

Исследование свойств термомодифицированной древесины и параметров сформированных лакокрасочных покрытий на ее поверхности

А.А. Орлов^а, Г.А. Логинова^б, Н.А. Романова^с

Сибирский государственный технологический университет, пр. Мира 82, Красноярск, Россия

^аorlov.tepl@mail.ru, ^бlga_@mail.ru, ^сsmaragdum@mail.ru

Статья поступила 1.03.2016, принята 8.04.2016

Представлены результаты экспериментальных исследований физико-механических свойств древесины, модифицированной высокой температурой, и параметров лакокрасочных покрытий, сформированных на ее поверхности. Модифицирование древесины березы проводилось конвективным методом нагрева в среде защитного газа в виде водяного пара. Температурные уровни изменялись в диапазоне от 185 до 225 °С при продолжительности модификации от 6 до 2 ч. Приведены результаты исследований прочностных показателей, физико-механических и сорбционных свойств термообработанной древесины. Установлено, что термообработка березовой древесины при температурах 200 и 225 °С привела к увеличению ее хрупкости и повышенному выкрашиванию при шлифовании. Отмечается снижение плотности древесины, обработанной при 185 °С, на 13 %, а при 220 °С — на 14,4 %. Ударная вязкость уменьшилась более чем в 10 раз. Снижение статической твердости составило от 14,3 до 15,7 %. Исследовалось разбухание модифицированной древесины в радиальном и тангенциальном направлении волокон. Коэффициент линейного разбухания составил 0,2 % при начальной влажности образцов 35 %, что значительно ниже, чем коэффициент разбухания натуральной древесины березы. Эта разница подтверждает целесообразность термообработки древесины для применения в условиях повышенной влажности. Для улучшения эксплуатационных свойств термомодифицированной древесины (ТМД) проведены исследования возможности отделки ее поверхностей. На полученных образцах ТМД создавались покрытия атмосферостойкими тиксотропными водоразбавляемыми лакокрасочными материалами фирмы Sayerlack: грунтом АМ0473/85, прозрачным акриловым лаком AZ2130/00 и белой эмалью AZ2130/13. Способность к отделке определялась по величине поверхностного натяжения отделочных материалов в зависимости от направления волокон древесины. Проведены исследования светостойкости и адгезионной прочности лакокрасочных покрытий на поверхности ТМД. Установлено, что создание лакокрасочных покрытий значительно повышает эксплуатационные характеристики ТМД: водопоглощение снижается в 12,5–15 раз, повышается стойкость к воздействию УФ-лучей при высокой адгезии.

Ключевые слова: термомодифицированная древесина; физико-механические свойства; разбухание; ударная вязкость; водопоглощение; светостойкость; морозостойкость.

Study of thermally modified wood properties and parameters of coatings formed on its surface

A.A. Orlov^a, G.A. Loginova^b, N.A. Romanova^c

Siberian State Technological University; 82, Mira ave., Krasnoyarsk, Russia

^аorlov.tepl@mail.ru, ^бlga_@mail.ru, ^сsmaragdum@mail.ru

Received 1.03.2016, accepted 8.04.2016

Results of pilot studies for physical and mechanical properties of the wood modified by high temperature and parameters of the paint and varnish coatings formed on its surface have been presented. Modification of birch wood has been carried out with a convective heating method in the protective gas environment. The protective gas has been in the form of water vapour. Temperature levels have changed from 185°C to 225°C, the heat duration has been from 6 to 2 hours. Research results have been presented for strength indicators, physical and mechanical and sorption properties of the thermal-processed wood. It has been found out that birch wood thermal processing at temperatures of 200°C and 225°C has increased its fragility and breaking off when grinding. Density for the wood, processed at 185°C, has decreased 13% down. Density for the wood, processed at 220°C has decreased 14,4% down. Impact strength has decreased more than by 10 times. Decrease in static hardness has been from 14,3% to 15,7%. Swelling has been investigated for the modified wood in the radial and tangential direction of fibers. The coefficient of linear swelling has been 0.2% at initial humidity of the samples of 35%. Such a difference confirms the expediency of thermal processing for wood to be applied under increased humidity. To improve operational properties of the thermally modified wood, research has been done for a possibility of finishing its surface. On the samples of the thermally modified wood coatings have been done by weatherproof thixotropic water-reducible coating materials, made by Sayerlack: AM0473/85 primer, transparent acrylic varnish AZ2130/00 and white enamel AZ2130/13. Finishing ability has been determined by the size of a superficial tension of finishing materials, depending on the direction of wood fibers. Research for light resistance and adhesive durability has been conducted for coating materials on the surface of the thermally modified wood. It has been found

out that coating materials raises considerably operational characteristics of the thermally modified wood: water absorption decreases by 12.5-15 times; UV-resistance increases under high adhesion.

Key words: thermally modified wood; physical and mechanical properties; swelling; impact strength; water absorption; light resistance; frost resistance.

Введение

Термическое модифицирование является попыткой улучшить свойства натуральной древесины за счет модификации структуры без использования химических добавок. Термообработанная древесина сохраняет экологичность натуральной и приобретает ряд положительных новых свойств, обеспечивающих формостабильность готовых изделий, однородный по всему сечению материала цвет, тон которого, в зависимости от породы и режимов обработки, может варьироваться в широком спектре оттенков от светло-желтого до темно-коричневого. Такая древесина не требует обработки антисептиками, так как в ней отсутствует питательная среда для жизнедеятельности микроорганизмов. Однако термомодифицированная древесина (ТМД) является относительно новым материалом для российского рынка и, как следствие, не вполне изучена.

В нашей стране большой объем исследовательских работ в области технологий и оборудования для термической модификации древесины проведены под руководством Р.Р. Сафина и др. [1–5].

Технология термической обработки древесины должна обеспечивать получение материала с прогнозируемыми потребительскими свойствами. Важнейшие из них — эксплуатационная прочность, возможность механической обработки и отделки лакокрасочными покрытиями, высокая биостойкость и стойкость к воздействию ультрафиолета.

Общим элементом всех технологий термической модификации является нагрев древесины в интервале температур 150–230°C. При этом значительно меняются физико-механические и декоративные свойства материала. Производители термообработанной древесины приводят ее преимущества перед натуральной древесиной, это устойчивость к воздействию дереворазрушающих грибов и личинок насекомых, низкое влагопоглощение, стабильность геометрических размеров и отсутствие коробления, устойчивость к абразивному износу, высокие теплоизоляционные характеристики, эстетичность. После термообработки меняется цвет, более ярко и эффектно выявляется текстура, приобретает внешнее сходство с древесиной ценных пород.

ТМД как конструкционный материал находит все большее применение в производстве изделий, эксплуатируемых в различных условиях. Такую древесину предлагается использовать для изготовления оконных и дверных блоков, мебели, оформления интерьеров, для отделки саун и бань, наружной облицовки домов, изготовления садовой мебели и объектов малых архитектурных форм, эксплуатируемых на открытом воздухе, для производства половой доски, штучного паркета, паркетной доски и т. п.

Следует особо выделить, что производители ТМД рекомендуют создавать только укрупненные покрытия без нанесения прозрачных лакокрасочных материалов (ЛКМ). Однако такие изделия, как мебель, малые ар-

хитектурные формы и т. п. будут выглядеть более художественно и эстетично, если на их поверхностях создать защитное декоративное покрытие из ЛКМ. При этом повысится не только уровень дизайна, но и гигиенические свойства изделий.

В сибирском регионе имеются значительные запасы мало востребованной древесины березы. Термомодификация как особый способ обработки позволит повысить промышленную привлекательность березовой древесины, и, следовательно, возможности ее глубокой переработки.

Целью данной работы является исследование изменения прочностных показателей, сорбционных свойств и воздействия ультрафиолета на термообработанную древесину березы.

Экспериментальная часть. Для выполнения поставленной цели, нами была проведена серия опытов из нескольких этапов:

- 1 – получение термомодифицированных пиломатериалов;
- 2 – изготовление и проведение механических испытаний образцов;
- 3 – нанесение на образцы защитных покрытий ЛКМ;
- 4 – исследование водопоглощения образцов чистой термодревесины и с нанесенным ЛКМ;
- 5 – исследование адгезионной прочности покрытий ЛКМ на образцах ТМД.

На деревообрабатывающем предприятии ООО «ДОЗ-2 и К» было отобрано 14 досок длиной 3 000, толщиной 50 мм. Термомодификацию проводили в лаборатории сушки древесины кафедры теплотехники СибГТУ. Процесс состоял из трех стадий: конвективное нагревание, высокотемпературная сушка, термообработка, охлаждение – кондиционирование. В качестве защитного газа использовался водяной пар. Поддерживались температурные уровни 185, 195, 200 и 225 °C при стадиях термомодификации продолжительностью соответственно 6, 4, 3 и 2 ч. Основная часть ТМД для дальнейших исследований была получена при температурах 185 и 225°C.

В опытах по определению свойств ТМД использовались стандартные методики: определение плотности по ГОСТ 16483.1–84, разбухания (ГОСТ 16483.35), предела прочности при статическом изгибе (ГОСТ 16483.17–73), ударной вязкости (ГОСТ 16483.16–81). Отбор образцов производился в соответствии с требованиями ГОСТ 16483.0–78.

Подготовка под отделку заключалась в формировании поверхности, высота неровностей которой не превышала 16 мкм (ГОСТ 7016–82). Подготовка образцов производилась путем трехразового шлифования с помощью шлифовальных машинок MAKITA-4634626 и STERN-Austria-FS 90×1878, бумажными шлифовальными шкурками зернистостью 80, 120 и 240 (по FERA).

Для определения шероховатости поверхности образцов термодревесины использовался портативный измеритель шероховатости TR-100. Действие прибора основано на принципе ощупывания неровностей исследуемой поверхности алмазной иглой-щупом и преобразовании возникающих при этом механических колебаний щупа в изменения напряжения, пропорциональные этим колебаниям. Результаты измерения параметров шероховатости выводятся на жидкокристаллический дисплей. Преобразователь, которым управляет двигатель, производит линейное равномерное движение по измеряемой поверхности, контактный щуп в перпендикулярном направлении с шагом по поверхности совершает движения вверх и вниз, в соответствие с профилем измеряемой поверхности. Движение преобразуется в электрический сигнал, который усиливается и преобразуется в цифровой. Сигналы обрабатываются центральным процессором в Ra и Rz . Допускаемая основная погрешность прибора составляет $\pm 15\%$.



Рис. 1. Изменение шероховатости поверхности подложки в зависимости от температуры термообработки

При этом величина шероховатости подложки Rz , не подвергавшейся термообработке и модифицированной при температуре 185 °C, составила 20,5 мкм; при температуре воздействия на древесину 225 °C шероховатость увеличилась до 29,7 мкм.

Термообработка березовой древесины при температурах 200 и 225 °C привела к увеличению ее хрупкости и повышенному выкрашиванию при шлифовании. Это позволяет сделать вывод о критическом значении температурных уровней, используемых в методике термообработки.

Перед механическими испытаниями определялась плотность древесины березы, термомодифицированной при температурах 185 и 225 °C. Влажность образцов определялась по ГОСТ 16483.7–71. Для древесины березы, термообработанной при 185 °C, среднее значение плотности составило 557 кг/м³, а для древесины, термообработанной при 220 °C — 548 кг/м³. Отмечается снижение плотности материала по сравнению с плотностью березы атмосферной сушки (650 кг/м³) и с повышением температуры обработки.

Ударная вязкость при статическом изгибе определялась на образцах ТМД березы сечением 20×20 мм, длиной 300 мм. Для испытаний использовался копер маятниковый (по ГОСТ 10708–82) с запасом энергии 100 Дж и погрешностью измерения не более $\pm 1\%$. Расчетное значение ударной вязкости ТМД составило 0,7 Дж/см², что значительно меньше ударной вязкости березы атмосферной сушки (7,8 Дж/см²). Это указывает на высокую хрупкость ТМД березы.

Линейное разбухание определялось на образцах ТМД сечением 20×20 мм, длиной 25 мм. Образцы высушивались до постоянных размеров при температуре (103 ± 2) °C, затем охлаждались, после чего измерялись размеры каждого образца в радиальном и тангенциальном направлениях и в направлении вдоль волокон с погрешностью не более 0,01 мм. Образцы вымачивались в дистиллированной воде при температуре (20 ± 5) °C. Размеры образцов периодически контролировались. Вымачивание продолжалось до прекращения изменения размеров, затем производилось взвешивание и измерение линейных размеров при влажности, равной пределу насыщения клеточных стенок в радиальном и тангенциальном направлениях. Расчетами определен процент разбухания, среднее значение которого по объему составило 0,2 % при влажности образцов 35 %. Такой показатель указывает на возможность использования термообработанной древесины для изделий, используемых в помещениях с высокой влажностью. Так, например, коэффициент разбухания натуральной древесины березы составляет 10 %. Результаты экспериментов по второму этапу представлены в табл. 1.

На третьем этапе исследований для создания покрытий на образцах термообработанной древесины использовались атмосферостойкие водоразбавляемые ЛКМ фирмы Sayerlack: грунт, прозрачный лак и эмаль.

Тиксотропный прозрачный акриловый лак AZ 2130/00 на водной основе предназначен для наружных работ (разработан для промышленного применения). Водоразбавляемая тиксотропная белая эмаль AZ 2130/13 для наружных работ имеет хорошую эластичность, не поднимает ворс, отлично растекается, обладает хорошей устойчивостью к образованию осадка и высокой скоростью сушки. В состав эмали входят пигменты, стойкие к ультрафиолетовому излучению и перепадам температуры, что гарантирует долговечность покрытия. Грунт АМ 0473/85 — тиксотропный водоразбавимый грунт для наружных работ. Он легко шлифуется, характеризуется высоким сухим остатком, хорошей укрывистостью и быстро сохнет.

Покрытия создавались на всей поверхности образцов в лабораторных условиях и отверждались при температуре (20 ± 2) °C. Исследования защитных свойств полученных покрытий выполнялись после их полного отверждения.

При формировании покрытий важное значение имеет способность ЛКМ растекаться по отделяемой поверх-

ности и смачивать ее. Эту способность можно определить по величине краевого угла смачивания [16], который определялся с помощью реконструированного микроскопа МИС-11. Экспериментально установлено, что увеличение температуры воздействия на древесину при ее модификации приводит к увеличению краевого угла смачивания грунта с 59° (при 60°C) до 75° (при 225°C), а следовательно, несколько ухудшается смачиваемость поверхности термомодифицированной древесины.

Перед нанесением лакокрасочных материалов на образцы были определены светлота и блеск самой термомодифицированной древесины с помощью фотоэлектрического блескомера БФ5-45/0/45. Установлено, что увеличение температуры обработки древесины березы с 185 до 195°C приводит к уменьшению светлоты поверхности на 10% , а применение температуры более 200°C — на $31,6$ и $35,8\%$ (рис. 2).

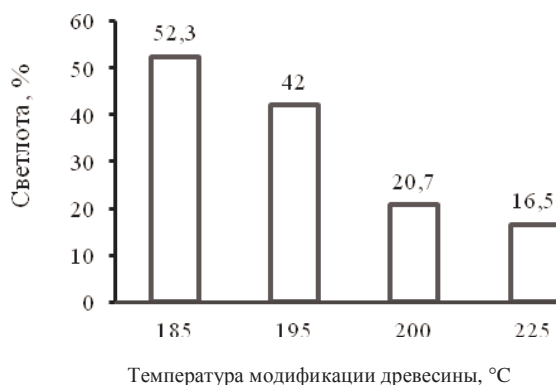


Рис. 2. Изменение светлоты ТМД березы

Исследование водопоглощения термообработанной древесины проводили при выдержке образцов в воде в течение 4-х периодов по $3,5$ ч, с выемкой образцов из воды для определения массы через каждые $0,5$ ч. При этом влага с поверхности образцов удалялась салфетками. Между этапами образцы упаковывали в пленку для исключения испарения влаги. Результаты опытов показали, что с увеличением температуры обработки березы водопоглощение чистой, не покрытой лаком древесины уменьшается с 68% при $t = 185^{\circ}\text{C}$ до 62% при $t = 200^{\circ}\text{C}$. Причем наибольшее количество воды поглощается древесиной в первые $1,5...2$ ч контакта с водой. Нанесение слоя грунта на образцы позволяет значительно снизить их водопоглощение. Покрытие лаком и эмалью позволило снизить водопоглощение образцов, обработанных при $t = 185^{\circ}\text{C}$, в 15 раз, а обработанных при $t = 200^{\circ}\text{C}$ — в $12,5$ раз. Результаты исследований, представленные на рис. 3 и 4, показали, что загрунтованные образцы, прошедшие термообработку при $t = 185^{\circ}\text{C}$, при выдержке в воде в течение 13 ч впитали в 7 раз меньше воды. Лакирование и покрытие эмалью образцов термообработанной древесины позволяют снизить водопоглощение в 11 и $9,5$ раз.

В характеристиках продукции производители указывают, что единственное, чего «боятся» ТМД, как и любая другая древесина, это ультрафиолетовое излучение. В результате продолжительного воздействия прямых солнечных лучей поверхность любого изделия из массива приобретает сероватый оттенок. Но преимущество термообработанной древесины в том, что изменения происходят только в поверхностном слое глубиной $0,1-0,2$ мм. Вглубь материала эти процессы не проникают. Под этим слоем древесина сохраняет свой природный цвет, в чем легко удостовериться, если нанести царапину на поверхность [4].

Проведенные нами исследования светостойкости лакокрасочных покрытий на поверхности ТМД показали, что под воздействием ультрафиолетового излучения в течение 100 ч поверхность не лакированной ТМД стала разрушаться, о чем можно судить по изменению величины блеска более чем в 3 раза. Эксперимент показал, что используемый грунт неустойчив к ультрафиолету, покрытие начало разрушаться уже через 40 ч.

Укрывистая отделка эмалью обеспечивает более стойкое покрытие к УФ-лучам, поскольку за 100 ч экранирования образцов под УФ-лампами ДРТ-4000 изменение блеска покрытия не превысило 1% , при этом уменьшение светлоты покрытий на поверхности чистой древесины и на поверхности эмали составило $0,8$ и 1% . На поверхности образцов с прозрачными покрытиями светлота увеличивается на $1,6$ и $2,0\%$ при температуре термомодификации 185 и 200°C соответственно.

При эксплуатации изделий из термообработанной древесины важнейшим свойством лакокрасочных покрытий является адгезия к отделяемой поверхности. Исследование адгезионной прочности созданных лакокрасочных покрытий производилось методом нормального отрыва (ГОСТ 27890–88) с помощью портативного адгезиметра PosiTest®AT. Установлено, что отрыв штифтов во всех случаях происходил с вырывом частиц древесины из поверхностного слоя. Результаты исследований показали, что адгезионная прочность укрывистых покрытий на образцах, модифицированных при температурах 185 и 195°C , составила более 5 МПа, а прозрачного — около 4 МПа. С увеличением температуры термообработки до 200°C и более наблюдается снижение когезионной прочности самой ТМД, адгезионная прочность у этих образцов составила всего $0,8$ и $1,1$ МПа.

Таким образом, экспериментально установлено, что акриловые лакокрасочные покрытия имеют достаточно высокую адгезию к поверхности термообработанной древесины. Однако повышение температуры обработки более 200°C приводит к увеличению хрупкости и значительному уменьшению когезионной прочности самой древесины.

Результаты обработки экспериментальных данных

Показатели	Температура термообработки, °С	Коэффициент вариации V, %	Среднее значение показателя	
			экспериментальное	по литературным данным для древесины атмосферной сушки [6]
Плотность термообработанной древесины	185	10,05	557 кг/м ³	640 кг/м ³
	220	10,05	548 кг/м ³	
Разбухание в радиальном направлении	225	16,10	1,87 %	5,72 %
Разбухание в тангенциальном направлении		16,20	2,54 %	7,04 %
Ударная вязкость	185	20,00	0,7 Дж/см ²	7,8 Дж/см ²
Статическая твердость в радиальном направлении	185	27,60	21,78 Н/мм ²	35,9 Н/мм ²
Статическая твердость в тангенциальном направлении		21,08	21,27 Н/мм ²	32,1 Н/мм ²

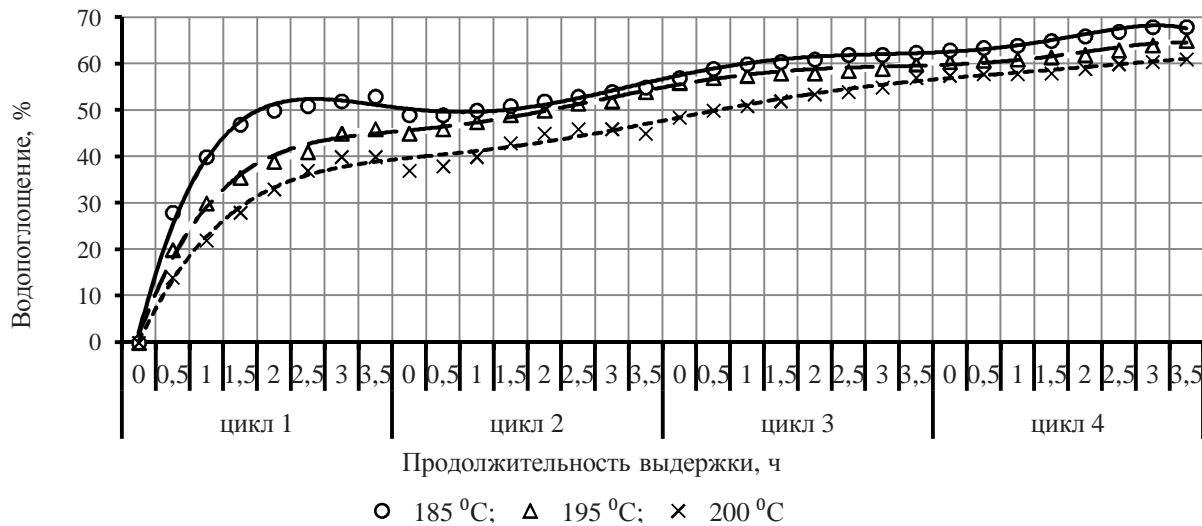
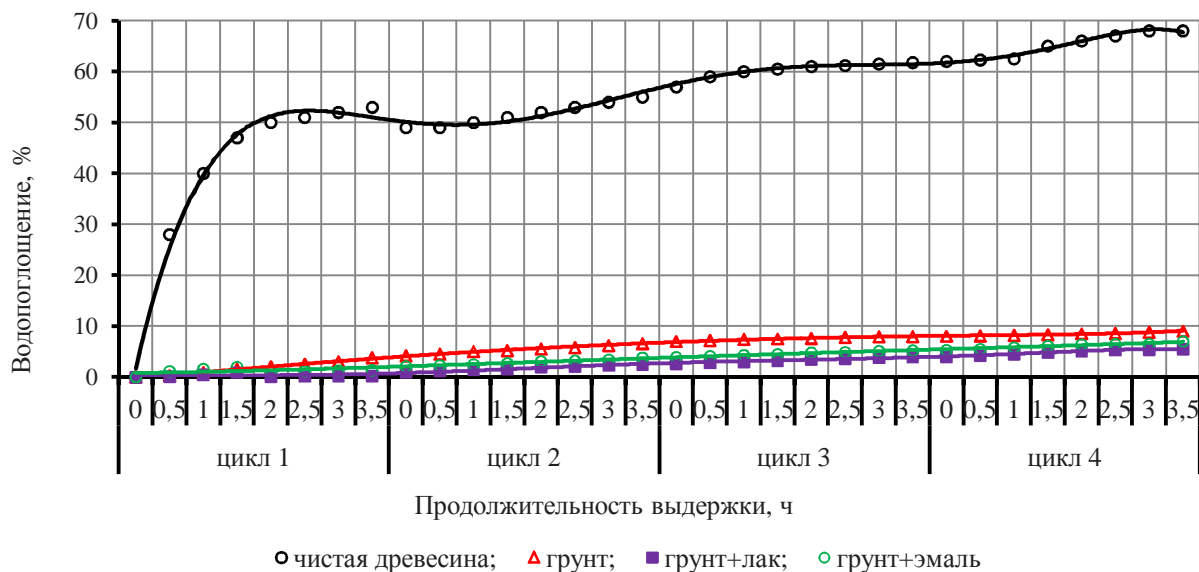


Рис. 3. Кинетика процесса водопоглощения ТМД

Рис. 4. Кинетика процесса водопоглощения древесины, обработанной при $t = 185\text{ }^{\circ}\text{C}$

Исследование атмосферостойкости лакокрасочных покрытий проводилось на двух группах образцов размером $40 \times 40 \times 5$ мм, которые выдерживали в камере при температуре минус $(35 \pm 3)\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 2 ч. Затем об-

разцы вынимали из камеры и выдерживали при нормальных условиях до полного высыхания образующегося конденсата. Изменение состояния лакового

покрытия контролировали по величине блеска с помощью фотоэлектрического блескомера БФ5-45/0/45.

Образцы группы № 1 сначала выдерживали в воде, затем салфеткой удаляли с поверхности воду и помещали в морозильную камеру. Образцы группы № 2 предварительно высушивали в сушильном шкафу до постоянной влажности. Образцы подвергались воздействию переменных температур в течение 16 циклов, при этом целостность созданных лакокрасочных покрытий не нарушилась в обеих группах образцов.

Основные результаты и выводы. Процесс термомодификации березовой древесины повышает ее глубокую переработку. Получаемый при этом новый материал имеет ряд преимуществ по сравнению с древесиной, высушенной при низкотемпературных режимах.

Однако происходящие при термообработке необратимые процессы химической деструкции компонентов клеточной стенки древесины отрицательно сказываются на механических свойствах материала, способности к отделке ЛКМ и стойкости к ультрафиолету.

Проведенные исследования позволили установить следующее:

1. С увеличением температуры нагрева древесины увеличивается шероховатость поверхности материала после шлифования. При использовании шлифовальной шкурки № 240 величина шероховатости подложки (R_z), не подвергавшейся термообработке и модифицированной при температуре 185 °С, составила 20,5 мкм, а при температуре воздействия на древесину 225 °С шероховатость увеличилась до 29,7 мкм. Повышение температуры обработки до 200 и 225 °С привело к увеличению хрупкости березовой древесины — она легко выкрашивается при шлифовании и фрезеровании.

2. Отмечается снижение плотности материала с повышением температуры термообработки по сравнению с плотностью березы атмосферной сушки (650 кг/м³). Для древесины березы, обработанной при 185 °С, среднее значение плотности составило 557 кг/м³, а для древесины, обработанной при 220 °С, соответственно 548 кг/м³.

3. Среднее значение ударной вязкости ТМД березы составило 0,7 Дж/см², при величине ударной вязкости березы атмосферной сушки — 7,8 Дж/см². Это указывает на высокую хрупкость ТМД.

4. Полученный показатель линейного разбухания указывает на возможность использования ТМД для изделий, предназначенных для помещений с высокой влажностью. Среднее значение величины разбухания по объему составило всего 0,2 % при влажности образцов 35 %. Так, например, коэффициент разбухания натуральной древесины березы составляет 10 %.

5. С увеличением температуры обработки березы водопоглощение не лакированной древесины уменьшается с 68 % при $t = 185$ °С до 62 % при $t = 200$ °С. Причем, наибольшее количество воды (80 и 67 % соответственно) поглощается ТМД в первые 3,5 ч контакта с водой. Нанесение слоя грунта на образцы позволяет значительно снизить их водопоглощение. Так, образцы, прошедшие термообработку при 185 °С, при выдержке в воде в течение 13 ч впитали в 7 раз меньше воды. Покрытие лаком и эмалью позволило снизить водопо-

глощение образцов, обработанных при 185 и 200 °С, в 15 и 12,5 раз соответственно.

6. Исследования светостойкости лакокрасочных покрытий на поверхности ТМД показали, что под воздействием ультрафиолетового излучения в течение 100 ч поверхность не лакированной ТМД стала разрушаться, о чем можно судить по изменению величины блеска более чем в 3 раза. Используемый в опытах грунт неустойчив к ультрафиолету — покрытие начало разрушаться уже через 40 ч. Укрывистая отделка эмалью обеспечивает более стойкое к УФ-лучам покрытие, поскольку за 100 ч экранирования изменение блеска покрытия не превысило 1 %. При этом уменьшение светлоты покрытий на поверхности чистой древесины и поверхности эмали составило 0,8 и 1 %. На прозрачных покрытиях образцов с температурой термообработки 185 и 200 °С светлота увеличивается на 1,6 и 2,0 % соответственно.

7. Исследование адгезионной прочности созданных лакокрасочных покрытий методом нормального отрыва показало, что разрушение произошло с вырывом древесины. Следовательно, повышение температуры обработки древесины приводит к увеличению ее хрупкости и значительному уменьшению когезионной прочности.

Таким образом, проведенные исследования показали, что технология термомодификации древесины березы, разрабатываемая на кафедре теплотехники СибГТУ, может применяться для материала, который будет использоваться в изделиях и конструкциях, не подвергающихся ударным нагрузкам. Показатель линейного разбухания указывает на возможность использования такой ТМД в помещениях с высокой влажностью. Создание защитных покрытий акриловыми лакокрасочными материалами, стойкими к УФ-воздействию, значительно повысит эксплуатационные характеристики ТМД березы.

Литература

1. Сафин Р.Р., Разумов Е.Ю. Разработка технологий и оборудования термомодифицирования пиломатериалов: моногр. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. 380 с.
2. Ахметова Д.А. Разработка энергосберегающей технологии термомодифицирования древесины: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2009. 16 с.
3. Владимирова Е. Г. Технология производства заготовок из термически модифицированной древесины: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2012. 22 с.
4. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Шайхутдинова А. Р., Сафина А.В. Исследование скорости нагрева при термомодифицировании древесины // World Applied Sciences Journal. 2014. V. 30. P. 1618-1621.
5. Швамм Е. Е., Швамм Л.Г. Изучение отдельных физико-механических свойств древесины березы, термомодифицированной по технологии «Бикос» // Лесная и деревообрабатывающая промышленность: тр. БГТУ. 2014. Т. 2. С. 214-217.
6. Боровиков А.М. Справочник по древесине. М.: Изд-во Лесная промышленность, 1989. 293 с.
7. Журавлев Г.К., Кудинов И.М., Орлов А.А. Исследование влияния термообработки на статическую и динамическую твердость древесины березы // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: сб. науч. ст. Красноярск: СибГТУ, 2010. Т. 1. С. 191-194.

8. Термодревесина, процесс получения, свойства [Электронный ресурс]. URL. www.spadealers.info (дата обращения: 14.10.2015).

9. Кузьмин А. Российский рынок термо-древесины пока не оформился // ЛесПром-Информ. 2014. № 3 (101). С. 92-98.

10. Термодревесина фирма «Вакуум плюс». Физико - механические свойства ели и березы [Электронный ресурс]. URL <http://www.vacuums.ru/press-about/detail.php?ID=187> (дата обращения: 14.10.2015).

11. Физические свойства древесины [Электронный ресурс]. URL <http://www.stanokwood.ru/articles/8> (дата обращения: 14.10.2015).

12. Особенности и свойства древесины березы [Электронный ресурс]. URL. <http://stroyres.net/lesnye-materialy/drevesina/porodi/osobennosti-i-svoystva-berezyi.html> (дата обращения: 04.01.2016).

13. Виды защитно-декоративных покрытий древесины [Электронный ресурс]. URL <http://hobbyhandmade.com/material-lyi/drevesina/coating-wood.html> (дата обращения: 12.11.2015).

14. Отделка древесины и древесных материалов. Лаки для мебельного производства // ЛесПром-Информ. 2012. № 2 (84). С. 136-139.

15. Акриловые материалы Sayerlack [Электронный ресурс]. URL <http://www.lack.ru/sayerlack/materialy-dlyarabot/akrilovye> (дата обращения: 11.05.2015).

References

1. Safin R.R., Razumov E.Yu. Development of technologies and equipment thermally modified lumber: monogr. Ioshkar-Ola: PGTU, 2015. 380 p.

2. Akhmetova D.A. The development of energy-saving technologies thermally modified wood: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Kazan', 2009. 16 p.

3. Vladimirova E. G. Production Technology blanks of thermally modified wood: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 2012. 22 p.

4. Safin R.R., Khasanshin R.R., Shaikhutdinova A. R., Safina A.V. Study at a heating rate of thermally modified wood // World Applied Sciences Journal. 2014. V.30. P. 1618-1621.

5. Shvamm E. E., Shvamm L.G. Studying the individual physical and mechanical properties of birch wood, thermomodified for "BIKOS" // Lesnaya i derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost': tr. BGTU. 2014. T. 2. P. 214-217.

6. Borovikov A.M. Handbook of wood. M.: Izd-vo Lesnaya promyshlennost', 1989. 293 p.

7. Zhuravlev G.K., Kudinov I.M., Orlov A.A. Exadherence effect of heat treatment on a hundred-static and dynamic hardness of birch // Molodye uchenye v reshenii aktual'nykh problem nauki: sb. nauch. st. Krasnoyarsk: SibGTU, 2010. T. 1. P. 191-194.

8. Thermowood, the process of getting the properties [Elektronnyi resurs]. URL. www.spadealers.info (дата обращения: 14.10.2015).

9. Kuz'min A. Russian market of thermo-wood is not yet taken shape // LesProm-Inform. 2014. № 3 (101). P. 92-98.

10. Thermowood company «Vacuum Plus». Physical - mechanical properties of spruce and birch [Elektronnyi resurs]. URL <http://www.vacuums.ru/press-about/detail.php?ID=187> (дата обращения: 14.10.2015).

11. The physical properties of wood [Elektronnyi resurs]. URL <http://www.stanokwood.ru/articles/8> (дата обращения: 14.10.2015).

12. Features and properties of birch wood [Elektronnyi resurs]. URL. <http://stroyres.net/lesnye-materialy/drevesina/porodi/osobennosti-i-svoystva-berezyi.html> (дата обращения: 04.01.2016).

13. The types of protective and decorative coatings nucleus-Vecino [Elektronnyi resurs]. URL <http://hobbyhandmade.com/material-lyi/drevesina/coating-wood.html> (дата обращения: 12.11.2015).

14. Finishing of wood and wood materials. Lucky for furniture production // LesProm-Inform. 2012. № 2 (84). P. 136-139.

15. Acrylic materials Sayerlack [Elektronnyi resurs]. URL <http://www.lack.ru/sayerlack/materialy-dlyarabot/akrilovye> (дата обращения: 11.05.2015).