

УДК 674.4

UDC 674.4

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ К РАЗРАБОТКЕ РЕЖИМОВ ОБЛИЦОВЫВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ШПОНОМ ЦЕННЫХ ПОРОД

THEORETICAL BASES TO DEVELOPMENT OF THE REGIMES OF THE VENEERING OF WOOD BASED MATERIALS WITH VALUABLE WOOD VENEER

Ефимова Татьяна Владимировна
к.т.н.

Efimova Tatiana Vladimirovna
Cand. Tech. Sci.

Ищенко Татьяна Леонидовна
к.т.н.

Ishchenko Tatiana Leonidovna
Cand. Tech. Sci.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia

Чеботарева Ирина Михайловна
к.т.н.

Chebotareva Irina Mihailovna
Cand. Tech. Sci.

Общество с ограниченной ответственностью Холдинговая Компания «Мебель Черноземья», Воронеж, Россия

Limited liability company Holding company "Furniture of the Chernozem region", Voronezh, Russia

В статье рассматриваются результаты теоретических исследований по разработке режимов облицовывания древесных плитных материалов шпоном ценных пород. В условиях растущего спроса на мебель, облицованную натуральным шпоном, встает проблема использования тонкого шпона и разработка режимов облицовывания. В работе перечислены основные факторы, оказывающие влияние на просачивание клея при облицовывании. Рассмотрены два фактора: толщина шпона и количество наносимого клея как основные и определяющие величину клеепросачивания и прочность получаемого клеевого соединения. По результатам исследований даны выводы: толщина применяемого шпона тесно связана с режимом облицовывания, изменяя параметры которого можно уменьшить толщину шпона без ухудшения качества поверхности до минимальных значений в зависимости от породы древесины; предложенная формула для определения расхода клея при облицовывании позволяет теоретически определить условия получения прочного склеивания и исключаящего клеепросачивание

This article discusses the results of theoretical researches of development of the regimes of a veneering of wood based materials with valuable wood veneer. In the conditions of a growing demand for the furniture veneered with a natural wood veneer there is a problem with using thin wood veneer and development regimes of a veneering. In work are listed the main factors which exert impact on glue seepage during veneering. Two factors are considered: thickness of a wood veneer and amount of the applied glue as the main and defining seepage of glue and durability of the received glue connection. By results of researches conclusions are given: thickness of the applied wood veneer closely connected with the veneering regime, changing parameters of which it is possible to reduce wood veneer thickness without deterioration of a surface to the minimum values depending on breed of wood; the offered formula for definition of a consumption of glue at a veneering allows to define theoretically conditions of receiving strong pasting and excluding seepage of glue

Ключевые слова: ШПОН, ДРЕВЕСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОБЛИЦОВЫВАНИЕ, СТЕПЕНЬ ПРОСАЧИВАНИЯ КЛЕЯ, РАСХОД КЛЕЯ

Keywords: WOOD VENEER, WOOD MATERIALS, VENEERING, EXTENT OF SEEPAGE OF GLUE, CONSUMPTION OF GLUE

Дизайнеры и производители мебели, несмотря на сильную конкуренцию со стороны текстурных пропитанных бумаг (полимерные пленки,

декоративные бумажно-слоистые пластики и др.), отдают предпочтение натуральному шпону из древесины (строганому, лущеному, файн-лайн).

Растущий спрос на мебель, облицованную натуральным шпоном, вызывает необходимость увеличения заготовок древесины ценных и твердых листовых пород, запасы которых в значительной степени истощены, поэтому рациональное использование древесины этих пород становится одной из основных проблем деревоперерабатывающей отрасли.

Одним из путей решения данной проблемы является уменьшение толщины шпона. В настоящее время для облицовывания деталей мебели используется строганый шпон толщиной 0,6 мм и более. Попытки использовать шпон пониженной толщины обычно наталкиваются на опасения производителей мебели, связывающих применение тонкого шпона с увеличением количества брака по причине просачивания клея на лицевую поверхность в процессе облицовывания. Существующее в настоящее время оборудование для строгания шпона позволяет получать высококачественный шпон толщиной от 0,1 мм, а что касается режимов облицовывания, то их необходимо скорректировать для каждой породы древесины.

Факторы, оказывающие влияние на просачивание клея при облицовывании

На степень просачивания клея оказывают влияние следующие факторы: влажность основы и шпона; порода древесины; вязкость клея; продолжительность отверждения клея; количество наносимого клея; температура плит пресса; давление прессования; толщина шпона.

В работе предлагается рассмотреть два фактора: толщину шпона и количество наносимого клея как основные и определяющие величину клеепросачивания и прочность получаемого клеевого соединения.

Механизм проникновения клея в древесину шпона

При облицовывании имеют место такие явления как смачивание поверхности древесины, проникновение раствора клея в древесину, переме-

щение молекул клея по полостям клеток и межфибриллярным пространствам, адгезионное взаимодействие молекул клея с поверхностью древесины, поликонденсация клея, сопровождающаяся усадкой и возникновением внутренних напряжений. Эти явления к тому же происходят при одновременном повышении температуры и давления.

С момента нанесения клея на поверхность древесностружечной плиты начинается впитывание в основу. Этот процесс можно рассматривать как совокупность двух физических явлений: движение жидкости в древесине под действием капиллярного давления и диффузионного перемещения молекул по полостям клеток и межфибриллярным пространствам. Последнее наблюдается лишь в том случае, если полости клеток и межфибриллярные пространства заполнены водой. Поскольку древесностружечные плиты и строганый шпон при облицовывании имеют влажность порядка 6...8 %, влага в них находится в связанном состоянии, поэтому перемещение влаги происходит в основном за счет капиллярного давления.

Интенсивность капиллярного движения жидкости определяется известным уравнением Пуазейля [1]:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{\pi r^4}{8\mu\ell} \Delta P, \quad (1)$$

где $\frac{dV}{d\tau}$ – объемная скорость впитывания;

r – радиус капилляра;

ℓ – длина капилляра;

μ – вязкость пропитывающего раствора;

ΔP – перепад давления, вызывающий движение жидкости:

$$\Delta P = P_k - P_\partial - P_\epsilon, \quad (2)$$

где P_∂ – давление силы тяжести;

P_ϵ – давление, вызываемое сопротивлением вытесняемого воздуха;

P_k – капиллярное давление:

$$P_k = 2\sigma_n \cos\theta / r, \quad (3)$$

где σ_n – коэффициент поверхностного натяжения;

θ – угол смачивания.

При укладке листа шпона на поверхность древесностружечной плиты начинается процесс впитывания клея с поверхности плиты в шпон. С момента контакта лицевой поверхности шпона с горячей плитой пресса перемещение жидкости в шпоне согласно современной теории тепломассообмена происходит уже под действием трех побудительных факторов: градиента влажности, градиента температуры и избыточного давления.

Движение влаги под действием градиента влажности, получившее название влагопроводности, описывается уравнением [3]:

$$i = a' \rho_0 \frac{du}{dx}, \quad (4)$$

где i – плотность потока влаги;

a' – коэффициент влагопроводности;

ρ_0 – плотность абсолютно сухой древесины;

$\frac{du}{dx}$ – градиент влажности.

Движение влаги под действием градиента температур, называемое термовлагопроводностью, описывается уравнением:

$$i = -a' \rho_0 \delta \frac{dt}{dx}, \quad (5)$$

где $\delta = \frac{du}{dt}$ – термоградиентный коэффициент;

$\frac{dt}{dx}$ – температурный градиент.

Интенсивность движения влаги под действием градиента избыточного давления выражается уравнением:

$$i = B \frac{dp}{dx}, \quad (6)$$

где B – коэффициент молярного переноса;

$\frac{dp}{dx}$ – градиент давления.

При одновременном воздействии перечисленных побудительных факторов плотность потока определится из выражения:

$$i = a' \rho_0 \frac{du}{dx} - a' \rho_0 \delta \frac{dt}{dx} + B \frac{dp}{dx}, \quad (7)$$

Как следует из приведенного выражения, направление действия градиента влажности и градиента температур противоположны друг другу. Градиенты влажности и избыточного давления способствуют просачиванию клея налицевую поверхность шпона. При этом перепад давления, вызывающий движение жидкости, увеличивается на величину давления пресования P_{np} и формула (2) приобретает вид:

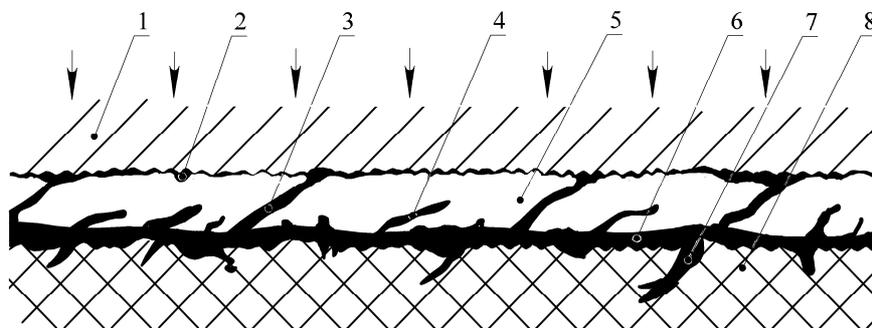
$$\Delta P = P_k - P_o - P_e + P_{np}, \quad (8)$$

Градиент температур, напротив, препятствует выходу клея налицевую поверхность.

Как следует из приведенных выше уравнений, важнейшим показателем физических свойств древесины, определяющим интенсивность тепло-массопереноса является коэффициент влагопроводности, величина которого зависит от температуры, породы древесины, направления потока влаги относительно волокон.

Сосуды редко проходят в стволе дерева строго вертикально, поэтому при строгании шпона стенки сосудов, как правило, перерезаются. Диаметр крупных сосудов находится в пределах 0,2...0,4 мм [4], что вполне сопоставимо с толщиной шпона (0,4...0,6 мм), поэтому по толщине шпона неизбежно будут появляться сквозные проходы, через которые при определенных условиях жидкий клей будет выдавливаться налицевую поверх-

ность (рисунок 1). С уменьшением толщины шпона вероятность просачивания клея возрастает.



1 – плита пресса; 2 – клей, выдавливаемый на лицевую поверхность; 3 – сквозные сосуды; 4 – несквозные сосуды; 5 – шпон; 6 – клеевая прослойка; 7 – клей, впитавшийся в основу; 8 – древесностружечная плита

Рисунок 1 – Модель поверхности древесностружечной плиты, облицованной шпоном в момент прессования

Процесс облицовывания происходит при высоких температурах, в результате чего консистенция клея изменяется. При нанесении клея на основу он находится в жидком состоянии, а затем в результате реакции поликонденсации, вызванной воздействием отвердителя и высокой температуры, постепенно переходит в твердое состояние. Естественно предположить, что чем дольше клей находится в жидком состоянии, тем больше вероятность просачивания его на лицевую поверхность.

Таким образом, следует вывод, что интенсивность капиллярного движения и скорость отверждения клея должны находиться в определенном соотношении. Если исходить из предположения, что в экстремальном случае наименьшая длина капилляра будет равна толщине шпона, то условие, обеспечивающее исключение выхода клея на лицевую поверхность, будет выглядеть следующим образом:

$$\tau_{отв} \leq \frac{h}{u}, \quad (9)$$

где $\tau_{омс}$ – продолжительность отверждения клея;

h – толщина шпона;

u – скорость движения жидкости по капиллярам.

Из приведенного условия следует, что минимальная толщина шпона, предназначенного для облицовывания должна составлять:

$$h_{\min} \geq \tau_{омс} u. \quad (10)$$

Продолжительность отверждения клея зависит от марки смолы, количества вводимого отвердителя и температуры плит пресса.

Таким образом, можно прийти к выводу, что минимальная толщина шпона при облицовывании теснейшим образом связана с режимом облицовывания, изменяя параметры которого можно уменьшить толщину шпона, и, следовательно, сократить расход сырья при его изготовлении.

Расчет теоретического расхода клея

На степень просачивания клея на лицевую поверхность облицовочного слоя, безусловно, должно оказывать влияние количество наносимого клея, а также равномерность нанесения. Увеличение удельного расхода клея приводит к образованию избытка клея на поверхности основы, увеличение степени просачивания. Образуется утолщенный и неравномерный клеевой слой, в котором могут возникать значительные внутренние напряжения и, как следствие, микротрещины, ослабляющие клеевой шов. Известно, что более тонкий клеевой слой обеспечивает и более высокую прочность склеивания при условии его равномерного нанесения. Однако при малом расходе перенос клея на поверхность шпона при облицовывании может быть не полным, что снижает прочность склеивания.

При использовании шпона толщиной 0,4 мм рекомендуемый различными исследователями расход клея составляет от 90 до 190 г/м², для шпона 0,6...0,8 мм по типовому режиму–130...140 г/м² [1].

Расход клея, как известно, зависит в основном от качества поверхности плиты, плотности и размеров стружки наружных слоев. Поэтому

важно, чтобы шероховатость поверхности ДСтП при облицовывании тонкими облицовочными материалами не превышала допустимых значений $R_{m\max}=32$ мкм.

Определим расчетным путем удельный расход клея, позволяющий избежать просачивание клея налицевую поверхность и обеспечивающий требуемую прочность клеевого соединения.

Количество клея, выдавливаемого налицевую поверхность, определится из соотношения:

$$Q_{np} = Q - Q_{en} - Q_{kn} - Q_n, \quad (11)$$

где Q – количество наносимого клея;

Q_{en} – количество клея, впитываемого в основу за время от момента нанесения клея до его отверждения;

Q_{kn} – количество клея, заключенного в клеевой прослойке между основой и шпоном;

Q_n – количество клея, заполнившего поры облицовочного шпона.

Для исключения просачивания клея налицевую поверхность шпона должно выполняться условие

$$Q \leq Q_{en} + Q_{kn} + Q_n, \quad (12)$$

Количество клея, впитываемого в основу, составит:

$$Q_{en} = V\rho_k, \quad (13)$$

где V – объем клея, впитавшегося в основу;

ρ_k – плотность клея в жидком состоянии.

Объем клея, впитываемого в основу, может быть определен из уравнения Пуазейля:

$$V = \frac{\pi r^4}{8\mu\ell} [\Delta P(\tau_1 + \tau_2) + \Delta P \tau_3] F_K n_K, \quad (14)$$

где τ_1 – продолжительность открытой выдержки;

τ_2 – продолжительность закрытой выдержки;

τ_3 – продолжительность отверждения клея;

ΔP – перепад давления, вызывающий движение жидкости по капиллярам с учетом давления прессования;

F_K – контурная площадь образца;

n_K – количество капилляров, приходящихся на единицу площади образца.

Количество клея, заключенного в клеевой прослойке между основой и шпоном зависит от шероховатости поверхности основы и облицовочного шпона, а также от степени деформирования выступов неровностей поверхности при воздействии давления прессования.

Объем клеевой прослойки может быть определен из выражения [2, 5]:

$$V_{кл} = F_K \kappa_D \left(\frac{R_{m\max} V}{V + 2} + \frac{R_{m\max o} V_o}{V_o + 2} \right), \quad (15)$$

где κ_D – коэффициент, учитывающий деформацию выступов поверхностей основы и облицовочного шпона, и зависящий от давления прессования и модулей упругости основы и шпона;

$R_{m\max}$ и $R_{m\max o}$ – параметры шероховатости поверхности шпона и основы соответственно;

V и V_o – параметры кривых опорных поверхностей шпона и основы соответственно.

Количество клея, заключенного в клеевой прослойке определится из формулы:

$$Q_{кл} = V_{кл} \rho_K, \quad (16)$$

Количество клея, заполнившего поры облицовочного шпона зависит от воздухоемкости древесины, из которой изготовлен шпон, которая, в свою очередь, зависит от пористости и влажности древесины.

Воздухоемкость древесины характеризуется отношением объема воздуха, заполняющего полости и межклеточные пространства, к объему древесины при данной влажности [2]:

$$B_w = [1 - \rho'_w (\frac{1}{\rho_{\text{дв}}} + \frac{W}{100\rho_g})]100, \quad (17)$$

где ρ'_w – парциальная плотность древесины;

$\rho_{\text{дв}}$ – плотность древесинного вещества;

ρ_g – плотность воды;

W – влажность древесины.

Объем полостей в шпоне, заполняемых клеем определится из выражения:

$$V_{\Pi} = \frac{F_K h B_w}{100} = F_K h [1 - \rho'_w (\frac{1}{\rho_{\text{дв}}} + \frac{W}{100\rho_g})], \quad (18)$$

где h – толщина шпона.

Количество клея, заполнившего поры облицовочного шпона составит:

$$Q_n = V_{\Pi} \rho_K, \quad (19)$$

Оптимальный удельный расход клея, обеспечивающий требуемую прочность приклеивания и исключая просачивание клея, может быть представлен уравнением:

$$Q = \rho_k \left\{ \frac{\pi r^4}{8\mu l} [\Delta P (\tau_1 + \tau_2) + \Delta P \tau_3] n_k + \kappa_{\text{д}} \left(\frac{R_{\text{мmax}} \nu}{\nu + 2} + \frac{R_{\text{мmax}o} \nu_o}{\nu_o + 2} + h [1 - \rho'_w (\frac{1}{\rho_{\text{дв}}} + \frac{W}{100\rho_g})] \right) \right\}. \quad (20)$$

Из уравнения следует, что удельный расход клея при облицовывании древесностружечных плит строганым шпоном находится в сложной зависимости от: структуры и шероховатости поверхности плиты, породы и влажности древесины шпона, характера деформирования выступов микро-

неровностей при контактировании поверхностей плиты и шпона, режима облицовывания и других факторов.

Приведенное уравнение носит теоретический характер и пока не может быть использовано для расчета норм расхода клея, так как отдельные параметры, входящие в уравнение еще не достаточно изучены.

Выводы

1. Толщина применяемого шпона тесно связана с режимом облицовывания, изменяя параметры которого можно уменьшить толщину шпона без ухудшения качества поверхности до минимальных значений в зависимости от породы древесины.

2. Предложенная формула для определения расхода клея при облицовывании позволяет теоретически определить условия получения прочного склеивания и исключаящего клеепросачивание.

Литература

1. Гальцева И. М. Разработка режимов облицовывания древесностружечных плит тонким шпоном: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05. - Воронеж, 2005. - 136 с.
2. Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине. – М. : Лесн. пром-сть. М., 1989. – 296 с.
3. Серговский П.С., Расев А.И. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. - М. : Лесн. пром-сть, 1987. – 360 с.
4. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. – М. : МГУЛ, 2001. – 340 с.
5. Филонов, А.А. Использование маломерной древесины в производстве паркетных щитов и точеных изделий: дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.05. – Воронеж, 1998. – 333 с.

References

1. Gal'ceva I. M. Razrabotka rezhimov oblicovyvanija drevesnostruzhechnyh plit tonkim shponom: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.21.05. - Voronezh, 2005. - 136 s.
2. Borovikov A.M., Ugolev B.N. Spravochnik po drevesine. – M. : Lesn. prom-st'. M., 1989. – 296 s.
3. Sergovskij P.S., Rasev A.I. Hidrotermicheseskaja obrabotka i konservirovanie drevesiny. - M. : Lesn. prom-st', 1987. – 360 s.
4. Ugolev B.N. Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedenija. – M. : MGUL, 2001. – 340 s.
5. Filonov, A.A. Ispol'zovanie malomernoj drevesiny v proizvodstve parket-nyh shhitov i tochenyh izdelij: dis. ... d-ra tehn. nauk: 05.21.05. – Voronezh, 1998. – 333 s.