫm màu. Chi phí sản xuất lớn, đặc biệt là xử lý vấn đề ô nhiễm môi trường.

Dimitar H. Angelski đã lập bảng so sánh ưu, nhược điểm của các phương pháp hoá mềm gỗ ứng dụng trong công nghệ uốn cong các chi tiết hể hiện như bảng 2.1

Bảng 2.2. So sánh các phương pháp hoá mềm gỗ

Phương pháp hoá mềm	Độ ẩm gỗ, %	Độ uốn cong tối đa (R/h)	Thời gian hoá mềm, phút	Thời gian ổn định, giờ	Thiết bị	Ưu điểm chính	Nhược điểm chính
Hấp ở nhiệt độ 95 ^{o}C	20	1,5/1	14	241	Nồi hấp	Độ hoá mềm cao, không ô nhiễm	Thời gian sấy dài
Hấp ở môi trường áp suất cao 135 ^{o}C	20	1,5/1	6	240	Autoclave	Độ hoá mềm cao, năng suất cao	Độ bền giảm, gỗ bị mốc
Luộc ở nhiệt độ 98,5 ^{o}C	20	1,5/1	22	260	Bể luộc	Độ hoá mềm cao, không ô nhiễm	Thời gian sấy dài, gỗ bị mốc
Ép nhiệt ở 100 ^{o}C	12	25/1	10	114	Máy ép nhiệt	Năng suất cao	Độ mềm dẻo thấp
Dòng cao tần	28	16/1	4	2	Máy phát cao tần	Năng suất cao	Yêu cầu độ ẩm phải đồng đều
Xông hơi Ammonia	20	1,5/1	180	290	Buồng xử lý	Độ hoá mềm cao	Năng suất thấp, ô nhiễm môi trường

"Nguồn: Dimitar H. Angelski -2014"

2.2.2. Cơ chế biến dạng gỗ khi biến tính bằng phương pháp nhiệt-cơ

Mặc dù gỗ là hệ phân tán phức tạp dưới dạng nhựa, nước, dầu cùng các chất khác và có cấu trúc phức tạp nhưng giữa độ chặt và độ bền của tất cả các loại gỗ có mối quan hệ như sau [53]:

$$\sigma = A + B\rho \quad (2.1)$$

Trong đó: σ - Độ bền; A và B - Các hằng số; ρ - Độ chặt của gỗ.

Từ mối quan hệ trên Khukhranxki đã đưa ra luận điểm thứ nhất của lý thuyết ép gỗ [53]: **Có thể làm tăng độ bền của tất cả các loại gỗ bằng cách làm chặt, nếu như việc làm chặt không phá vỡ các tế bào của gỗ.**

Độ chặt và độ bền của các thành phần cấu trúc của gỗ không giống nhau. Sự khác nhau về độ chặt của các thành phần cấu trúc tạo nên độ bền khác nhau của các lớp vòng năm sớm và muộn. Độ bền của gỗ muộn cấu tạo từ các phần tử vách dày cao hơn đáng kể so với gỗ sớm cấu tạo từ các tế bào có vỏ mỏng.

Các đặc điểm về cấu trúc gỗ cũng như đặc điểm biến dạng khi ép là cơ sở để Khukhranxki đưa ra luận điểm thứ hai của lý thuyết ép [53]: **Việc ép gỗ nên tiến hành ngang thớ, trong đó đối với loài gỗ lá kim và gỗ lá rộng mạch vòng ép theo hướng vuông góc, đối với loài gỗ lá rộng mạch phân tán-theo hướng vuông góc cũng như hướng tiếp tuyến.**

Nước liên kết có ảnh hưởng lớn đến độ bền và biến dạng của gỗ trong khi ép. Khi độ ẩm W của gỗ tăng, khả năng biến dạng của gỗ cũng tăng, nhưng độ bền sẽ giảm theo quy luật đường hipebol:

$$\sigma_w = \frac{\sigma_{12}}{[1 + k(W - 12)]} \quad (2.2)$$

Trong đó: σ_w -độ bền của gỗ ở độ ẩm nghiên cứu; σ_{12} - độ bền của gỗ ở độ ẩm 12%; k – hệ số điều chỉnh độ ẩm khi ép gỗ ngang thớ, k = 0,035.

Nhiệt độ có ảnh hưởng lớn đến độ bền và độ biến dạng của gỗ. Khi nhiệt độ tăng, độ bền sẽ giảm nhưng khả năng biến dạng của gỗ sẽ tăng.

Giữa độ bền và nhiệt độ của gỗ có mối quan hệ như sau:

$$\sigma = -aT + b \quad (2.3)$$

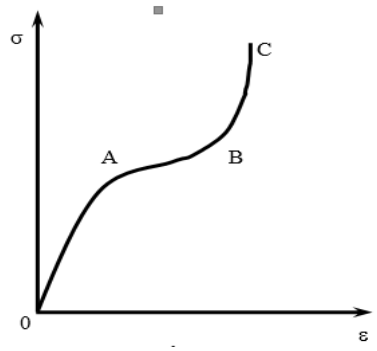
Trong đó: σ - độ bền của gỗ; a và b - hằng số phụ thuộc vào độ ẩm của gỗ; T-nhiệt độ của gỗ.

Gỗ trong trạng thái bị làm nóng ở độ ẩm khoảng điểm bão hòa của các sợi sẽ có độ dẻo cao hơn khi bị ép. Trong quá trình làm nguội và sấy khô, gỗ sẽ trở nên cứng hơn. Sau khi ép, sấy và làm nguội trong trạng thái bị ép chặt, gỗ sẽ giữ được hình dạng mới với những tính chất cơ học cao. Trên cơ sở đó Khukhranxki đưa ra luận điểm thứ ba của lý thuyết ép [53]: **Gỗ được ép trong trạng thái hóa mềm sau đó được sấy**

khô và làm nguội để cố định hình dạng mới tạo nên.

Trong công nghệ nén ép gỗ, thường tiến hành nén ép theo chiều ngang thớ. Mối quan hệ giữa ứng lực và biến dạng được thể hiện ở hình 2.10 [4], [34]

Từ đồ thị hình 2.9 cho ta thấy, biến dạng của gỗ khi ép theo chiều ngang thớ có 3 pha. Trong một số trường hợp gỗ thông, ở pha thứ nhất OA (ε = 0 đến ε = 3-6%) biến dạng tăng dần cùng với việc tăng ứng suất, ở pha thứ 2 AB (ε = 3-6% đến ε = 30-40%). Biến dạng tiếp tục tăng trong khi ứng suất hầu như không thay đổi. Trị số biến dạng ở pha 2 phụ thuộc vào độ chặt của gỗ. Độ chặt của gỗ tự nhiên càng lớn thì trị số cuối cùng của biến dạng càng nhỏ và ngược lại. [53]



Hình 2.8. Mối quan hệ giữa ứng lực và biến dạng trong quá trình ép ngang thớ gỗ

" Nguồn: Khukhranxki 1964"

Ở pha thứ 3 biến dạng xảy ra khi ứng suất tăng mạnh. Sự chuyển hóa của biến dạng từ pha này sang pha kia xảy ra một cách từ từ. Để có thể tăng khả năng sức chịu ép ngang của gỗ mà vách tế bào của gỗ không bị phá huỷ cần phải có sự dẻo hoá vách tế bào để cho gỗ có thể chịu được lực ép ngang đến mức tối đa, tức là tăng sự biến dạng dẻo (biến dạng vĩnh cửu) của gỗ (giai đoạn BC).

Biến dạng toàn phần của gỗ ε gồm biến dạng đàn hồi ε_y và biến dạng dẻo ε_b:

$$\varepsilon = \varepsilon_y + \varepsilon_b \tag{2.4}$$

Sau khi biến đổi toán học, ta có phương trình biến dạng toàn phần như sau:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \frac{\sigma^2}{2.\eta.v} \tag{2.5}$$

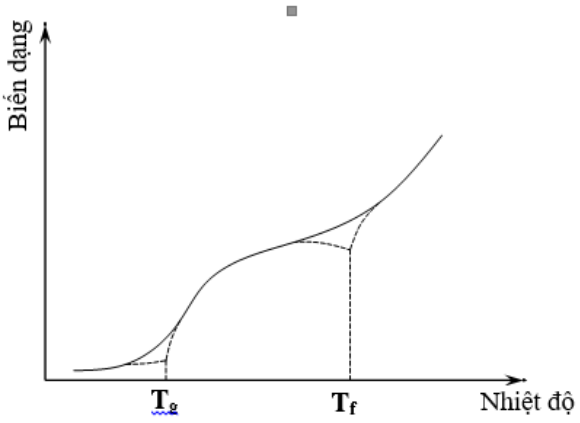
Trong đó: σ - ứng suất; E - mô đun đàn hồi của gỗ khi ép ngang thớ; η - Hệ số độ dẻo của vật liệu; v - tốc độ tăng tải.

Phương trình biến dạng toàn phần của vách tế bào gỗ chỉ đúng đến một trị số ứng suất nhất định, khi ứng suất vượt quá trị số đó thì biến dạng vách tế bào gỗ sẽ thay đổi rất mạnh. Trị số ứng suất đó gọi là Ứng suất tới hạn, được xác định khi ép ngoài tâm vách dọc của vách tế bào như ép một thanh đàn hồi. Thời điểm bắt đầu biến hình vách tế bào chính là điểm cuối của pha thứ nhất và điểm đầu của pha thứ 2 biến dạng ép gỗ ngang thớ [35]

2.2.3. Các chuyển hoá trong gỗ khi xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ

Chuyển hoá tinh thể của lignin: chuyển hoá là hiện tượng phổ biến của các vật liệu cao phân tử không định hình, vì không có khả năng tạo thành toàn bộ các hợp chất cao phân tử kết tinh nên không thể hình thành được kết tinh 100%, do đó luôn luôn tồn tại vùng không kết tinh. Khi các chất liệu cao phân tử phát sinh chuyển hoá thuỷ tinh các tính chất vật lý, cơ học đặc biệt là tính chất cơ học có sự thay đổi mạnh mẽ, trong khu vực nhiệt độ chuyển hoá chỉ cần thay đổi nhiệt độ khoảng vài độ thì môđun đàn hồi đã thay đổi 3 - 4 cấp. Lúc này, gỗ từ vật rắn có độ cứng tương đối cao đột nhiên trở thành vật liệu đàn hồi dẻo, hoàn toàn thay đổi tính năng vốn có của vật liệu. Vì thế, chuyển biến thuỷ tinh là một tính chất vô cùng quan trọng của chất cao phân tử. Trong hình 2.10 biểu thị mối quan hệ giữa nhiệt độ chuyển hoá và biến dạng gỗ. [26], [50], [51]

Chuyển hoá thuỷ tinh của vật liệu cao phân tử là sự chuyển biến giữa trạng thái thuỷ tinh và trạng thái đàn hồi cao. Nhiệt độ chuyển hoá trạng thái thuỷ tinh (T_g) là một chỉ tiêu quan trọng để biểu thị chuyển hoá thuỷ tinh.



Hình 2.9. Mối quan hệ giữa nhiệt độ chuyển hoá và biến dạng của gỗ

"Nguồn: Sahbi Ouertani 2014"

Khi nhiệt độ gỗ (T) nhỏ hơn nhiệt độ chuyển hoá thuỷ tinh T_g, lúc này gỗ đang ở

trạng thái thuỷ tinh, khi nhiệt độ gỗ (T) nằm trong khoảng nhiệt độ chuyển hoá thuỷ tinh và nhiệt độ lỏng dính (T_f) ($T \in (T_g \& T_f)$ thì gỗ đang ở trạng thái đàn hồi cao, khi nhiệt độ gỗ T lớn hơn nhiệt độ chuyển hoá lỏng dính T_f thì gỗ ở trạng lỏng dính. Khi nhiệt độ gỗ nhỏ hơn nhiệt độ thuỷ tinh hoá thì năng lượng của phân tử rất thấp những chuyển động của các mắt xích bị đông cứng và ta không đo được chuyển động của các đoạn mạch biểu thị biến dạng. Vì thế, trên quan điểm vi mô biến dạng của chất cao phân tử trạng thái thuỷ tinh là rất nhỏ. Khi nhiệt độ tăng cao thì năng lượng chuyển động nhiệt và thể tích tự do của phân tử của các chất cao phân tử tăng dần, khi nhiệt độ đạt đến nhiệt độ thuỷ tinh hoá thì chuyển động của các mắt xích phân tử bắt đầu bị kích phát, lúc này hình thành khu vực chuyển hoá thuỷ tinh của trạng thái động lực học chất cao phân tử vô định hình (lignin), khi nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ T_f thì gỗ chuyển hoá thành dạng lỏng dính làm cho chất cao phân tử giống như chất lỏng dính sản sinh chuyển động của chất lỏng dính.

Nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy, lignin có đặc tính chuyển hoá thuỷ tinh của chất cao phân tử vô định hình. Khi gia nhiệt cho lignin đạt đến nhiệt độ chuyển hoá thuỷ tinh thể T_g, lignin nhanh chóng dẻo hoá. Các yếu tố làm ảnh hưởng đến nhiệt độ dẻo hoá của lignin là nguồn gốc, phương pháp phân ly phân tử lượng, độ ẩm của lignin. Nếu độ ẩm của lignin thấp thì nhiệt độ chuyển hoá cao, ngược lại nếu độ ẩm của lignin cao thì nhiệt độ chuyển hoá thuỷ tinh của nó giảm xuống.

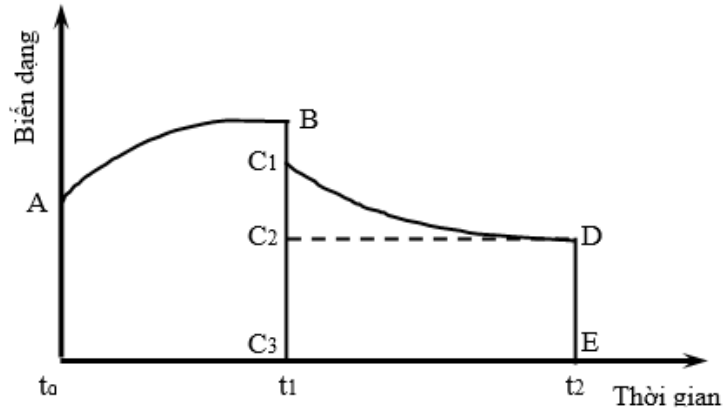
Cơ chế cũng như quá trình chuyển hoá thuỷ tinh thể của lignin rất quan trọng trong công nghệ biến tính gỗ bằng phương pháp nén ép, gia nhiệt trực tiếp. Trong quá trình ép tạo chiều dày ván, khi nhiệt độ đạt đến nhiệt độ chuyển hoá thuỷ tinh thể nhờ vào tác dụng dẻo nhiệt của lignin có thể nhanh chóng tạo được chiều dày ván với áp lực nhỏ. Chuyển hoá tinh thể của vách tế bào: các thành phần của gỗ có thể dẻo hoá bao gồm cellulose, vùng không kết tinh của cellulose và hemicellulose có tác dụng thân hợp rất mạnh với tính trương nở của gỗ. Nước không thể thâm nhập vào vùng kết tinh của cellulose nhưng dung dịch NH_3 thì có thể thâm nhập vào được. Từ đó, làm cho bên trong của các mixencellulose trương nở. Chính điều đó ta có thể thấy chỉ có thể dẻo hoá các thành phần của vách tế bào bằng hoá chất còn nhiệt độ thì ít có tác dụng. Ta thấy, lignin là một thành phần hết sức quan trọng liên quan đến khả năng dẻo hoá của gỗ.

2.2.4. Các biến dạng trong gỗ khi xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ

Gỗ là một loại vật liệu mang đồng thời hai tính chất rắn đàn hồi và lỏng dính, gỗ thuộc loại vật liệu cao phân tử khi chịu ngoại lực tác dụng thì sản sinh 3 loại biến dạng: Biến dạng đàn hồi tức thời, biến dạng sau đàn hồi và biến dạng dẻo.

Như chúng ta đã biết, gỗ được cấu tạo nên bởi vô số tế bào, vách tế bào được cấu tạo nên bởi hai thành phần chính là cellulose và lignin. Cellulose có cấu trúc định hình (microfiber) người ta ví như sườn sắt. Đây chính là thành phần chính sản sinh ra nội lực của gỗ. Lignin là một chất keo có cấu trúc vô định hình, người ta ví như ximăng bám trên sườn sắt để tạo ra khối bêtông - chính là vách tế bào. Do cấu trúc như vậy lignin chỉ là thành phần thứ yếu sản sinh ra nội lực. Biến dạng đàn hồi là do cellulose đã sản sinh ra nội lực tạo ra biến dạng đàn hồi; lignin, cellulose và hemicellulose sinh ra biến dạng dẻo (biến dạng vĩnh cửu). Biến dạng vĩnh cửu biểu thị độ dẻo của gỗ.

+ Biến dạng đàn hồi tức thời:



Hình 2.10. Sự biến dạng của gỗ theo thời gian tác dụng ngoại lực

"Nguồn: Sahbi Ouertani 2014"

Khi chịu tác động của ngoại lực, biến dạng sản sinh tương ứng với tốc độ tăng tải trọng gọi là biến dạng đàn hồi tức thời, biến dạng này tuân theo định luật Hooke khi tải trọng kết thúc thì gỗ lập tức tạo nên biến dạng đàn hồi giảm dần theo thời gian gọi là biến dạng đàn hồi dẻo (biến dạng sau đàn hồi) nó do các mắt xích phân tử celulose bị uốn cong hay bị kéo dãn tạo thành, loại biến dạng này cũng tỷ lệ nghịch, so với biến dạng đàn hồi thì nó có tính trễ thời gian. Chuỗi phân tử celulose bị trượt lên nhau khi chịu ngoại lực tác dụng biến dạng này được gọi là biến dạng dẻo, đây là biến dạng có tính thuận nghịch. Từ đó cho thấy, gỗ là loại vật liệu vừa có biến dạng đàn hồi vừa có

biến dạng dẻo. Hình 2.11 thể hiện sự phụ thuộc của biến dạng của vật liệu gỗ theo thời gian tác động lực.

+ Biến dạng dẻo của gỗ:

Biến dạng dẻo của gỗ tương đối nhỏ vì vậy có hạn chế nhất định trong khi gia công. Gỗ là loại vật liệu cao phân tử tính dẻo của nó là kết quả của biến dạng và sự dịch chuyển tương đối giữa các cao phân tử dưới tác dụng của ngoại lực. Ở nhiệt độ thường, để nâng cao tính dẻo của gỗ phải cho thêm hoá chất làm cho lực liên kết giữa các phân tử yếu đi. Ngoài ra, thông qua tác dụng của nhiệt độ, nó làm cho các chất nền (cellulose, lignin) của gỗ dẻo hoá quá trình đó cũng có thể nâng cao tính dẻo của gỗ. Tính chất này gọi là tính nhiệt dẻo của gỗ.

Lignin là một chất có tính nhiệt dẻo, vì nó là chất không định hình cho nên điểm nóng chảy không cố định. Loài cây khác nhau, nhiệt độ hoá dẻo và nóng chảy của nó cũng khác nhau. Nhiệt độ hoá dẻo của lignin có quan hệ mật thiết với độ ẩm. Điểm nhiệt dẻo (hoá dẻo) của nó ở trạng thái khô kiệt là 127-193 ^oC còn ở trạng thái ẩm ướt thì giảm xuống rõ rệt khoảng 77-128 ^oC.

Hemicellulose do hút nước nên điểm hoá dẻo của nó cũng giảm xuống tương tự trường hợp của lignin. Chất giữ vai trò cốt lõi của gỗ là cellulose thì điểm hoá dẻo lớn hơn 232^0C, vùng kết tinh của nó không chịu ảnh hưởng của nước chuyển hóa trạng thái thuỷ tinh của cellulose giảm theo mức độ tăng của độ ẩm.

Theo Hilis (1984) đối với gỗ ở trạng thái bão hoà nước ở nhiệt độ 70-80 ^oC và ở 80 - 100 ^oC hình thành 2 khu vực dẻo nhiệt độ liên tục. Người ta cho rằng khoảng 70 – 80 ^oC là điểm chuyển hoá thuỷ tinh của hemicellulose, 80-100 ^oC lignin; gỗ ở trạng thái ẩm ướt khi gia nhiệt có tính dẻo nhiệt rõ rệt. [30]

Như vậy, khả năng biến dạng dẻo của gỗ phụ thuộc vào độ ẩm và nhiệt độ của gỗ; ngoài ra biến dạng dẻo của gỗ còn phụ thuộc vào hoá chất. Do đó, để tăng độ dẻo của gỗ trong quá trình gia công chế biến người ta tác động vào lignin và hemicellulose bằng các phương pháp như: xử lý nhiệt ẩm, dùng hoá chất. Ở điều kiện bình thường thì gỗ có biến dạng dẻo tương đối nhỏ, do vậy rất hạn chế trong quá trình gia công chế biến gỗ, đặc biệt là quá trình nén gỗ. Trong điều kiện bình thường để nâng cao tính dẻo của gỗ cần phải cho chất hoá dẻo để làm cho lực liên kết giữa các phân tử yếu đi và làm tăng biến dạng dẻo của gỗ.

Từ một số đặc điểm cấu tạo và tính chất của gỗ ta rút ra kết luận:

- Khi nén hoặc ép gỗ theo chiều dọc thớ, các tế bào gỗ vách dày cũng như vách mỏng được nén cùng một mức độ nén, khi đó độ bền của các thành phần cấu tạo nên gỗ được giữ nguyên sự khác nhau trong trạng thái mới. Như vậy chúng ta không thể tăng tính chất của gỗ theo chiều dọc thớ.

- Ép gỗ nên ép theo chiều ngang thớ, đối với gỗ lá kim và gỗ lá rộng mạch vòng nên ép theo chiều xuyên tâm, gỗ mạch phân tán ép theo cả hai chiều xuyên tâm và tiếp tuyến [59]

- Trong quá trình ép gỗ theo chiều ngang thớ để tăng sự biến dạng vĩnh cửu của gỗ nhằm tăng mức độ nén của gỗ cần phải có sự dẻo hoá vách tế bào của gỗ, nghĩa là phải làm cho các chất matrix (lignin, hemicellulose) thay đổi trạng thái dưới tác động của nhiệt độ và độ ẩm hoặc làm giảm hàm lượng của chúng có trong gỗ, chuyển hoá thành dạng khác dưới tác động của các chất hoá học bên ngoài.

2.2.5. Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ

- Độ ẩm: Độ ẩm gỗ có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng gỗ nén, bởi lẽ nếu độ ẩm thấp quá, không đủ để gỗ hoá dẻo và thời gian và nhiệt độ hoá dẻo, áp lực nén ép sẽ tăng lên và khả năng sẽ gây các vết nứt nhỏ trong vách tế bào tăng lên làm cho gỗ nén ép sau khi ép tăng tốc độ hút ẩm làm cho gỗ nén ép tăng khả năng và làm giảm tính chất cơ học. Một số kết quả nghiên cứu cho thấy, tăng độ ẩm gỗ đến gần độ ẩm bão hoà thớ gỗ thì khả năng hoá dẻo gỗ tăng lên. Tuy nhiên, điều này ảnh hưởng đến thời gian sấy để ổn định kích thước gỗ ép tăng lên. Nếu độ ẩm gỗ sau khi hoá dẻo bằng hấp hoặc luộc gỗ quá cao cũng có thể gây các vết nứt, rạn trong vách tế bào. Nén gỗ có độ ẩm khoảng từ 15-20% cũng có thể gây các vết nứt dạn trong vách tế bào. Độ ẩm gỗ có liên quan đến hệ số nội ma sát (đặc trưng cho lượng ẩm liên kết có trong gỗ), hệ số nội ma sát có ảnh hưởng đến sự đàn hồi trở lại của gỗ nén.

- Tỷ suất nén: Tỷ suất nén có liên quan chặt chẽ đến khối lượng riêng và độ bền của gỗ. Mỗi một loại gỗ có tỷ suất nén lớn nhất mà gỗ có thể chịu nén được, nếu quá trình nén gỗ với tỷ suất nén lớn có thể dẫn tới vách tế bào gỗ bị phá huỷ, khi đó khối lượng riêng của gỗ có tăng, nhưng độ bền của gỗ bị giảm. Mặt khác khi nén gỗ với tỷ suất nén thấp (<30%) gỗ có khả năng đàn hồi trở lại thấp nhưng tính chất cơ lý không được nâng cao.

- ***Nhiệt độ:*** Nhiệt độ của gỗ có ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình hoá dẻo của gỗ và có liên quan chặt chẽ với độ ẩm gỗ. Nếu tăng nhiệt độ, tính dẻo của gỗ được tăng lên và làm giảm áp lực nén ép, hạn chế các vết nứt, vỡ trong vách tế bào. Sự ảnh hưởng này đã được trình bày ở phần chuyển hoá trạng thái thuỷ tinh thể của lignin và hemixenlulô: Lignin là một chất có tính nhiệt dẻo, vì nó là chất không định hình cho nên điểm nóng chảy không cố định. Loài cây khác nhau, nhiệt độ hoá dẻo và nóng chảy của nó cũng khác nhau. Nhiệt độ hoá dẻo của lignin có quan hệ mật thiết với độ ẩm. Điểm nhiệt dẻo (hoá dẻo) của nó ở trạng thái khô kiệt là 127-193 ^oC còn ở trạng thái ẩm ướt thì giảm xuống rõ rệt khoảng 77-128 ^oC. Hemicellulose do hút nước nên điểm hoá dẻo của nó cũng giảm xuống tương tự trường hợp của lignin. Chất giữ vai trò cốt lõi của gỗ là cellulose thì điểm hoá dẻo lớn hơn 232^0C, vùng kết tinh của nó không chịu ảnh hưởng của nước chuyển hóa trạng thái thuỷ tinh của cellulose giảm theo mức độ tăng của độ ẩm. Do vậy trong quá trình nén ép gỗ cần phải lựa chọn khoảng nhiệt độ hợp lý để lignin và hemixenlulô nhanh chóng chuyển trạng thái từ thuỷ tinh thể sang trạng thái lỏng dính tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình nén ép gỗ.

- ***Thời gian:*** Sự dẻo hoá của vách tế bào với mục đích làm tăng độ biến dạng dẻo hay còn gọi là biến dạng vĩnh cửu để gỗ có thể nén ép một cách dễ dàng. Sự biến dạng của gỗ có sự tương quan chặt chẽ đến thời gian. Khi gỗ chịu tác động của ngoại lực, biến dạng sản sinh tương ứng với tốc độ tăng tải trọng gọi là biến dạng đàn hồi tức thời, biến dạng này tuân theo định luật Hooke khi tải trọng kết thúc thì gỗ lập tức tạo nên biến dạng đàn hồi giảm dần theo thời gian gọi là biến dạng đàn hồi dẻo (biến dạng sau đàn hồi) nó do các mắt xích phân tử celulose bị uốn cong hay bị kéo dãn tạo thành, loại biến dạng này cũng tỷ lệ nghịch, so với biến dạng đàn hồi thì nó có tính trễ thời gian. Chuỗi phân tử celulose bị trượt lên nhau, biến dạng này được gọi là biến dạng dẻo, đây là biến dạng có tính thuận nghịch. Vì vậy, gỗ là loại vật liệu vừa có biến dạng đàn hồi vừa có biến dạng dẻo. Như vậy, trong quá trình nén ép gỗ cần phải có thời gian đủ để gỗ chuyển từ biến dạng sau đàn hồi sang biến dạng dẻo (đoạn DE trong hình 2.11)

- ***Hướng nén:*** Khi nén gỗ, hướng nén gỗ có ảnh hưởng lớn đến mạch vòng của gỗ lá rộng, vì nó có thể nén ép theo cả chiều xuyên tâm và tiếp tuyến. Một số kết quả nghiên cứu của GS. Khukhranxki cho thấy gỗ mạch phân tán và gỗ lá kim được nén ép theo chiều xuyên tâm có độ bền lớn hơn so với chiều tiếp tuyến [53]

2.2.6. Ổn định kích thước gỗ xử lý bằng phương pháp nhiệt- cơ

- Sự hút ẩm của gỗ

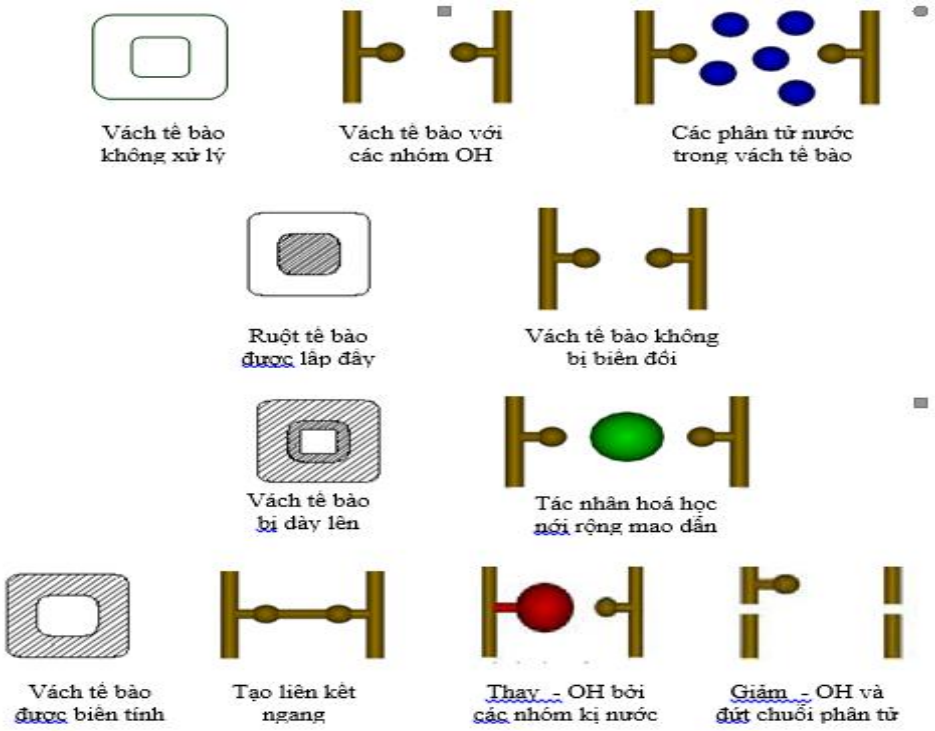
Gỗ ẩm có diện tích bề mặt trong rất lớn, có thể đạt đến hàng trăm mét vuông trên 1g chất gỗ. Rõ ràng rằng để có diện tích bề mặt trong lớn như vậy gỗ phải có một số lượng rất lớn các mao dẫn nhỏ trong vách tế bào. Độ rỗng của gỗ không chỉ là ruột các tế bào như ta thường hiểu mà còn là hệ thống các mao dẫn và vi mao dẫn trong vách tế bào. Người ta phân thành độ rỗng hở - ở dạng các mao dẫn nối với nhau và độ rỗng kín - ở dạng các lỗ không nối với nhau. Trong gỗ vách tế bào gỗ liên hệ với nhau nhờ hệ thống vi mao dẫn, chúng đảm bảo sự liên hệ giữa các tế bào riêng biệt - lỗ thông ngang. Các vi mao dẫn có đường kính bằng hoặc lớn hơn đường kính phân tử nước có vai trò đặc biệt quan trọng trong quá trình hút ẩm của gỗ. [73] Khi gỗ được xử lý hoá học hoặc các tác nhân xử lý xâm nhập vào tế bào gỗ, nó sẽ có những tương tác với các cấu tử gỗ ở dạng này hay dạng khác làm cho cấu trúc, liên kết, tính chất gỗ có sự thay đổi. Sự tác động của các tác nhân chủ yếu vào các liên kết ngang (cầu nối hydro) giữa các cấu tử, đặc biệt và chủ yếu là liên kết hydro giữa các phân tử cellulose. Khi có tác động của tác nhân xử lý vào các cấu tử gỗ, giữa các cấu tử có sự thay đổi như sự thay thế một số nhóm chức, khoảng cách giữa các cấu tử trong gỗ thay đổi sẽ làm cho tính chất cơ lý thay đổi theo. Sự biến đổi nhóm chức (chủ yếu là nhóm OH) sẽ làm cho tính hút nước, hút ẩm thay đổi. Vì thế, nếu có tác động hoặc dùng tác nhân hoá học nào đó xử lý gỗ sao cho có thể biến đổi cấu trúc hoặc thay thế nhóm hydroxyl trong gỗ thành nhóm kỵ nước có kích thước lớn thì nguyên liệu sẽ ít hút nước, ít trương nở [10] Gỗ co, dãn khi lượng nước thấm trong các vi mao dẫn trong vách tế bào giảm hoặc tăng, mà căn nguyên của nó là những ion tự do OH^- trong khu vực phi kết tinh của cellulose hấp phụ thành phần nước trong không khí đồng thời hình thành vô số liên kết hydro với phân tử nước. Khi lượng nước thấm tăng lên số lượng liên kết hydro hình thành trong các mao dẫn tăng lên, làm độ rộng các mao dẫn tăng lên, bề dày vách tế bào tăng lên, gỗ dãn nở. Hemicellulose hút nước rất mạnh, tiếp đó là lignin, cuối cùng là cellulose.

- Hạn chế sự hút ẩm của gỗ nén

Tính hút ẩm và sự thay đổi kích thước gỗ có thể được hạn chế bằng cách tạo các mối liên kết ngang hoặc bịt kín các vi mao dẫn trên vách tế bào đều có thể làm giảm

khả năng hút ẩm và tăng tính ổn định kích thước gỗ. Như vậy để nâng cao khả năng ổn định kích thước gỗ, cần phải làm giảm khả năng hút nước của cellulose, hemicellulose và lignin mà bản chất vấn đề là làm giảm hoặc thay thế các nhóm OH có trong các thành phần đó bằng các nhóm chức kỵ nước hoặc lấp đầy các vi mao dẫn bằng các chất trơ với nước. Nguyên tắc xử lý ổn định hoá kích thước của gỗ là duy trì những tính chất ưu việt vốn có của gỗ nhưng phải làm giảm tính hút ẩm và nhả ẩm của gỗ, nghĩa là làm cho kích thước gỗ ổn định. Có thể phân thành 2 phương thức xử lý: Xử lý chỉ nằm gọn trong khu vực phi kết tinh của cellulose trong vách tế bào; và không xử lý vách tế bào mà chỉ điền đầy, lắng đọng hoá chất vào trong khoang bào.

Theo Militz, Becker, Homan (2004) có thể biểu diễn một số mô hình xử lý ổn định kích thước gỗ như hình 2.12 [31]



Hình 2.11. Phương pháp ổn định kích thước gỗ

"Nguồn: Militz, Becker và Homan 2004"

- Hạn chế sự đàn hồi trở lại của gỗ nén

Sự đàn hồi trở lại của gỗ phụ thuộc vào hệ số nội ma sát. Hệ số nội ma sát càng nhỏ thì khả năng gỗ càng nhanh chóng quay về trạng thái có hình dạng và kích thước ban đầu, hệ số này càng lớn thì khả năng gỗ đàn hồi trở lại thấp. Một trong những

nguyên nhân gây nên sự đàn hồi trở lại của gỗ, về bản chất cũng là do khả năng hút ẩm của hemicellulosee và lignin. Do vậy để hạn chế hiện tượng này có thể làm giảm lượng OH có trong gỗ hoặc thay thế các nhóm OH bởi các nhóm chức kỵ nước.

Theo mô hình ổn định kích thước trong hình 2.13 thì việc xử lí nhiệt để ổn định kích thước của gỗ nén là một trong những phương thức biến tính về thực chất là làm giảm số lượng nhóm - OH để tạo ra các liên kết ngang giữa chúng.

Khi xử lý nhiệt gỗ ở nhiệt độ cao sau khi nén ép, do nhiệt độ cao tác động lên hemicellulose làm cho hemicellulose phát sinh thay đổi hoá học tạo thành hợp chất đa tụ tính hút ẩm kém, đồng thời gia nhiệt làm cho nước hấp phụ mất đi, khoảng cách giữa các chuỗi phân tử khu vực không kết tinh của cellulose vách tế bào ngắn lại, hình thành kết hợp cầu hydro mới, từ đó làm cho tính ổn định kích thước của gỗ được cải thiện. Cơ chế xử lý nhiệt làm cho khoảng cách giữa các chuỗi phân tử cellulose vùng phi kết tinh của vách tế bào gỗ trở nên nhỏ, gốc -OH tự do hình thành tác dụng lực tương đối với nhau và có cơ hội kết hợp với cầu hydro, làm cho tổng số điểm kết hợp của cầu hydro của vùng kết tinh tăng lên, từ đó làm cho tính định hướng của chuỗi phân tử cellulose vùng phi kết tinh của vách tế bào cũng tăng theo, tính ổn định kích thước của gỗ được xử lý cải thiện.

- Cách thức xử lý nhiệt

Trong công nghệ gỗ nén thì quá trình ổn định kích thước thường được thực hiện bằng phương pháp xử lý nhiệt với nhiệt độ xử lý từ tương ứng nhiệt độ Tg của gỗ. Lượng ô xy có mặt trong quá trình xử lý nhiệt để ổn định kích thước gỗ nén sẽ ảnh hưởng tới chất lượng gỗ nén; và căn cứ vào cách thức tiếp xúc của gỗ nén với môi trường không khí mà quá trình xử lý nhiệt được phân thành 3 kiểu xử lý nhiệt thông dụng như sau: Xử lý nhiệt tiếp xúc: Sử dụng nhiệt năng của mặt bàn ép tiếp xúc và gia nhiệt làm nóng gỗ đến nhiệt độ cần thiết; Xử lý nhiệt thông thường: Sử dụng nhiệt trong môi trường khí quyển (kiểu lò sấy đối lưu thông thường) để gia nhiệt và làm nóng gỗ đến nhiệt độ cần thiết; Xử lý nhiệt trong môi trường chân không: Gỗ được đặt trong môi trường chân không và được làm nóng đến nhiệt độ cần thiết.

2.3. Cơ sở đánh giá chất lượng ván sàn

Hiện nay chúng ta mới chỉ đánh giá chất lượng ván sàn thông qua các tiêu chuẩn

TCVN 4340: 1994 và được chỉnh sửa vào năm 2008 và được đặt lại tên tiêu là tiêu chuẩn quốc gia Việt Nam TCVN 7960: 2008 và TCVN 7961:2008, do Viện Vật liệu xây dựng - Bộ xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn - Đo lường - Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.[27] Ngoài tiêu chuẩn của Việt Nam để đánh giá chất lượng ván sàn thông qua các tiêu chuẩn của nước ngoài như: Tiêu chuẩn JAS-SE-7 của Nhật Bản. Tiêu chuẩn GB/T 13123-2003, LY/T 1573-2003 của Trung Quốc. Tiêu chuẩn EN 14342 của châu Âu.

Yêu cầu kĩ thuật ván sàn theo TCVN 7960:2008

- Chủng loại gỗ: Ván sàn được làm từ các loại gỗ nhóm I đến nhóm VI. Chiều dày từ 10-22mm, dung sai ± 0,2mm.

- Độ ẩm của ván sàn gỗ không được lớn hơn 13%.

- Yêu cầu khác: Không cho phép mốc; Không cho phép gỗ dác ở mặt trên nhưng cho phép gỗ dác bám ở một góc mặt dưới với bề rộng và bề dày của phần dác không lớn hơn 3 mm; Không cho phép mắt thối, mắt chết, mắt long; Không cho phép ngang thớ, chéo thớ; Không cho phép tất cả các loại cong (hình cung, hình nhíp, lòng máng...) và vênh (xoắn vỏ đỗ...).

Chất lượng ván sàn gỗ và ván sàn công nghiệp chủ yếu được đánh giá qua các chỉ tiêu như sau theo cấp độ ưu tiên thứ tự như sau : Khối lượng riêng của sản phẩm. Độ cứng bề mặt của sản phẩm-Độ ẩm của sản phẩm-Độ hút nước, trương nở sản phẩm- Độ cong vênh của sản phẩm- Độ mài mòn của sản phẩm- Khả năng chịu uốn và nén dọc- Độ võng do uốn của sản phẩm- Khả năng chịu va đập của sản phẩm- Khả năng dán dính của các lớp vật liệu- Độ an toàn của sản phẩm đến môi trường.

Phân loại chất lượng gỗ theo tiêu chuẩn mới nhất về phân loại gỗ Việt Nam TCVN 12619-2:2019 thì chất lượng gỗ căn cứ vào 03 tiêu chí chính xếp theo thứ tự: Khối lượng riêng- Độ bền uốn tĩnh- Độ bền nén dọc.

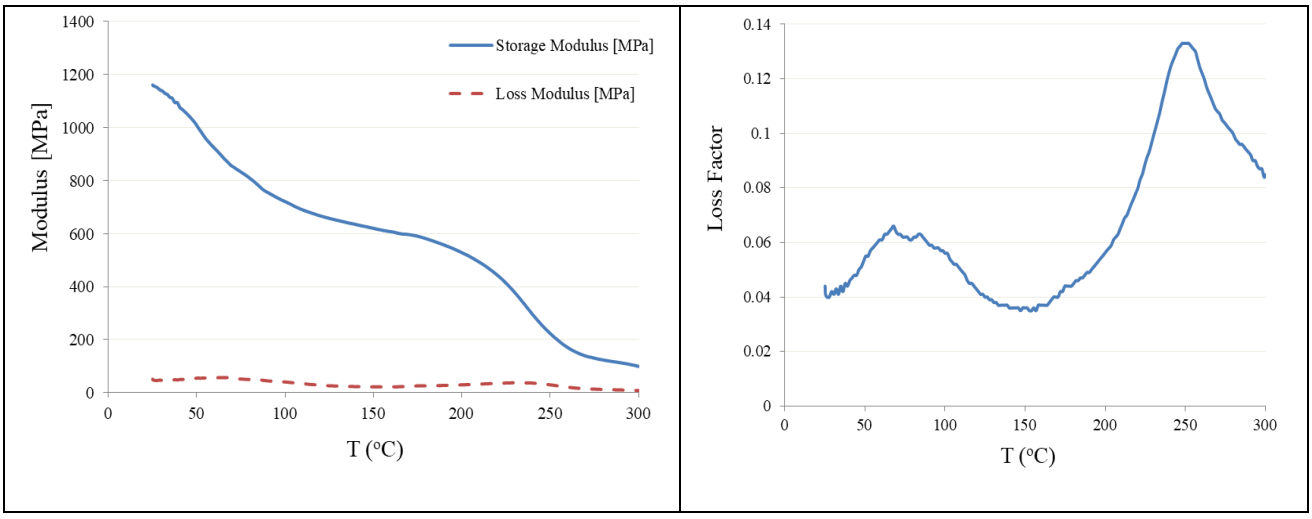
Căn cứ vào yêu cầu kĩ thuật ván sàn TCVN 7960:2008 và tiêu chuẩn phân loại TCVN 12619-2:2009 kết luận: Tính chất cơ học vật lý của gỗ Keo lai sau khi biến tính thay đổi từ nhóm V lên nhóm III, độ ẩm đạt dưới 13%; gỗ ít cong vênh.

CHƯƠNG 3 KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xác định nhiệt độ hóa dẻo của gỗ

Mục đích chính của hoá mềm gỗ là tạo ra sự thay đổi tạm thời về tính chất vật lý, tính chất cơ học của gỗ phục vụ cho một loại hình công ghệ tiếp theo nào đó, như: uốn cong, nén ép, phân ly sợi, sấy gỗ...Yêu cầu đối với gỗ hoá mềm là độ dẻo của gỗ tăng (mô đun đàn hồi/MOE giảm) với điều kiện sự thay đổi, sự suy giảm ít nhất của các thành phần hoá học chủ yếu tạo nên gỗ như lignin, cellulose. Mức độ mềm dẻo của gỗ phụ thuộc chủ yếu vào việc làm mềm vách thứ sinh của tế bào gỗ, nơi có thành phần chính là lignin. Lignin là một hỗn hợp các chất thơm cao phân tử có cấu trúc cùng nguồn gốc với phenol, tạo bởi các đơn vị phenylpropan. Hàm lượng lignin trong gỗ chiếm khoảng 20-30%, trong đó gỗ cây lá kim chứa nhiều lignin hơn gỗ cây lá rộng. Lignin có thể được coi như chất nền, chất kết dính để liên kết các sợi gỗ lại với nhau. Do đó để làm mềm gỗ chúng ta chỉ cần tác động để cho lignin chuyển trạng thái từ trạng thái cứng sang trạng thái dẻo.

Kết quả phân tích nhiệt độ hóa dẻo của gỗ Keo lai ở độ ẩm 30% được thực hiện tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới bằng máy phân tích điện cơ động lực DMTA. Tốc độ gia nhiệt 5 ^{o}C/phút, tần số quét1 Hz, độ biến dạng 1% cho kết quả nhiệt độ hóa thủy tinh của gỗ Keo lai nằm trong khoảng 62-72 ^{o}C, kết quả thể hiện rõ ở hình 3.1



Hình 3.1. Nhiệt độ hóa dẻo của gỗ Keo lai

Theo hình 3.1 khi nhiệt độ tăng trên 62 ^oC thì giá trị môđun đàn hồi có chiều hướng giảm, và độ dốc của đường biến dạng đàn hồi cũng thay đổi theo đúng chiều hướng của MOE. Sở dĩ như vậy là vì gỗ là vật liệu polyme tự nhiên có thành phần chủ yếu là cellulose, hemicellulose và lignin; khi các phân tử nước (ẩm) có trong gỗ đóng vai trò của chất trương nở xâm nhập (thẩm thấu) vào giữa các phân tử của polyme, các tổ chức của gỗ làm tăng khoảng cách các cầu nối giữa các phân tử, làm cho lực kết hợp giữa các phân tử giảm đi, liên kết giữa các phân tử trở nên lỏng lẻo, trong phân tử sẽ phát sinh chuyển dịch tương đối giữa các cầu nối dễ xuất hiện biến dạng khi có tác dụng của ngoại lực. Chính vì vậy, với cùng loại gỗ (hoặc hàm lượng cellulose, hemicellulose và lignin như nhau) sự có mặt của chất gây trương nở càng nhiều thì càng dễ thay đổi hình dạng. Cũng trong điều kiện đó mà tăng nhiệt độ xử lý sẽ làm cho sự hoạt động của các phần tử vật chất hoạt động càng mạnh dẫn tới lực liên kết giữa các phân tử càng giảm dẫn tới khả năng gỗ bị biến dạng càng cao.Sự biến đổi thuỷ tinh hoá trong thành phần vách tế bào chủ yếu do cao phân tử ở trạng thái vô định hình tạo nên (chủ yếu là hemicellulose và lignin); khi nhiệt độ đạt đến nhiệt độ thuỷ tinh hoá biến đổi, lignin và hemicellulose sẽ mềm dẻo và thậm chí trở nên dính đối với ligin sẽ làm cho môđun đàn hồi giảm xuống nhanh chóng.

Với kết quả này khẳng định, định hướng hóa mềm gỗ Keo lai bằng phương pháp gia nhiệt trực tiếp trên máy ép là hoàn toàn khả thi và dễ tiến hành thực nghiệm.

3.2. Ảnh hưởng của tham số đến tính chất vật lý của gỗ Keo lai biến tính bằng phương pháp nhiệt- cơ

3.2.1. Ảnh hưởng tham số xử lý đến độ đàn hồi trở lại

Gỗ là vật liệu có độ đàn hồi, biến dạng đàn hồi là do cellulose đã sản sinh ra nội lực tạo ra biến dạng đàn hồi; lignin, cellulose và hemicellulose sinh ra biến dạng dẻo (biến dạng vĩnh cửu). Gỗ nén với tỷ suất càng cao thì mức độ đàn hồi của gỗ càng lớn [28], mức độ đàn hồi là cơ sở quan trọng để đánh giá tính chất của gỗ nén.

Để kiểm tra độ đàn hồi của gỗ tôi áp dụng phương pháp của Heger (2004) sau đó qui hoạch đơn yếu tố để đánh giá. Kết quả độ đàn hồi của mẫu gỗ nén thể hiện ở bảng 3.1, và được phân tích theo bảng 3.2, bảng 3.3

Bảng 3.1. Độ đàn hồi của gỗ ở các chế độ xử lý khác nhau

Chế độ	Tỷ suất nén (%)	Nhiệt độ (ºC)	Thời gian (phút)	RS (%)	SD (%)
CĐ1	40	160	120	4.41	0.142
CĐ2	40	160	120	4.4	0.054
CĐ3	30	140	180	2.86	0.091
CĐ4	30	180	60	3.13	0.074
CĐ5	40	160	120	4.4	0.127
CĐ6	40	126	120	4.4	0.084
CĐ7	50	140	180	4.42	0.155
CĐ8	40	194	120	2.9	0.088
CĐ9	50	180	180	4.52	0.140
CĐ10	40	160	120	4.4	0.141
CĐ11	40	160	19	4.43	0.11
CĐ12	57	160	120	5.89	0.183
CĐ13	23	160	120	2.03	0.049
CĐ14	30	180	180	2.29	0.077
CĐ15	40	160	120	4.4	0.142
CĐ16	50	180	60	4.57	0.146
CĐ17	50	140	60	5.01	0.194
CĐ18	30	140	60	3.92	0.215
CĐ19	40	160	120	4.4	0.142
CĐ20	40	160	221	3.61	0.083

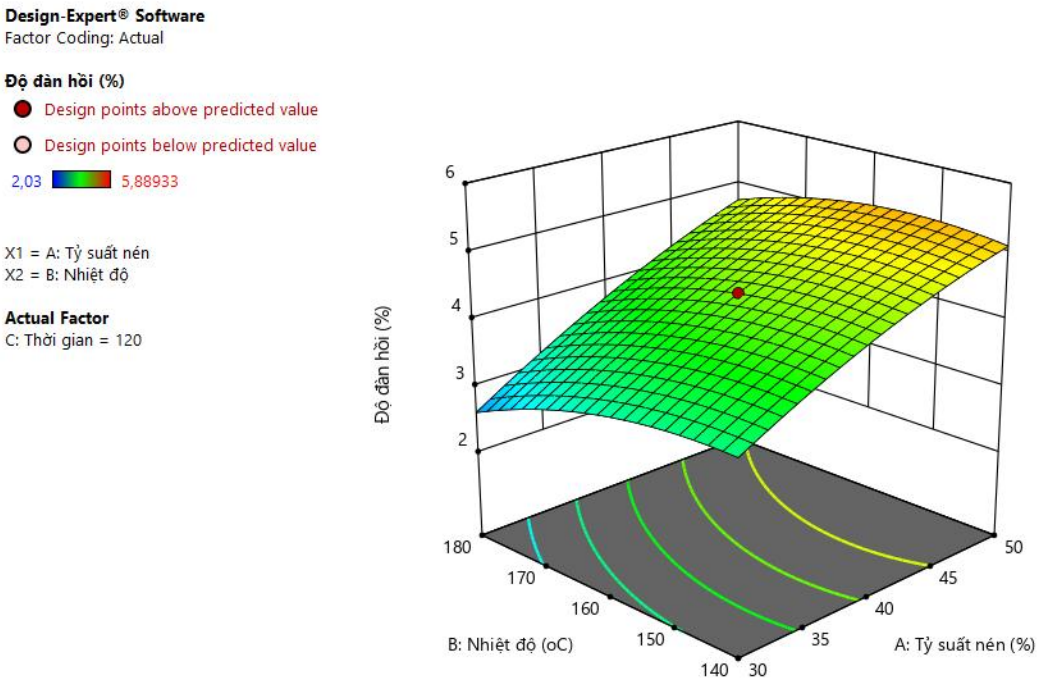
Bảng 3.2. Kết quả phân tích INOVA tối ưu hóa chế độ xử lý ảnh hưởng đến độ đàn hồi trở lại

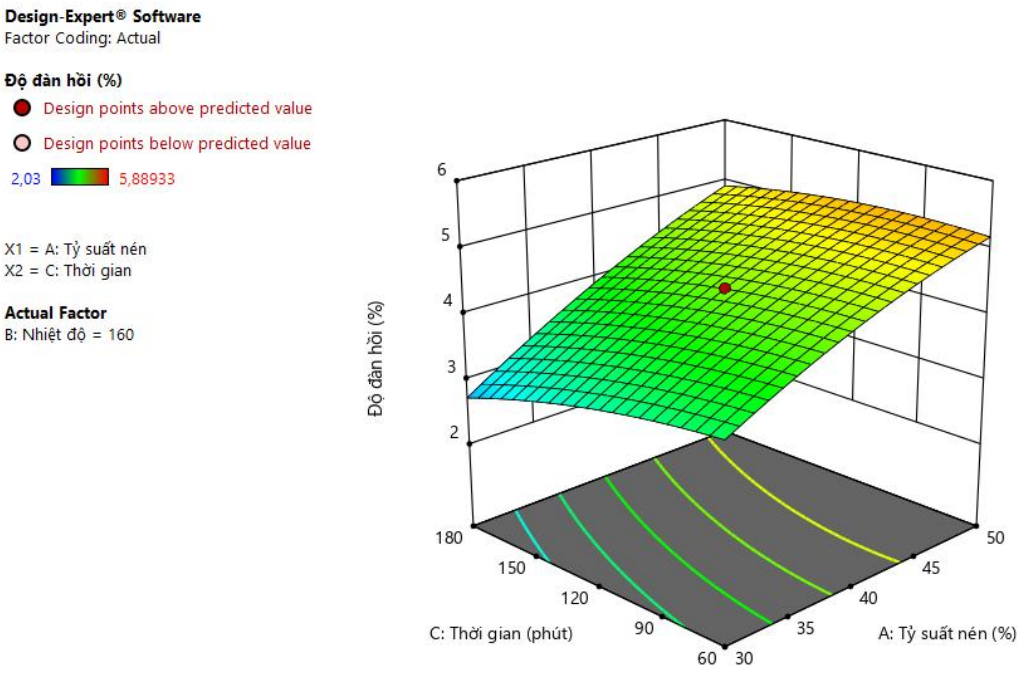
Yếu tố	Tổng bình phương	Bậc tự do	Trung bình bình phương	Giá trị F	Giá trị P Pro > F	
Mô hình	16,26	9	1,81	28,45	< 0.0001	Có ý nghĩa
A-Tỷ suất nén	12,02	1	12,02	189,24	< 0.0001	
B-Nhiệt độ	1,30	1	1,30	20,55	0,0011	
C-Thời gian	1,12	1	1,12	17,70	0,0018	
AB	0,1301	1	0,1301	2,05	0,1829	
AC	0,1985	1	0,1985	3,13	0,1075	
BC	0,0719	1	0,0719	1,13	0,3121	
A^2	0,3564	1	0,3564	5,61	0,0393	
B^2	1,03	1	1,03	16,15	0,0024	
C^2	0,2663	1	0,2663	4,19	0,0678	
Phần dư	0,6350	10	0,0635			
Sự không tin cậy	0,6349	5	0,1270	7388,93	< 0.0001	Có ý nghĩa
Sai số thuần	0,0001	5	0,0000			
Tổng tương quan	16,90	19				

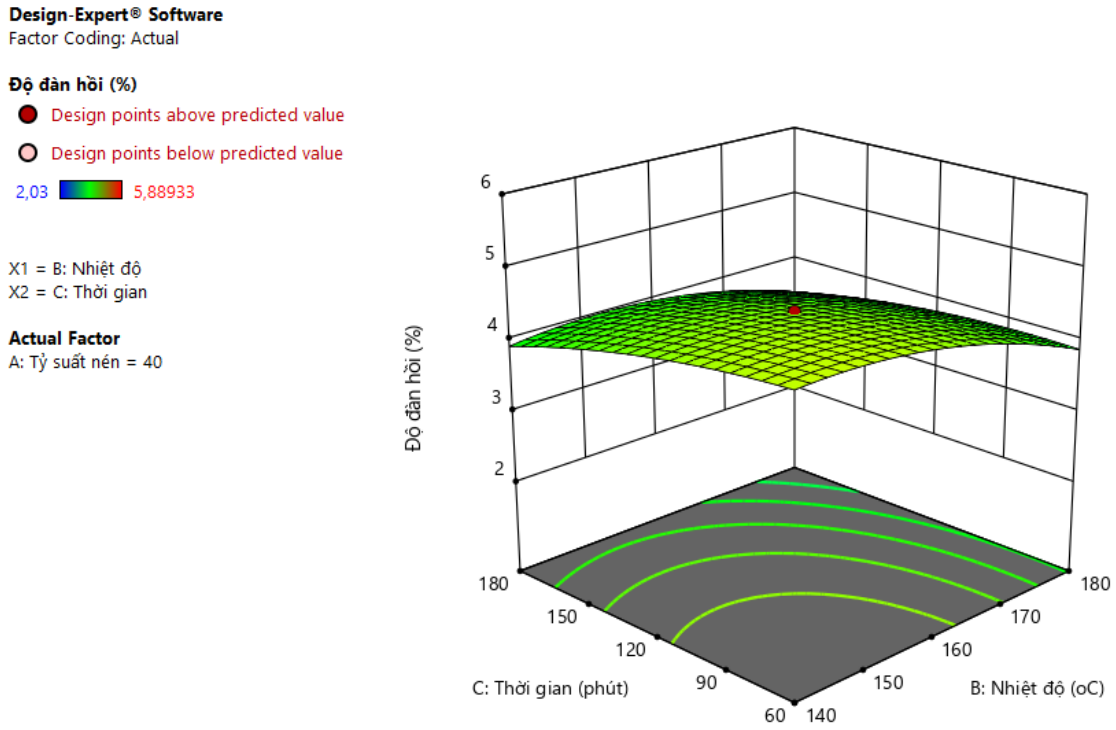
Bảng 3.3. Kết quả phân tích sự phù hợp của mô hình với thực nghiệm

Thông số	Giá trị	Thông số	Giá trị
Độ lệch chuẩn	0,2520	R^2	0,9624
Giá trị trung bình	4,02	R^2 hiệu chỉnh	0,9286
Hệ số biến thiên %	6,27	R^2 dự đoán	0,7133
		Độ chính xác phù hợp	191,762

Đồ thị biểu diễn mối quan hệ của các tham số chế độ nén ép với độ đàn hồi trở lại của gỗ.







Hình 3.2. Đồ thị ảnh hưởng tham số xử lý đến độ đàn hồi trở lại

Từ các giá trị phân tích có ý nghĩa trên, giá trị hàm tương quan được phần mềm Design Expert 11 đưa ra biểu diễn theo phương trình cụ thể sau:

$Y_{đh}$= - 9,578 + 0,086X_1 + 0,163X_2 - 0,019X_3 + 0,00064 X_1X_2 + 0,00026X_1X_3 + 0,000079X_2X_3 - 0,001573X_1^2 - 0,000667X_2^2 - 0,000038X_3^2 (3.1)

Trong đó : $Y_{đh}$- Độ đàn hồi trở lại (%).

X_1- Tỷ suất nén (%).

X_2- Nhiệt độ nén (^oC).

X_3- Thời gian nén (phút.)

Nhận xét:

Tỉ suất nén thực tế của gỗ nén là tỉ lệ phần trăm chênh lệch giữa chiều dày phôi trước khi nén và chiều dày phôi sau khi nén và để ổn định trong không khí. Do đó, mức độ nén của gỗ phụ thuộc rất lớn vào tính chất của gỗ trong quá trình nén. Đặc biệt là việc làm lỏng lẻo cấu trúc gỗ trong quá trình nén. Mức độ lỏng lẻo của cấu trúc có thể được tạo ra thông qua giai đoạn hoá mềm, cũng như các thông số khác của quá trình nén ép.

Sau khi gỗ được làm lỏng lẻo cấu trúc, nếu tiếp tục được gia nhiệt thì sẽ tạo cho gỗ có cấu trúc mới (giai đoạn định hình), để thực hiện được yêu cầu này cần thiết phải có giai đoạn định hình sản phẩm. Giai đoạn này có thể kết hợp ngay trong quá trình ép nhiệt bằng cách kéo dài thời gian ép hoặc thêm một bước gọi là xử lý sau (post treatment).

Kết quả bảng 3.1, 3.2, 3.3 và đồ thị tại Hình 3.2 cho thấy, với cùng mức nhiệt độ 140 ^{o}C và thời gian nén 60 phút khi tỷ suất nén tăng từ 30% tới 50%; độ đàn hồi trở lại của gỗ tăng với các trị số tương ứng là 3,92% và 5,01% (tăng 28%). Với cùng mức tỷ suất nén 30% và thời gian nén 60 phút khi nhiệt độ ép tăng từ 140 ^{o}C tới 180 ^{o}C; độ đàn hồi trở lại của gỗ giảm với các trị số tương ứng là 3,92% và 3,13% (giảm 20%). Với cùng mức tỷ suất nén 30% và nhiệt độ ép 140 ^{o}C khi thời gian ép tăng từ 60 phút tới 180 phút; độ đàn hồi trở lại của gỗ giảm với các trị số tương ứng là 3,92% và 2,86% (giảm 27%). Tỷ suất nén và thời gian ép ảnh hưởng rõ ràng hơn đến độ đàn hồi trở lại so với ảnh hưởng của nhiệt độ ép. Hệ số biến thiên đạt 6,27%, hệ số xác định đạt 0,9624, như vậy cho thấy độ tin cậy cao của kết quả. Mối quan hệ tương quan giữa tham số xử lý đến độ đàn hồi có mối quan hệ chặt biểu thị ở phương trình tương quan (3.1)

Độ đàn hồi trở lại của gỗ là khả năng phục hồi nguyên trạng của vật liệu bị tác động bởi nội ứng suất bên trong của gỗ sau khi nén ép. Trị số nội ứng suất bên trong của gỗ phụ thuộc vào loại gỗ, mức độ dẻo hoá, tỷ suất nén, áp suất ép, độ ẩm của gỗ,…. Do vậy, khi thời gian ép ngắn, tỷ suất nén cao độ đàn hồi trở lại của gỗ nén sẽ tăng. Kết quả này cũng tương đồng với nghiên cứu của Laskowska [45] khi nghiên cứu nén ép gỗ Bạch dương (*Betula pendula*).

3.2.2. Ảnh hưởng của tham số xử lý đến khối lượng riêng

Khối lượng riêng của gỗ là tính chất vật lý quan trọng để đánh giá phẩm chất gỗ. Theo lý thuyết thì khi tỷ suất nén tăng tất cả khối lượng riêng của mẫu gỗ nén tăng theo, kết quả kiểm tra khối lượng riêng của từng chế độ có ở bảng 3.4 và kết quả phân tích có ở bảng 3.5 và 3.6

Bảng 3.4. Kết quả kiểm tra khối lượng riêng của gỗ xử lý và mẫu gỗ đối chứng

Chế độ	Tỷ suất nén (%)	Nhiệt độ (^oC)	Thời gian (phút)	KLR (g/cm^3)	SD (g/cm^3)
ĐC				0.54	0.015
CĐ1	40	160	120	0.91	0.028
CĐ2	40	160	120	0.91	0.024
CĐ3	30	140	180	0.81	0.021
CĐ4	30	180	60	0.81	0.027
CĐ5	40	160	120	0.90	0.021
CĐ6	40	126	120	0.87	0.031
CĐ7	50	140	180	1.01	0.040
CĐ8	40	194	120	0.95	0.029
CĐ9	50	180	180	1.05	0.035
CĐ10	40	160	120	0.91	0.026
CĐ11	40	160	19	0.86	0.029
CĐ12	57	160	120	1.09	0.030
CĐ13	23	160	120	0.73	0.024
CĐ14	30	180	180	0.83	0.022
CĐ15	40	160	120	0.91	0.024
CĐ16	50	180	60	1.01	0.031
CĐ17	50	140	60	1.00	0.023
CĐ18	30	140	60	0.76	0.027
CĐ19	40	160	120	0.90	0.035
CĐ20	40	160	221	0.93	0.019

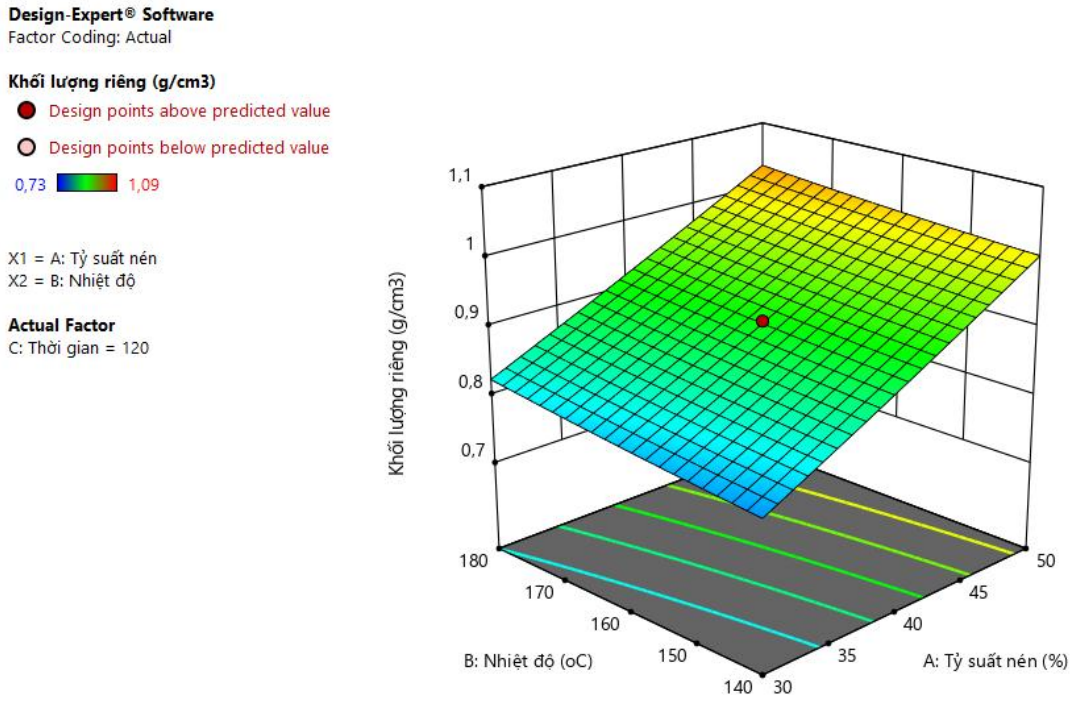
Bảng 3.5. Kết quả phân tích ANOVA tối ưu hóa chế độ xử lý ảnh hưởng đến khối lượng riêng của gỗ

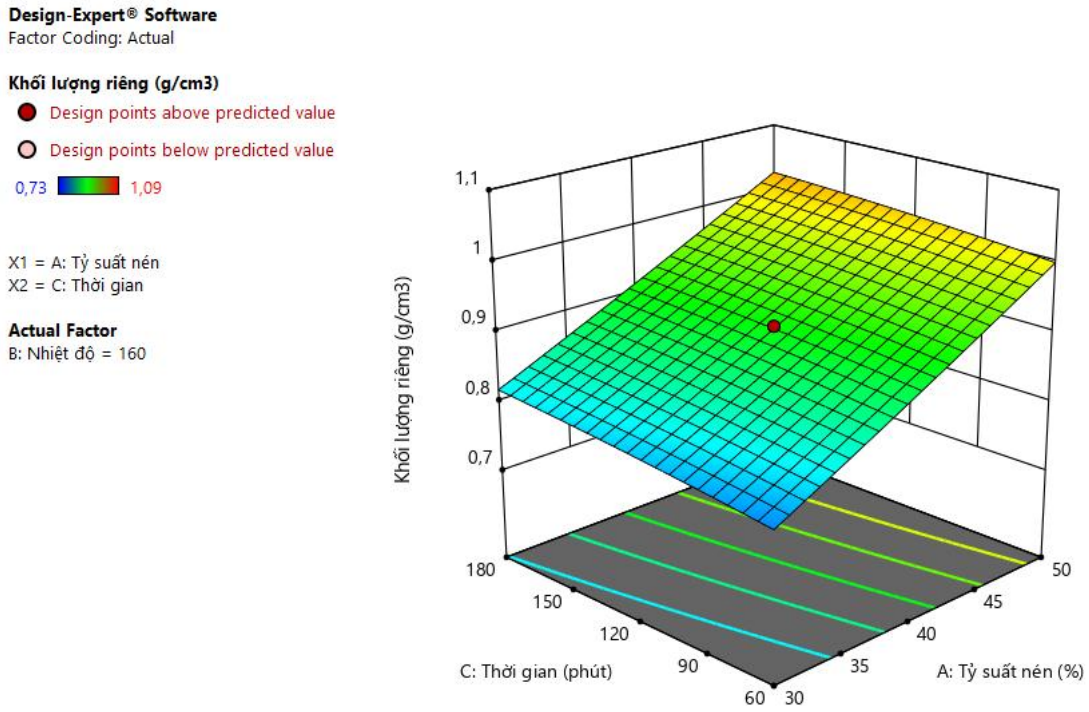
Yếu tố	Tổng bình phương	Bậc tự do	Trung bình bình phương	Giá trị F	Giá trị P Pro > F	
Mô hình	0,1675	9	0,0186	156,60	< 0.0001	Có ý nghĩa
A-Tỷ suất nén	0,1585	1	0,1585	1334,36	< 0.0001	
B-Nhiệt độ	0,0045	1	0,0045	38,14	0,0001	
C-Thời gian	0,0039	1	0,0039	33,09	0,0002	
AB	0,0001	1	0,0001	0,5728	0,4666	
AC	0,0001	1	0,0001	0,6401	0,4423	
BC	4.50E-03	1	4.50E-03	0,0379	0,8496	
A^2	0,0001	1	0,0001	0,7185	0,4165	
B^2	0,0001	1	0,0001	0,6506	0,4387	
C^2	0,0001	1	0,0001	0,9988	0,3412	
Phần dư	0,0012	10	0,0001			
Sự không tin cậy	0,0010	5	0,0002	7,23	0,0244	Có ý nghĩa
Sai số thuần	0,0001	5	0,0000			
Tổng tương quan	0,1686	19				

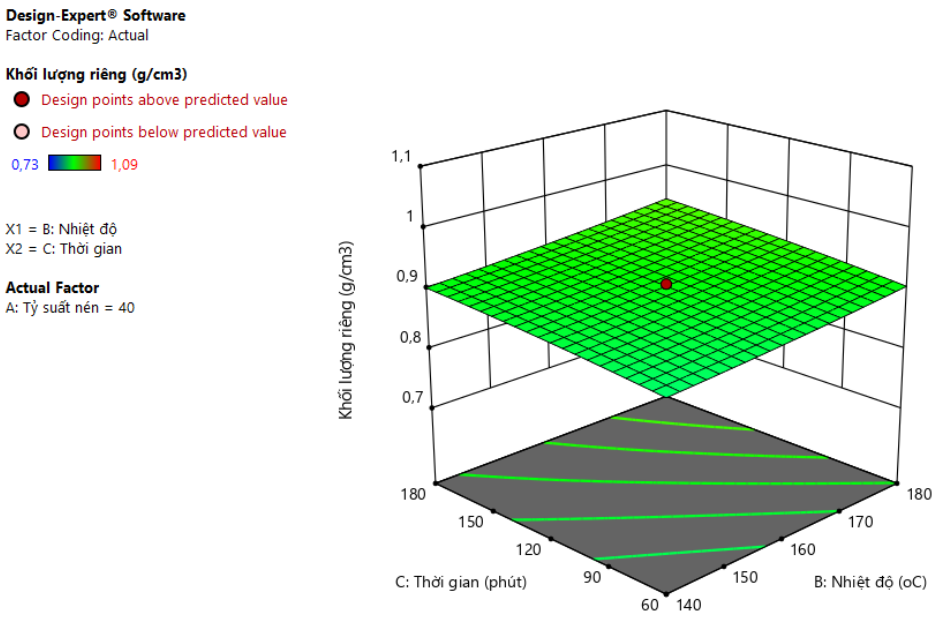
Bảng 3.6. Kết quả phân tích sự phù hợp của mô hình với thực nghiệm

Thông số	Giá trị	Thông số	Giá trị
Độ lệch chuẩn	0,0109	R^2	0,9930
Giá trị trung bình	0,9075	R^2 hiệu chỉnh	0,9866
Hệ số biến thiên %	1,20	R^2 dự đoán	0,9469
		Độ chính xác phù hợp	470,196

Đồ thị biểu diễn mối quan hệ của các tham số chế độ nén ép khối lượng riêng của gỗ







Hình 3.3. Đồ thị ảnh hưởng tham số xử lý đến khối lượng riêng

Từ các giá trị phân tích có ý nghĩa trên, giá trị hàm tương quan được phần mềm Design Expert 11 đưa ra biểu diễn theo phương trình cụ thể sau:

$$Y_K = 0{,}365 + 0{,}013X_1 - 0{,}000434X_2 + 0{,}00058X_3 - 0{,}00002\ X_1X_2 - 5{,}139\ 0{,}00026X_1X_3 + 6{,}250X_2X_3 + 0{,}000024X_1^2 + 5{,}790X_2^2 - 7{,}791X_3^2 \quad (3.2)$$

Trong đó : Y_K- khối lượng riêng (g/cm^3).

X_1- tỷ suất nén (%).

X_2- nhiệt độ nén (^{o}C).

X_3- thời gian nén (phút).

Nhận xét:

Theo bảng 3.4 cho thấy khối lượng riêng của gỗ tăng theo tỷ lệ thuật với tỷ suất nén: Chế độ 12 có tỷ suất nén 57% (Nhiệt độ 160 ^{o}C, thời gian là 120 phút) cho kết quả khối lượng riêng cao nhất: 1,09 g/cm^3 ; Chế độ 13 có tỷ suất nén 23% (Nhiệt độ 160 ^{o}C, thời gian là 120 phút) cho kết quả khối lượng riêng thấp nhất là: 0,73 g/cm^3; Các chế độ còn lại đều có mức tăng từ 0,8 đến 1,0 g/cm^3 với Theo bảng phân tích 3.5 , 3.6 cũng như đồ thị hình 3.3 và phương trình (3.2) có thể nhận xét rằng: Tỷ suất nén là yếu tố có ảnh hưởng mạnh nhất đến khối lượng riêng và nó có quan hệ tỷ lệ thuận với khối lượng riêng. Yếu tố nhiệt độ và thời gian cũng có ảnh nhưng có ảnh hưởng

nhỏ đến khối lượng riêng, mức độ ảnh hưởng được thể hiện bởi giá trị F (giá trị thực) tại bảng phân tích INOVA, giá trị F của yếu tố tỷ suất nén đạt 1334,36, giá trị F của yếu tố nhiệt độ đạt 38,14, và giá trị F của yếu tố thời gian đạt 33,09. Hệ số biến thiên đạt 1,20%, hệ số xác định đạt 0,993, như vậy cho thấy độ tin cậy rất cao của kết quả. Mối quan hệ tương quan giữa tham số xử lý đến độ khối lượng riêng có mối quan hệ chặt chẽ biểu thị ở phương trình tương quan (3.2)

3.2.3. Ảnh hưởng của tham số xử lý đến khả năng chống hút nước

Gỗ Keo lai sau khi nén ở nhiệt độ cao thường có tính chống hút nước tốt, do nhóm -OH giảm [31], Để kiểm chứng đã tiến hành thí nghiệm xác định độ hút nước và từ đó xác định được hiệu suất chống hút nước của gỗ sau khi xử lý nhiệt-cơ.

Kết quả giá trị từng chế độ tổng hợp có tại bảng 3.7 và kết quả ảnh hưởng có trong bảng phân tích 3.8 và 3.9

Bảng 3.7. Kết quả kiểm tra khả năng chống hút nước của mẫu gỗ xử lý

Chế độ	Tỷ suất nén (%)	Nhiệt độ (ºC)	Thời gian (phút)	WRE (%)	SD (%)
CĐ1	40	160	120	20.45	2.18
CĐ2	40	160	120	20.08	2.162
CĐ3	30	140	180	21.98	1.413
CĐ4	30	180	60	20.93	3.983
CĐ5	40	160	120	20.63	2.929
CĐ6	40	126	120	15.12	1.204
CĐ7	50	140	180	19.19	1.240
CĐ8	40	194	120	27.75	2.835
CĐ9	50	180	180	30.63	2.550
CĐ10	40	160	120	20.81	1.965
CĐ11	40	160	19	15.90	1.182
CĐ12	57	160	120	19.32	1.635
CĐ13	23	160	120	20.08	1.594
CĐ14	30	180	180	31.21	2.255
CĐ15	40	160	120	20.50	1.477
CĐ16	50	180	60	20.43	1.234
CĐ17	50	140	60	18.36	1.200
CĐ18	30	140	60	19.14	1.347
CĐ19	40	160	120	20.13	1.356
CĐ20	40	160	221	25.56	1.590

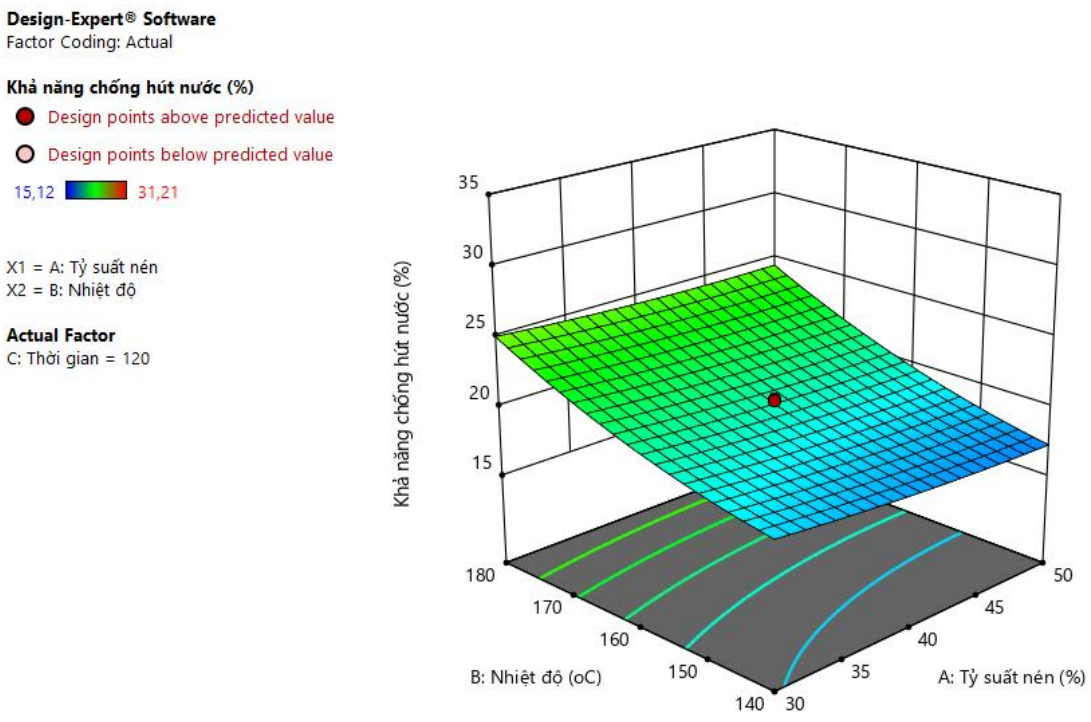
Bảng 3.8. Kết quả phân tích ANOVA tối ưu hóa chế độ xử lý ảnh hưởng đến khả năng chống hút nước của gỗ nén

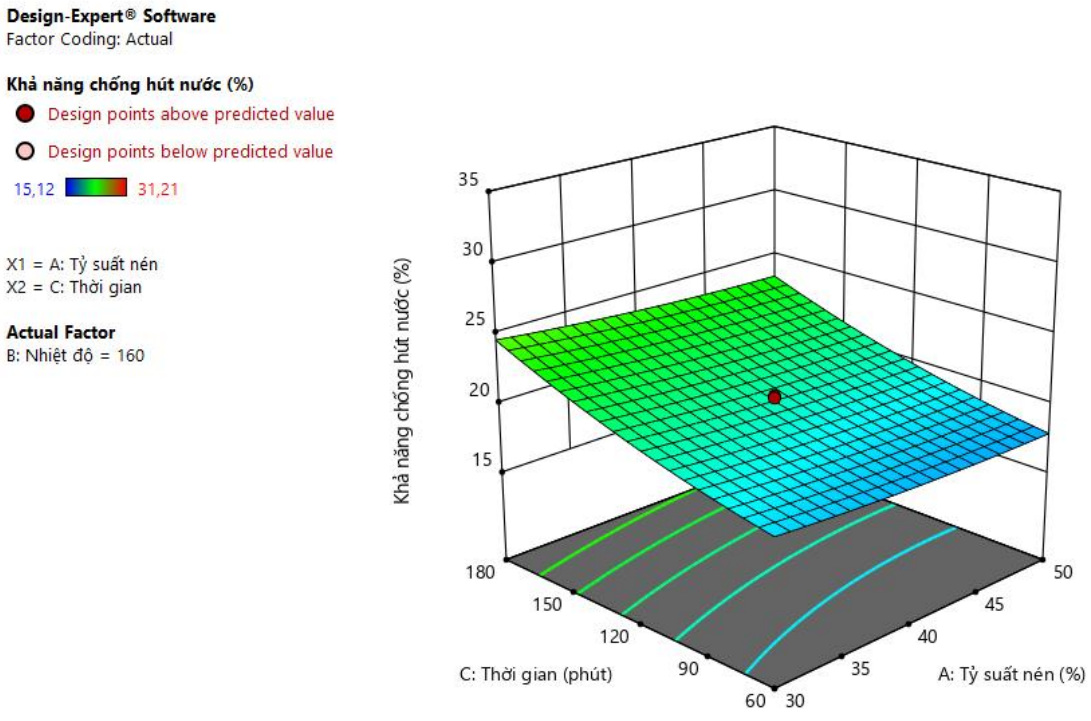
Yếu tố	Tổng bình phương	Bậc tự do	Trung bình bình phương	Giá trị F	Giá trị P Pro > F	
Mô hình	323,98	9	36,00	19,06	< 0.0001	Có ý nghĩa
A-Tỷ suất nén	3,51	1	3,51	1,86	0,2025	
B-Nhiệt độ	160,18	1	160,18	84,80	< 0.0001	
C-Thời gian	113,65	1	113,65	60,16	< 0.0001	
AB	0,2775	1	0,2775	0,1469	0,7095	
AC	0,1485	1	0,1485	0,0786	0,7849	
BC	31,24	1	31,24	16,54	0,0023	
A^2	0,8936	1	0,8936	0,4731	0,5072	
B^2	10,72	1	10,72	5,67	0,0385	
C^2	5,42	1	5,42	2,87	0,1212	
Phần dư	18,89	10	1,89			
Sự không tin cậy	18,61	5	3,72	67,64	0,0001	Có ý nghĩa
Sai số thuần	0,2752	5	0,0550			
Tổng tương quan	342,87	19				

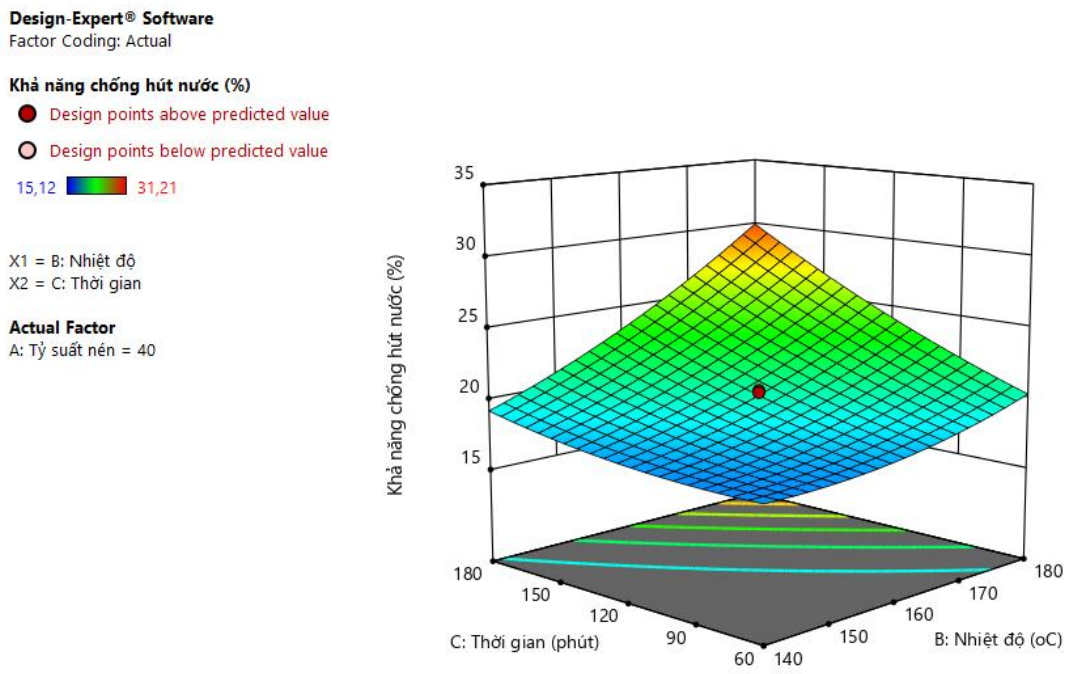
Bảng 3.9. Kết quả phân tích sự phù hợp của mô hình với thực nghiệm

Thông số	Giá trị	Thông số	Giá trị
Độ lệch chuẩn	1,37	R^2	0,9449
Giá trị trung bình	21,43	R^2 hiệu chỉnh	0,8953
Hệ số biến thiên %	6,41	R^2 dự đoán	0,5838
		Độ chính xác phù hợp	14,1873

Đồ thị biểu diễn mối quan hệ của các tham số chế độ nén ép đến khả năng hút nước của gỗ







Hình 3.4. Đồ thị ảnh hưởng thông số chế độ xử lý đến khả năng hút nước

Từ các giá trị phân tích có ý nghĩa trên, giá trị hàm tương quan được phần mềm Design Expert 11 đưa ra biểu diễn theo phương trình cụ thể sau:

$$Y_h = 87,23 - 0,37X_1 - 0,75X_2 - 0,25X_3 + 0,001\ X_1X_2 - 0,00027X_1X_3 + 0,002X_2X_3 + 0,0024X_1^2 + 0,0022X_2^2 + 0,00017X_3^2 \quad (3.3)$$

Trong đó : Y_h- khả năng hút nước tương quan (%).

X_1- tỷ suất nén (%).

X_2- nhiệt độ nén (^oC).

X_3- thời gian nén (phút).

Nhận xét:

Theo bảng 3.7 cho thấy khả năng chống hút nước của gỗ nén giảm khi tăng nhiệt độ và thời gian nén: Chế độ 14 có nhiệt độ 180 ^oC, thời gian là 180 phút , tỷ suất nén 30% cho kết quả khả năng chống hút nước tốt nhất: 31,21% ; Chế độ 6 có nhiệt độ 126 ^oC, thời gian là 120 phút, tỷ suất nén 40% cho kết quả khả năng chống hút nước kém nhất: 15,12%; Các chế độ còn lại đều có mức thấp hơn mẫu đối chứng từ 20% . Theo bảng phân tích 3.8 , 3.9 cũng như đồ thị hình 3.4 và phương trình (3.3) có thể nhận xét

rằng: Nhiệt độ có ảnh hưởng gấp hơn 2 lần tỷ suất nén, Thời gian có ảnh hưởng hơn 3 lần tỷ suất nén, giá trị R^2 đạt trên 0,94 cho thấy mô hình thực nghiệm đạt độ tin cậy cao. Như vậy có thể kết luận khả năng chống hút nước của mẫu gỗ nén bằng nhiệt cơ phụ thuộc rất nhiều vào thời gian và nhiệt độ nén ép, tỷ suất nén không ảnh hưởng nhiều đến khả năng chống hút nước,

Nguyên nhân là do khả năng hút nước của gỗ phụ thuộc vào cấu tạo và các thành phần trong gỗ. Gỗ có thể bị loại bỏ một số chất chiết suất, hoặc hemicellulose trong gỗ bị phân giải dưới tác dụng nhiệt độ cao, thời gian xử lý dài, dẫn đến làm giảm số lượng nhóm hydroxyl (-OH) có trong gỗ, làm giảm độ hút nước vào gỗ, điều này hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu. [31]

3.2.4. Tối ưu hóa tham số xử lý ảnh hưởng đến tính chất vật lý

Để tối ưu hóa, chọn tham số đầu vào và đầu ra theo bảng 3.10 và có kết quả theo bảng 3.11 sau khi xử lý bằng phần mềm Design Expert 11

Bảng 3.10. Tham số lựa chọn tối ưu hóa thông số chế độ nén đến tính chất vật lý

Tên	Mục tiêu	Mức thấp	Mức cao	Giá trị dưới	Giá trị trên	Tầm quan trọng
A:Tỷ suất nén	Trong phạm vi	30	50	1	1	3
B:Nhiệt độ	Trong phạm vi	140	180	1	1	3
C:Thời gian	Trong phạm vi	60	180	1	1	3
Độ đàn hồi	Nhỏ nhất	2,03	5,89	1	1	3
Khối lượng riêng	Lớn nhất	0,73	1,09	1	1	3
Khả năng hút nước	Lớn nhất	15,12	31,21	1	1	3

Sau khi phân tích nhận được 77 phương án tốt nhất được khuyên lựa chọn trong đó phương án theo bảng 3.11 là phương án tối ưu với các tham số như sau: Tỷ suất nén (34%), Nhiệt độ (180 ^oC), Thời gian (180 phút)

Bảng 3.11. Bảng chế độ tối ưu các tham số chế độ ép đến tính chất vật lý

Thứ tự	Tỷ suất nén (%)	Nhiệt độ (oC)	Thời gian (phút)	Độ đàn hồi (%)	Khối lượng riêng (g/cm3)	Hiệu suất hút nước (%)	Mức tối ưu lựa chọn
1	**32.969**	**180.000**	**180.000**	**2.560**	**0,871**	**32.033**	**0,694**
2	32.933	180.000	179.999	2.555	0,871	32.016	0,694
...	**...**	…	…	…	…	…	…
39	**33.190**	**178.700**	**180.000**	**2.645**	**0,872**	**32.582**	**0,682**
…	…	…	…	…	…	…	…
77	50.000	140.000	60.000	5.186	0,987	47.706	0,254

Tuy nhiên đây chỉ là mức lựa chọn có ảnh hưởng đến tính chất vật lý, để định hướng sử dụng làm ván sàn chúng ta cần căn cứ vào độ bền cơ học, chi phí để chúng ta lựa chọn.

3.3. Ảnh hưởng của tham số ép đến tính chất cơ học gỗ Keo lai

Tính chất cơ học của gỗ là chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng gỗ nói chung và khả năng chịu lực của gỗ nói riêng. Tính chất cơ học của gỗ nén bị phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: Tỷ suất nén, nhiệt độ, thời gian, độ ẩm gỗ đưa vào nén, tốc độ nén,.. Để đánh giá sự đồng thời của 3 yếu tố đầu vào ảnh hưởng đến tính chất cơ học của gỗ Keo lai nén tôi áp dụng phần mềm Design Expert 11.0 để tiến hành qui hoạch thực nghiệm đa yếu tố.

3.3.1. Ảnh hưởng của tham số xử lý đến độ bền uốn tĩnh

Khả năng chịu uốn của gỗ một tiêu chí quan trọng để đánh giá độ bền của gỗ, gỗ có độ bền uốn tốt thì có phạm vi ứng dụng cao và thường hay được sử dung làm những chi tiết chịu lực như dầm, sàn, vai giường, khung cửa,... Kết quả kiểm tra độ bền uốn của từng chế độ có ở bảng 3.12 và kết quả phân tích có ở bảng 3.13 và 3.14

Bảng 3.12. Kết quả kiểm ảnh hưởng tham số xử lý đến độ bền uốn tĩnh

Chế độ	Tỷ suất nén (%)	Nhiệt độ (ºC)	Thời gian (phút)	Độ bền uốn tĩnh (MPa)	SD (MPa)
ĐC				79.77	1.450
CĐ1	40	160	120	117.27	3.629
CĐ2	40	160	120	117.28	2.334
CĐ3	30	140	180	85.72	2.116
CĐ4	30	180	60	85.62	2.442
CĐ5	40	160	120	116.75	4.811
CĐ6	40	126	120	90.41	2.814
CĐ7	50	140	180	116.83	3.547
CĐ8	40	194	120	87.32	3.074
CĐ9	50	180	180	102.30	2.796
CĐ10	40	160	120	117.19	2.440
CĐ11	40	160	19	90.10	2.632
CĐ12	57	160	120	121.87	3.708
CĐ13	23	160	120	90.81	2.690
CĐ14	30	180	180	80.02	1.398
CĐ15	40	160	120	117.23	3.714
CĐ16	50	180	60	98.55	2.878
CĐ17	50	140	60	102.89	3.204
CĐ18	30	140	60	87.08	1.539
CĐ19	40	160	120	117.21	3.869
CĐ20	40	160	221	91.05	1.771

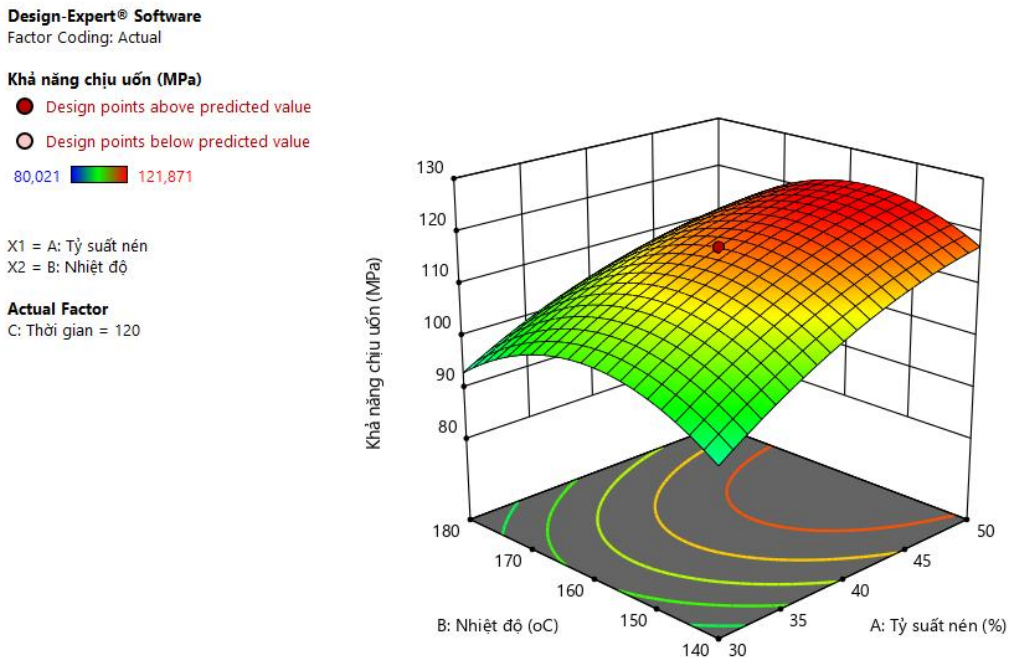
Bảng 3.13. Kết quả phân tích INOVA tối ưu hóa chế độ xử lý ảnh hưởng đến độ bền uốn tĩnh

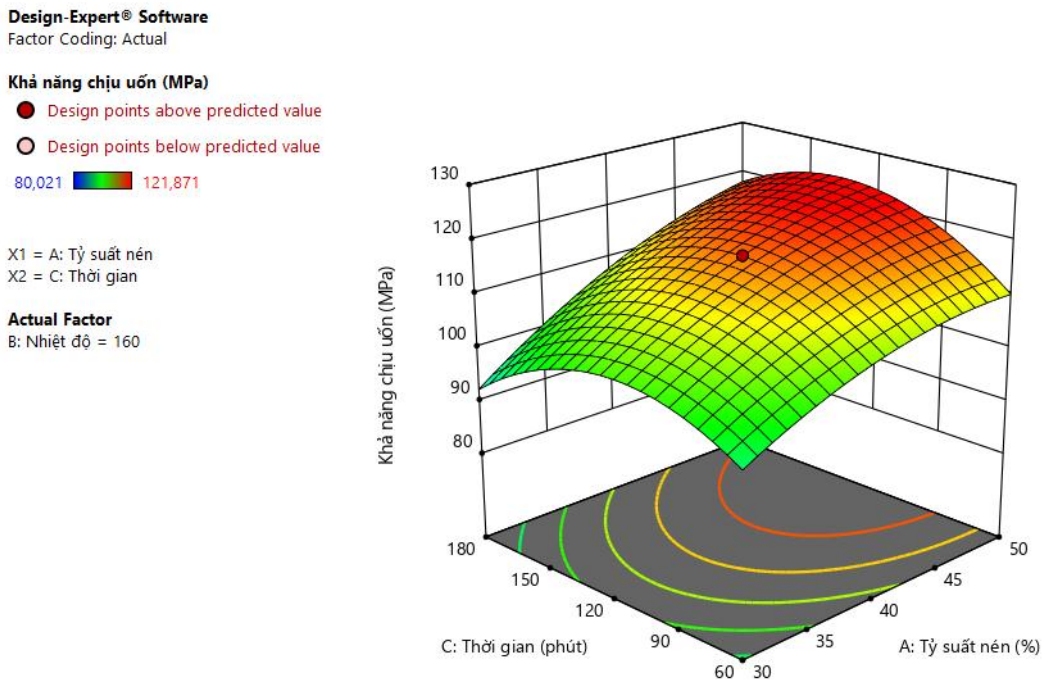
	Tổng bình phương	Bậc tự do	Trung bình bình phương	Giá trị F	Giá trị P Pro > F	
Mô hình	3.946,60	9	438,51	133,62	< 0.0001	Có ý nghĩa
A-Tỷ suất nén	1.322,00	1	1.322,00	402,83	< 0.0001	
B-Nhiệt độ	71,44	1	71,44	21,77	0,0009	
C-Thời gian	11,13	1	11,13	3,39	0,0954	
AB	17,14	1	17,14	5,22	0,0454	
AC	75,89	1	75,89	23,12	0,0007	
BC	26,02	1	26,02	7,93	0,0183	
A^2	189,32	1	189,32	57,69	< 0.0001	
B^2	1.384,88	1	1.384,88	421,99	< 0.0001	
C^2	1.219,37	1	1.219,37	371,56	< 0.0001	
Phần dư	32,82	10	3,28			
Sự không tin cậy	32,61	5	6,52	160,86	< 0.0001	Có ý nghĩa
Sai số thuần	0,2028	5	0,0406			
Tổng tương quan	3.979,42	19				

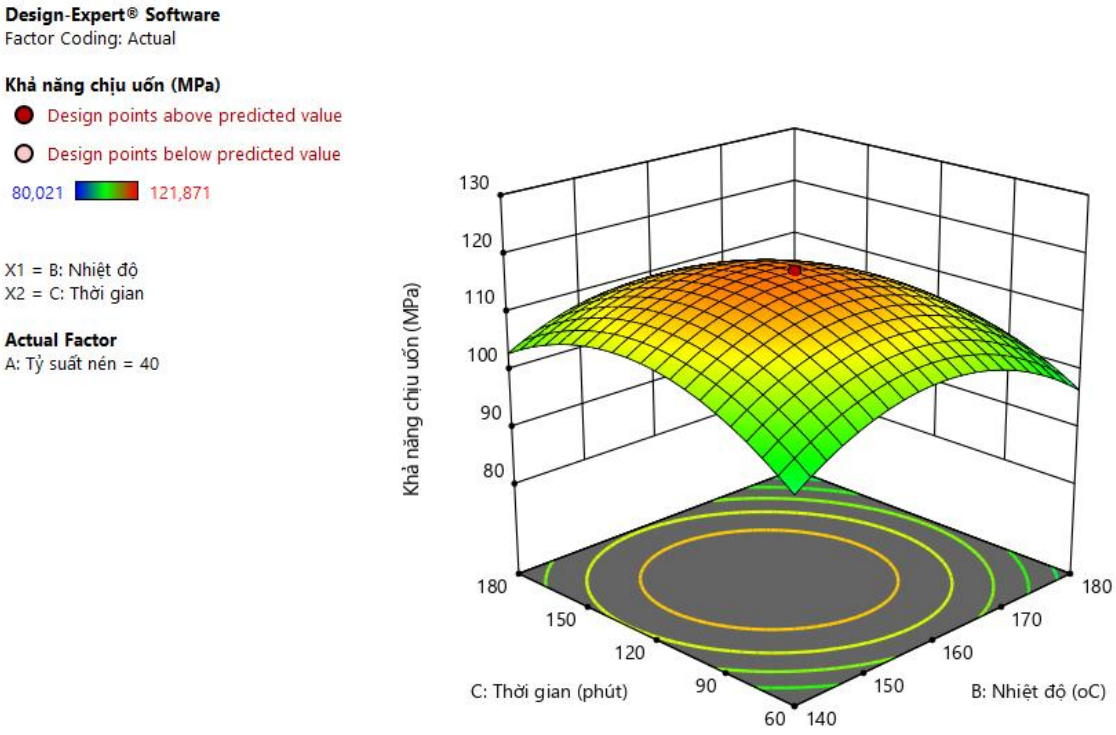
Bảng 3.14. Kết quả phân tích sự phù hợp của mô hình với thực nghiệm

Thông số	Giá trị	Thông số	Giá trị
Độ lệch chuẩn	1,81	R^2	0,9918
Giá trị trung bình	101,67	R^2 hiệu chỉnh	0,9843
Hệ số biến thiên %	1,78	R^2 dự đoán	0,9359
		Độ chính xác phù hợp	340,088

Đồ thị biểu diễn mối quan hệ của các tham số chế độ nén ép đến khả năng chịu uốn của gỗ nén.







Hình 3.5. Đồ thị ảnh hưởng thông số chế độ nén đến khả năng chịu uốn tĩnh

Từ các giá trị phân tích có ý nghĩa trên, giá trị hàm tương quan được phần mềm Design Expert 11 đưa ra biểu diễn theo phương trình cụ thể sau:

Y_u= - 678,961 + 4,438X_1 + 8,201X_2 + 0,663X_3 - 0,007 X_1X_2 + 0,005X_1X_3 – 0,002X_2X_3 -0,036X_1^2 - 0,002X_2^2 - 0,003X_3^2 (3.4)

Trong đó : Y_u- độ bền uốn tĩnh (MPa).

X_1- tỷ suất nén (%).

X_2- nhiệt độ nén (^oC).

X_3- thời gian nén (phút)

Nhận xét :

Từ kết quả của bảng 3.12 cho thấy:

- Độ bền uốn của chế độ 12 (Tỷ suất nén 57%, nhiệt độ nén 160^{o}C, thời gian nén 120 phút) là chế độ có độ bền uốn tốt nhất 121,87 MPa;

- Các chế độ 1, 2, 5 10, 15,19 (Tỷ suất nén 40%, nhiệt độ nén 160^{o}C, thời gian nén 120 phút) đều cho kết quả tương đương khoảng 116 đến 117 MPa;

- Độ bền uốn của chế độ K14 (Tỷ suất nén 30%, nhiệt độ nén 180^{o}C, thời gian nén 180 phút) cho độ bền uốn thấp nhất: 80,02 MPa, mức độ này tương đương với mẫu đối chứng chưa nén: 79,77 MPa;

- Tất cả các chế độ khác sau khi nén ép đều cho thấy, khả năng chịu uốn của gỗ nén tốt hơn so với mẫu gỗ chưa nén;

Căn cứ vào bảng 3.13, 3.14, phương trình (3.4) cùng đồ thị phân tích ảnh hưởng của tham số ép có thể kết luận rằng:

- Khi tỷ suất nén tăng, thì độ bền uốn tăng. Khi nhiệt độ tăng quá cao (lớn hơn 160 ^{o}C) khả năng chịu uốn của mẫu gỗ có suy hướng giảm. Khi thời gian nén quá dài (lớn hơn 120 phút) khả năng chịu uốn của mẫu gỗ có suy hướng giảm.

- Mức độ ảnh hưởng của tỷ suất nén cao hơn yếu tố nhiệt độ và thời gian, mức độ ảnh hưởng của nhiệt độ cao hơn sự ảnh hưởng của thời gian.

Theo bảng phân tích sự phù hợp 3.15 nhận thấy giá trị R^2 đạt 0,99 bài toán có kết quả gần như tuyệt đối khi so sánh mô hình với kết quả thí nghiệm, kết quả hoàn toàn đáng tin cậy.

Nguyên nhân dẫn đến kết quả trên khi gỗ được xử lý nhiệt -cơ sự phân giải do tác động của nhiệt độ của các polyme trên vách tế bào, đặc biệt là hemicellulose từ những chuỗi dài chuỗi thành những chuỗi ngắn hơn, dẫn đến khả năng chịu uốn giảm xuống. Mặt khác, nhiệt độ cao, thời gian xử lý dài thì độ bền uốn tĩnh càng giảm là do trong quá trình xử lý nén ép các chất chiết suất trong gỗ bị loại bỏ ra ngoài, hemicellulose bị phân huỷ, gỗ trở lên rỗng xốp khối lượng riêng giảm làm cho liên kết giữa các mixen cellulose bị lỏng lẻo, do đó độ bền uốn tĩnh bị giảm xuống. Đặc biệt là ở chế độ 14 khi nhiệt độ 180 ^{o}C thời gian xử lý là 180 phút độ bền uốn tĩnh của gỗ bị giảm mạnh. Đều này hoàn toàn phù hợp với các nghiên cứu của Hill, (2006), Hon (1996) và Hon cùng Shirashi (1991). Người ta đã chỉ ra rằng hơi nước ở nhiệt độ cao, tức là độ ẩm và nhiệt độ cao, có thể làm suy giảm hóa học gỗ và có thể làm giảm nghiêm trọng độ bền của vật liệu.

3.3.2. Ảnh hưởng tham số xử lý đến độ bền nén dọc.

Khả năng chịu nén dọc của gỗ một tiêu chí quan trọng để đánh giá độ bền của gỗ, gỗ có độ bền nén tốt thường hay được sử dụng làm những chi tiết chịu lực như cột

nhà, chân ghế, chân bàn, sương sàn,... Kết quả kiểm tra khả năng chịu nén dọc của từng chế độ có ở bảng 3.15 và kết quả phân tích có ở bảng 3.16 và 3.17

Bảng 3.15. Kết quả kiểm tra ảnh hưởng tham số xử lý đến độ bền nén dọc

Chế độ	Tỷ suất nén (%)	Nhiệt độ (oC)	Thời gian (phút)	Độ bền nén dọc (MPa)	SD (MPa)
ĐC				43.16	1.152
CĐ1	40	160	120	61.17	2.257
CĐ2	40	160	120	61.24	1.771
CĐ3	30	140	180	48.03	2.467
CĐ4	30	180	60	48.15	1.419
CĐ5	40	160	120	61.03	1.801
CĐ6	40	126	120	52.86	1.719
CĐ7	50	140	180	61.36	1.485
CĐ8	40	194	120	51.04	1.492
CĐ9	50	180	180	58.69	1.008
CĐ10	40	160	120	61.65	1.607
CĐ11	40	160	19	52.64	6.276
CĐ12	57	160	120	65.90	2.323
CĐ13	23	160	120	53.22	1.526
CĐ14	30	180	180	43.19	1.418
CĐ15	40	160	120	61.12	0.903
CĐ16	50	180	60	56.99	2.747
CĐ17	50	140	60	58.40	0.712
CĐ18	30	140	60	51.26	1.204
CĐ19	40	160	120	60.87	1.042
CĐ20	40	160	221	52.19	1.653

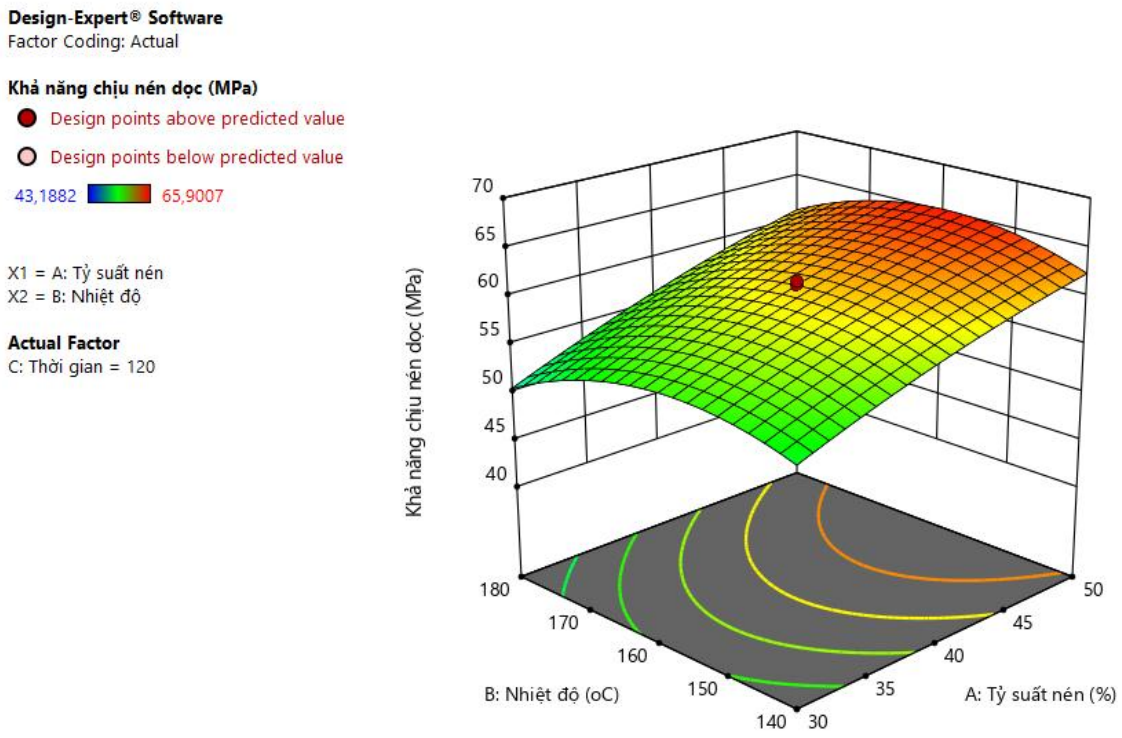
Bảng 3.16. Kết quả phân tích INOVA tối ưu hóa chế độ xử lý ảnh hưởng đến độ bền chịu nén dọc

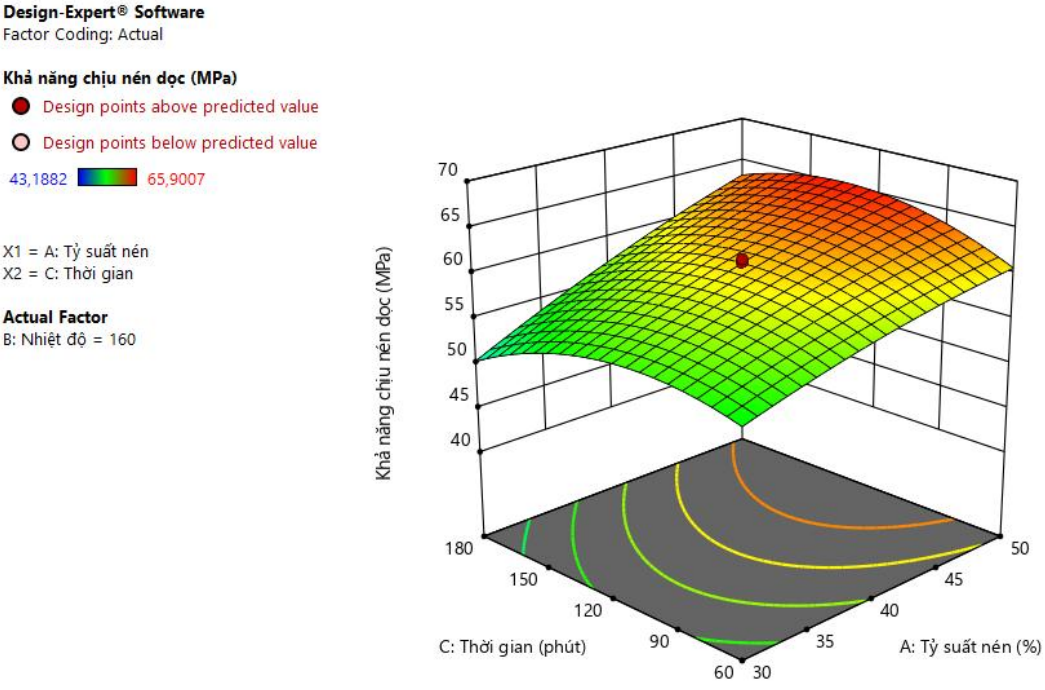
Yếu tố	Tổng bình phương	Bậc tự do	Trung bình bình phương	Giá trị F	Giá trị P Pro > F	
Mô hình	663,75	9	73,75	41,01	< 0.0001	Có ý nghĩa
A-Tỷ suất nén	320,28	1	320,28	178,10	< 0.0001	
B-Nhiệt độ	16,65	1	16,65	9,26	0,0124	
C-Thời gian	1,35	1	1,35	0,7497	0,4069	
AB	1,88	1	1,88	1,04	0,3311	
AC	20,65	1	20,65	11,48	0,0069	
BC	1,12	1	1,12	0,6237	0,4480	
A^2	8,78	1	8,78	4,88	0,0516	
B^2	173,70	1	173,70	96,59	< 0.0001	
C^2	157,59	1	157,59	87,63	< 0.0001	
Phần dư	17,98	10	1,80			
Sự không tin cậy	17,64	5	3,53	51,50	0,0003	Có ý nghĩa
Sai số thuần	0,3426	5	0,0685			
Tổng tương quan	681,74	19				

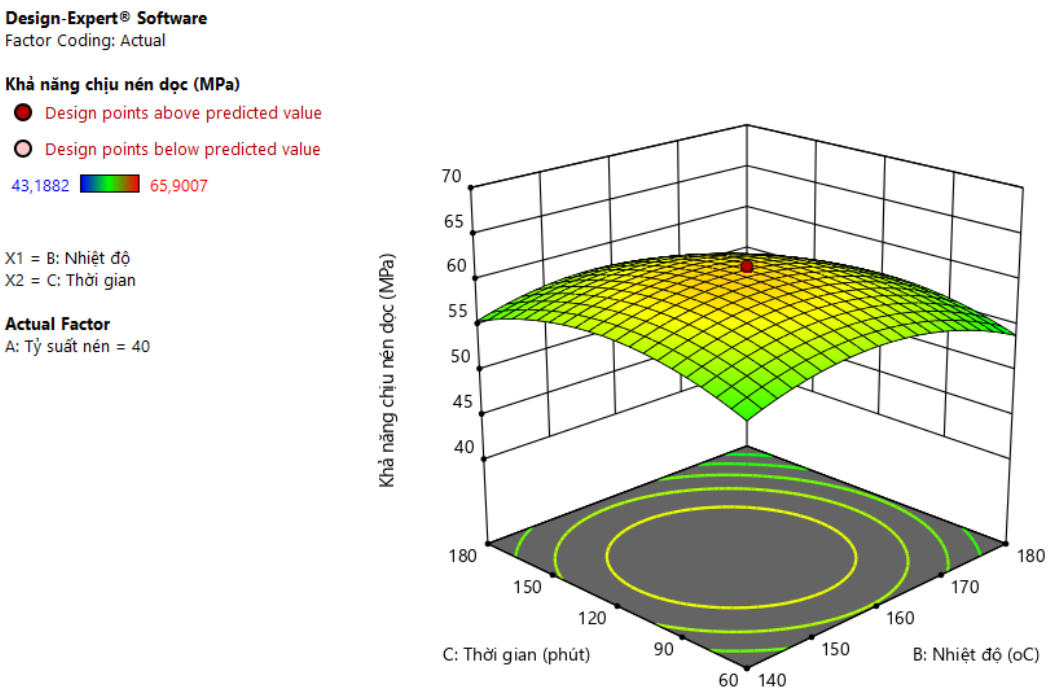
Bảng 3.17. Kết quả phân tích sự phù hợp của mô hình với thực nghiệm

Thông số	Giá trị	Thông số	Giá trị
Độ lệch chuẩn	1,34	R^2	0,9736
Giá trị trung bình	56,05	R^2 hiệu chỉnh	0,9499
Hệ số biến thiên %	2,39	R^2 dự đoán	0,8029
		Độ chính xác phù hợp	234,354

Đồ thị biểu diễn mối quan hệ của các tham số chế độ nén ép đến khả năng chịu nén dọc của gỗ nén.







Hình 3.6. Đồ thị ảnh hưởng thông số xử lý đến độ bền nén dọc

Từ các giá trị phân tích có ý nghĩa trên, giá trị hàm tương quan được phần mềm Design Expert 11 đưa ra biểu diễn theo phương trình cụ thể sau:

$$Y_n = -174{,}246 + 0{,}400X_1 + 2{,}663X_2 + 0{,}158X_3 + 0{,}002X_1X_2 + 0{,}003X_1X_3 - 0{,}0003X_2X_3 - 0{,}008X_1^2 - 0{,}009X_2^2 - 0{,}001X_3^2 \quad (3.5)$$

Trong đó : Y_n- độ bền nén dọc (MPa).

X_1- tỷ suất nén (%).

X_2- nhiệt độ nén (^oC).

X_3- thời gian nén (phút).

Nhận xét:

Từ kết quả của bảng 3.15 cho thấy:

- Độ bền nén của chế độ 12 (Tỷ suất nén 57%, nhiệt độ nén 160 ^oC, thời gian nén 120 phút) là chế độ có độ bền nén tốt nhất 65,90 MPa.

- Các chế độ 1, 2, 5 10, 15,19 (Tỷ suất nén 40%, nhiệt độ nén 160 ^oC, thời gian nén 120 phút) đều cho kết quả tương đương khoảng 60 đến 61 MPa;- Độ bền nén của chế độ K14 (Tỷ suất nén 30%, nhiệt độ nén 180^oC, thời gian nén 180 phút) cho độ bền

nén thấp nhất: 43,19 MPa, mức độ này tương đương với mẫu đối chứng chưa nén: 43,16 MPa;

- Tất cả các chế độ khác sau khi nén ép đều cho thấy, khả năng chịu uốn của gỗ nén tốt hơn so với mẫu gỗ chưa nén;

Căn cứ vào bảng 3.16, 3.17, phương trình (3.7) cùng đồ thị phân tích ảnh hưởng của tham số ép đến khả năng chịu nén có thể kết luận rằng:

- Khi nhiệt độ tăng quá cao (lớn hơn 160^{o}C) khả năng chịu nén của mẫu gỗ có suy hướng giảm.

- Khi thời gian nén quá dài (lớn hơn 120 phút) khả năng chịu uốn của mẫu gỗ có suy hướng giảm.

- Mức độ ảnh hưởng của tỷ suất nén cao hơn yếu tố nhiệt độ và thời gian, mức độ ảnh hưởng của nhiệt độ cao hơn sự ảnh hưởng của thời gian.

Tương tự như kết luận độ bền uốn, nguyên nhân dẫn đến kết quả trên khi gỗ được xử lý nhiêt-cơ có sự phân giải do tác động của nhiệt độ của các polyme trên vách tế bào, đặc biệt là hemicellulose từ những chuỗi dài chuỗi thành những chuỗi ngắn hơn, khả năng liên kết bó bị tách rời, dẫn đến khả năng chịu nén giảm xuống. Mặt khác, nhiệt độ cao, thời gian xử lý dài thì độ bền nén dọc càng giảm là do trong quá trình xử lý nén ép các chất chiết suất trong gỗ bị loại bỏ ra ngoài, Lignhin và hemicellulose bị phân huỷ, gỗ trở lên rỗng xốp khối lượng riêng giảm làm cho liên kết giữa các mixencellulose bị lỏng lẻo, do đó độ bền uốn tĩnh bị giảm xuống. Đặc biệt là ở chế độ 14 khi nhiệt độ 180 ^{o}C thời gian xử lý là 180 phút độ bền nén của gỗ bị giảm mạnh. Đều này hoàn toàn phù hợp với các nghiên cứu của (Hill, 2006, Hon, 1996, Hon và Shirashi 1991) Người ta đã chỉ ra rằng hơi nước ở nhiệt độ cao, tức là độ ẩm và nhiệt độ cao, có thể làm suy giảm hóa học gỗ và có thể làm giảm nghiêm trọng độ bền của vật liệu.

3.3.3. Ảnh hưởng tham số xử lý đến độ cứng bề mặt

Độ cứng tĩnh của gỗ đặc biệt có ý nghĩa trong sản xuất ván sàn, nó đảm bảo tiêu chí bền bề mặt khi bị tác động của chân ghế, chân bàn, chân guốc,… Kết quả kiểm tra độ cứng tĩnh của từng chế độ có ở bảng 3.18 và kết quả phân tích có ở bảng 3.19 và 3.20

Bảng 3.18 . Kết quả kiểm tra độ cứng tĩnh của mẫu gỗ nén

Chế độ	Tỷ suất nén (%)	Nhiệt độ (ºC)	Thời gian (phút)	Độ cứng tĩnh (N)	SD (N)
ĐC				2.309,89	365,19
CĐ1	40	160	120	8.015,20	182,31
CĐ2	40	160	120	8.030,79	97,06
CĐ3	30	140	180	5.633,55	181,41
CĐ4	30	180	60	5.595,75	193,82
CĐ5	40	160	120	8.044,77	223,83
CĐ6	40	126	120	6.515,04	241,68
CĐ7	50	140	180	8.052,33	236,41
CĐ8	40	194	120	6.024,17	142,72
CĐ9	50	180	180	7.884,18	229,83
CĐ10	40	160	120	8.009,34	277,55
CĐ11	40	160	19	6.503,32	251,45
CĐ12	57	160	120	8.410.05	219,36
CĐ13	23	160	120	6.581,40	181,47
CĐ14	30	180	180	4.104,55	124,21
CĐ15	40	160	120	8.013,82	252,98
CĐ16	50	180	60	6.918,91	232,57
CĐ17	50	140	60	7.857,70	220,10
CĐ18	30	140	60	6.009,34	236,00
CĐ19	40	160	120	8.065,90	208,71
CĐ20	40	160	221	6.564,56	211,10

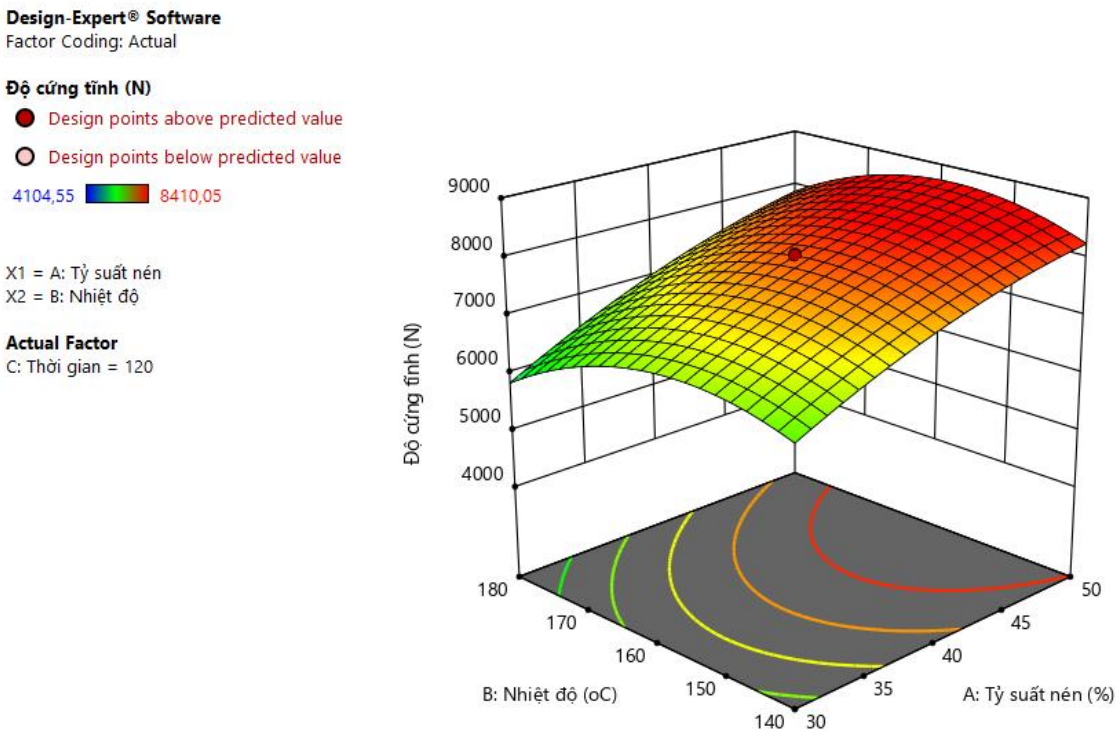
Bảng 3.19. Kết quả phân tích INOVA tối ưu hóa chế độ xử lý ảnh hưởng đến độ cứng tĩnh

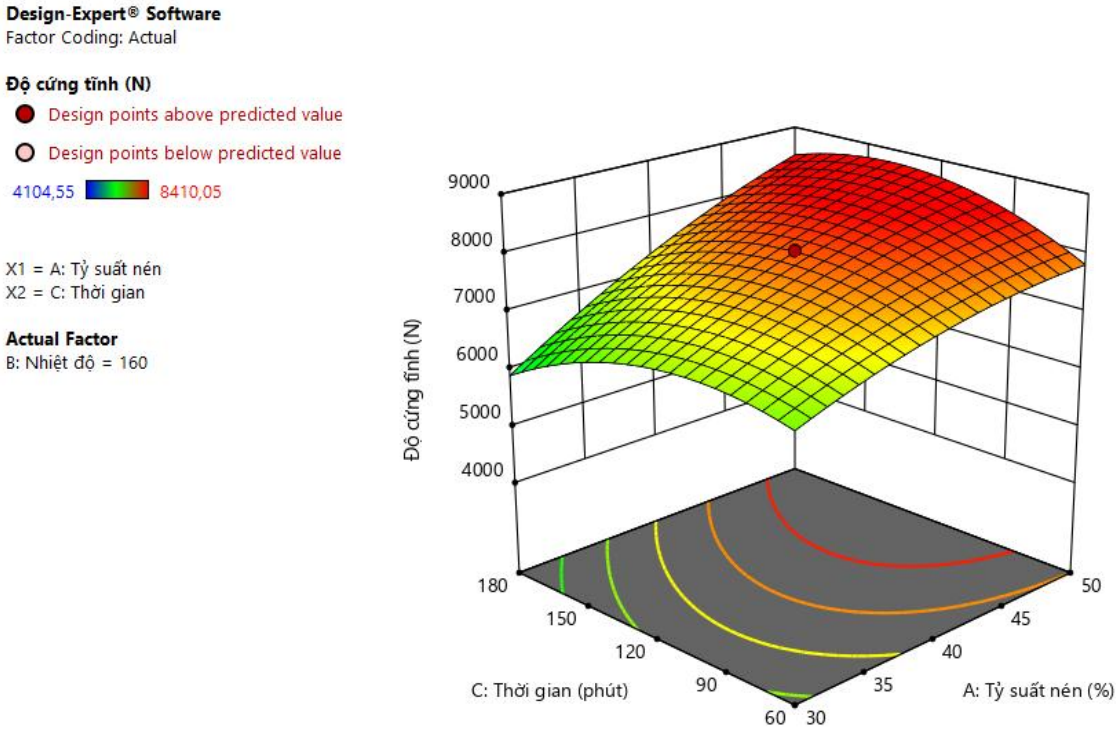
Yếu tố	Tổng bình phương	Bậc tự do	Trung bình bình phương	Giá trị F	Giá trị P Pro > F	
Mô hình	2.39E+10	9	2.65E+09	12,75	0,0002	Có ý nghĩa
A-Tỷ suất nén	1.13E+10	1	1.13E+10	54,53	< 0.0001	
B-Nhiệt độ	1.10E+09	1	1.10E+09	5,29	0,0443	
C-Thời gian	26721,78	1	26721,78	0,1285	0,7275	
AB	87289,10	1	87289,10	0,4197	0,5317	
AC	1.15E+09	1	1.15E+09	5,51	0,0409	
BC	14858,84	1	14858,84	0,0714	0,7947	
A^2	7.46E+08	1	7.46E+08	3,58	0,0876	
B^2	6.30E+09	1	6.30E+09	30,27	0,0003	
C^2	4.64E+09	1	4.64E+09	22,31	0,0008	
Phần dư	2.08E+09	10	2.08E+08			
Sự không tin cậy	2.08E+09	5	4.16E+08	860,10	< 0.0001	Có ý nghĩa
Sai số thuần	2415,39	5	483,08			
Tổng tương quan	2.60E+10	19				

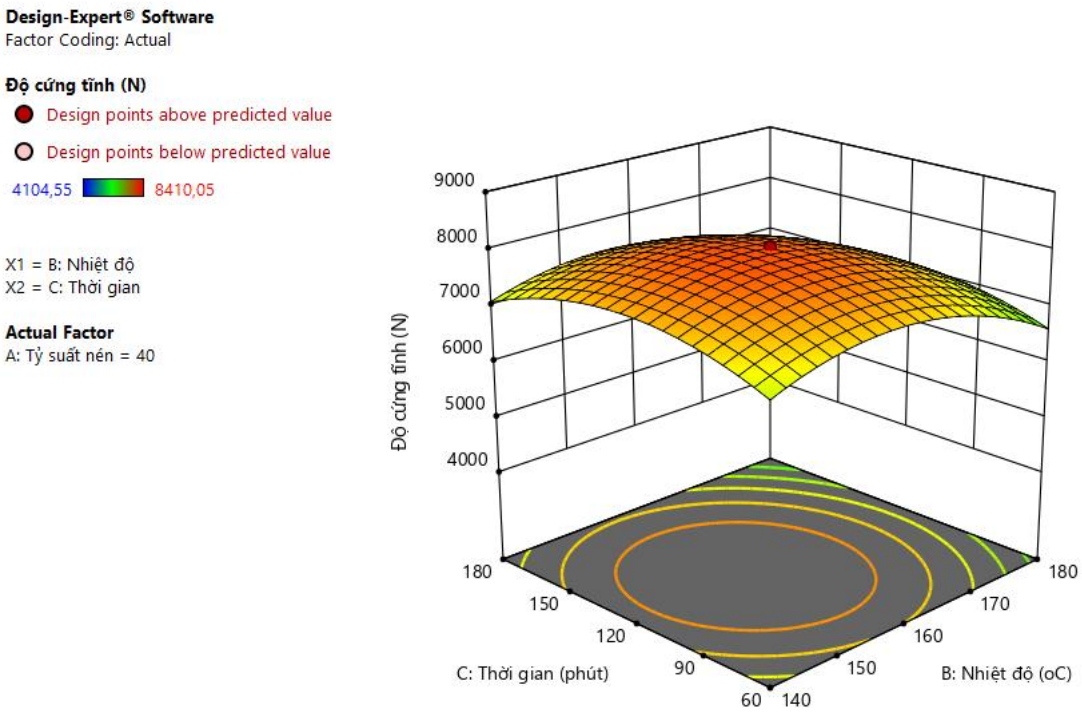
Bảng 3.20. Kết quả phân tích sự phù hợp của mô hình với thực nghiệm

Thông số	Giá trị	Thông số	Giá trị
Độ lệch chuẩn	456,06	R^2	0,9199
Giá trị trung bình	7041,73	R^2 hiệu chỉnh	0,8477
Hệ số biến thiên %	6,48	R^2 dự đoán	0,3651
		Độ chính xác phù hợp	127,460

Đồ thị biểu diễn mối quan hệ của các tham số chế độ nén ép đến độ cứng tĩnh của gỗ nén.







Hình 3.7. Đồ thị ảnh hưởng thông số chế độ xử lý đến độ cứng tĩnh

Từ các giá trị phân tích có ý nghĩa trên, giá trị hàm tương quan được phần mềm Design Expert 11 đưa ra biểu diễn theo phương trình cụ thể sau:

Y_c= - 35780,496+ 113,850X_1 + 497,987X_2 + 17,618X_3 + 0,552 X_1X_2 + 0,631X_1X_3 - 0,036X_2X_3 - 2,274 X_1^2 - 1,652X_2^2 - 0,1581X_3^2 (3.6)

Trong đó : Y_c- độ cứng tĩnh (MPa).

X_1- tỷ suất nén (%).

X_2- nhiệt độ nén (^{o}C).

X_3- thời gian nén (phút).

Nhận xét

Với kết quả thu được từ bảng 3.18 cho thấy:

- Độ cứng tĩnh của chế độ 12 (Tỷ suất nén 57%, nhiệt độ nén 160 ^{o}C, thời gian nén 120 phút) là chế độ có độ cứng tĩnh tốt nhất 8410,05 N;

- Các chế độ 1, 2, 5 10, 15,19 (Tỷ suất nén 40%, nhiệt độ nén 160 ^{o}C, thời gian nén 120 phút) đều cho kết quả tương đương khoảng 7.800 đến 8.000 N;

- Độ bền uốn của chế độ K14 (Tỷ suất nén 30%, nhiệt độ nén 180 ^{o}C, thời gian nén 180 phút) cho độ cứng tĩnh thấp nhất: 4104 N, mức độ này cao hơn nhiều mẫu đối chứng chưa nén: 2309 N;

- Tất cả các chế độ khác sau khi nén ép đều cho thấy, độ cứng của gỗ nén tốt hơn so với mẫu gỗ chưa nén; chế độ thấp nhất cao hơn nhiều so với đối mẫu đối chứng

Căn cứ vào bảng 3.19, 3.20, phương trình (3.6) cùng đồ thị phân tích ảnh hưởng của tham số ép kết luận rằng:

- Khi tỷ suất nén tăng, thì độ cứng tĩnh của mẫu tăng

- Khi nhiệt độ tăng quá cao (lớn hơn 160 ^{o}C) độ cứng của mẫu gỗ có suy hướng giảm.

- Khi thời gian nén quá dài (lớn hơn 120 phút) độ cứng của mẫu gỗ có suy hướng giảm.

- Mức độ ảnh hưởng của tỷ suất nén cao hơn yếu tố nhiệt độ và thời gian, mức độ ảnh hưởng của nhiệt độ cao hơn sự ảnh hưởng của thời gian.

Nguyên nhân của sự thay đổi khác thường so với độ bền uốn và độ bền nén là sự phân bố mật độ khối lượng riêng (xem hình 2.9; 2.10; 2.11) bề mặt gỗ nén được biểu thị bằng chỉ số KLRmax trong biểu đồ phân bố khối lượng riêng, các biểu đồ đều cho thấy trong phạm vi khoảng cách PDi (khoảng cách từ bề mặt ván đến đỉnh khối lượng riêng cao nhất), giá trị KLRmax đạt giá trị cao nhất đều nằm trong khoảng từ 1-2 mm, càng vào trong khối lượng riêng của gỗ càng giảm, nguyên nhân là khi nén với tốc độ tăng áp nhanh thì bề mặt gỗ là vùng bị chịu tác động lớn nhất.

Mối tương quan giữa tham số xử lý đến độ cứng tĩnh của gỗ xử lý biến tính được thể hiện bằng các chỉ số, hệ số biến thiên đạt 4,68%, hệ số xác định R^2 của độ cứng tĩnh đạt 0,9199 và phương trình tương quan (3.6) cho thấy mối tương quan của tham số xử lý đến độ cứng tĩnh là rất chặt chẽ. Kết quả đạt được và xử lý đáng tin cậy.

3.3.4. Ảnh hưởng tham số xử lý đến độ mài mòn.

Độ mài mòn của gỗ đặc biệt có ý nghĩa trong sản xuất ván sàn, ván sàn thường xuyên hay bị các lực ma sát tác động, các lực này chủ yếu sinh ra do chân giầy, dép, vật dụng kéo trong nhà, độ mài mòn càng nhỏ thì chất lượng bề mặt ván àn cáng tốt. Kết quả kiểm tra độ mài mòn của từng chế độ có ở bảng 3.21 và kết quả phân tích có ở bảng 3.22 và bảng 3.23

Bảng 3.21. Kết quả kiểm tra ảnh hưởng tham số xử lý đến độ mài mòn của mẫu gỗ

Chế độ	Tỷ suất nén (%)	Nhiệt độ (^oC)	Thời gian (phút)	Độ mài mòn (%)	SD (%)
ĐC				0.54	0.016
CĐ1	40	160	120	0.43	0.009
CĐ2	40	160	120	0.43	0.012
CĐ3	30	140	180	0.15	0.021
CĐ4	30	180	60	0.15	0.025
CĐ5	40	160	120	0.44	0.016
CĐ6	40	126	120	0.26	0.018
CĐ7	50	140	180	0.44	0.018
CĐ8	40	194	120	0.21	0.005
CĐ9	50	180	180	0.39	0.014
CĐ10	40	160	120	0.43	0.017
CĐ11	40	160	19	0.25	0.012
CĐ12	57	160	120	0.47	0.011
CĐ13	23	160	120	0.26	0.012
CĐ14	30	180	180	0.13	0.012
CĐ15	40	160	120	0.43	0.008
CĐ16	50	180	60	0.35	0.015
CĐ17	50	140	60	0.39	0.013
CĐ18	30	140	60	0.20	0.008
CĐ19	40	160	120	0.43	0.015
CĐ20	40	160	221	0.26	0.021

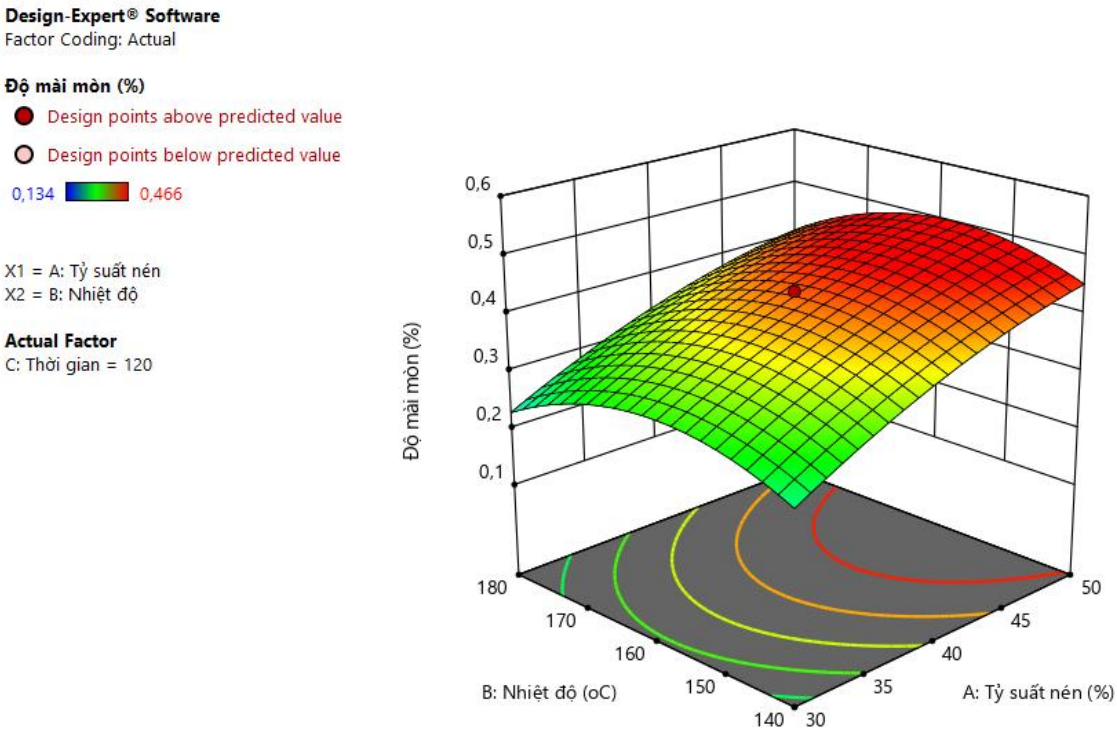
Bảng 3.22. Kết quả phân tích INOVA tối ưu hóa chế độ nén ảnh hưởng đến độ mài mòn

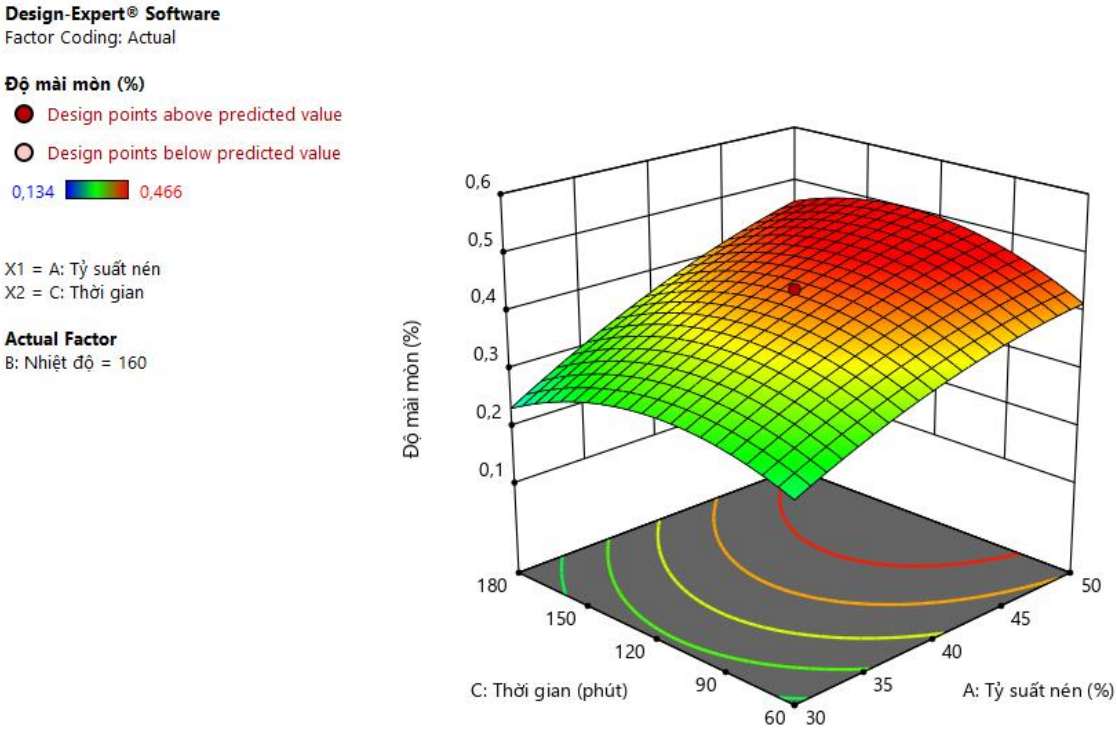
Yếu tố	Tổng bình phương	Bậc tự do	Trung bình bình phương	Giá trị F	Giá trị P Pro > F	
Mô hình	0,2455	9	0,0273	26,45	< 0.0001	Có ý nghĩa
A-Tỷ suất nén	0,1211	1	0,1211	117,45	< 0.0001	
B-Nhiệt độ	0,0041	1	0,0041	3,97	0,0743	
C-Thời gian	0,0001	1	0,0001	0,1070	0,7503	
AB	0,0001	1	0,0001	0,0820	0,7805	
AC	0,0033	1	0,0033	3,18	0,1048	
BC	0,0001	1	0,0001	0,1091	0,7480	
A^2	0,0088	1	0,0088	8,58	0,0151	
B^2	0,0695	1	0,0695	67,39	< 0.0001	
C^2	0,0561	1	0,0561	54,37	< 0.0001	
Phần dư	0,0103	10	0,0010			
Sự không tin cậy	0,0102	5	0,0020	122,73	< 0.0001	Có ý nghĩa
Sai số thuần	0,0001	5	0,0000			
Tổng tương quan	0,2558	19				

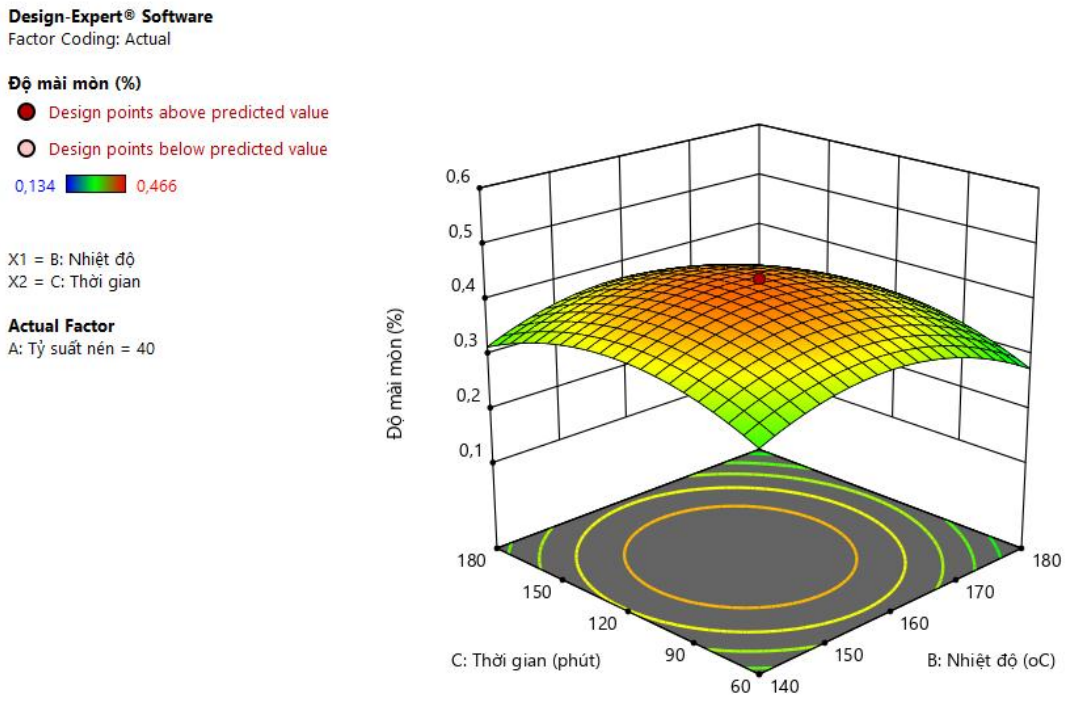
Bảng 3.23 Kết quả phân tích sự phù hợp của mô hình với thực nghiệm

Thông số	Giá trị	Thông số	Giá trị
Độ lệch chuẩn	0,0321	R^2	0,9597
Giá trị trung bình	0,3247	R^2 hiệu chỉnh	0,9234
Hệ số biến thiên %	9,89	R^2 dự đoán	0,6942
		Độ chính xác phù hợp	161,535

Đồ thị biểu diễn mối quan hệ của các tham số chế độ nén ép đến độ mài mòn gỗ nén.







Hình 3.8. Đồ thị ảnh hưởng thông số chế độ nén đến độ mài mòn

Từ các giá trị phân tích có ý nghĩa trên, giá trị hàm tương quan được phần mềm Design Expert 11 đưa ra biểu diễn theo phương trình cụ thể sau:

$$Y_m = -4{,}78409 + 0{,}028X_1 + 0{,}055X_2 + 0{,}002X_3 - 0{,}000016X_1X_2 + 0{,}000034X_1X_3 + 0{,}312X_2X_3 - 0{,}000248X_1^2 - 0{,}000174X_2^2 - 0{,}000017X_3^2 \quad (3.7)$$

Trong đó : Y_m- độ mài mòn (%).

X_1- tỷ suất nén (%).

X_2- nhiệt độ nén (°C).

X_3- thời gian nén (phút).

Nhận xét: Từ kết quả thu được của bảng 3.21 nhận xét rằng:

Độ mài mòn của mẫu gỗ nén có qui luật ngược lại với độ cứng tĩnh, độ mài mòn đánh giá độ hao hụt một phần rất nhỏ của bề mặt vật liệu (Chiều sâu mài mòn khoảng dưới 1mm). Kết quả cho thấy:

- Độ mài mòn của chế độ 14 (Tỷ suất nén 30%, nhiệt độ nén 180°C, thời gian nén 180 phút) cho độ mài mòn thấp nhất: 0,13%;

- Độ mài mòn của chế độ 12 (Tỷ suất nén 57%, nhiệt độ nén 160°C, thời gian nén 120 phút) là chế độ có độ mài mòn cao nhất 0,49%;

- Tất cả các chế độ khác sau khi nén ép đều cho thấy, độ mài mòn của gỗ nén tốt hơn so với mẫu gỗ chưa nén: 0,54%

Nguyên nhân của sự thay đổi khác thường so với độ cứng tĩnh có thể giải thích bằng biểu đồ phân bố phân bố khối lượng riêng, tại đây KLR theo chiều dày phân bố trong khoảng cách PDi (khoảng cách từ bề mặt ván đến đỉnh khối lượng riêng cao nhất), giá trị KLR đi theo hình parapol với điểm đầu đều thấp hơn giá trị KLRmin (khối lượng riêng trung bình) giá trị KLRmax đạt giá trị cao nhất đều nằm trong khoảng từ 1-2 mm, tại một lớp mỏng (0,3-0,5 mm) theo bề mặt mẫu gỗ (chưa bào, chưa đánh nhẵn) khi nén ép tỷ suất cao, thời gian ngắn và nhiệt độ thấp, tại liên kết bề mặt sẽ có sự đàn hồi trở lại, các sợi bó sợi bị tách rời do sự thất thoát của lignhin cho nên dẫn đến mẫu có độ mài mòn lớn thể hiện ở hình 3.10; 3.11; 3.12. Ngoài ra các thành phần khác trong gỗ khi ảnh hưởng của nhiệt độ cao, độ ẩm bề mặt bị mất nước sẽ gây ra phản ứng mất nước ngưng tụ, các hợp chất thơm được hình thành trên bề mặt: axit furfural, hydroxyl-methyl-furfural, levulinic và formic làm cho bề mặt gỗ bị trai cứng dẫn đến độ mài mòn giảm.

3.3.5. Tối ưu hóa chế độ xử lý ảnh hưởng đến độ bền cơ học của gỗ

Để tối ưu hóa lựa chọn tham số đầu vào và đầu ra theo bảng 3.24 và có kết quả theo bảng 3.25 sau khi xử lý bằng phần mềm Design Expert 11

Bảng 3.24. Tham số lựa chọn tối ưu hóa chế độ xử lý gỗ đến độ bền cơ học gỗ

Tên	Mục tiêu	Mức thấp	Mức cao	Giá trị dưới	Giá trị trên	Tầm quan trọng
A:Tỷ suất nén	Trong phạm vi	30	50	1	1	3
B:Nhiệt độ	Trong phạm vi	140	180	1	1	3
C:Thời gian	Trong phạm vi	60	180	1	1	3
Khả năng chịu uốn	Lớn nhất	80,021	121,871	1	1	3
Khả năng chịu nén dọc	Lớn nhất	431,882	659,007	1	1	3
Độ cứng tĩnh	Lớn nhất	4104,55	8410,05	1	1	3
Độ mài mòn	Nhỏ nhất	0,134	0,466	1	1	3

Bảng 3.25. Chế độ tối ưu hóa chế độ xử lý đến độ bền cơ học gỗ nén

TT	Tỷ suất nén (%)	Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)	Khả năng chịu uốn (MPa)	Khả năng chịu nén dọc (MPa)	Độ cứng tĩnh (MPa)	Độ mài mòn (%)	Lựa chọn
1	45,176	140,000	179,999	109,591	58,476	7.642,627	0,371	0,579
2	45,066	140,001	179,999	109,473	58,419	7.632,128	0,370	0,579
3	44,890	140,001	179,996	109,285	58,328	7.615,352	0,368	0,579
4	33,894	155,048	100,033	108,668	58,131	7.465,406	0,361	0,577
5	**33,881**	**155,163**	**99,735**	**108,646**	**58,122**	**7.463,419**	**0,361**	**0,577**
6	33,891	154,907	100,459	108,673	58,133	7.465,795	0,361	0,577

Có 6 phương án tối ưu được lựa chọn cho thấy ảnh hưởng nhất của tham số chế độ xử lý đến tính chất cơ học của gỗ Keo lai xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ trong đó phương án tối ưu khuyên chọn là: Tỷ suất nén (45%), Nhiệt độ (140 °C), Thời gian nén (180 phút). Tuy nhiên để làm do tỷ suất nén 45% sẽ gây ảnh hưởng đến chi phí nguyên liệu cho nên có thể lựa chọn phương án thứ 5 theo bảng 4.24, chế độ nén đó là: Tỷ suất nén (34%), Nhiệt độ (155 °C), Thời gian nén (100 phút), giá trị về tính chất cơ học cũng đảm bảo gần tương đương.

3.4. Kết quả xác định khả năng kháng nấm mốc của gỗ Keo xử lý

Khả năng kháng nấm mốc của gỗ keo xử lý nhiệt được thử nghiệm trên nấm *Aspergillus niger* với 20 mẫu gỗ biến tính và 01 mẫu đối chứng, lặp lại 02 lần trên môi trường nuôi cấy PDA, nhiệt độ 28˚C.

(a) (b) (c)

Hình 3.9. Thử nghiệm khả năng kháng nấm mốc Aspergillus. Niger

(a) Mẫu gỗ nén trước khi thử, (b). Thử nấm sau 2 tuần. (c). Thử nấm sau 4 tuần

Kết quả kiểm tra khả năng kháng nâm mốc có ở trong bảng 3.26

Bảng 3.26. Kết quả kháng nấm mốc của gỗ xử lý

Tên mẫu	Tỉ lệ mốc TB sau 2 tuần (%)	Độ mốc sau 2 tuần	Tỉ lệ mốc TB sau 4 tuần (%)	Độ mốc sau 4 tuần
K1	3,3 ± 0	2	8,94 ± 0,04	2
K2	4,65 ± 0,17	1	8,33 ± 0,2	2
K3	0 ± 0	0	4,4 ± 0,17	1
K4	3,1 ± 0,17	2	7,06 ± 0,06	2
K5	3,71 ± 0,19	1	6,71 ± 0,06	2
K6	2,31± 0,02	1	12,22 ± 0,15	3
K7	4,09 ± 0,33	1	4,19 ± 0,01	1
K8	0 ± 0	0	1,43 ± 0,02	1
K9	2,43 ± 0,02	2	4,16 ± 0,1	1
K10	7,75 ± 0,17	2	14,27 ± 0,06	3
K11	**14,65 ± 0,51**	**3**	**25,18 ± 0,14**	**4**
K12	3,95 ± 0,5	3	7,46 ± 0,4	2
K13	5,99 ± 0,01	2	9,93 ± 0,07	2
K14	**0 ± 0**	**0**	**1,11 ± 0,05**	**1**
K15	3,12 ± 0,06	1	5,89 ± 0,05	2
K16	3,57 ± 0,03	1	6,61 ± 0,18	2
K17	16,14 ± 0,5	3	22,16 ± 0,08	4
K18	11,13 ± 0,25	3	20,74 ± 0,06	4
K19	6,61 ± 0,07	2	9,5 ± 0,15	2
K20	2,07 ± 0,04	1	3,69 ± 0,06	1
DC	26,42 ± 0,3	4	42,1 ± 0,03	4

Ghi chú: 0 - không bị mốc; 1 – tỉ lệ mốc< 5%; 2 – tỉ lệ mốc từ 5% -10%; 3 – tỉ lệ mốctừ 10% - 20%; 4 -tỉ lệ mốc từ 20% - 50%; 5 – tỉ lệ mốc > 50%.

Kết quả nghiên cứu cho thấy phương pháp thông số chế độ nén khác nhau sẽ cho kết quả kháng nấm khác nhau, đối với tất cả các mẫu thử đều cho thấy kết quả kháng nấm mốc tốt hơn so với mẫu đối chứng và thể hiện ở tỉ lệ phần trăm diện tích

mốc. Mẫu gỗ nén kí hiệu K14 được xử lí ở 180 ˚C trong 180 phút cho kết quả kháng nấm mốc cao nhất, tỉ lệ mốc sau 4 tuần là 1,11 %; giảm 38 lần so với đối chứng. Mẫu gỗ nén K11 được xử lí ở 160 ˚C trong 19 phút cho kết quả kháng nấm mốc thấp nhất, tỉ lệ mốc sau 4 tuần là 25,18%; giảm 1,67 lần so với đối chứng.

Về nguyên nhân của sự biến đổi này có hai nguyên nhân chính:

Đối với sự biến đổi màu sắc do mất lignin do enzym Ligninase, đây là loại enzym phân hủy cơ chất lignin thành các gốc aryl cation, gốc phenyl và các sản phẩm khác. Sự phân hủy lignin bởi enzym diễn ra theo cơ chế oxy hóa nhằm cắt đứt các cầu nối C - C và các cầu nối ether liên kết các đơn vị với nhau. Các nấm mốc có hệ enzym phân hủy lignin gồm: laccase, lignin peroxidase và maganese peroxidase. Hệ enzym này khơi mào cho một chuỗi các phản ứng oxy hóa không đặc hiệu được gọi là quá trình "đốt cháy bằng enzym". Nấm mốc tiết enzym ligninase tích cực phân hủy lignin trên gỗ làm cellulose tích lũy lại và tạo thành màu trắng trên cơ chất gỗ.

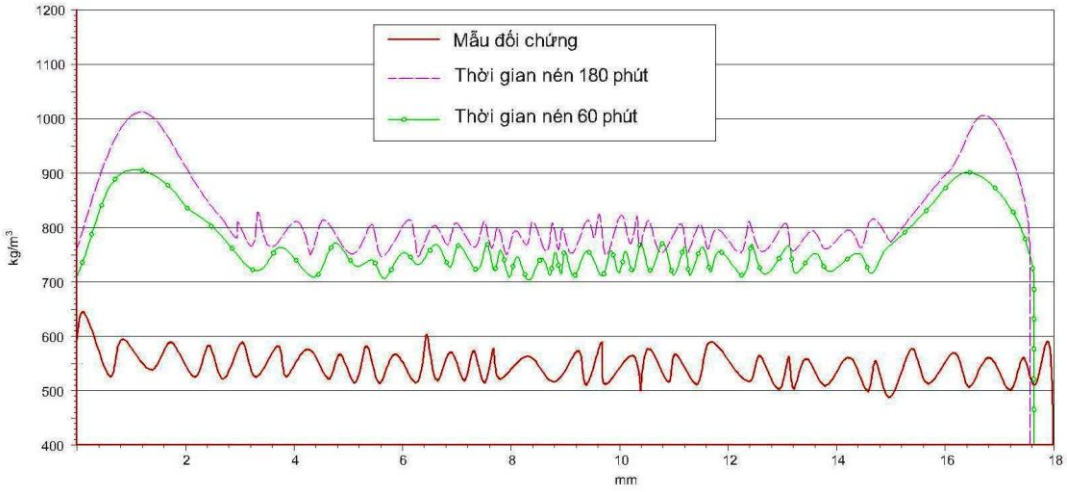
Loại thứ 2 là Cellulase là tên gọi dùng để chỉ các enzym tham gia phân cắt các hợp chất cellulose. Enzym này được tìm thấy trong cả ba loại nấm mục trắng, nấm mục nâu và nấm mốc. Cellulase có bản chất là protein được cấu tạo từ các đơn vị là acid amin được nối với nhau bởi liên kết –CO-NH- , bào tử và sắc tố do nấm sinh ra làm mốc bề mặt gỗ nghiêm trọng.

Với kết quả trên cho thấy có một số mẫu gỗ Keo xử lý nhiệt- cơ có sự tương thích với nghiên cứu của X. Muhamad và E.Tomak về độ bền sinh học trên gỗ Sồi biến tính nhiệt cho kết quả khả năng kháng nấm cải thiện rõ rệt so với mẫu đối chứng. Nghiên cứu đã sử dụng 2 chủng nấm là *Penecillium chysogenum* và *Aspergillus niger* để thử nghiệm khả năng kháng nấm mốc. Kết quả công bố cho thấy gỗ Sồi biến tính nhiệt ở 200 ˚C trong 2 giờ cho khả năng kháng nấm cao nhất với tỉ lệ mốc gỗ nhỏ hơn 3% đối với *Aspergillus niger* và nhỏ hơn 2% đối với nấm *Penecillium chysogenum.* [68]

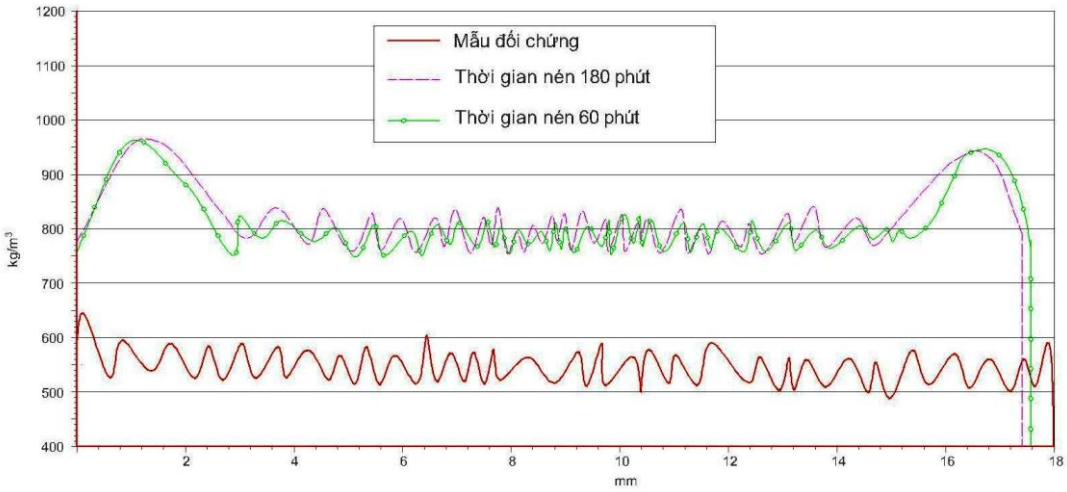
3.5. Biểu đồ phân bố khối lượng riêng

Biểu đồ phân bố khối lượng riêng theo chiều dày của các mẫu nén tương ứng với các chế độ ép khác nhau được thể hiện như hình 3.10, 3.11 và 3.12.

Tỷ suất nén 30%



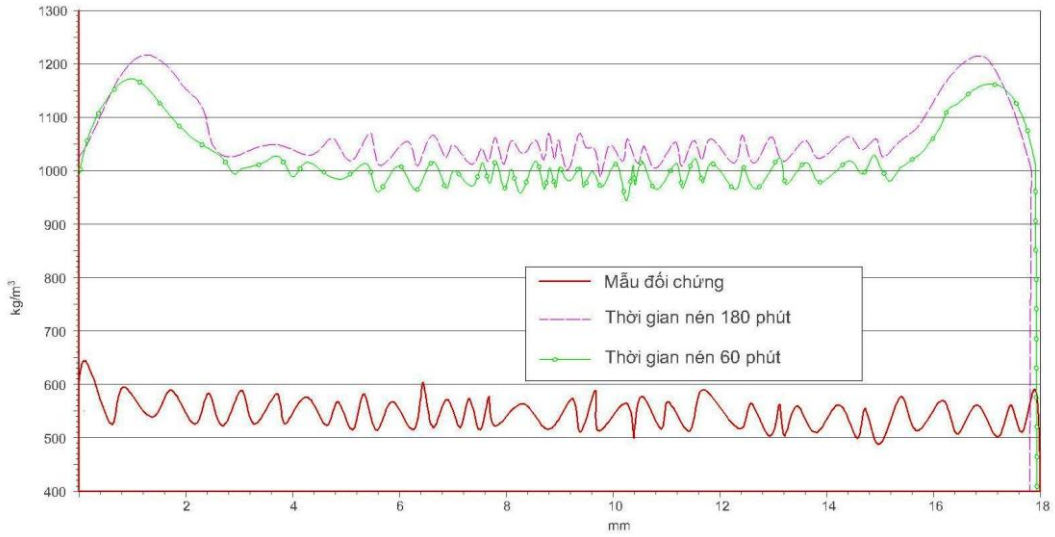
(a)



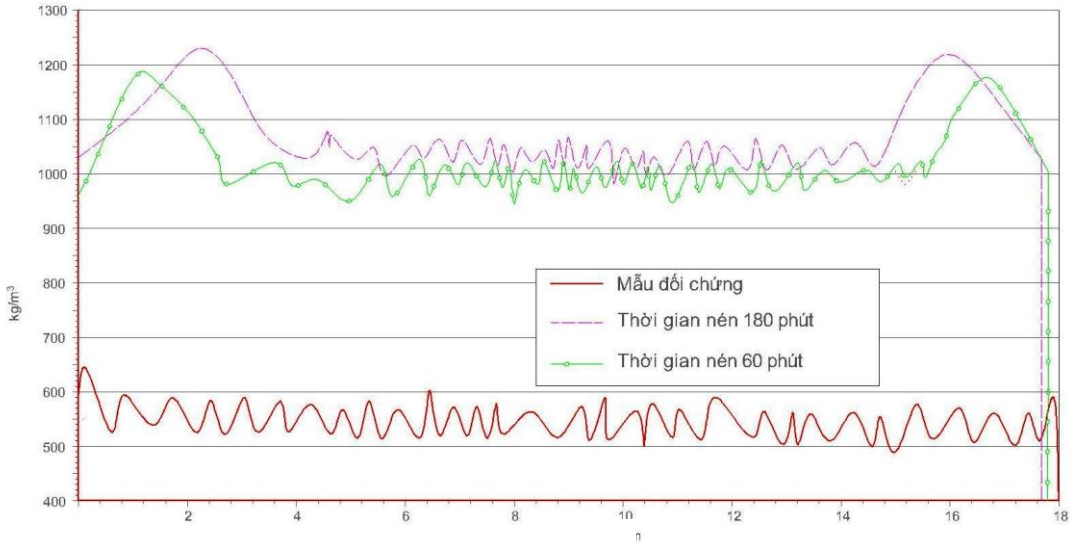
(b)

Hình 3.10. Biểu đồ phân bố khối lượng riêng khi nén với tỷ suất nén 30% tại các mức nhiệt độ: (a) 140 ^{o}C và (b) 180 ^{o}C

Tỷ suất nén 50%



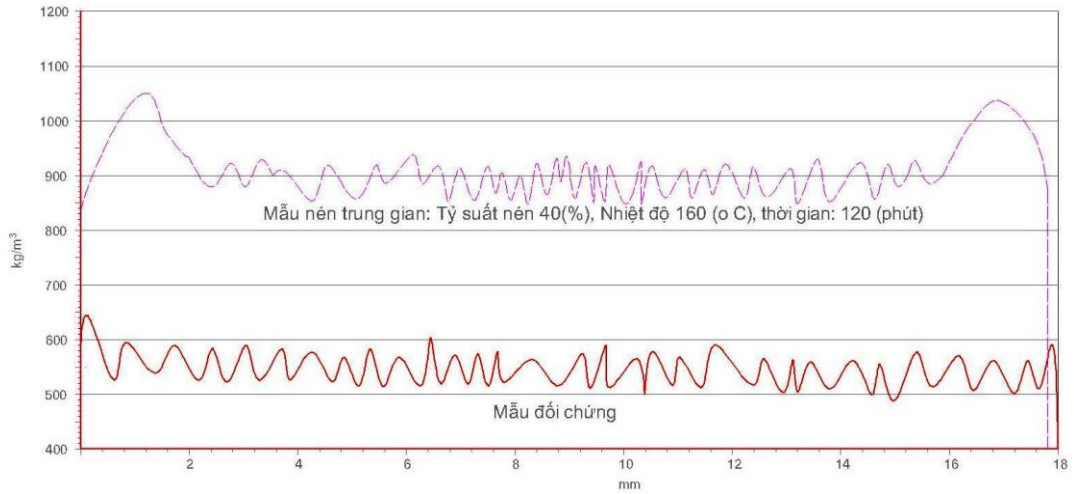
(a)



(b)

Hình 3.11. Biểu đồ phân bố khối lượng riêng khi nén với tỷ suất nén 50% tại các mức nhiệt độ: (a) 140 ^{o}C và (b) 180 ^{o}C

Tỷ suất nén 40% (thí nghiệm tại tâm)



Hình 3.12. Biểu đồ phân bố khối lượng riêng khi nén ở nhiệt độ 160 °C, tỷ suất nén 40% với thời gian nén 120 phút

Ảnh hưởng của tham số ép tới trị số của các thông số đặc trưng cho phân bố khối lượng riêng của gỗ nén được thể hiện như bảng 3.27.

Bảng 3.27. Ảnh của tham số ép tới trị số của các chỉ số đặc trưng phân bố khối lượng riêng

Kết quả tương ứng từng cấp nhiệt độ		Tỷ suất nén 30 (%)		Tỷ suất nén 40 (%)	Tỷ suất nén 50 (%)	
		Thời gian (phút)		Thời gian (phút)	Thời gian (phút)	
		60	180	120	60	180
Đối chứng		540		540	540	
KLR_{tb} (kg/m^3)	140°C	760	810	910	1005	1010
	160°C					
	180°C	810	830		1010	1050
KLR_{max} (kg/m^3)	140°C	911	1015	1150	1165	1170
	160°C					
	180°C	970	958		1185	1218
KLR_{min} (kg/m^3)	140°C	704	745	830	950	947
	160°C					
	180°C	750	768		947	981
PD_i (mm)	140°C	1,03	1,21	1,25	1,05	1,24
	160°C					
	180°C	1,23	2,27		1,25	2,25
P_b (mm)	140°C	2,85	2,56	2,57	2,83	2,52
	160°C					
	180°C	2,52	3,65		2,59	3,69

Nhận xét:

Ảnh hưởng của tỷ suất nén: Tỷ suất nén ảnh hưởng rõ rệt tới KLR_{tb}, KLR_{max} và KLR_{min}; ảnh hưởng không rõ nét tới trị số của PD_ivà P_b. Khi tăng tỷ suất nén từ 30% đến 50%, KLR_{tb} tăng 24,7 %, KLR_{max} tăng 15,3% và KLR_{min} tăng 27,1% với cùng mức nhiệt độ ép 140 ^oC và thời gian ép 180 phút. Tỷ suất nén tăng làm cho khối lượng riêng của gỗ tăng, tuy nhiên quan hệ này không tuyến tính vì khi tăng tỷ suất nén sẽ làm tăng độ đàn hồi trở lại của gỗ.

Ảnh hưởng của nhiệt độ nén: Nhiệt độ nén ép ảnh hưởng rõ rệt nhất tới khối lượng riêng, tới PD_i và ảnh hưởng không rõ nét tới P_b. Kết quả nghiên cứu cho thấy khoảng cách từ bề mặt tới vị trí có khối lượng riêng lớn nhất (PD_i) giảm khi nhiệt độ ép thấp và ngược lại. Cụ thể: PD_i bằng 1,2 mm ở nhiệt độ 140 ^oC và bằng 1,5 mm ở nhiệt độ 180 ^oC, với tỷ suất nén 30% và thời gian ép 180 phút. PD_i là một thông số quan trọng để đánh giá độ cứng bề mặt của gỗ nén, là bề mặt chịu lực khi sử dụng. Đồng thời, trị số PD_i là căn cứ để xác định lượng đánh nhẵn bề mặt sau khi nén ép.

Trị số KLR_{tb}, KLR_{max} và KLR_{min} tăng khi nhiệt độ nén ép tăng; ví dụ: KLR_{tb} bằng 810 kg/m^3 khi ép ở nhiệt độ 180 ^oC và bằng 760 kg/m^3 khi nén ép ở nhiệt độ 140 ^oC, với tỷ suất nén 30 % và thời gian ép 60 phút. Từ kết quả nghiên cứu cho thấy, để tăng khối lượng riêng của gỗ nén nên chọn giải pháp tăng nhiệt độ nén ép. Gỗ nén ở nhiệt độ cao do được dẻo hoá tốt hơn và độ đàn hồi trở lại của gỗ giảm. Tuy nhiên, cần tính toán lựa chọn trị số nhiệt độ nén ép cụ thể tương ứng với từng loại gỗ và mục đích sử dụng sản phẩm; vì nén ép ở nhiệt độ cao gỗ dễ sinh ra khuyết tật, như cong vênh và giảm độ bền uốn, kết quả này cũng tương đồng với nghiên cứu của Zhou và cộng sự [75].

Ảnh hưởng của thời gian nén: Thời gian nén ép ảnh hưởng tương đỗi rõ nét đến KLR_{tb} và PD_i; ảnh hưởng không ró nét tới KLR_{max}, KLR_{min} và P_b. Ví dụ: Khi tăng thời gian nén ép từ 60 phút đến 180 phút, KLR_{tb} tăng 6,5 % và PD_ităng 17,5 % ở mức nhiệt độ 140 ^oC và tỷ suất nén 30 %. Thời gian ép tăng có tác động tích cực đến mức độ dẻo hoá của gỗ, đồng thời hạn chế sự đàn hồi trở lại; kết quả này cũng tương đồng với nghiên cứu của Kudela và cộng sự khi nghiên cứu ảnh hưởng của tham số nén ép đến độ ổn định kích thước và khối lượng riêng của gỗ Dẻ gai (*Fagus sylvatica*) [39].

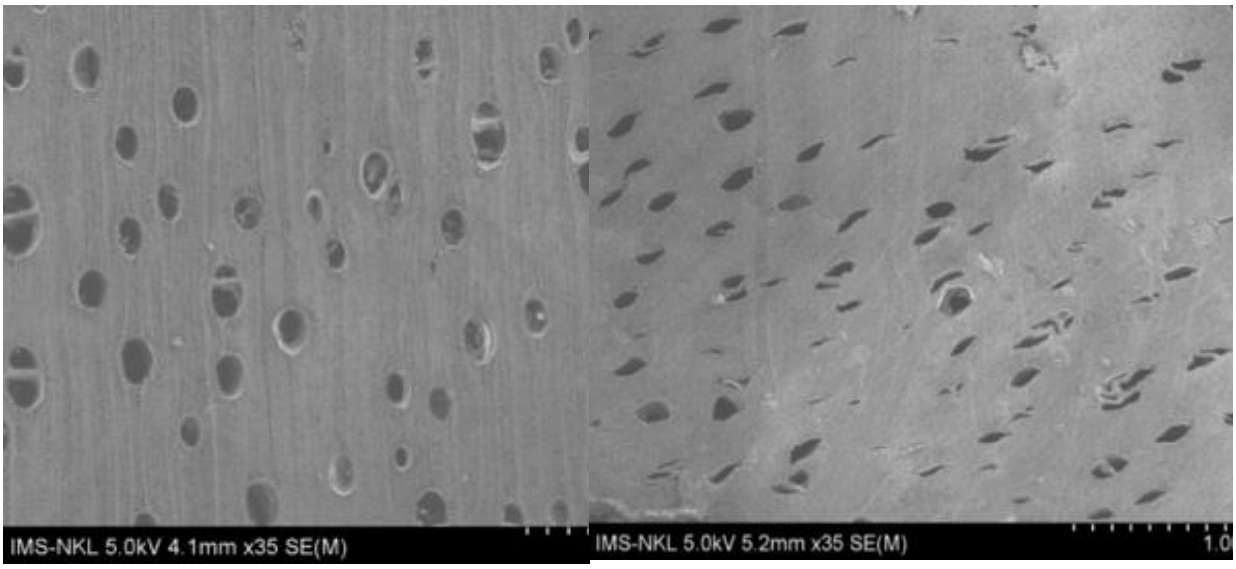
Về cơ chế và nguyên nhân: Trong quá trình nén, cấu trúc lignocellulose thay đổi do tác động đồng thời của nhiệt độ và độ ẩm; các nhóm carboxyl trong

hemicellulose bị phá hủy hoặc một phần của hemicellulose đã bị thủy phân hoặc loại bỏ; liên kết ester của các nhóm carboxylic từ lignin và/ hoặc hemicellulose được hình thành. Nhiệt độ và độ ẩm đã ảnh hưởng rõ rệt đến sự chuyển đổi trạng thái từ đàn hồi sang đàn dẻo của gỗ và dưới tác dụng của áp suất nén sẽ làm giảm độ rỗng trong gỗ; các liên kết lý, hoá mới được hình thành trong quá trình nén ép và khi gỗ nén được làm nguội. Độ bền và độ cứng của gỗ tăng lên tương ứng với sự gia tăng mật độ.

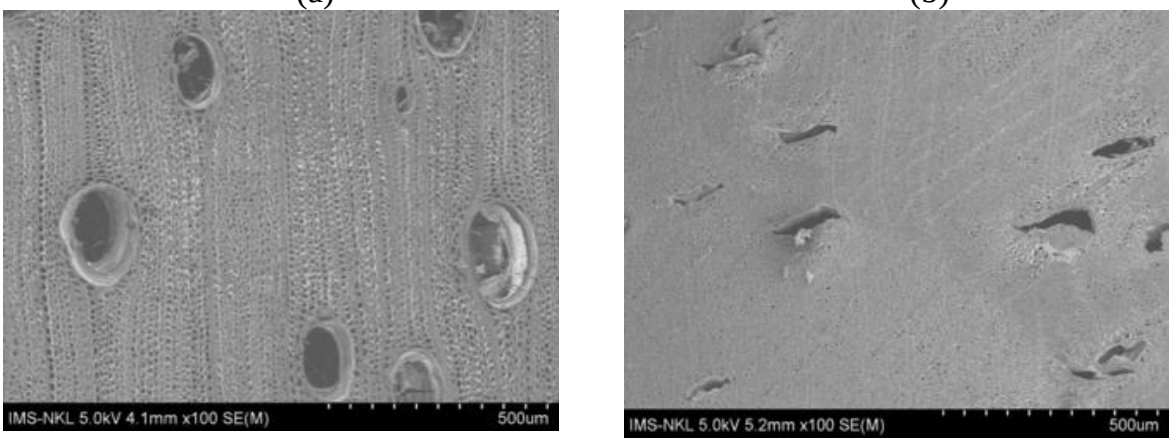
3.6. Xác định cấu trúc gỗ Keo lai trước và sau khi nén ép

Sau khi lựa chọn chế độ tối ưu tiến hành kiểm tra cấu tạo gỗ thông qua chụp ảnh Sem sau đó tiến hành với mẫu chưa so sánh, kết quả và mức phóng đại theo hình 3.13

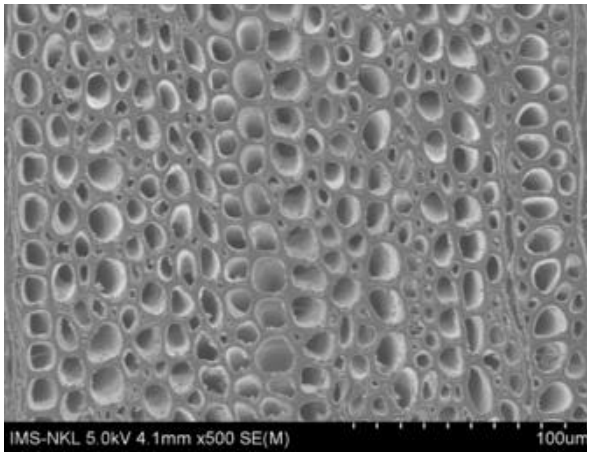
Gỗ Keo lai trước khi nén **Gỗ Keo lai nén với mức độ nén 33%**



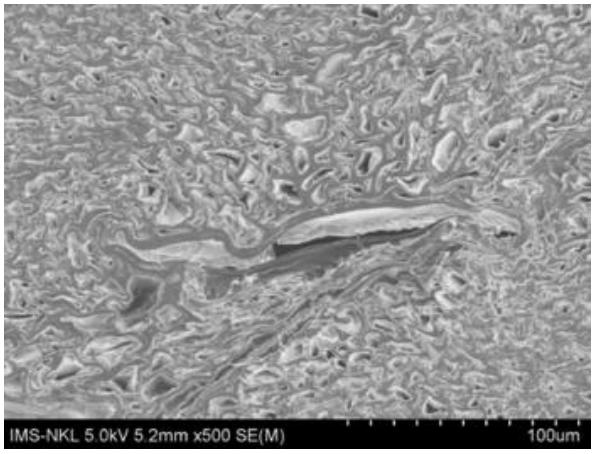
(a) (b)



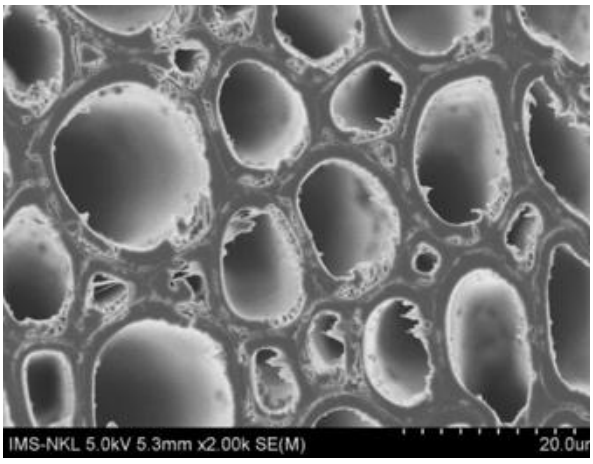
(c) (d)



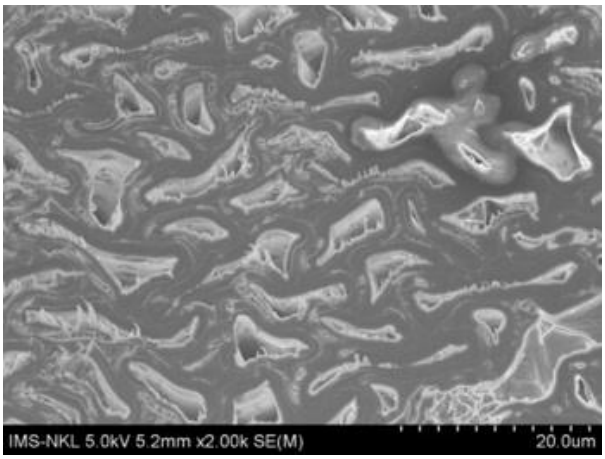
(e)



(f)



(g)



(h)

Hình 3.13. So sánh cấu trúc gỗ Keo lai trước và sau khi nén ép

(a) Gỗ chưa nén phóng đại 35 lần; (b) Gỗ nén phóng đại 35 lần; (c) Gỗ chưa nén phóng đại 100 lần; (d) Gỗ nén phóng đại 100 lần; (e) Gỗ chưa nén phóng đại 500 lần; (f) Gỗ nén phóng đại 500 lần;(g) Gỗ chưa nén phóng đại 2000 lần; (h) Gỗ nén phóng đại 2000 lần

Qua ảnh Sem chụp tại Viện vật liệu xây dựng Việt Nam sau khi phân tích bằng phần mềm tính toán diện tích điểm ảnh ImageJ cho kết quả bảng 3.29

Bảng 3.28. Kết quả phân tích điểm rỗng của gỗ Keo lai

Tên mẫu	Số vùng rỗng	Diện tích ảnh gốc (pixels)	Diện tích vùng rỗng (pixels)	Độ rỗng (%)
Gỗ chưa xử lý	1513	63.232	12.113	19,16
Gỗ đã xử lý	407	64.236	8.740	13,61

Từ bảng 3.29 cho thấy diện tích vùng rỗng của gỗ Keo sau đi nén đã giảm từ 19,16% xuống 13,61%, quan sát hình ảnh cấu trúc của gỗ qua ảnh sem ta thấy gỗ Keo lai nén đã có sự thay đổi rõ rệt, cụ thể: Tế bào có ruột lớn (điển hình là mạch gỗ, tế bào sợi gỗ ruột lớn cũng ít bẹp) ít bị ép bẹp hơn (có thể đã bị bẹp nhưng đàn hồi trở lại nhanh do lượng không khí trong đó nhiều, tạo áp suất cao trong khi nén, sau đó đàn hồi trở lại nhanh do áp suất trong ruột cao); Tế bào ruột nhỏ sau khi nén cơ bản vẫn giữ nguyên trạng thái; Các sợi gỗ sau khi nén có sự bẹp xuống tuy nhiên mức độ không lớn.

3.7. Khảo nghiệm kết quả

3.7.1. Thông số tối ưu được lựa chọn

Sau khi có kết quả các giá trị tối ưu, tiến hành khảo nghiệm kết quả nghiên cứu dựa trên thông số chế độ ép tối ưu đã được lựa chọn và tổng hợp theo bảng 3.29.

Bảng 3.29. Chế độ tối ưu lựa chọn

Tính chất		Đơn vị	Giá trị tối ưu	Thông số tối ưu/ Thông số khảo nghiệm		
				Tỷ suất nén (%)	Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)
Tính chất vật lý	Độ đàn hồi trở lại	%	2,627	33,43/34	180/180	180/180
	Khối lượng riêng	g/cm^3	0,885			
	Khả năng chống hút nước	%	30,346			
Tính chất cơ học	Độ bền uốn tĩnh	MPa	108,645	33,88/34	155,16/155	99,73/100
	Độ bền nén dọc	MPa	58,122			
	Độ cứng tĩnh	N	7463,4			
	Độ mài mòn	%	0,361			

3.7.2. Kết quả so sánh sai lệch kết quả khảo nghiệm

3.6.2.1. Đối với tính chất vật lý

Kết quả khảo nghiệm chế độ tối ưu ảnh hưởng đến tính chất vật lý lựa chọn được thể hiện ở bảng 3.30

Bảng 3.30. Kết quả khảo nghiệm chế độ tối ưu ảnh hưởng đến tính chất vật lý

Tính chất vật lý	Đơn vị đo	Chế độ tối ưu	Chế độ khảo nghiệm	Sai lệch
Độ đàn hồi trở lại	%	2.63	2.67	0,028
Khối lượng riêng	g/cm^3	0.88	0.86	0,015
Khả năng chống hút nước	%	30.35	31.12	1,679

Nhận xét: Kết quả khảo nghiệm cho thấy sự chênh lệch kết quả các tính chất vật lý giữa chế độ khảo nghiệm với chế độ tối ưu mô hình lý thuyết là không chênh lệch đáng kể: Cụ thể về độ đàn hồi chênh lệch 1,52%; Khối lượng riêng chênh lệch 2,27%; Hiệu suất hút nước chênh lệch 2,54%.

Với độ chênh lệch như vậy có thể hoàn toàn tin tưởng vào chế độ tối ưu đã được lựa chọn.

3.6.2.1. Đối với tính chất vật lý

Kết quả khảo nghiệm chế độ tối ưu ảnh hưởng đến tính chất cơ học lựa chọn thể hiện trong bảng 3.31

Bảng 3.31. Kết quả khảo nghiệm chế độ tối ưu ảnh hưởng đến tính chất cơ học

Tính chất vật lý	Đơn vị đo	Chế độ tối ưu	Chế độ khảo nghiệm	Sai lệch
Độ bền uốn tĩnh	MPa	108.65	107.88	1,136
Độ bền nén dọc	MPa	58.12	59.21	0,986
Độ cứng tĩnh	N	7463.40	7512.01	167,06
Độ mài mòn	%	0.361	0.349	0,019

Nhận xét: Kết quả khảo nghiệm cho thấy sự chênh lệch kết quả các tính chất cơ học giữa chế độ khảo nghiệm với chế độ tối ưu mô hình lý thuyết là không chênh lệch đáng kể: Cụ thể là khả năng chịu uốn chênh lệch 0,71%; Khả năng chịu nén dọc lệch 1,88%; Độ cứng tĩnh lệch 0,65%; Độ mài mòn lệch 3,32%

Với độ chênh lệch như vậy có thể hoàn toàn tin tưởng vào chế độ tối ưu đã được lựa chọn.

Kết luận:

Do luận án lựa chọn 02 thông số tối ưu riêng biệt và căn cứ vào kết quả khảo nghiệm vì vậy lựa chọn thông số chế độ ép như sau:

- Tỷ suất nén chọn: 34% tỷ suất nén này phù hợp với cả việc tiết kiệm nguyên liệu, đồng thời phù hợp với gia công ván sàn có kích thước chiều dày tiêu chuẩn 15 mm.

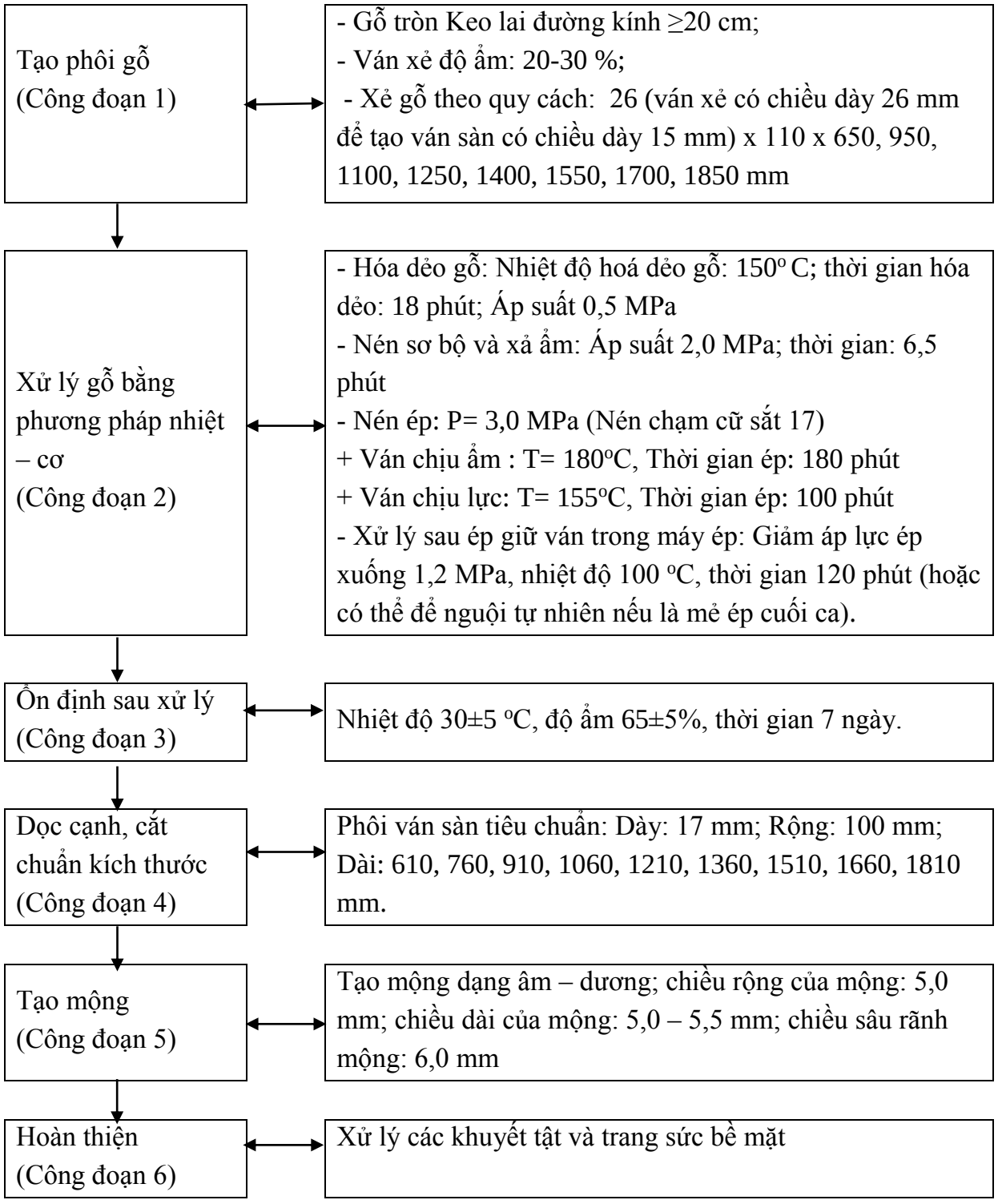
- Nhiệt độ ép và thời gian ép: 180^{o}C và 180 phút sẽ phù hợp cho việc chống hút nước, chống biến dạng gỗ (sau đây gọi là ván sàn chịu ẩm).

- Nhiệt độ ép và thời gian ép: 155^{o}C và 100 phút sẽ phù hợp cho việc tăng cường độ cơ học của gỗ, giảm độ mài mòn (sau đây gọi là ván sàn cường lực).

- Nguyên liệu ván xẻ trước nén có chiều dày 26mm để ép xuống 17 mm.

3.8. Đề xuất qui trình công nghệ

3.8.1. Sơ đồ công nghệ



Hình 3.14. Sơ đồ công nghệ sản xuất ván sàn từ gỗ Keo lai được xử lý bằng phương pháp nhiệt – cơ

3.8.2. Mô tả quy trình

Công đoạn 1: Tạo phôi gỗ

Bước 1: Xẻ gỗ tròn

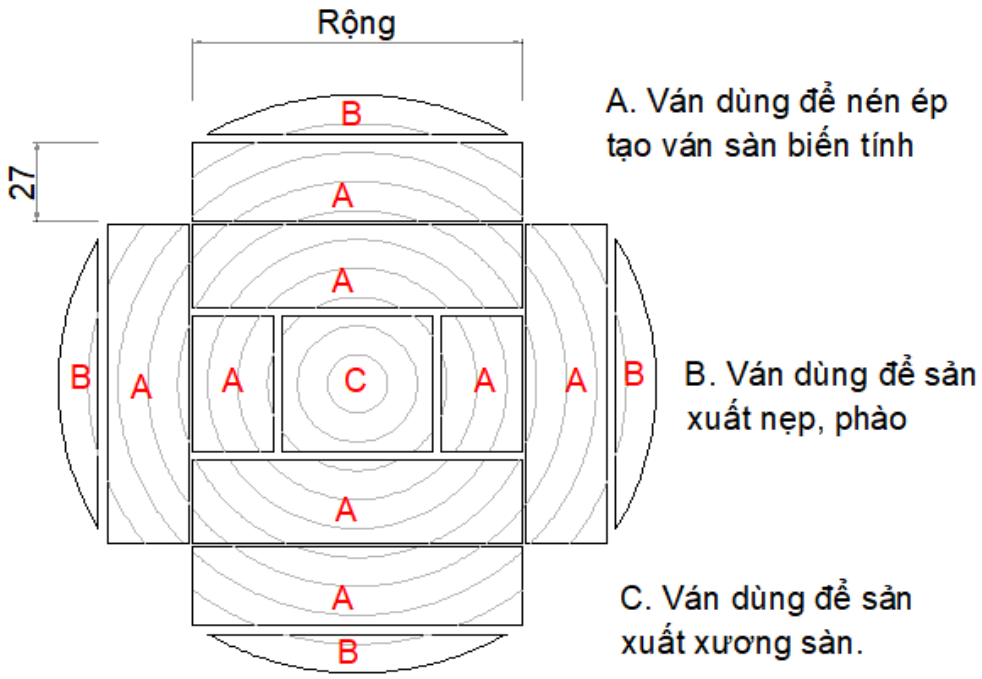
- Nguyên liệu gỗ: Gỗ Keo lai có đường kính lớn hơn 20 cm, chiều dài khúc lớn hơn 650 cm, gỗ không mục, mọt.

- Máy móc thiết bị chính: Cưa xăng, cưa xẻ gỗ tròn.

- Thiết bị hỗ trợ, kiểm tra: Xe nâng, thước đo dây, thước kẹp.

- Mô tả:

Cắt khúc theo cấp chiều dài sau: 700, 1000, 1200, 2000 mm sau đó tiến hành xẻ gỗ, do gỗ xẻ là nguyên liệu dùng để làm gỗ nén theo chiều xuyên tâm cho nên cần xẻ theo sơ đồ hình 3.15.



Hình 3.15. Sơ đồ xẻ ván cho gỗ biến tính nhiệt cơ làm ván sàn

- Lưu ý: Loại bỏ ván mục, ải; chấp nhận nẹm cạnh 2 mm theo các chiều.

Bước 2: Xẻ ván

- Nguyên liệu: Gỗ ván Keo lai có chiều chiều dày 26 mm , chiều rộng nhỏ nhất 110 mm, dài tối thiểu 650 mm, gỗ không mục, mọt.

- Máy móc thiết bị chính: Cưa xẻ ván, cưa cắt ván.

- Thiết bị hỗ trợ, kiểm tra: Xe nâng, thước đo dây, thước kẹp, thước vuông.

- Mô tả:

Xẻ gỗ thành các tấm ván có kích thước sau:

Chiều rộng = n (w_{vs} + Δ_w); Chiều dày = t_{vs} + Δ_{gc} + Δ_n

Trong đó: w_{vs}- chiều rộng ván sàn (thông thường bằng 95 mm), mm;

Δ_w- lượng dư rọc cạnh theo chiều rộng, mm;

n- số tự nhiên: 1, 2, 3…

t_{vs}- chiều dày ván sàn (thông thường bằng 15 mm), mm;

Δ_{gc}- lượng dư gia công theo chiều dày (bào, đánh nhẵn), mm;

Δ_n- lượng co ngót do nén theo phương chiều dày, mm.

- Lưu ý: Loại bỏ những tấm ván có mắt sống lớn hơn 3 cm, những mắt chết lớn hơn 1 cm; Không lấy những tấm ván bao tâm.

Bước 3: Sấy, hong phơi gỗ

- Thiết bị: Lò sấy hoặc nhà hong phơi

- Thiết bị hỗ trợ: Máy đo độ ẩm

- Yêu cầu bắt buộc:

- Mô tả:

Xếp gỗ hong phơi hoặc sấy đúng phương pháp ; Nhiệt độ sấy không quá 65 ^oC; Gỗ sau sấy hoặc hong phơi phải đạt độ ẩm: 35±5 %;

- Lưu ý: Loại bỏ những thanh có vết nứt lớn hơn 5 cm đối với thanh dùng cho ván có chiều dài bé nhất;

Công đoạn 2: Xử lý gỗ bằng phương pháp nhiệt cơ

Bước 1: Xử lý mềm hóa

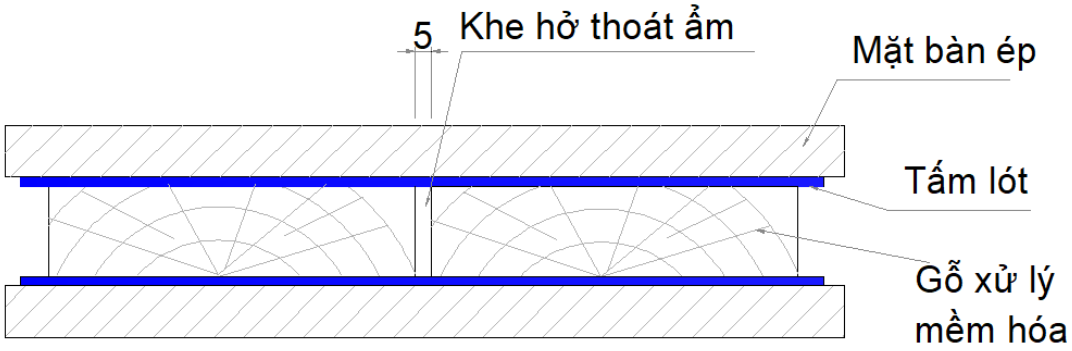
- Nguyên liệu: Ván xẻ có kích thước dày 26±1 mm, rộng 110±2 mm, dài theo các cấp 650, 950, 1100, 1250, 1400, 1550, 1700, 1850 ± 10 mm; Độ ẩm: 35±5%;

- Thiết bị: Máy ép nhiệt phải đảm bảo các thông số, nhiệt độ ép lớn hơn hoặc bằng 200 ^oC, áp suất ép lớn hơn hoặc bằng 4,0 MPa.

- Thiết bị hỗ trợ: Máy đo độ ẩm, máy đo nhiệt độ (súng bắn nhiệt), thước kẹp.

- Mô tả:

Gỗ được đặt trên mặt bàn ép có tấm lót kim loại (dày tấm lót nhỏ nhất 2mm) và được làm sạch bụi bẩn trên tấm lót; Xếp ván có khe hở nhỏ nhất 5 mm giữa các tấm để thoát ẩm; Khi xử lý cần cần cho 2 mặt bàn ép tiếp xúc với bề mặt tấm ván mỏng nhất, xem hình 3.16.



Hình 3.16. Mô tả cách xếp ván

Hoá dẻo gỗ trên máy ép với chế độ xử lý như sau: Nhiệt độ bàn ép: 150 ^{o}C; Thời gian: 16 phút/mm chiều dày

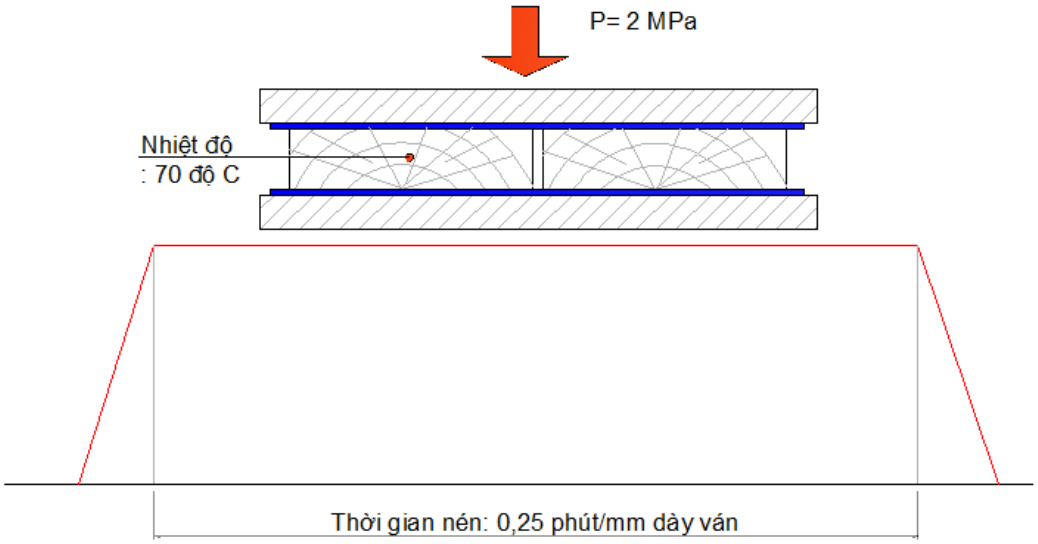
Bước 2: Nén sơ bộ và xả ẩm

- Nguyên liệu: Ván xẻ có kích thước dày 26±1 mm, rộng 110±2 mm, dài theo các cấp 650, 950, 1100, 1250, 1400, 1550, 1700, 1850±10 mm; Độ ẩm: 35 ± 5%;

- Thiết bị: Máy ép nhiệt phải đảm bảo các thông số, nhiệt độ ép lớn hơn hoặc bằng 200 ^{o}C, áp suất ép lớn hơn hoặc bằng 4,0 MPa.

- Thiết bị hỗ trợ: Máy đo độ ẩm, máy đo nhiệt độ (súng bắn nhiệt), thước kẹp.

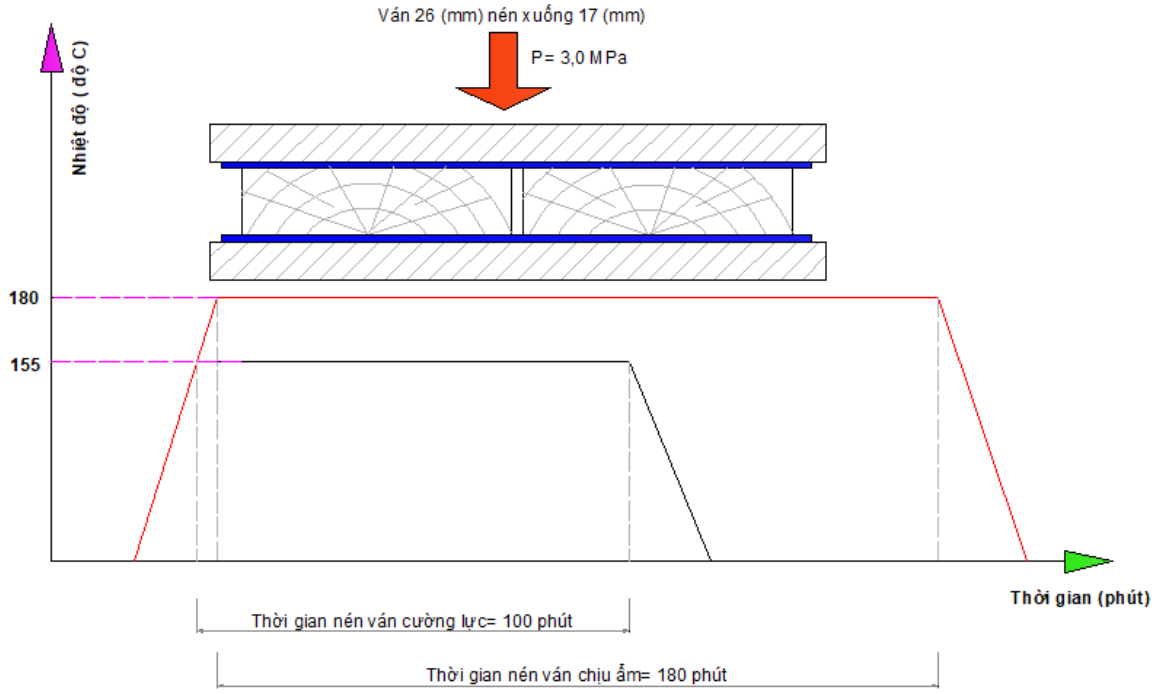
- Mô tả: Khi nhiệt độ tâm gỗ đạt 70^{o}C tiến hành nén ép sơ bộ với áp suất 2,0 MPa; thời gian nén sơ bộ là 0,25 phút/mm chiều dày, sau đó tiến hành giảm áp để xả ẩm. Quá trình giảm áp xả ẩm được thực hiện với 2-3 lần.



Hình 3.17. Chu kì 1 lần nén sơ bộ

Bước 3: Nén ép ván

Sau khi xả ẩm 2-3 lần, tiến hành nén ép với tỷ suất nén 40%. Chế độ nén ép cho từng loại gỗ như sau

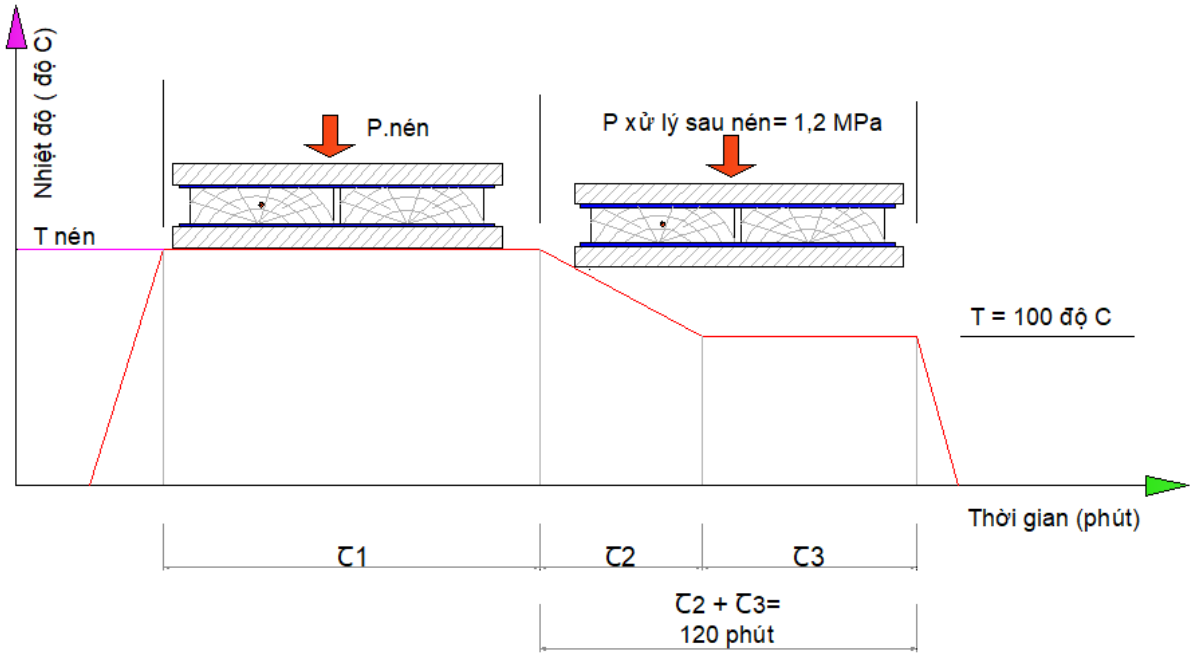


Hình 3.18. Biểu đồ nén gỗ bằng phương pháp nhiệt cơ

Bước 3: Xử lý sau khi nén

Giữ ván trong máy ép: Giảm áp lực ép xuống 1,2 MPa, Nhiệt độ ép xuống nhiệt

độ 100 ^{o}C, thời gian 120 phút, sau đó dỡ ván và để ổn định ván.



Hình 3.19. Quá trình xử lý nhiệt sau khi nén

Công đoạn 3: Ổn định gỗ sau xử lý

Ván gỗ sau khi xử lý nhiệt – cơ được chuyển sang khu vực ổn định nhiệt, ẩm trong điều kiện môi trường tự nhiên. Nhiệt độ 30±5 ^{o}C, độ ẩm tương đối 65±5%, thời gian 7 ngày.

Công đoạn 4: Dọc cạnh cắt kích thước chuẩn

- Nguyên liệu: Ván đã nén ép và đã được để ổn định
- Máy móc thiết bị chính: Máy cưa cắt ngang, cưa rong cạnh.
- Mô tả: Các tấm ván được cắt thành các thanh ván sàn với kích thước phôi theo các tiêu chuẩn. Thông thường phôi chuẩn ván sàn gỗ nguyên khối có kích thước: 610, 760, 910, 1060, 1210, 1360, 1510, 1660, 1810 mm; Cắt hạ cấp kích thước để loại bỏ khuyết tật theo bảng 3.30

Bảng 3.30. Bảng hướng dẫn cách thức cắt hạ cấp chiều dài ván sàn

Tt	Kích thước ván nén để cắt hạ cấp	Số lượng ván hạ cấp chiều dài				
		610 mm	760 mm	910 mm	1060 mm	1210 mm
1	Dài 1850 mm	3				
				2		
		1				1
			1		1	
2	Dài 1700 mm		1	1		
		1			1	
			2			
3	Dài 1550 mm		2			
		1		1		
4	Dài 1400 mm	1	1			
		2				
						1
5	Dài 1350 mm	2				
						1
					1	
6	Dài 1250 mm	2				
					1	
				1		
7	Dài 1100 mm				1	
				1		
8	Dài 950 mm		1			
		1				
9	Dài 760 mm	1				

Dọc cạnh: Ván sau khi nén ép có nhiều cạnh bị phe nẹm, móp cầm phải đưa về kích thước chiều rộng chuẩn là 105 mm.

Công đoạn 5: Tạo mộng và rãnh cân bằng

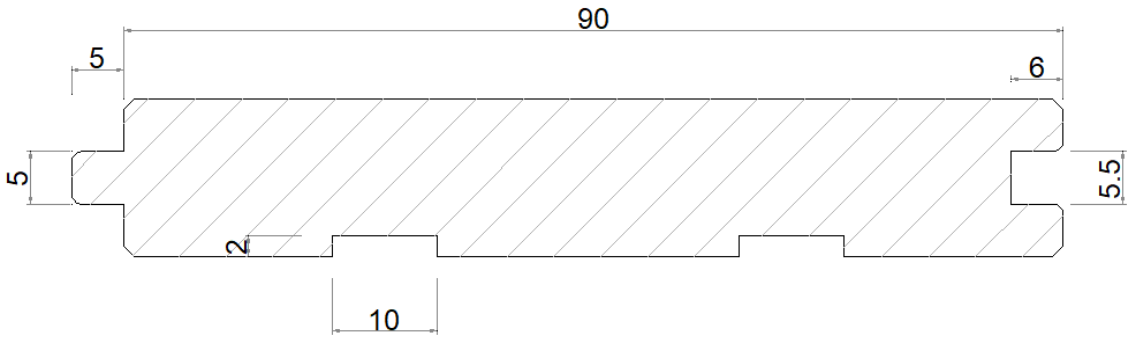
Bước 1: Tạo mộng cạnh và rãnh cân bằng

- Nguyên liệu: Ván đã cắt kích thước chuẩn;

- Máy, thiết bị: Máy tạo mộng âm- dương cho ván sàn;

- Thiết bị hỗ trợ: Máy đo độ ẩm, thước kẹp điện tử, máy nén khí.

- Mô tả: Ván sàn được tạo mộng âm – dương. Chiều dày của mộng: 5,0 mm; chiều dài của mộng: 5,0 mm; chiều sâu rãnh mộng: 6,0 mm, Xem hình 3.20.



Hình 3.20. Qui cách tạo mộng và rãnh cân bằng ván sàn

Bước 2: Tạo mộng đầu ván sàn

- Nguyên liệu: Ván sàn sau khi chạy mộng ở cạnh và rãnh
- Máy, thiết bị: Máy phay cắt hai đầu
- Thiết bị hỗ trợ: Xe nâng, thước kẹp điện tử, máy nén khí
- Mô tả:

Sau khi ván sàn được chạy mộng và rãnh ở máy bào bốn mặt, ván sẽ được đưa máy phay cắt mộng 2 đầu để tạo mộng âm dương ở đầu, kích thước mộng âm dương tương tự kích thước mộng âm dương tại bước 1 công đoạn 5; tốc độ đẩy phôi: 6-8m/phút.

Kích thước ván sàn sau khi tạo mộng (dày x rộng x dài, mm): 15,2 x 95 x 600, 750, 900, 1050, 1200, 1350, 1500, 1650, 1800 mm.

Công đoạn 6: Hoàn thiện

Bước 1: Chà nhám thô

- Nguyên liệu: Ván sàn đã tạo mộng và định hình; kích thước dày 15,2 mm.
- Máy, thiết bị: Máy chà nhám thùng
- Thiết bị hỗ trợ: Thước kẹp điện tử, máy đo độ nhẵn (nếu có)
- Mô tả: Bề mặt vẫn bị sơ sước, độ nhẵn không cao. Để nâng cao chất lượng bề mặt, các tấm ván được đánh nhẵn bằng băng nhám có số hiệu # 240; tổng lượng đánh nhẵn: 1,6 - 2,0 mm.

Bước 2: Sửa lỗi

- Nguyên liệu ván đã qua nhám thùng có độ nhám # 240
- Máy, thiết bị: Máy chà nhám rung cầm tay.

- Mô tả: Đây là công đoạn sửa các lỗi như nứt, mắt chết, ố mầu. Dùng bột gỗ có màu tương tự để bả vào các vết nứt, mắt chết sau. Đối với vết ố màu cần dùng hóa chất để tẩy cho đồng màu. Chà nhám lại toàn bộ bề mặt bằng giấy nhám #320

Bước 3: Sơn UV

- Nguyên liệu: Ván sau khi sửa chữa và được chà nhám #320
- Máy: Máy chà nhám thùng, máy cán UV, máy sấy UV
- Thiết bị: Máy đo nhiệt độ, máy đo độ bóng (nếu có)

Mô tả:

Cán lớp sơn lót bề mặt ván, đây là bước sơn đầu nhằm mục đích tạo bề mặt láng cũng như tăng độ bám dính lớp sơn UV trên bề mặt gỗ; lượng sơn cán: 70-80 g/m^2; Sấy khô lớp sơn lót bằng máy sấy UV, nhiệt độ sấy 120 ^oC.

Lưu ý rửa sạch các máy móc thiết bị sấy trước khi sấy để tránh tình trạng lớp sơn tồn lâu ngày dính trong máy tan ra thấm vào lớp sơn mới gây hỏng cả 1 quá trình sơn; Chà nhám sơn lót bằng giấy nhám #400;

Cán lớp sơn màu UV bề mặt ván, lượng sơn cán: 70-80 g/m^2;

ấy khô lớp sơn màu UV bằng máy sấy UV, nhiệt độ sấy 100 ^oC;

Cán lớp sơn bóng, cứng UV bề mặt ván, lượng sơn cán: 10-20 g/m^2;

Sấy khô lớp sơn bóng, cứng UV bằng máy sấy UV, nhiệt độ sấy 100^oC;

Kiểm tra kích thước và đóng gói;

- Lưu ý: Những tấm ván bong, loang sơn đưa về bước 2, công đoạn 6 để xử lý lại.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Luận án nghiên cứu phương pháp nâng cao chất lượng gỗ Keo lai bằng phương pháp nhiệt- cơ dùng để sản xuất ván sàn có kết luận như sau:

(1) Ảnh hưởng của tham số nén ép đến thay đổi cấu tạo hiển vi của gỗ Keo lai: Gỗ bị nén ép có vùng rỗng giảm đáng kể giảm từ 19,16% xuống 13,61 %, Mạch gỗ là thành phần có sự thay đổi lớn nhất, tế bào ruột lớn ít bị bẹp, còn tế bào ruột nhỏ vân giữ nguyên trạng thái. Gỗ sau khi nén không có sự vỡ vụn, gãy.

(2) Nhiệt độ hóa dẻo gỗ:

Nhiệt độ chuyển trạng thái thủy tinh của gỗ nằm trong khoảng từ 62-72 ^oC; Phù hợp với phương thức gia nhiệt trực tiếp trên máy ép nhiêt.

(3) Ảnh hưởng của tham số nén ép đến tính chất vật lý của gỗ Keo lai được xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ:

- Độ đàn hồi của gỗ nén đạt từ 2,86% đến 5,89%, Tỷ suất nén càng tăng thì độ đàn hồi của gỗ nén càng tăng. Khi nhiệt độ và thời gian nén tăng thì độ đàn hồi của gỗ giảm.

- Khối lượng riêng của gỗ đạt từ 0,76 g/cm^3 đến 1,09 g/cm^3; Tỷ suất nén càng tăng thì khối lượng riêng tăng của gỗ nén càng tăng. Khi nhiệt độ và thời gian nén tăng thì khối lượng riêng tăng tuy nhiên khối lượng riêng của gỗ nén sẽ giảm nhẹ khi nhiệt độ vượt ngưỡng 180^{o}C và thời gian vượt mức 180 phút

- Gỗ Keo lai nén sau khi xử lý nhiệt có khả năng chống hút nước (WRE) tốt, giá trị đạt 15,12 % đến 31,21%. Đây là chỉ tiêu quan trọng để đánh giá sự ổn định của ván sàn đối với môi trường có ẩm cao.

(4) Ảnh hưởng của tham số nén ép đến tính chất cơ học của gỗ Keo lai được xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ

- Độ bền uốn và độ bền nén dọc tăng khi tỷ suất nén tăng; nhưng khi nhiệt độ và thời gian tăng trên 160^{o}C và 120 phút thì độ bền uốn và độ bền nén dọc có xu thế giảm. Giá trị độ bền uốn và độ bền nén dọc đều tăng so với mẫu đối chứng, cụ thể độ bền uốn đạt 80,02-121,87 MPa, độ bền nén đạt 43,19- 65,90 MPa

- Độ cứng tĩnh tăng khi các tham số khác tăng; nhưng khi nhiệt độ và thời gian tăng vượt ngưỡng 160^{o}C và 120 phút thì độ cứng tĩnh giảm, tuy nhiên độ cứng tĩnh của

tất cả chế độ đều tăng mạnh so với mẫu đối chứng; Giá trị độ cứng tĩnh đạt 4104,55 N đến 8410,15 N.

- Độ mài mòn thấp nhất là 0,13% và cao nhất là là 0,49%. Tất cả các các chế độ khác sau khi nén ép đều cho thấy, độ mài mòn của gỗ nén tốt hơn so với mẫu gỗ chưa nén. Độ mài mòn giảm khi nhiệt độ, thời gian ép tăng và tỷ suất nén giảm.

(5) Ảnh hưởng của tham số nén ép đến khả năng kháng nấm mốc của gỗ Keo lai được xử lý bằng phương pháp nhiệt-cơ

Gỗ sau khi nén có khả năng kháng nấm mốc tốt hơn mẫu đối chứng: Chế độ nén có nhiệt độ và thời gian nén cao sẽ cho kết quả kháng nấm mốc tốt nhất, chế độ có nhiệt độ và thời gian nén thấp sẽ cho kết quả kháng nấm yếu nhất. Kết quả kháng nấm mốc cao nhất giảm 38 lần so với đối chứng.

(6) Ảnh hưởng của tham số nén ép đến phân bố mật độ khối lượng riêng

Tỷ suất nén ảnh hưởng rõ rệt tới KLR_{tb}, KLR_{max} và KLR_{min}; ảnh hưởng không rõ nét tới trị số của PD_i và P_b.

(7) Thông số công nghệ hợp lý để xử lý nhiệt gỗ Keo lai

Do luận án lựa chọn 02 thông số tối ưu riêng biệt để sản xuất 02 loại ván sàn và căn cứ vào kết quả khảo nghiệm và xử lý bằng phần mềm lựa chọn thông số chế độ ép như sau: Tỷ suất nén chọn: 34%; Nhiệt độ ép và thời gian ép: 180^oC và 180 phút dùng để sản xuất ván sàn chịu ẩm; Nhiệt độ ép và thời gian ép: 155^oC và 100 phút dùng để sản xuất ván sàn cường lực.

(8) Về qui trình

Luận án đã đưa ra được qui trình công nghệ sản xuất ván sàn từ gỗ Keo lai nén bằng phương pháp nhiệt-cơ bao gồm 6 công đoạn: Tạo phôi- Xử lý bằng nhiệt cơ- Ổn định- Dọc và rong cạnh- Tạo mộng và rãnh – Hoàn thiện.

Qui trình đã được công nhận là Tiến bộ kĩ thuật theo quyết định số 96 QĐ-TCLN-KH&HTQT của bộ NN và PTNT kí ngày 17 tháng 3 năm 2020.

2. Kiến nghị

(1) Để định hướng giải pháp gia công phù hợp cho gỗ nén để sản xuất đồ gỗ cần nghiên cứu khả năng gia công của gỗ trên các máy thông dụng; đặc biệt quan tâm đến khả năng dán dính và khả năng bám dính màng sơn.

(2) Nên đưa gia chế độ xử lý màu sắc cho gỗ bằng nhiệt độ cao để áp dụng cho các loại ván sàn biến tính màu sắc.

(3) Cần tìm hiểu và đề xuất giải pháp khắc phục sự đàn hồi cho gỗ nén bằng hóa chất thân thiện môi trường để áp dụng gỗ nén cho các loại ván sàn chịu nước.

(4) Trên cơ sở kết quả của Luận án, tiếp tục nghiên cứu cấu tạo và thành phần gỗ trước và sau khi nén.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

Năm công bố	Tên bài báo	Tên tạp chí	Mức độ đóng góp
2018	Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian nén ép đến một số tính chất vật lý, cơ học của gỗ Keo lai *(Acacia mangium x acacia auriculiformis*)	Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp	Đồng tác giả
2019	Ảnh hưởng của tỷ suất nén đến một số tính chất của gỗ keo lai, thông nhựa và bạch đàn uro xử lý bằng phương pháp nhiệt - cơ	Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp	Đồng tác giả
2019	Ảnh hưởng của tham số ép đến độ đàn hồi trở lại và phân bố khối lượng riêng theo chiều dày của gỗ Keo lai *(Acacia mangium x Acacia auriculiformis*	Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp	Đồng tác giả
2019	Phân lập một số chủng nấm hại gỗ và xác định khả năng kháng nấm của gỗ Keo lai *(Acacia mangium x Acacia auriculiformis)* biến tính	Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp	Đồng tác giả

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Nguyễn Thị Nguyệt Ánh (2007), Một số đặc điểm cấu tạo và tính chất cơ lý của gỗ Keo lai, *Tạp chí khoa học kĩ thuật nông lâm nghiệp Đại học Nông Lâm Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh*. 3,pp.89-94.
2. Trần Văn Chứ và Vũ Mạnh Tường (2015), Ảnh hưởng của xử lý nhiệt đến khả năng chịu ẩm của gỗ Keo lai, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*. 7,pp.128-132.
3. Phạm Văn Chương và các cộng sự. (2014), Nghiên cứu ảnh hưởng của thông số chế độ ép đến chất lượng gỗ ghép khối dùng làm dầm chịu lực, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp, Đại học Lâm nghiệp*. 1,pp.48-55.
4. Lu wen Da (2004), *Giáo trình biến tính gỗ, Tài liệu dịch nguyên bản từ Tiếng Trung Quốc* Trường Đại học Lâm nghiệp.
5. Nguyễn Minh Hùng (2014), Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian xử lý ổn định kích thước đến tính chất của gỗ nén chỉnh hình, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*. 5,pp.110-120.
6. Phạm Văn Chương và Lê Ngọc Phước (2010), *Nghiên cứu giải pháp tăng cường độ cứng bề mặt cho ván sàn công nghiệp sản xuất từ gỗ trồng rừng*, Luận văn Thạc sĩ kĩ thuật.
7. Nguyễn Thị Minh Nguyệt và Vũ Mạnh Tường (2016), Ảnh hưởng của xử lý nhiệt đến một số tính chất cơ học gỗ Keo lai, *Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, Viện Khoa học Lâm nghiệp*. 1,pp.4285-4291.
8. Nguyễn Đức Thành Thành, Vũ Huy Đại Đại và Nguyễn Xuân Hiên (2013), Nghiên cứu xây dựng qui trình công nghệ uốn gỗ Thông Pinus merkussi Jungh et de Vriese tạo chi tiết cong cho đồ mộc trên máy uốn gỗ UG-HĐ, *Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp*. 3,pp.2938-1947.
9. Trần Ngọc Thành (2006), *Nghiên cứu một số yếu tố công nghệ biến tính gỗ trám trắng (Canarium album raeussch) làm ván sàn bằng phương pháp nén ép*, Luận Văn Thạc sỹ kỹ thuật, Đại học Lâm nghiệp,, Khoa chế biến Lâm sản.
10. Hồ Sỹ Tráng (2003), *Cơ sở hóa học gỗ và xenluloza – Tập 1*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
11. Hoàng Việt và Vũ Mạnh Tường (2016), Độ bền màu của gỗ Keo lai sau khi xử lý nhiệt, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*. 10,pp.137-141.
12. Nguyễn Văn Xuyến (2002), *Hoá lý cấu tạo phân tử và liên kết hoá học,*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.

Tiếng Anh

13. R. Adlam (2005), *Thermomechanical Densification of Timber: Initial Investigations of the Potential of Softwood Timber*, Forest and Wood Products Research and Development Corporation.
14. Elisabeth Alfthan, Alf de Ruvo và Wyn Brown (1973), *Glass transition temperatures of oligosaccharides*, Vol. 14, Polymer, 329-330.
15. Frederick A. Kamke Andreja Kutnar, Milan Sernek (2008), Density profile and morphology of viscoelastic thermal compressed wood, *Wood Science and Technology*.
16. L. M. Arruda và C. H. S. Del Menezzi (2013), Effect of thermomechanical treatment

on physical properties of wood veneers, *International Wood Products Journal*. 4,pp.217-224.

17. Ernst L Back và E Inger E Didriksson (1969), *Four secondary and the glass transition temperatures of cellulose, evaluated by sonic pulse technique*, SvenskannTraforskningsinstitutet Stockholm.
18. SH Baldwin và Dai and Svensk Goring (1968), Thermoplastic and adhesive behaviour of thermochechanical pulps from steamed wood, *Papperstidning- Nordisk cellulosa*. 71(18),pp.646-700.
19. Laya Khademi Bami và Behbood Mohebby (2011), Bioresistance of poplar wood compressed by combined hydro-thermo-mechanical wood modification (CHTM): Soft rot and brown-rot, *International biodeterioration biodegradation*. 65(6),pp.866-870.
20. Zeki Candan, Suleyman Korkut và Oner Unsal (2013), Thermally compressed poplar wood (TCW): Physical and mechanical properties, *rvna industrija*. 64(2),pp.107-111.
21. PV Chuong (2011), Influences of the hydro-thermal treatment on physical properties of Acacia auriculiformis wood, *2011 International Symposium on Comprehensive Utilization of Wood Based Resources. Zhejiang A&F University, Lin'an, Zhejiang*,pp. 105-110.
22. Atmawi Darwis và các cộng sự. (2017), Densified wood anatomical structure and the effect of heat treatment on the recovery of set, *J Indian Acad Wood Sci* 14(1),pp.24-31.
23. Bruno Esteves và các cộng sự. (2007), Influence of steam heating on the properties of pine (Pinus pinaster) and eucalypt (Eucalyptus globulus) wood, *Journal of Wood Science and Technology*. 41,pp.193-207.
24. Chang-Hua Fang và các cộng sự. (2012), Engineered wood flooring with a densified surface layer for heavy-duty use, *Costel BioResources*. 7(4),pp.5843-5854.
25. Gokhan Gunduz và các cộng sự. (2009), The density, compression strength and surface hardness of heat treated hornbeam (Carpinus betulus L.) wood. 11(1),pp.61-70.
26. Lorna J Gibson, MF Ashby và Kenneth E Easterling (1988), Structure and mechanics of the iris leaf, *Journal of Materials Science*. 23(9),pp.3041-3048.
27. Wolfgang Gindl và các cộng sự. (2004), Using a water- soluble melamine-formaldehyde resin to improve the hardness of Norway spruce wood, *Journal of applied polymer science*. 93(4),pp.1900-1907.
28. Frédéric Heger và các cộng sự. (2004), Mechanical and durability performance of THM-densified wood, *Final Workshop Cost Action E22: Environmental Optimization of Wood Protection*.
29. W. E. Hillis và A. N. Rozsa (1978), The Softening Temperatures of Wood, *International Journal of the Biology, Chemistry, Physics, and Technology of Wood*. 32(2),pp.68-73.
30. Wo E Hillis (1984), High temperature and chemical effects on wood stability,Wood Science Technology,18(4),pp.281-293.
31. Waldemar J Homan và André JM and Heron Jorissen (2004), Wood modification developments. 49(4),pp.360-369.
32. J Hrázský và Král (2007), Determination of the pressing parameters of spruce water-resistant plywood. 53(5),pp.231-242.

33. Masafumi Inoue và các cộng sự. (2007), Steam or heat fixation of compressed wood. 25(3),pp.224-235.
34. Dinwoodie J.M (1987), Timber its structure, properties and utilisation, *Van nostrand reinhold company, London, Paris*. 6,pp.18.
35. Li Yong Ji (2002), *Wood Transformation*, Forest Product Processing Institute - Nanjing Forestry University.
36. Jiali Jiang và Jianxiong Lu (2009), Impact of temperature on the linear viscoelastic region of wood, *Canadian journal of forest research*. 39(11),pp.2092-2099.
37. Jiali Jiang và các cộng sự. (2009), Effects of Time and Temperature on the Viscoelastic Properties of Chinese Fir Wood, *Journal of Drying Technology*. 27,pp.1229-1234.
38. Franz Friedrich Paul Kollmann, Edward W Kuenzi và Alfred J Stamm (1975), Principles of wood science and technology. Wood based materials.
39. Jozef Kúdela và các cộng sự. (2018), Influence of pressing parameters on dimensional stability and density of compressed beech wood, *European Journal of Wood and Wood Products*. 76(4),pp.1241-1252.
40. Ramazan Kurt, Kağan Aslan và Vedat Çavuş (2013), Influence of press pressure on the properties of parallel strand lumber glued with urea formaldehyde adhesive, *BioResources*. 8(3),pp.4029-4037.
41. Andreja Kutnar và Frederick A Kamke (2012), Compression of wood under saturated steam, superheated steam, and transient conditions at 150 C, 160 C, and 170 C, *Wood science technology*. 46(1-3),pp.73-88.
42. Andreja Kutnar, Frederick A Kamke và Milan Sernek (2009), Density profile and morphology of viscoelastic thermal compressed wood, *Wood Science Technology*. 43(1-2),pp.57.
43. Kristiina Laine và các cộng sự. (2014), Micromorphological studies of surface densified wood. 49(5),pp.2027-2034.
44. Catherine Lapierre, Bernard Monties và Christian Rolando (1986), Thioacidolysis of poplar lignins: identification of monomeric syringyl products and characterization of guaiacyl-syringyl lignin fractions, *Holzforschung-International Journal of the Biology, Chemistry, Physics Technology of Wood*,40(2),pp.113-118.
45. Agnieszka Laskowska (2017), The Influence of Process Parameters on the Density Profile and Hardness of Surface-densified Birch Wood (Betula pendula Roth), *BioResources*. 12(3),pp.6011-6023.
46. Parviz Girardet Navi, Fred, Holzforschung (2000), Effects of thermo-hydro-mechanical treatment on the structure and properties of wood. 54(3),pp.287-293.
47. Benedikt Neyses và các cộng sự. (2016), Reduction of The Set-Recovery of Surface-Densified Scots Pine by Pre-Treatment with Sodium Silicate or Sodium Hydroxide, *The 2nd Conference – Innovative production technologies and increased wood products recycling and reuse*, Brno, Czech Republic,pp. 47-58.
48. Vinnik NI (1980), *Modified wood: Stud. Handbook for universities, Forest industry*, Moscow, Izdatlstvo Lesnaya promyshlennost
49. M. Norimoto và các cộng sự. (1993), Permanent fixation of bending deformation in wood by heat treatment, *Wood Research*. 79,pp.23-33.

50. Misato Norimoto, Gril, Joseph (1993), "Structure and properties of chemically treated woods", *Recent research on wood and wood-based materials*, Elsevier,pp. 135-154.
51. Sahbi Ouertani và các cộng sự. (2014), Moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of Jack pine and palm wood: Comparative study, *Industrial Crops Products*,56,pp.200-210.
52. Gopalkrishna Padmanabhan, Lokeswarappa R Dharani và James N Vangilder (2001), Composite wood flooring, chủ biên, Google Patents.
53. Khukhryansky PN (1964), *Wood pressing - Lesn. prom.*
54. Lauri Rautkari và các cộng sự. (2013), Hardness and density profile of surface densified and thermally modified Scots pine in relation to degree of densification, *J Mater Sci*. 48,pp.2370–2375.
55. Lauri Rautkari và các cộng sự. (2011), Surface modification of Scots pine: the effect of process parameters on the through thickness density profile, *Journal of materials science*. 46(14),pp.4780-4786.
56. H Sakata và HH Kornhuber (1975), The somatosensory system.
57. NL Salmen (1982), *Temperature and Water Induced Softening Behaviour of Wood Fiber*.
58. NL and Trans Salmen (1979), *Thermal softening of the components of paper, its effect on mechanical properties*, Vol. 5, Tech Sect Can Pulp Pap Assoc, 45-50.
59. Viktor Vasilyevich Saushkin và các cộng sự. (2018), Investigation of the impact of pulse magnetic filed and adsorbated water on the properties of wood by the infrared spectroscopy method, *J Forest Engineering Journal*. 8(2).
60. Jungki Seo và các cộng sự. (2011), Thermal performance analysis according to wood flooring structure for energy conservation in radiant floor heating systems, *Energy Buildings*. 43(8),pp.2039-2042.
61. F Shafizadeh (1963), Merhods in carhohydmre chemistry. 2,pp.409-410.
62. Oleksandr Skyba, Peter Niemz và Francis W.M.R. Schwarze1 (2009), Resistance of thermo-hygro-mechanically (THM) densified wood to degradation by white rot fungi, *Holzforschung*. 63,pp.639-646.
63. Oleksandr Skyba, Peter Niemz và Francis Schwarze (2009), Resistance of thermo-hygro-mechanically (THM) densified wood to degradation by white rot fungi, *WMR,Holzforschung*. 63(5),pp.639-646.
64. Takamura (1968), Studies on Hot Pressing and Drying Process In the Production of Fibre board. III Softening of Fiber Components in Hot Pressing of Fibre Mat. 14(2),pp.75.
65. Mitsuhiko Tanahashi (1990), Characterization and degradation mechanisms of wood components by steam explosion and utilization of exploded wood.
66. Tore E Timell (1964), "Wood hemicelluloses: part I", *Advances in carbohydrate chemistry*, Elsevier,pp. 247-302.
67. Jim Todora (2011), Using yield capitalization in property tax appraisal, *Journal of Property Tax Assessment Administration*. 8(2),pp.5-24.
68. Xikal Muhamad and Eylem Dizman Tomak (2016), Determination of decay resistance against various fungi of heat-treated Oak and Acacia, *International Symposium on New Horizons in Forestry*. 37(5),pp.99-106.

69. Andreas Uhmeier (1998), Some aspects on solid and fluid mechanics of wood in relation to mechanical pulping.

70. O Unsal và Zeki Candan (2007), Effects of press pressure and temperature on the moisture content, vertical density profile and janka hardness of pine wood panels, *Proceedings of 10th International IUFRO Division-5, Wood Drying Conference, Orono, ME, USA, August*,pp. 26-30.

71. RG Vasconcelos và CHS Del Menezzi (2013), Utilization of a three-step thermo-mechanical treatment to modify wood properties, *Proceedings of the 19th International Conference on Composite Materials, Quebec, Canada*,pp. 7692-7699.

72. Leopold Vorreiter (1949), Holztechnologisches handbuch.

73. Rapp A.O. Welzbacher C.R., P.Haller, J.Wehsener (2005), Wood modification: Processes, properties and commercialisation, *The second European Conference on Wood modification*,pp.20-26.

74. Qiao Fang Zhou và các cộng sự. (2011), Preliminary exploration of on-line measuring layer moisture content with electrical resistance method during wood drying, *Advanced Materials Research*, Trans Tech Publ, tr. 480-484.

75. Qiaofang Zhou và các cộng sự. (2019), Surface Densification of Poplar Solid Wood: Effects of the Process Parameters on the Density Profile and Hardness, *BioResources* 14(2),pp.4814-4831.

76. A. Witek et a (2014), Application of response surface methodology and artificial neural network methods in modelling and optimization of biosorption process, *Bioresource Technology*.

77. Zeki Candan, Suleyman Korkut và Oner Unsal (2013), Effect of thermal modification by hot pressing on performance properties of paulownia wood boards, *Industrial Crops and Products*. 45,pp.461-464.