

УДК 674.048

В. Н. ЕРМОЛИН

Красноярская государственная технологическая академия

Ермолин Владимир Николаевич родился в 1957 г., окончил в 1979 г. Сибирский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии композиционных материалов Красноярской государственной технологической академии. Имсет 30 научных трудов в области сушки, пропитки древесины, древесиноведения.



МОДЕЛЬ ДРЕВЕСИНЫ КАК ОБЪЕКТА ПРОПИТКИ

Определены пути переноса жидкости в древесине при пропитке; предложена модель древесины как объекта пропитки в виде пространственно ориентированной системы капилляров определенной формы и размеров.

The ways of liquid transfer in wood by impregnation have been determined; a pattern of wood as the object of impregnation in a kind of space-oriented system of capillaries of a definite form and sizes has been offered.

Цель данного исследования – разработать структурную модель древесины с позиций ее пропитки.

Древесина может быть отнесена к капиллярно-пористым телам, теория фильтрации через которые разработана достаточно полно и изложена в трудах Л.С. Лейбензона, М. Маскета, В.И. Аравина, Р. Коллинза и др. В этой теории моделью капиллярно-пористой структуры является воображаемое тело, состоящее из системы гипотетических капилляров и эквивалентное по каким-то свойствам (проницаемость, пористость) исследуемому. Разработано много способов моделирования структуры капиллярно-пористых тел и их адаптации к данным экспериментов.

Подобные же подходы использовали применительно к моделированию древесины. Так, например, Н.А. Оснач [5] предложил всю капиллярно-пористую систему древесины заменить одним эффективным капилляром, имеющим ту же величину проницаемости, что и опытный образец. В работе [6] древесину рассматривают как систему параллельных капилляров. Для приближения к экспериментальным данным вводят коэффициент извилистости и функцию распределения радиусов капилляров.

Перечисленные способы моделирования не вскрывают сути процесса пропитки. Кроме того, они пригодны только для легкопроницаемой древесины, тогда как проблемой при пропитке является низкая проницаемость древесины. Эти модели не позволяют увидеть пути повышения проницаемости. Дальнейшие исследования по совершенствованию модели древесины в этом направлении представляются нам неперспективными. Тем более, что древесина, в отличие от других пористых тел, имеет не стохастическую, а строго организованную структуру, обусловленную физиологической целесообразностью.

Для разработки модели древесины как объекта пропитки сделаем следующие допущения.

1. Под пропиткой древесины будем понимать имеющий наибольшее практическое значение процесс переноса жидкости под действием избыточного давления.

2. Древесину будем рассматривать как объект пропитки поперек волокон в радиальном направлении.

Необходимое условие проницаемости – наличие системы сообщающихся капилляров. В древесине есть система постоянных и непостоянных капилляров. Постоянные капилляры представляют собой полости клеток, сообщающиеся между собой через поры в стенках, непостоянные – обусловлены коллоидной природой клеточных стенок [9]. В абсолютно сухом состоянии капилляры в клеточных стенках отсутствуют. Полярная жидкость, проникая в клеточную стенку, адсорбируется на внутренней поверхности и образует разветвленную систему непостоянных капилляров. Для построения модели древесины необходимо определить по каким капиллярам движется жидкость при пропитке.

Исследования путей движения жидкости в древесине поперек волокон проводили неоднократно по примерно одинаковой методике. Древесину пропитывали подкрашенной жидкостью. Затем делали микросрезы и фиксировали локализацию красителя. Полученные результаты значительно отличались между собой. Ряд исследователей считают, что капилляры клеточных стенок являются одним из возможных путей переноса жидкости [7, 10]. В частности, Е.В. Харук утверждает, что непостоянные капилляры клеточных стенок служат основным путем переноса жидкости при пропитке.

Полученные нами результаты [1] показывают, что в процессе пропитки жидкость движется по капиллярам клеточной стенки. Происходит это по механизму диффузии. Интенсивность подобного переноса очень мала, его вклад в общий процесс незначителен и им можно пре-

небрежь, а клеточную стенку считать непроницаемой. Следовательно, проницаемой древесина может быть только в случае, если она имеет систему сообщающихся постоянных капилляров.

Для выявления системы постоянных капилляров, по которой происходит перенос жидкости при пропитке, используемая ранее нами методика была доработана. Было предложено древесину пропитывать неполярной жидкостью. В предыдущих исследованиях использовали подкрашенные полярные жидкости. Это искажало истинную картину. Жидкость проникала в древесину по одним путям, а из них диффундировала в окружающие анатомические элементы. Неполярная жидкость двигается только по постоянным капиллярам и из них никуда не диффундирует. Пропитке с помощью подкрашенного Суданом-I гексана подвергали ядровую и заболонную древесину сосны обыкновенной с комнатно-сухой влажностью. Ее осуществляли поперек волокон в радиальном направлении при температуре 20 °С и давлении 0,4 МПа. После этого проводили микроскопические исследования пропитанной древесины.

Исследованиями [2] установлено, что неполярная жидкость не пропитывает ядровую древесину, т.е. в последней нет системы сообщающихся постоянных капилляров. В образцах из заболонной части пропиточная жидкость была обнаружена в сердцевинных лучах, вертикальных смоляных ходах и полостях поздних трахеид. Серцевинные лучи имели интенсивную окраску по всей глубине пропитанной зоны. В клеточных стенках пропитанная жидкость не обнаружена. Однако следует отметить, что не все анатомические элементы, в которых была обнаружена пропиточная жидкость, проводят ее в направлении поперек волокон. Например, полости поздних трахеид соседних годичных слоев содержат пропиточную жидкость, а в разделяющих их ранних трахеидах ее нет. Следовательно, поздние трахеиды не проводят пропиточную жидкость в радиальном направлении, она в них попадает из других анатомических элементов. Аналогичная ситуация и с вертикальными смоляными ходами. Серцевинные лучи сообщаются через поры с трахеидами и смоляными ходами. Вероятно, они являются единственным путем переноса жидкости в радиальном направлении, по которому пропиточная жидкость проникает в глубь древесины и далее – в другие анатомические элементы.

Расположение сердцевинных лучей в древесине не хаотичное, а упорядоченное, что обусловлено физиологией дерева. Так, например, в древесине хвойных пород каждая вертикальная трахеида обязательно контактирует с одним или несколькими сердцевинными лучами [8]. Контакт с сердцевинными лучами является важным фактором в выживании вертикальных инициалей при внутрикамбиальной конкуренции [4]. Серцевинные лучи начинаются от сердцевины или на некотором расстоянии от нее и продолжают до коры. В процессе роста по мере увеличения периметра ствола сохраняются старые и образуются новые сердцевинные лучи. Если предположить, что каждая трахеида контактирует с двумя сердцевинными лучами (по нашим наблюдениям это встре-

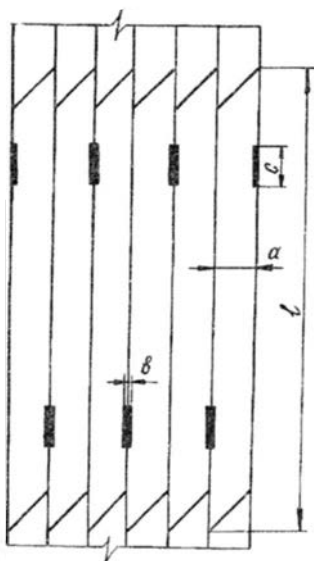


Рис. 1. Схема тангенциальной поверхности древесины

чается часто), то фрагмент тангенциальной поверхности древесины может быть представлен схематично (рис. 1). На предложенной схеме введены следующие обозначения: l — длина трахеиды; a — тангенциальный размер трахеиды; b , c — соответственно ширина и высота сердцевинного луча.

Рассмотрим квадратный участок тангенциальной поверхности со стороны, равной длине трахеиды. Суммарная площадь сердцевинных лучей на этом участке [2]

$$\sum S_{\text{ср}} = \frac{cbl}{a} + cb. \quad (1)$$

Относительная площадь сердцевинных лучей

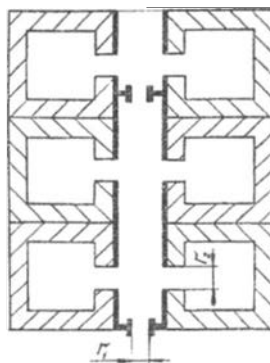
$$S_{\text{отн}} = \frac{\sum S_{\text{ср}}}{l} = \frac{cb}{al} + \frac{cb}{l^2}. \quad (2)$$

Расчеты, проведенные на основании известных данных о размерах анатомических элементов древесины разных хвойных пород, показывают, что не существует зависимости между $S_{\text{отн}}$ и проницаемостью древесины. Это обусловлено тем, что сердцевинные лучи имеют сложное строение. Они состоят из нескольких рядов паренхимных клеток. По верхней и нижней границе лучей хвойных пород (кроме пихты) проходят лучевые трахеиды. С помощью пор клетки лучей сообщаются между собой в вертикальном и горизонтальном направлениях. В местах контакта с вертикальными трахеидами (поле перекреста) также есть поры. Форма и размеры пор у разных пород сильно отличаются. Модель радиальной проводящей системы древесины изображена на рис. 2. Для предложенной модели имеем: r_1 — размер пор между клетками сердцевинного луча; r_2 — размер пор между клетками сердцевинного луча и вертикальных трахеид на полях перекреста. Совмещая рис. 1 и 2, получаем пространственную модель древесины как объекта пропитки.

Процесс пропитки древесины на основании предложенной модели происходит следующим образом. Пропиточная жидкость под действием избыточного давления через пору r_1 проникает в полость клетки сердцевинного луча, оттуда в соседнюю клетку луча и одновременно через поры r_2 в полости вертикальных трахеид.

В предложенной модели фигурируют только размеры анатомических элементов, которые, особенно r_1 и r_2 , у разных пород значительно отличаются. Это позволяет построить модель древесины конкретной породы как пространственной системы капилляров определенной формы и размеров. В настоящее время хорошо изучены (но в основном с

Рис. 2. Модель радиальной проводящей системы древесины



позиций ксилотомии) поры на полях перекреста [8]. Поры между клетками сердцевинных лучей с точки зрения пропитки вообще не изучались. В литературе есть только некоторые отрывочные сведения. Так, в экспресс-информации [3] приведены данные шведских исследователей о том, что размеры пор между клетками сердцевинных лучей и проницаемость у древесины сосны больше, чем у ели. Это служит подтверждением правильности предложенной нами модели. Изучение анатомического строения сердцевинных лучей как фактора, определяющего проницаемость древесины, является предметом дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ермолин В.Н. Проницаемость клеточной стенки древесины // Модифицирование и защитная обработка древесины: Тез. докл. ВСНТК.- Красноярск, 1989. - С.124 - 125. [2]. Ермолин В.Н. Разработка модели древесины как объекта пропитки // Проблемы химико-лесного комплекса: Сб. науч. тр. ВНИПК. - Красноярск, 1993. - Т. 3. - С.55 - 60. [3]. Защитная обработка еловой древесины // Экспресс-информ.: Зарубеж. опыт. - М.: ВНИПИЭИлеспром, 1985.- Вып.8. - С.14. [4]. Крамер П., Козловский Т. Физиология древесных растений. - М.: Лесн. пром-сть, 1983. - 485 с. [5]. Оснач Н.А. Проницаемость и проводимость древесины.- М.: Лесн. пром-сть, 1964.- 183 с. [6]. Потякин В.И., Тишин Ю.Г., Базаров С.М. Техническая гидродинамика древесины. - М.: Лесн. пром-сть, 1990. - 304 с. [7]. Харук Е.В. Лесоводственно-биологические основы проницаемости жидкостями ядровой и спелой древесины хвойных пород Сибири: Автореф. дис...д-ра с.-х. наук. - Л., 1982. - 36 с. [8]. Чавчавадзе Е.С. Древесина хвойных. - Л.: Наука, 1979.- 192 с. [9]. Чудинов Б.С. Вода в древесине. - Новосибирск: Наука, 1984. - 270 с. [10]. Wardrop A.V., Davies G.W. Morphological factors relating to the penetration of liquids into wood. - *Holzforschung*, 1961. - 15. - P.129.

Поступила 22 декабря 1995 г.