

ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

УДК 674.11

А. А. Баргашевич, кандидат технических наук, профессор (БГТУ); **В. А. Лопачук**, магистрант (БГТУ);
А. А. Маханек, старший научный сотрудник (ИТМО им. А. В. Лыкова НАН Беларуси);
В. В. Пендо, инженер (СООО «Фабрика дверей «Лоза»)

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ШПОНА

Рассмотрено принципиальное устройство для уплотнения строганого шпона с помощью двух приводных валцов, каждый диаметром 150 мм. Определено необходимое усилие сжатия шпона и усилие подачи шпона при его уплотнении. Предложена упрощенная схема нагрева листа шпона во время его уплотнения двумя парами валцов. Выполнены численные оценки, показавшие возможность достижения температуры пластической деформации шпона примерно на 57% его толщины с внешних сторон листа.

Considered the principal device for sealing veneer with two drive rollers, each with a diameter of 150 mm. Defined the required compression force and feed force veneer veneer with his seal. The simplified scheme of heating of sheet of an interline interval is offered during its consolidation by two steams of rollers. The numerical estimations which have shown possibility of achievement of temperature of plastic deformation of an interline interval approximately on 57 % of its thickness from outer sides of sheet are executed.

Введение. В БГТУ проведены исследования по применению уплотненного строганого шпона для облицовывания деталей коробок межкомнатных дверей. Шпон из древесины дуба толщиной 0,6 мм и влажностью 8% уплотняли в прессу методом плоского прессования. При степени уплотнения 25% достигается поверхность шпона, не требующая шлифования, а расход лака уменьшается в два раза.

Основная часть. Уплотнение шпона будет осуществляться двумя парами приводных валцов, каждый диаметром 150 мм. Усилие, создаваемое каждой парой валцов, должно обеспечить удельное давление на шпон, величиной несколько превышающее предел прочности древесины дуба при смятии поперек волокон. Каждая пара валцов должна обеспечить усилие сжатия шпона величиной 7400 Н. Мощность подачи шпона N , кВт, равна

$$N = \frac{F_n \cdot U \cdot K_3}{60 \cdot 1000}, \quad (1)$$

где F_n – усилие подачи, Н; U – скорость подачи, м/мин; K_3 – коэффициент запаса, принято, $K_3 = 1,3$.

Для проведения расчетов скорость подачи принята равной 12 м/мин. Усилие подачи определяем по формуле

$$F_n = 2F_b \cdot \mu_{\text{сц}} \quad (2)$$

где F_b – сила трения качения верхнего вальца (то же – нижнего); $\mu_{\text{сц}}$ – коэффициент сцепления вальца с древесиной, для дуба $\mu_{\text{сц}} = 0,345$.

Подставив (2) в (1), получим:

$$N = \frac{2F_b \cdot \mu_{\text{сц}} \cdot K_3 \cdot U}{60 \cdot 1000} = 1,33.$$

При $U = 20$ м/мин, $N = 2,2$ кВт.

Прессование необходимо вести при температуре шпона в пределах примерно 80–100°C.

При нагреве шпона горячими вальцами время нахождения шпона между ними при скорости 12 м/мин составит всего 0,03 с. Примем температуру валцов 200°C. В условиях контактного нагрева продолжительность нагрева шпона в середине толщины до температуры 100°C определим по формуле

$$\tau = \frac{FoR^2}{a}, \quad (3)$$

где Fo – критерий Фурье; R – половина толщины шпона, $R = 0,3$ мм; a – коэффициент температуропроводности, м²/с.

Коэффициент

$$a = \frac{\lambda}{\rho C}, \quad (4)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м·град; ρ – плотность дуба, $\rho = 700$ кг/м³; C – удельная теплоемкость древесины, кДж/кг·град. При температуре древесины 100°C и влажности 8% удельная теплоемкость $C = 0,327$ ккал/кг·град, а коэффициент теплопроводности дуба $\lambda = 0,25$ Вт/м·град. Тогда

$$a = \frac{0,25}{0,327 \cdot 700 \cdot 1000} = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Критерий Фурье находим по номограмме [1] исходя из значений Θ и безразмерной координаты X/R , где X – расстояние от поверхности до рассматриваемой точки нагрева. Безразмерная температура равна

$$\Theta = \frac{t_b - t_{\text{шпн}}}{t_b - t_0} = \frac{200 - 100}{200 - 20} = 0,56,$$

где t_b , $t_{\text{шпн}}$, t_0 – соответственно температура вальцов, шпона и окружающей среды.

При $\Theta = 0,56$ и $X/R = 1$ из графика находим $Fo = 0,2$. По формуле (3) рассчитываем $\tau = 0,018$ с.

При принятой $t_b = 200^\circ\text{C}$ шпон толщиной 0,6 мм успеет прогреться в середине до температуры, несколько большей 100°C . Средняя температура шпона по сечению будет около 150°C . Более чем достаточно, чтобы на поверхности температура была 100°C или немного больше, а в середине $60\text{--}80^\circ\text{C}$. При этом условии температуру вальцов достаточно принять равной 140°C . На выходе из них температура на поверхности шпона будет равна 140°C , в середине 60°C и средняя по сечению температура 80°C . При скорости 20 м/мин температура шпона будет соответственно равна 140, 50 и 73°C . С учетом движения листа шпона его температура несколько отличается от сделанных выше оценок. На рисунке показано распределение температуры по толщине шпона под вальцами (1) и (2), полученное из решения стационарного уравнения конвективного теплопереноса при граничных условиях первого рода в зонах контакта вальцов со шпоном и третьего рода вне этих зон. Расчет коэффициента теплоотдачи осуществлялся по справочным данным [2], согласно которым локальное значение числа Нуссельта

$$Nu = 0,332 Re^{0,5} Pr^{0,33} \left(\frac{Pr}{Pr_{\text{шпн}}} \right)^{0,25}, \quad (5)$$

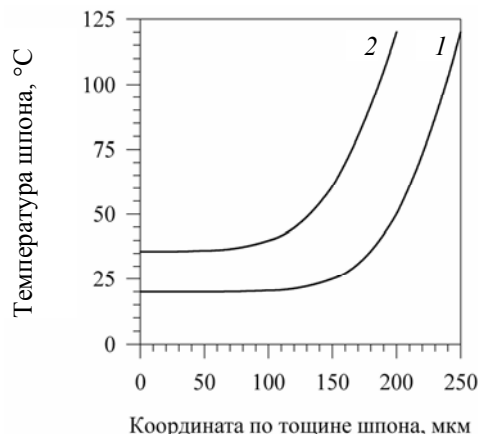
где числа Прандтля при локальной температуре поверхности шпона и температуре окружающего шпон воздуха принимались равными 0,71. Локальные значения чисел Нуссельта и Рейнольдса вычисляются с учетом расстояния x от края того участка шпона, на поверхности которого задан теплообмен по Ньютону, т. е.

$$Re = \frac{Ux}{\nu}; \quad (6)$$

$$Nu = \frac{\alpha x}{\lambda}. \quad (7)$$

Воздух внутри специального устройства для уплотнения шпона будет разогрет до некоторой температуры. При моделировании прогрева шпона мы задавали температуру воздуха в этом устройстве –

100°C , вальцов – 120°C , шпона на входе в данное устройство – 20°C . Длина участка шпона до соприкосновения с первой парой вальцов составляла 200 мм, расстояние между центрами вальцов с одной стороны шпона – 242,74 мм. Полагали, что после прохождения каждой пары вальцов глубина необратимой деформации шпона составляет 100 мкм. Учитывая симметрию задачи относительно срединной плоскости листа шпона, рассматривали теплообмен с одной стороны пары вальцов. На оси симметрии задавалось условие нулевого теплового потока.



Распределение температуры по толщине шпона на выходе после первого (1) и второго (2) вальцов при скорости движения шпона 20 см/с

Как видно из рисунка, после прохождения первой пары вальцов температура на оси симметрии увеличилась всего на 4°C и наблюдается сильная неизотермичность по толщине шпона. Температура 80°C достигалась на расстоянии примерно 225 мкм от середины листа шпона по толщине. Температурная неоднородность уменьшается на 15°C после прохождения второй пары вальцов. Теперь температура 80°C достигается на глубине 170 мкм относительно плоскости симметрии. На расстоянии от 150 до 200 мкм средняя температура составляет около 90°C , что позволяет рассчитывать на отсутствие восстановления деформации шпона после уплотнения.

Заключение. Представленные расчеты носят оценочный характер и показывают принципиальную возможность реализации нагрева шпона одновременно с его уплотнением без значительного восстановления деформаций.

Литература

1. Серговский, П. С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П. С. Серговский. – М.: Лесная пром-сть, 1968.
2. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: справочник / под ред. В. А. Григорьева и В. М. Зорина. – М.: Энергоиздат, 1982.

Поступила 05.05.2012