

# Кавитационные Технологии Пропитки Древесины

Владимир Н. Хмелев, *Senior Member*, IEEE, Сергей Н. Цыганок, Геннадий А. Титов, Владислав А. Шакура  
Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Бийск, Россия  
Центр ультразвуковых технологий, Бийск, Россия

**Аннотация** – Статья посвящена исследованию процесса пропитки капиллярно-пористых материалов. Описывается повышение эффективности технологического процесса пропитки древесины за счет кавитационного воздействия.

**Ключевые слова** – Пропитка, ультразвуковые колебания, кавитация, капиллярно-пористые материалы.

## I. ВВЕДЕНИЕ

**ПОД ПРОПИТКОЙ** понимают процессы введения в капиллярно-пористый материал веществ, которые изменяют его свойства (повышают биостойкость и огнестойкость, снижают электропроводность, гигроскопичность, увеличивают прочность и т.д.).

Пропитываемые вещества чрезвычайно разнообразны по свойствам и характеру их взаимодействия с капиллярно-пористым материалом. Они могут проникать в материал чисто механическим путем, адсорбироваться его веществом, вступать с ним в химическую реакцию. Характер физико-химических явлений, сопровождающих пропитку, очень сложен, и они еще не вполне изучены.

В большинстве случаев пропитываемые вещества не вступают в химическую реакцию с материалом (на примере древесины) и им не адсорбируются. Поэтому процессы пропитки можно рассматривать как совокупность следующих физических явлений: движение жидкости в капиллярно-пористом материале под действием капиллярного давления; движения жидкости в материале под действием избыточного давления; диффузионного перемещения молекул или ионов пропитываемых веществ в материале по полостям клеток, заполненным водой.

Производственные процессы пропитки протекают обычно в условиях совместного действия всех указанных явлений, но относительная эффективность того или иного из них может быть различной при разных способах пропитки [1].

## II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Ультразвуковая пропитка в жидкой среде - один из самых высокопроизводительных и высококачественных способов пропитки различных капиллярно-пористых изделий. Этот способ позволяет заменить двухразовый цикл пропитки на однократный, с одновременным исключением промежуточной сушки.

Наиболее широкое применение ультразвуковая пропитка нашла в технологиях пропитки намоточных изделий электротехники: обмоток реле, электродвигателей, трансформаторов и дросселей, лент из волокнистых и тканых материалов, стеклонеполнителей, картона и бумаги, изделий из древесины. Возможна ультразвуковая пропитка биологических объектов и изделий из графита.

Высокая эффективность ультразвуковой пропитки – глубокое и относительно быстрое проникновение пропиточных веществ в поры и капилляры изделий, обуславливается воздействием кавитационных процессов, происходящих в жидкости при распространении в ней мощных ультразвуковых колебаний [2,3].

Под кавитацией подразумевают возникновение и рост пузырьков пара или растворенного в жидкости газа, вызванные понижением давления при постоянной температуре. Рост возникшего пузырька сопровождается испарением жидкости внутрь него (паровая кавитация) или диффузией газа (газовая кавитация). Но, как правило, имеют место оба процесса и кавитация является парогазовой. Кавитационные пузырьки возникают в тех точках потока жидкости, где давление падает до значения, которое близко к давлению насыщенного пара при данной температуре, но зависит от ряда факторов степени насыщения жидкости растворенным газом, наличия примесей и твердых частиц, состояния обтекаемой поверхности [4].

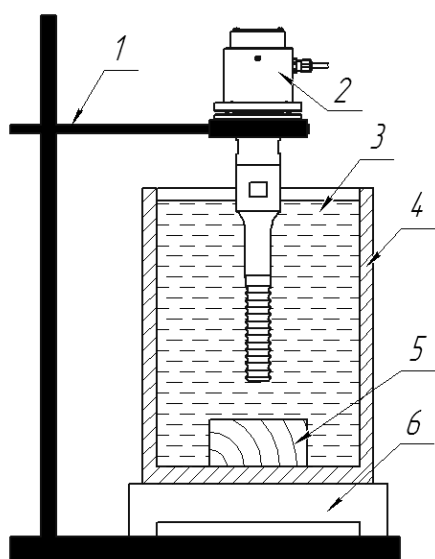
Таким образом, для повышения эффективности пропитки капиллярно-пористых материалов необходимо исследовать альтернативные способы воздействия на процесс пропитки, на основе явлений парогазовой и ультразвуковой кавитации.

## IV. СТЕНД ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПРОПИТКИ

Для проведения исследований был разработан стенд (см. Рис.1), позволяющий проводить пропитку капиллярно-пористых материалов в кипящей жидкости.

В состав стенда для исследований процесса ультразвуковой сушки шпона входило следующее оборудование:

- пьезоэлектрическая ультразвуковая колебательная система (УЗКС);
- штатив для осуществления контроля расстояния между УЗКС и пропитываемым образцом;
- технологический объем с пропитываемой жидкостью;
- нагревательный элемент.



1 – штатив, 2 – УЗКС, 3 – пропитывающая жидкость, 4 – технологический объем, 5 – пропитываемый образец, 6 – нагревательный элемент.  
 Рис. 1. Схема лабораторного стенда.

Для проведения исследований был использован ультразвуковой технологический аппарат серии «Волна» модель УЗТА-0,8/22-ОМУ, предназначенный для обработки жидких сред. Внешний вид ультразвукового технологического аппарата приведен на Рис.2.



Рис. 2. Ультразвуковой технологический аппарат серии «Волна», модель УЗТА-0,8/22-ОМУ.

Основные технические характеристики ультразвукового оборудования представлены в Табл. I.

ТАБЛИЦА I

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Наименование	Волна
Модель	УЗТА-0,8/22-ОМУ
Мощность, ВА	800
Частота ультразвуковых колебаний, кГц	22±1,65
Интенсивность излучения, Вт/см <sup>2</sup> , не менее	3,5

Стенд позволяет исследовать воздействие на эффективность пропитки как при парогазовой, так и акустической кавитации, а также при их комбинации.

## V. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Для определения воздействия кавитации на эффективность пропитки капиллярно-пористых материалов, были проведены три способа исследований:

- ультразвуковые колебания;
- кипение жидкости;
- ультразвуковые колебания одновременно с кипением.

В качестве экспериментальных образцов были использованы бруски из сосны размером 100x50x50 мм. Эксперименты всегда проводились на полностью высушенных образцах. Влажность древесины определялась путем взвешивания образцов в сухом и пропитанном состоянии.

Для набора статистических данных и увеличения достоверности результатов, для каждого из способов пропитки было выполнено по 5 серий экспериментов. Таким образом, на графиках представлены усредненные результаты.

Результаты исследований представлены на графике (см. Рис.3), где ряд 1 – воздействие ультразвуковыми колебаниями, ряд 2 – кипение жидкости, ряд 3 – ультразвуковые колебания одновременно с кипением жидкости.

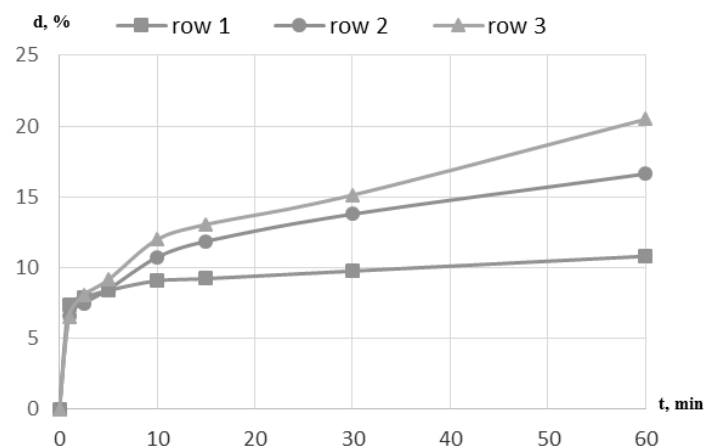


Рис. 3. Результаты исследований воздействия кавитации на эффективность пропитки капиллярно-пористых материалов.

Как видно из графика, процесс пропитки капиллярно-пористых материалов, на примере древесины, можно разбить на 2 этапа для всех трех способов. Первый этап практически идентичен для всех способов и представляет собой быстрое проникновение (от 2,5 до 5 минут) пропитывающей жидкости в поверхностный слой образца. Второй этап отличен для каждого из способов, что позволяет изучить воздействие кавитации на процесс пропитки капиллярно-пористых материалов.

Результаты пропитки наглядно демонстрируют, что воздействие ультразвуковыми колебаниями менее эффективно по сравнению с пропиткой в кипящей жидкости.

Разница эффективности пропитки в кипящей жидкости по сравнению с ультразвуковыми колебаниями достигает 50-55%. В то же время разница эффективности пропитки с ультразвуковыми колебаниями в кипящей жидкости по

сравнению с эффективностью пропитки в кипящей жидкости достигает 20-25% и по сравнению с ультразвуковыми колебаниями 85-90%.

Эффективность пропитки при одновременном воздействии объясняется за счет ускоренной диффузионной пропитки образца жидкостью (за счет нагрева и кавитации) и ультразвуковых колебаний, воздействующих на впитанную жидкость и тем самым ускоряющих пропитку (кавитирующее воздействие в порах и капиллярах заполненных водой).

## VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе аналитического обзора показана необходимость повышения эффективности технологических процессов пропитки древесины.

Для проведения исследований был разработан стенд, позволяющий проводить пропитку капиллярно-пористых материалов в кипящей жидкости.

В результате исследований установлено, разница эффективности пропитки с ультразвуковыми колебаниями в кипящей жидкости по сравнению с эффективностью пропитки в кипящей жидкости достигает 20-25% и по сравнению с ультразвуковыми колебаниями 85-90%.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Серговский, П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины : учебник для студентов вузов / П.С. Серговский, А.И. Расев. - 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Лесная промышленность, 1987. - 360 с.
- [2] Хмелев, В.Н. Ультразвуковая пропитка полимерных композиционных материалов [Текст] / В.Н. Хмелев, С.С. Хмелев, С.Н. Цыганок, Г.А. Титов // XIII Международная конференция – семинар молодых специалистов по микро- и нанотехнологиям и электронным устройствам EDM' 2012, Новосибирск, НГТУ, 2012. – с.170-173.
- [3] Хмелев, В. Н. Повышение эффективности ультразвуковой кавитационной обработки вязких и дисперсных жидких сред [Текст] / В.Н. Хмелев, С.С. Хмелев, Р.Н. Голых, Р.В. Барсуков – Ползуновский вестник – 2010 – № 3. – с. 321-325.
- [4] Knapp R.T. Cavitation [Текст] / R.T. Knapp, J.W. Daily, F.G. Hammitt – New York: Mc Graw Hill Book Company, 1970. – 687 p.