

Исследование влияния ультразвуковой обработки древесины на макростроение древесины и качество лакокрасочных покрытий

В.А. Соколова^а, С.А. Угрюмов^б

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Институтский пер., 5, Санкт-Петербург, Россия

^а sokolova_vika@inbox.ru, ^б ugr-s@yandex.ru

^а <https://orcid.org/0000-0001-6880-445X>, ^б <https://orcid.org/0000-0002-8077-3542>

Статья поступила 01.10.2020, принята 22.10.2020

В статье рассматриваются вопросы формирования лакокрасочных покрытий на древесине, технологии отделки защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов. Физико-механические и эксплуатационные свойства защитно-декоративного покрытия во многом обуславливаются характером взаимодействия лакокрасочной композиции с подложкой. Природа такого взаимодействия носит как физический, так и химический характер и связана с физико-химическими свойствами как древесины, так и лакокрасочного материала. Вид взаимодействия и глубина протекания этих процессов влияют на качество лакокрасочного покрытия. В статье рассматривается один из перспективных физических методов воздействия на вещества для интенсификации существующих технологических процессов и образования новых, который широко используется в химической промышленности и медицине и основан на использовании механических колебаний ультразвукового диапазона — ультразвуковых колебаний. Представлены методика и результаты исследований влияния ультразвука на макростроение древесины сосны и осины и на эксплуатационные характеристики лакокрасочных покрытий, такие как теплостойкость и адгезия. В результате проведенных исследований сделан вывод о том, что ультразвуковая обработка древесины оказывает влияние на макростроение и свойства древесины, изменяя их. Исследования влияния ультразвуковой обработки на качество защитно-декоративного покрытия древесины показали, что образцы, обработанные ультразвуком, имеют более высокие показатели по всем значимым параметрам, обеспечивая при этом сокращение расхода лакокрасочного материала, улучшение качества и повышение эксплуатационных свойств покрытий.

Ключевые слова: отделка; защитно-декоративное покрытие; адгезия; ультразвуковая обработка.

Studies of the influence of ultrasonic wood treatment on the macrostructure of wood and the quality of paint and varnish coatings

V.A. Sokolova^а, S.A. Ugryumov^б

St. Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov; 5, Institutsky per., St. Petersburg, Russia

^а sokolova_vika@inbox.ru, ^б ugr-s@yandex.ru

^а <https://orcid.org/0000-0001-6880-445X>, ^б <https://orcid.org/0000-0002-8077-3542>

Received 01.10.2020, accepted 22.10.2020

The article deals with the formation of paint and varnish coatings on wood, finishing technology for protective and decorative coatings of wood and wood materials. The physical, mechanical and operational properties of the protective and decorative coating are largely determined by the nature of the interaction of the paint and varnish composition with the substrate. The nature of such interaction is both physical and chemical in nature and is associated with the physicochemical properties of both wood and paint and varnish material. The type of interaction and the depth of these processes affect the quality of the paintwork. The article discusses one of the promising physical methods of influencing substances for the intensification of existing technological processes and the formation of new ones, which is widely used in the chemical industry and medicine and is based on the use of mechanical vibrations of the ultrasonic range - ultrasonic vibrations. The technique and results of studies of the influence of ultrasound on the macrostructure of pine and aspen wood and on the performance characteristics of paint and varnish coatings, such as heat resistance and adhesion, are presented. As a result of the research carried out, it is concluded that ultrasonic treatment of wood affects the macrostructure and properties of wood, changing them. Studies of the influence of ultrasonic treatment on the quality of protective and decorative wood coatings have shown that samples treated with ultrasound have higher indicators in all significant parameters, while ensuring a reduction in the consumption of paint and varnish materials, an improvement in the quality and an increase in the operational properties of coatings.

Keywords: finishing; protective and decorative coating; adhesion; ultrasonic treatment.

Введение. Формирование лакокрасочных покрытий на древесине представляет собой сложный комплекс физико-химических процессов, протекающих при установлении адгезионного контакта между подложкой и

лакокрасочным материалом. Физико-механические и эксплуатационные свойства защитно-декоративного покрытия во многом обуславливаются характером взаимодействия лакокрасочной композиции с подложкой.

Природа такого взаимодействия носит как физический, так и химический характер и связана с физико-химическими свойствами как древесины, так и лакокрасочного материала. Вид взаимодействия и глубина протекания этих процессов влияют на качество лакокрасочного покрытия [1–3].

Одной из наиболее важных технических характеристик, определяющих количество необходимого при покраске красящего состава и трудозатраты, является расход лакокрасочных материалов. Для древесины, имеющей глубокие поры, потребуется больше продукта, чем для мелкопористой поверхности. Расход лака зависит от плотности древесины, типа пиломатериала (строганный, пиленный), концентрации лакокрасочного материала и предварительной обработки.

Одним из перспективных физических методов воздействия на вещества для интенсификации технологических процессов и образования новых, является метод, основанный на использовании механических колебаний ультразвукового диапазона — ультразвуковых колебаний. Ультразвук применяют в химической, деревообрабатывающей промышленности, медицине.

В связи с этим нами были проведены исследования влияния ультразвука на макростроение древесины и на качество защитно-декоративного покрытия древесины.

Методика исследования. Для проведения экспериментальных исследований использовали образцы древесины сосны и осины. Для исследований отбирали заготовки с шероховатостью поверхность R_m не более 16 мкм, влажностью 8–10 %.

Для проведения исследований мы использовали:

- 1) чистые образцы из древесины сосны и осины;
- 2) образцы древесины сосны и осины, обработанные ультразвуком;
- 3) образцы древесины сосны и осины с нанесенными на них лакокрасочными материалами;
- 4) образцы древесины сосны и осины, обработанные ультразвуком, на которые затем были нанесены лакокрасочные покрытия;
- 5) образцы древесины сосны и осины с нанесенными на них лакокрасочными покрытиями, затем обработанные ультразвуком.

На подложки из древесины сосны и осины наносили лакокрасочные материалы — водно-дисперсионный акриловый лак и пентафталевый лак.

Экспериментальные исследования проводились на устройстве, которое состоит из специализированной ультразвуковой излучающей системы и системы подачи изделий (рис. 1). Волновод излучающей системы, непосредственно контактируя с поверхностью древесины при проходе через станок, производит улучшение ее механических свойств — повышение твердости и плотности. По конструкционному исполнению подачи станок схож с типичным деревообрабатывающим станком: с одной стороны, подается заготовка, с другой стороны выходит готовое изделие, т. е. эффект достигается за один проход через станок и не требует никаких дополнительных операций.

Технические характеристики оборудования:

- питание: 3 фазы, 380 В, 50 Гц;
- потребляемая мощность, не более: 16 кВт;

- рабочая частота ультразвуковой системы: 22 кГц ± 10 %;
- скорость обработки, не менее: 3 м/мин [16].



Рис. 1. Ультразвуковая система

Исследование влияния ультразвуковой обработки на макростроение древесины проводили с помощью компьютерной микротомографии, при помощи нанотомографа «Skyscan 2011» (Bruker, Бельгия), при следующих условиях сканирования: напряжение на трубке 50 кВ, сила тока 0,4 А, пространственное разрешение 0,8–1,1 мкм/пиксель, усреднение по 4–5 кадрам, угол поворота 0,30. Реконструкция полученных теневых изображений проводилась при помощи программы NReson, визуализация изображений и измерения осуществлялась в программах CTVox и Dataviewer (программное обеспечение фирмы — производителя нанотомографа). Образцы для сканирования вырезались из исследуемой древесины скальпелем таким образом, чтобы на одной из сторон образца находилось покрытие. Размеры образцов были в диапазоне (0,6–0,8) x (0,6–0,8) x 10 мм. Образцы фиксировались на держателе при помощи стоматологического воска.

Исследования физико-механических свойств лакокрасочных покрытий древесины проводились согласно методике [4].

При выборе методов и средств контроля отдавалось предпочтение тем, которые обеспечивают требуемую точность измерений, надежность и достоверность экспериментальных данных [5–7].

Объектами измерения и контроля являлись [8–10]:

1. Постоянные и переменные факторы экспериментов — свойства лакокрасочных материалов и подложки, параметры технологических режимов нанесения покрытия.

2. Выходные параметры экспериментов, к которым отнесены:

- условная вязкость лакокрасочной системы;
- краевой угол смачивания;
- работа адгезии;
- адгезия;

- жизнеспособность лакокрасочной композиции;
- время отверждения покрытия;
- твердость получаемого покрытия;
- водостойкость лакокрасочного покрытия;
- теплостойкость лакокрасочного покрытия [11–13].

Адгезию определяли двумя методами, методом решетчатых надрезов и с помощью механического адгезиметра «Novotest АМЦ-1». Методика определения адгезии с помощью механического адгезиметра «Novotest АМЦ-1» основана на требованиях ГОСТ 27325 и заключается в использовании метода отрыва с приложением

контролируемого усилия в перпендикулярном к поверхности направлении. В основу работы прибора положен принцип измерения усилия отрыва грибка, приклеиваемого к контролируемому покрытию. Усилие отрыва создается поворотным механизмом, состоящим из пары «винт – гайка», взводящим пружинный механизм, связанный с грибком. Величина удельного усилия отрыва считается по положению верхней грани корпуса относительно шкалы, соответствующей номеру грибка.

Для проведения исследований нами были подготовлены следующие образцы (табл. 1).

Таблица 1. Экспериментальные образцы

Номер образца	Порода древесины	Описание образца
1	сосна	Чистый образец
2	осина	Чистый образец
3	сосна	Образец, обработанный ультразвуком
4	осина	Образец, обработанный ультразвуком
5	сосна	Образец с водно-дисперсионным лакокрасочным покрытием
6	осина	Образец с водно-дисперсионным лакокрасочным покрытием
7	сосна	Образец с пентафтальевым лакокрасочным покрытием
8	осина	Образец с пентафтальевым лакокрасочным покрытием
9	сосна	Образец, обработанный ультразвуком, с нанесенным водно-дисперсионным лакокрасочным покрытием
10	осина	Образец, обработанный ультразвуком, с нанесенным водно-дисперсионным лакокрасочным покрытием
11	сосна	Образец, обработанный ультразвуком, с нанесенным пентафтальевым лакокрасочным покрытием
12	осина	Образец, обработанный ультразвуком, с нанесенным пентафтальевым лакокрасочным покрытием
13	сосна	Образец с водно-дисперсионным лакокрасочным покрытием, обработанный ультразвуком
14	осина	Образец с водно-дисперсионным лакокрасочным покрытием, обработанный ультразвуком
15	сосна	Образец с пентафтальевым лакокрасочным покрытием, обработанный ультразвуком
16	осина	Образец с пентафтальевым лакокрасочным покрытием, обработанный ультразвуком

Результаты исследования. В ходе проведения экспериментов была проведена фотофиксация результатов. На рис. 2 представлены 3D-фотографии образца № 10 (осина), обработанного ультразвуком, с нанесенным на него водно-дисперсионным лакокрасочным материалом.

Как показали исследования, древесина сосны в большей степени подвержена воздействию ультразвука. На образцах из древесины сосны наблюдается деформация слоев клеток в большей степени. На образце № 13 — когда на древесину сосны сначала наносили лакокрасочное покрытие, а потом подвергали ультразвуковой обработке — наблюдается деформация клеток в двух годичных слоях. Это обусловлено наличием ярко выраженной поздней древесины в годичном слое сосны. Поздняя древесина отличается высокой плотностью и повышенными физико-механическими свойствами, в отличие от ранней древесины. Можно предположить, что лакокрасочное покрытие выполняет роль отражателя и оказывает влияние и на последующие годичные слои. Данное явление требует дальнейшего изучения и является предметом отдельных исследований. На образце № 14 — когда на древесину осины сначала наносили лакокрасочное покрытие, а потом подвергали ультразвуковой обработке — наблюдается деформация верхних слоев клеток глубже, чем на образце № 10, когда образец древесины осины сначала

обрабатывали ультразвуком, а потом наносили покрытие. Благодаря ультразвуковой обработке древесины сосны и осины нам удалось получить примерно одинаковые по толщине покрытия (образцы № 9 и 10), хотя на всех других образцах наблюдаются разные толщины покрытий. Таким образом, можно сделать вывод, что обработка ультразвуком влияет на качество и физико-механические свойства древесины и покрытий. На других образцах без обработки древесины ультразвуком мы наблюдали разные толщины покрытий, что объясняется различиями в анатомическом строении древесины хвойных и лиственных пород.

Толщина покрытий на образцах древесины № 9 и 10, которые сначала подвергались обработке ультразвуком, а потом нанесению лакокрасочных покрытий, значительно больше, чем толщина покрытий других экспериментальных образцов. Это можно объяснить тем, что клетки ранней древесины сминаются (уплотняются), и вследствие этого уменьшается объем внутренней полости клеток, что, в конечном счете, влияет на расход лакокрасочного материала. Можно сделать вывод, что ультразвуковая обработка древесины позволяет сократить расход лакокрасочных материалов. Таким образом, исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что ультразвуковая обработка древесины оказывает влияние на свойства древесины, изменяя их [14; 15].

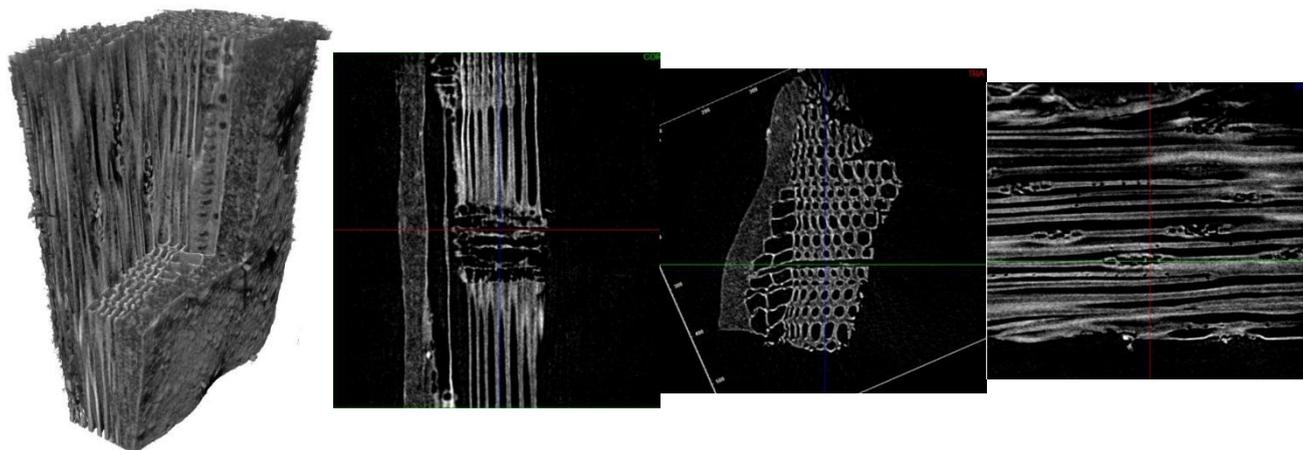


Рис. 2. Обработанный ультразвуком образец осины с нанесенным водно-дисперсионным лакокрасочным материалом

Ниже приведены результаты исследований влияния обработки ультразвуком древесины на качество защитно-декоративных покрытий: испытания на теплостойкость покрытий и на адгезию. Исследовались образцы № 5–16 (см. табл. 1).

Таблица 2. Результаты исследований по определению адгезии с помощью механического адгезиметра «Novotest АМЦ-1»

Образцы	МПА	Диаметр
№ 5	1	15,1
№ 6	0,5	19,5
№ 7	1	15,1
№ 8	1	19,5
№ 9	1,6	15,1
№ 10	1,6	19,5
№ 11	2	15,1
№ 12	2	19,5
№ 13	1,2	15,1
№ 14	1,4	19,5
№ 15	1,4	15,1
№ 16	1,4	19,5

Результаты испытаний по определению теплостойкости лакокрасочных покрытий образцов показали, что высокой степенью теплостойкости обладают образцы, обработанные ультразвуком.

Результаты исследований по определению адгезии

Литература

1. Bradac M., Novak R. // Coating. 1992. Bd. 25 № 8. p. 278–280.
2. Онегин В.И., Цой Ю.И. Водно-дисперсионные лакокрасочные материалы для прозрачной отделки древесины // Деревообрабатывающая промышленность. 2002. № 4. С. 16.
3. Соколова В.А. Создание защитно-декоративных покрытий древесины на основе модифицированных водно-дисперсионных лакокрасочных материалов: дис канд. техн. наук. С.-Пб. гос. лесотехн. акад. им. С.М. Кирова. СПб., 2006. 20 с.
4. Герасюта С.М., Цой Ю.И., Соколова В.А. Исследование энергетических характеристик водно-дисперсионных лакокрасочных композиций // Изв. С.-Пб. лесотехн. акад. 2006. № 177. С. 140–146.

методом решетчатых надрезов показали, что хорошей адгезией обладают покрытия образцов, которые сначала обрабатывали ультразвуком, а потом наносили лакокрасочные покрытия.

Результаты испытаний по определению адгезии лакокрасочных покрытий образцов с помощью механического адгезиметра «Novotest АМЦ-1» представлены в табл. 2. Как видно, хорошей адгезией обладают покрытия образцов, которые сначала обрабатывали ультразвуком, а потом наносили лакокрасочные покрытия, что согласовывается с полученными результатами исследований по определению адгезии методом решетчатых надрезов.

Выводы. В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что ультразвуковая обработка оказывает влияние на макростроение и свойства древесины, изменяя их. Исследования влияния ультразвуковой обработки на качество защитно-декоративного покрытия древесины показали, что образцы, обработанные ультразвуком, имеют более высокие показатели по всем исследуемым параметрам. Лучшие показатели наблюдаются у образцов № 9, 10, 11, 12, т. е. у образцов, которые сначала обрабатывали ультразвуком и потом наносили лакокрасочные покрытия. Таким образом, обработка ультразвуком позволяет не только сократить расход лакокрасочного материала, но и улучшить качество покрытий, повысить их физико-механические свойства.

5. Цой Ю.И., Соколова В.А. Отделка древесины водно-дисперсионными лакокрасочными составами // Изв. С.-Пб. лесотехн. акад. 2012. № 199. С. 220–226.
6. Цой Ю.И., Соколова В.А. Повышение эффективности отделки древесины и древесных материалов новыми водно-дисперсионными лакокрасочными материалами // Леса России в XXI веке: сб. материалов первой междунар. науч.-практической интернет-конф. (30 июня 2009 г.). СПб., 2009. С. 146–149.
7. Соколова В.А., Беспалова В.В. Использование новых лакокрасочных материалов в качестве защитно-декоративной отделки древесины и древесных материалов // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы V Всерос. науч.-технической конф.-вебинара. С.-Пб. гос. лесотехн. ун-т им. С.М. Кирова. СПб., 2020. С. 239–240.

8. Bufkin B.G., Grawe J.R. // J. Coat. Technol. 1978. V. 50. № 644. P. 83–109.
9. Byk Gardner. Gloss and reflection hase, Pitture e Vernici // Paints and Varnishes. 1996. P. 7–16.
10. Карякина М.И. Испытания лакокрасочных материалов и покрытий. М.: Химия, 1988. 252 с.
11. Zosel A. Lack und Polymerfilme, Viskoelastische Qualitatsmerkmale, Vincentz-Verlag, Ed. U. Zorll, 1996, Chapter 5. 8. P. 100–109.
12. Толмачев И.А. Водно-дисперсионные лакокрасочные материалы промышленного назначения // Лакокрасочные материалы и их применение. 2004. № 5. С. 4.
13. Гербер В.Д. Перспективы развития лакокрасочных материалов и технологий для отделки древесины // Лакокрасочные материалы и их применение. 1999. № 7–8. С. 58.
14. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. 2-е изд., перераб. М.: Лесная пром-сть, 1986. 368 с.
15. Полубояринов О.И. Древесиноведение. СПб.: ЛТА, 1997. 28 с.
16. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kovdrev.ru/>.
5. Coj YU.I., Sokolova V.A. Wood finishing with water-dispersion paint and varnish compositions // Izvestia SPbLTA. 2012. № 199. P. 220–226.
6. Coj YU.I., Sokolova V.A. Improving the efficiency of wood finishing and wood materials new water-dispersion paints // Lesa Rossii v XXI veke: sb. materialov pervoj mezhdunar. nauch.-prakticheskoy internet-konf. (30 iyunya 2009 g.). SPb., 2009. P. 146–149.
7. Sokolova V.A., Bespalova V.V. Use of new paint and varnish materials as protective and decorative finishing of wood and wood materials // Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie: materialy V Vseros. nauch.-tekhnicheskoy konf.-vebinara. S.-Peterb. gos. lesotekhn. un-t im. S.M. Kirova. SPb., 2020. P. 239–240.
8. Bufkin B.G., Grawe J.R. // J. Coat. Technol. 1978. V. 50. № 644. P. 83–109.
9. Byk Gardner. Gloss and reflection hase, Pitture e Vernici // Paints and Varnishes. 1996. P. 7–16.
10. Karyakina M.I. Testing of paint and varnish materials and coatings. M.: Himiya, 1988. 252 p.
11. Zosel A. Lack und Polymerfilme, Viskoelastische Qualitatsmerkmale, Vincentz - Verlag, Ed. U. Zorll, 1996, Chapter 5. 8. P. 100–109.
12. Tolmachev I.A. Water-dispersion paint and varnish materials for industrial use // Russian Coatings Journal (Lakokrasochnye materialy i ikh primenenie). 2004. № 5. P. 4.
13. Gerber V.D. Prospects for the development of paint materials and technologies for wood finishing // Russian Coatings Journal (Lakokrasochnye materialy i ikh primenenie). 1999. № 7–8. P. 58.
14. Ugolev B.N. Wood science with the basics of forest commodity science. 2-e izd., pererab. M.: Lesnaya prom-st', 1986. 368 p.
15. Poluboyarinov O.I. Wood science. SPb.: LTA, 1997. 28 p.
16. [Electronic resource] - Access mode: <http://www.kovdrev.ru/>.

References

1. Bradac M., Novak R. // Coating. 1992. Bd. 25 № 8. p. 278–280.
2. Onegin V.I., Coj YU.I. Water-dispersion paint materials for transparent wood finishing // Derevoobrabativaushaya promishlennost' (Woodworking industry). 2002. № 4. P. 16.
3. Sokolova V.A. Creation of protective and decorative wood coatings based on modified water-dispersion paint and varnish materials: dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk. S.-Peterb. gos. lesotekhn. akad. im. S.M. Kirova. SPb., 2006. 20 p.
4. Gerasyuta S.M., Coj YU.I., Sokolova V.A. Technology of wood finishing. Method. instructions for performing laboratory work // Izvestia SPbLTA. 2006. № 177. P. 140–146.