

4. ГОСТ 20850-2014. Конструкции деревянные клееные несущие. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2019. – 15 с.
5. ГОСТ 23166-99. Блоки оконные. Общие технические условия. – М. : Госстрой России, ГУП ЦПП, 2000. – 45 с.
6. ГОСТ 24700-99. Блоки оконные деревянные со стеклопакетами. Технические условия. – М. : Госстрой России, ГУП ЦПП, 2000. – 55 с.
7. ГОСТ 475-2016. Блоки дверные деревянные и комбинированные. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2017. – 33 с.
8. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции : свод правил : актуализированная редакция СНиП II-25-80: дата введения 2017-08-28 / разработаны Центральным научно-исследовательским институтом строительных конструкций имени В. А. Кучеренко. – М. : Стандартинформ, 2019. – 140 с.
9. Рублева О. А., Гороховский А. Г. Прочность склеивания древесины по длине на прямоугольные шипы // Хвойные бореальной зоны. – 2019. – Т. XXXVII. – № 5. – С. 358–366.
10. Рублева О. А., Гороховский А. Г. Оценка прочности клеевых соединений по длине на прямоугольные шипы // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы : социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики : матер. XII Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2019. – С. 59–61.
11. Пат. 2741614 Российская Федерация, В27F1. Способ формирования элементов шиповых соединений деревянных заготовок / Рублева О. А. – № 2011116271/13 ; заявл. 25.04.2011 ; опубл. 10.01.2013 ; приоритет 25.04.11.
12. Rubleva O. A., Gorokhovskiy A. G. Prediction model for the pressing process in an innovative forming joints technology for woodworking // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Т. 537. – № 2. – Ст. 022064. DOI: 10.1088/1757-899X/537/2/022064.
13. Rubleva O. A. Structural changes of Scots pine wood caused by local pressing in the longitudinal direction // Drewno. – 2019. – Т. 62. – № 204. – С. 23–39. DOI: 10.12841/wood.1644-3985.268.06.
14. Рублева О. А. Формирование прямоугольных шипов способом торцового прессования // Лесотехн. жур. – 2013. – № 4 (вып. 12). – С. 126–133. DOI: 10.12737/2191.
15. Рублева О. А., Гороховский А. Г. Экспериментальная оценка прочности склеивания древесины по длине на прямоугольные прессованные шипы // Лесн. жур. – 2020. – № 3. – С. 128–142. DOI 10.37482/0536-1036-2020-3-128–142.

УДК 674.049

Н. А. Тарбеева, О. А. Рублева
(N. A. Tarbeeva, O. A. Rubleva)
(ВятГУ, г. Киров, РФ) nataly.ntar534@yandex.ru

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЗАГОТОВОК ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

THE MECHANISM OF FORMATION OF THE MODIFIED SURFACE LAYER OF WOOD BLANKS

Комбинированный способ модифицирования заготовок из древесины на основе обжига, браширования, прессования и термической обработки позволяет комплексно повышать физико-механические и декоративные показатели свойств сырья. Для понимания механизма формирования модифицированного слоя поэтапно исследованы

изменения структуры древесины. Условно определены границы модифицированного слоя. Установлен перечень факторов и параметров режимов, оказывающих влияние на качество модифицированного слоя.

The combined method of modifying wood blanks on the basis of firing, brushing, pressing and heat treatment makes it possible to comprehensively increase the physical, mechanical and decorative properties of raw materials. To understand the mechanism of the formation of a modified layer, changes in the structure of wood were studied step by step. The boundaries of the modified layer are conditionally defined. A list of factors and parameters of modes has been established that affect the quality of the modified layer.

В настоящее время в связи с ограниченным запасом древесины ценных твердолиственных пород и общемировыми тенденциями ресурсосбережения и рационального природопользования большое внимание в деревообрабатывающей промышленности уделяется вопросам переработки малоценной низколиквидной древесины и древесных отходов [1]. Задачи по разработке экологически безопасных технологий модифицирования древесины, направленных на повышение физико-механических и декоративных показателей свойств низколиквидного сырья, приобретают особую актуальность.

Большинство современных технологий модифицирования основано на процессах пропитки, прессования и термической обработки деревянных заготовок [2]. Механизмы процессов модифицирования древесины и соответствующие изменения структуры исследованы в ряде работ [3–5]. Устранение природных недостатков древесины, таких как низкая твердость и прочность, невысокая био- и влагостойкость, достигается за счет повышения плотности материала, снижения его пористости и проницаемости. Часто технологии модифицирования характеризуются низкой экологичностью, высокой энергозатратностью и трудоемкостью, а также продолжительностью процесса обработки.

Авторами предложен новый способ модифицирования заготовок из древесины хвойных пород, основанный на совокупности операций обжига, браширования, прессования и термической обработки, способствующий комплексному повышению как декоративных, так и физико-механических показателей свойств сырья. Предыдущие исследования способа позволили установить его целесообразность для изготовления отделочных материалов и облицовочных изделий [6]. Недостаточно изученным остается вопрос, связанный со структурными изменениями древесины и определением глубины модифицированного слоя. Целью данной работы является исследование механизма формирования модифицированного поверхностного слоя древесины. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- поэтапно определить изменения структуры поверхностного слоя древесины в результате обжига, браширования, прессования и термической обработки;
- определить глубину модифицированного слоя;
- установить соответствие изменений структуры и свойств модифицированной древесины;
- выявить основные факторы и параметры режимов комбинированной обработки.

Исследование проводили на образцах из древесины сосны, уплотненных до степени прессования 40 % и термически обработанных при температуре 180 °С в течение 1 ч. Изменение структуры наблюдали по торцовым шлифованным поверхностям заготовок с помощью микроскопа МБС-10.

Первым этапом комбинированной обработки деревянных заготовок является обжиг. Механизм поверхностного обжига имеет общие закономерности с механизмами процессов пиролиза древесины и термической обработки. Процесс протекает в 4 фазы: 1) нагрев древесины; 2) испарение влаги; 3) пиролиз древесины, образование конденсированного и газообразных продуктов пиролиза; 4) горение газообразных продуктов пиролиза [7].

Модифицированный обжигом слой включает две зоны: слой угля и зону пиролиза (рис. 1). Суммарная толщина модифицированного слоя главным образом определяется продолжительностью обработки. Обугливание происходит последовательно, распространяясь от поверхности в глубь сечения материала в среднем скоростью 0,7–1 мм/мин [8]. Скорость обугливания зависит от ряда факторов: плотности и влажности древесины, температуры обжига, ориентации заготовки в пространстве, притока воздуха, размеров и формы заготовки, количества обжигаемых сторон заготовки, шероховатости поверхности, наличия трещин. Указанные факторы можно рассматривать как параметры режима обжига.

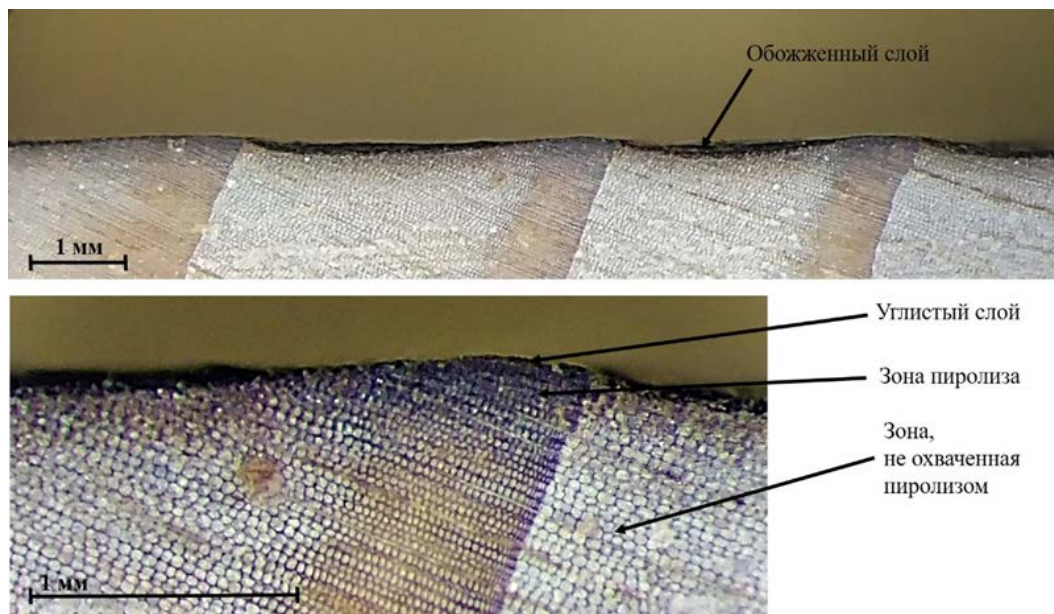


Рис. 1. Структура обожженного слоя

В результате обжига древесина становится менее восприимчивой к воздействию грибков, микроорганизмов и влаги за счет термодеструкции углеводных и ароматических компонентов в поверхностном слое и закупорки пор. Малая продолжительность процесса обжига обуславливает слабый характер деструкции структурных элементов древесины, особенно во внутренних слоях. При обработке обжигом до образования равномерно обугленной поверхности с небольшими трещинами толщина углистого слоя не превышает 0,3 мм (2–3 слоя клеток), а толщина зоны пиролиза – 0,5 мм (10–15 слоев клеток). При этом за счет разности плотностей ранней и поздней зон древесины в модифицированном слое на участках ранней зоны преобладает слой угля, на участках поздней – слой пиролиза.

Происходящий в процессе термодеструкции разрыв молекулярных цепочек гемицеллюлоз приводит к увеличению устойчивости древесины к сжатию [9]. Но значительное увеличение жесткости поверхностных слоев древесины является нежелательным с точки зрения дальнейшей обработки давлением, так как может стать причиной разрушения материала. Это ставит необходимость ограничивать интенсивность обработки поверхностным обжигом за счет выбора оптимальных параметров режима.

Вторым этапом обработки является браширование. Брашированием снимают часть модифицированного слоя, формируя «гребенчатый» рельеф. Шероховатость поверхности после обработки составляет R_{max} 800–1200 мкм. В зоне поздней древесины удаляется только верхний хрупкий углистый слой, на поверхность «гребня» выходит

зона пиролиза глубиной не более 0,3 мм. Модифицированный слой в зоне ранней древесины удаляется полностью. Поверхность «впадины» сформирована не подвергшимися пиролизу слоями клеток ранней и поздней зон (рис. 2).

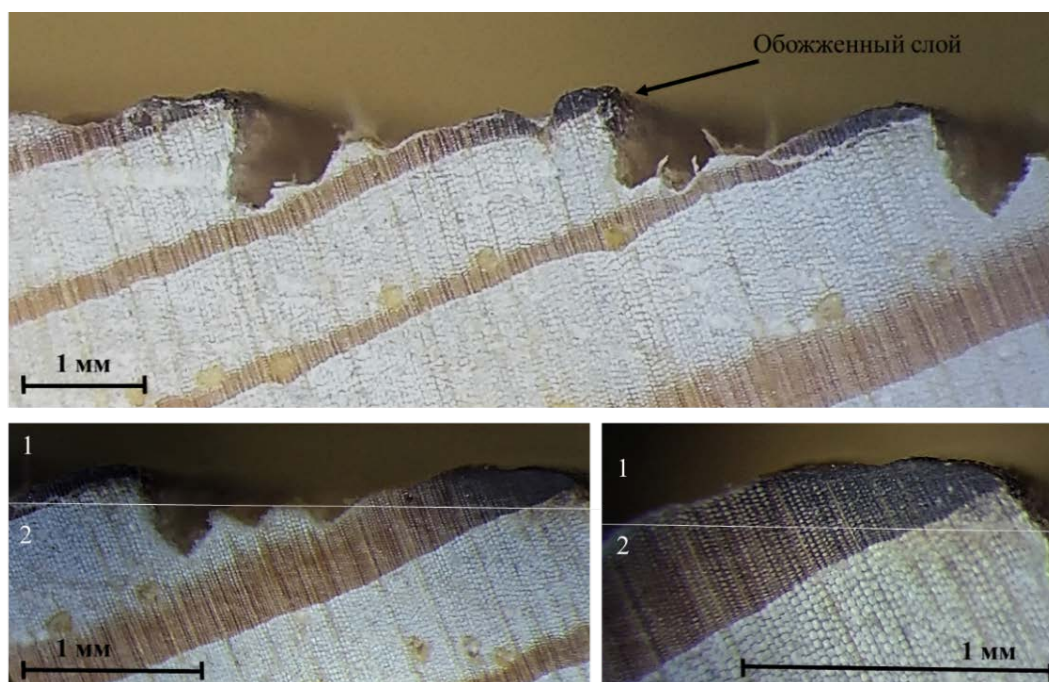


Рис. 2. Структура поверхности после браширования:
1 – зона пиролиза; 2 – зона, не охваченная пиролизом

Таким образом, в результате обработки заготовок из древесины обжигом и брашированием на поверхности формируется модифицированный слой, соответствующий природной структуре древесины. Участки ранней зоны (впадины) остаются незащищенными и наиболее уязвимыми для воздействия влаги и микроорганизмов. Этот фактор в совокупности с высокой шероховатостью поверхности является причиной ускоренного разрушения материала.

Управлять процессом браширования (снизить шероховатость поверхности) можно путем регулирования таких факторов, как угол наклона волокон в заготовке (вид распила), тип и жесткость щеток, скорость вращения инструмента и скорость подачи [10].

Третьим этапом обработки является прессование. Обработка деревянных заготовок давлением направлена на устранение недостатков рельефной поверхности и дополнительное упрочнение заготовок. Ключевыми факторами, определяющими результат обработки, являются:

- 1) исходные параметры заготовок (порода, влажность, вид распила и кривизна годичных слоев, смолистость);
- 2) параметры процесса (температура обработки, скорость нагружения и усилие прессования, время выдержки под нагрузкой, наличие / отсутствие обжима) [3].

В результате одноосного прессования рельефная заготовка уплотняется неравномерно. Неравномерность уплотнения по толщине обусловлена не только снижением передающего давления [3], но и разнотолщинностью рельефной заготовки (6–10 %) в соответствии с природной структурой древесины. Элементы древесины поздней зоны годичного слоя, особенно зоны пиролиза, в процессе прессования изменяются слабо. Наиболее сильно деформируются клетки ранней зоны годичного слоя, располагающиеся под «гребнем» (зона 1а рис. 3). Наименее уплотненная зона располагается

непосредственно под впадиной (зона 1б рис. 3). Различие средней степени уплотнения этих зон составляет 7–10 %. На глубине заготовки более 2–2,5 мм данная неравномерность сглаживается (зона 2 рис. 3), и структуру древесины можно условно считать уплотненной равномерно. Таким образом, условная глубина модифицированного слоя после прессования составляет не более 2,5 мм.

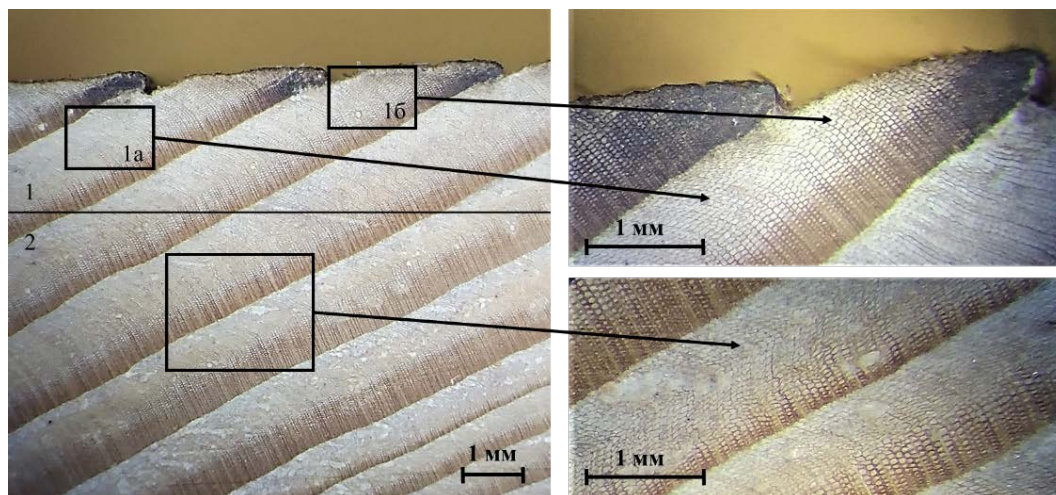


Рис. 3. Структура поверхности после прессования:
 1 – неравномерно уплотненная зона; 1а – наиболее уплотненная зона;
 1б – наименее уплотненная зона; 2 – равномерно уплотненная зона

Несмотря на увеличение глубины модифицированного слоя и снижение шероховатости поверхности до R_{max} 250–300 мкм в результате прессования, зона впадин остается по-прежнему незащищенной, что ставит необходимость дополнительной обработки. С этой целью введен заключительный этап – термическая обработка. Термообработка направлена в данном случае на повышение формостабильности прессованных заготовок из древесины, снижение пористости материала, разрушение питательной среды для микроорганизмов среды.

Процесс термообработки протекает в три этапа: 1) прогрев и сушка; 2) термообработка; 3) охлаждение. В результате воздействия температуры на первом этапе (50–100 °С) из древесины испаряется влага и экстрактивные вещества – терпены, воски, фенол, жиры. Они не являются структурообразующими и удаляются очень легко. Далее под действием более высоких температур (более 150 °С) разлагается гемицеллюлоза на более мелкие по размеру молекулы, удаляются растворимые сахара и глюкоза. В результате чего исчезает питательная среда для грибков и бактерий, снижается уровень внутренних напряжений материала и его способность к водопоглощению. Подобно гемицеллюлозе лигнин преобразуется в реактивные молекулы другого типа. Структура целлюлозы при этом сохраняется неизменной. Полимеры, составляющие стенки древесных клеток, при высокой температуре расплавляются, стенки сосудов частично свариваются, и древесина теряет присущую ей пористость, что почти полностью исключает в дальнейшем проникновение в нее атмосферной влаги [11].

Данные, полученные с помощью микроскопа МБС-10 (увеличение до $\times 98$), не позволили установить изменения структуры древесины в результате термической обработки. Визуально лишь можно отметить изменение цвета заготовок. Тем не менее эффективность термической обработки подтверждена экспериментально [12].

Управление процессом термообработки осуществляется путем регулирования продолжительности обработки и свойств обрабатывающего агента (температуры,

влажности). Выбор параметров режима термообработки проводят с учетом параметров обрабатываемых заготовок и объема загрузки камеры.

Таким образом, в результате исследования механизма формирования модифицированного поверхностного слоя заготовок из древесины установлены общие закономерности изменения структуры древесины на каждом этапе обработки. Конфигурация модифицированного слоя заготовок в большей степени соответствует форме поздней зоны годовых слоев, выходящей на лицевую пласт, в связи с чем заготовки тангенциального распила являются наиболее предпочтительными для обработки. Условно определены границы модифицированного слоя. Глубина модифицированного слоя составляет не более 2,5 мм, что соответствует глубине зоны неравномерного уплотнения. Происходящие в результате комбинированной обработки структурные изменения способствуют повышению физико-механических и защитных свойств древесины, расширяя возможные сферы ее использования. Качественный результат комбинированной обработки зависит от целого ряда факторов, и выбор оптимальных параметров режимов обработки – отдельная задача, при решении которой необходимо учитывать взаимовлияние этапов обработки друг на друга.

Библиографический список

1. Мохирев А. П., Безруких Ю. А., Медведев С. О. Переработка древесных отходов предприятий лесопромышленного комплекса как фактор устойчивого природопользования // Инженерный вестник Дона. – 2015. – Т. 36. – №. 2-2. – С. 81–94.
2. Аксенов А. А., Малюков С. В. Способы модифицирования древесины // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика. – 2015. – Т. 3. – № 9-3. – С. 14–18.
3. Хухрянский П. Н. Прессование древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 348 с.
4. Губанова Н. В. Исследование механизма пропитки древесины жидкостью // Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса. – 2012. – С. 109-111.
5. Термомодификация древесных материалов / Д. Ф. Зиятдинова, Д. А. Ахметова, А. Л. Тимербаева, А. Р. Хабибуллина // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2014. – Т. 17. – №. 8. – С. 94–96.
6. Тарбеева Н. А., Рублева О. А. Обоснование технологических возможностей способа упрочняющей декоративной обработки низкотоварной древесины // Лесотехн. жур. – 2020. – Т. 10. – № 3 (39). – С. 145–154.
7. Гришин А. М., Якимов А. С. Математическое моделирование процесса зажигания древесины // Теплофизика и аэромеханика. – 2013. – Т.20. – № 4. – С. 473–486.
8. Орлова С. С., Панкова Т. А., Затицацкий С. В. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре : учеб. пособие.– Саратов : Саратовский источник, 2015. – 130 с.
9. Козельский Н. Термодревесина – надежный друг человека // ЛесПромИнформ. – 2010. – № 1 (67). – URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=1199> (дата обращения : 07.06.2021).
10. Сергеева В. В. Взаимовлияние эстетических свойств фактуры изделий из древесины и технологических аспектов их обработки : автореф. дис. ... канд техн. наук: 17.00.06 / Сергеева Вера Владимировна. – М., 2008. – 23 с.
11. Разумов Е. Ю., Данилова Р. В. Способ обработки термомодифицированной древесины // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2011. – № 4. – С.74–78.
12. Экспериментальное исследование комбинированного процесса изготовления облицовочных изделий на основе пьезотермической обработки деревянных заготовок / Н. А. Тарбеева, О. А. Рублева, А. Г. Гороховский, Е. Е. Шишкина // Системы. Методы. Технологии. – 2021. – № 1. – С. 90–97.