

УДК 674.093.026

А.А. Лукаш

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

ДЕФОРМАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ СКЛЕИВАНИИ РЕЛЬЕФНОЙ ФАНЕРЫ

Установлены виды деформаций, возникающих при склеивании рельефной фанеры; дан анализ причин расслоения в рельефной фанере; разработана методика расчета параметров режима склеивания рельефной фанеры, при которых устраняется расслоение.

Ключевые слова: древесина, фанера, шпон, поверхность, рельеф, склеивание, пресс-форма, деформации, расслоение, режим.

Рельефная фанера склеивается из шпона в разнотолщинной пресс-форме. Рисунок на лицевой поверхности фанеры образуется из-за разной степени упрессовки шпона на участках выступов и впадин пресс-формы. В отличие от гнуто-клееных заготовок для склеивания рельефной фанеры используется одна пресс-форма, более простая в изготовлении. Объемный рисунок на лицевой поверхности улучшает декоративные свойства фанеры, поэтому ее можно использовать в качестве отделочного материала.

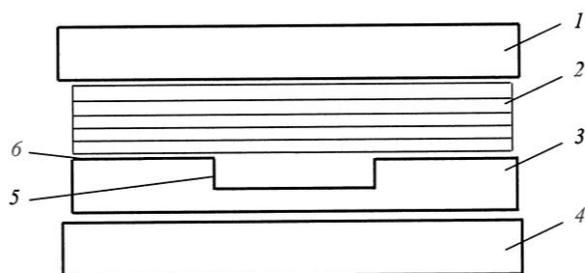


Рис. 1. Схема склеивания пакета шпона: 1 – верхняя плита пресса; 2 – склеиваемый пакет; 3 – пресс-форма; 4 – нижняя плита пресса; 5 – участок впадин пресс-формы; 6 – участок выступов пресс-формы

Остаточные деформации, возникающие при склеивании рельефной фанеры, определяют глубину рельефа и качество готовой продукции. В ряде

случаев при склеивании появляются расслоения между листами шпона. Для предотвращения этого дефекта необходимо проанализировать деформации, возникающие при изготовлении рельефной фанеры.

Продолжительность выдержки под давлением склеиваемого пакета составляет несколько минут, поэтому процесс создания нагрузки можно рассматривать как статический. Пакет шпона можно считать отдельными брусками, расположенными взаимно перпендикулярно. На рис. 1 приведена схема склеивания пятислойного пакета между двумя выступами и впадиной пресс-формы. На нижней плите пресса 4 установлена пресс-форма 3, имеющая выступы 6 и впадину 5. Пакет шпона 2 помещают между верхней плитой пресса 1 и пресс-формой 3. Действие плит пресса и пресс-формы на пакет шпона можно заменить равномерно-распределенной нагрузкой (рис. 2, а). Сверху на склеиваемый пакет действует равномерно распределенная нагрузка со стороны нагревательной плиты пресса 1. Участки пакета 2 сжимаются нагревательной плитой пресса и выступами пресс-формы. На участке 3 на пакет действует равномерно распределенная нагрузка только с одной стороны – со стороны нагревательной плиты.

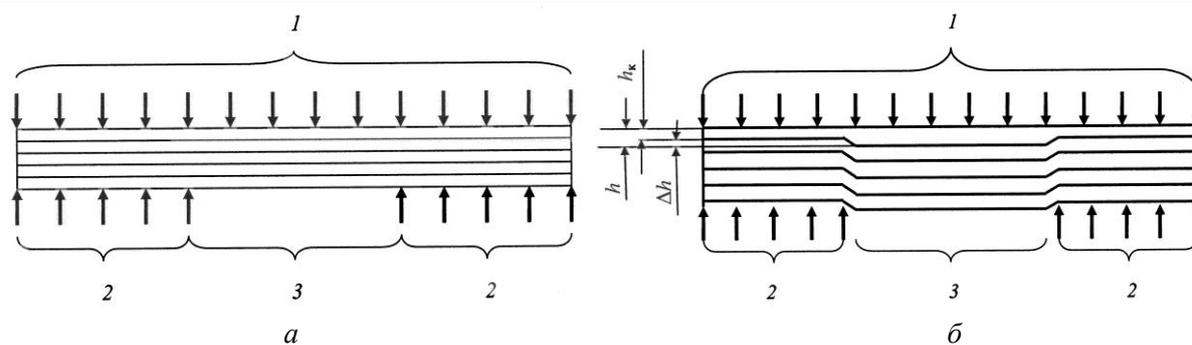


Рис. 2. Схема действия нагрузки на пакет шпона со стороны плиты пресса и пресс-формы (а) и схема деформирования шпона в процессе прессования (б): 1 – равномерно распределенная нагрузка со стороны нагревательной плиты пресса; 2 – равномерно распределенная нагрузка со стороны выступов пресс-формы; 3 – односторонняя нагрузка со стороны верхней нагревательной плиты

Действие температуры и давления со стороны плоской плиты пресса 1 и участков выступов 2 способствует образованию упругих и остаточных деформаций. Чем больше давление, тем больше будет упрессовка древесины, что весьма желательно. Однако на участке 3 действует только давление со стороны плоской плиты пресса. При большом давлении это может привести к скалыванию шпона в этой зоне.

При склеивании пакета шпона присутствуют три вида нагрузок: сжатие пакета – участок 2; изгиб шпона – участок 3; сдвиг – по границе между участками 2 и 3. Наряду с деформациями сжатия при склеивании рельефной фанеры возникают деформации изгиба. На рис. 2, б показано как деформируется пакет шпона в процессе прессования. На участке 3 на шпон действует давление только со стороны верхней нагревательной плиты, древесина не деформируется, толщина шпона в процессе склеивания не изменяется. На участке 2 в процессе склеивания возникают упругие и остаточные деформации. По мере прогрева пакета упругая деформация снижается, а остаточная увеличивается. Под действием давления и температуры толщина каждого листа шпона уменьшается от начального h до конечного h_k значения на $\Delta h = h - h_k$.

После снятия давления на пакет полная деформация снижается за счет деформации восстановления, которая включает упругую и высокоэластическую деформации древесного материала. Последняя не исчезает после снятия нагрузки.

По мере охлаждения и испарения влаги из пакета древесно-клеевой комплекс отверждается, восстановление деформаций прекращается. Изучим взаимодействие листов шпона в начальный период создания давления. Схема процесса склеивания приведена на рис. 3. Листы шпона рассматриваем как балки, установленные на опорах с расстоянием, равным расстоянию L между выступами пресс-формы. Первый верхний лист пакета, соприкасающийся с верхней плоской плитой пресса 1, испытывает равномерную нагрузку по всей поверхности листа и поэтому не изгибается.

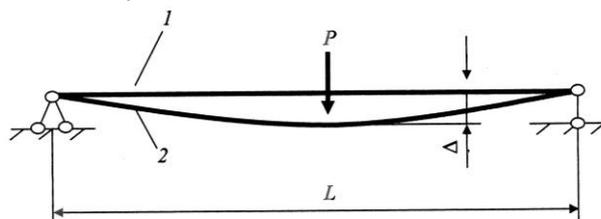


Рис. 3. Схема взаимодействия двух верхних листов в процессе прессования: 1 – первый верхний лист пакета, соприкасающийся с верхней плоской плитой пресса; 2 – второй лист

Под действием давления и температуры толщина первого верхнего листа шпона уменьшается на $\Delta h = h_0 - h_k$, что равноценно действию на второй лист нагрузки P . По сути Δh является прогибом f_2 второго листа под действием нагрузки P . Перед смыканием плит пресса наружные и внутренние листы имеют одинаковую температуру, влажность, модуль упругости и другие физико-механические показатели. Под действием нагрузки со стороны плит пресса листы шпона, имеющие одинаковые прочностные показатели, будут деформироваться одинаково. Под действием плит пресса в начальный момент создания давления толщина каждого склеиваемого листа шпона будет уменьшаться на одинаковую величину ($\Delta h_1 = \Delta h_2 = \Delta h_3 = \Delta h_4 = \Delta h_5$). Определим прогиб для каждого листа. Прогиб третьего листа f_3 складывается из прогиба второго листа f_2 и Δh :

$$f_2 = \Delta h; \quad (1)$$

$$f_3 = 2\Delta h; \quad (2)$$

$$f_4 = 3\Delta h; \quad (3)$$

$$f_5 = 4\Delta h. \quad (4)$$

Схема деформирования пакета шпона между выступами пресс-формы (рис. 3) совпадает со схемой испытания образцов при определении модуля упругости при статическом изгибе (рис. 4). Модуль упругости при статическом изгибе определяют [2] по формуле

$$E = 3FL^3/(64bh^3f), \quad (5)$$

где F – нагрузка, приложенная к образцу, Н;

L – расстояние между опорами, м;

b и h – соответственно ширина и высота образца, м;

f – прогиб, м.

Зная E , можно найти F , при которой прогиб будет равен f :

$$F = 64Eb^3h^3f/(3L^3). \quad (6)$$

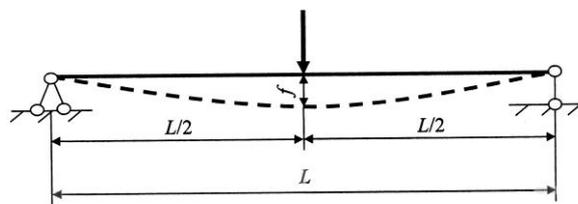


Рис. 4. Схема испытания образцов при определении модуля упругости при статическом изгибе

Первый верхний лист, соприкасающийся с верхней нагревательной плитой и не имеющий прогиба, не испытывает растягивающих нагрузок, т.е. $P_1 = 0$. Сила действия первого листа на второй, вызывающая прогиб второго листа, равна силе, прижимающей второй лист к первому.

С учетом (1) – (4) и (6) сила, которая прижимает второй лист к первому,

$$F_2 = 64Eb^3h^3\Delta h/(3L^3); \quad (7)$$

третий лист ко второму

$$F_3 = 64Eb^3h^32\Delta h/(3L^3); \quad (8)$$

четвертый лист к третьему

$$F_4 = 64Eb^3h^33\Delta h/(3L^3); \quad (9)$$

пятый лист к четвертому

$$F_5 = 64Eb^3h^34\Delta h/(3L^3). \quad (10)$$

Учитывая, что давление P , действующее на листы шпона, равно отношению силы на площадь, т.е. $P = F/(bL)$, можно найти давление, которое оказывает каждый последующий лист на предыдущий:

второй лист на первый

$$P_2 = 64Eh^3\Delta h/(3L^4); \quad (11)$$

третий лист на второй

$$P_3 = 128Eh^3\Delta h/(3L^4); \quad (12)$$

четвертый лист на третий

$$P_4 = 192Eh^3\Delta h/(3L^4); \quad (13)$$

пятый лист на четвертый

$$P_5 = 256Eh^3\Delta h/(3L^4). \quad (14)$$

Как видно из (11) – (14), с увеличением толщины шпона и изменением его толщины давление последующего листа на предыдущий возрастает, а с увеличением расстояния между опорами L оно снижается. Наименьшим является давление второго листа на первый.

Определим давление последующих листов на предыдущие при склеивании пятислойного пакета. Толщина листов шпона – 2 мм. Расстояние между выступами пресс-формы – 130 мм. Для определения Δh склеенный образец был распилен на две части. В упрессованной и неупрессованной зонах была измерена толщина каждого листа. Установлено, что $\Delta h = 0,32$ мм. По данным [2], для березы модуль упругости при статическом изгибе составляет $15,7 \cdot 10^9$ Па. Для данных условий давление, которое создает второй лист на первый, $P_2 = 0,003$ МПа, третий лист на второй $P_3 = 0,006$ МПа, четвертый лист на третий $P_4 = 0,009$ МПа, пятый лист на четвертый $P_5 = 0,015$ МПа. Следовательно, этого давления явно недостаточно для склеивания листов между собой. Наименьшим является давление второго листа на первый.

В исследованиях [1] установлено, что высокое качество склеивания относительно тонких пакетов может быть достигнуто при давлении $0,05 \dots 0,07$ МПа, если будет обеспечено равномерное его распределение по всей поверхности листа (для дальнейших расчетов принимаем $P_{\min} = 0,1$ МПа). Определим наибольшее расстояние между выступами пресс-формы для обеспечения минимально допустимого давления ($P_{\min} = 0,1$ МПа) второго листа на первый. Используя зависимость (11), найдем расстояние между выступами пресс-формы:

$$L = \sqrt[4]{\frac{64Eh^3\Delta h}{3P_{\min}}}. \quad (15)$$

При $P_{\min} = 0,1$ МПа, толщине шпона 2 мм, модуле упругости $E = 15,7 \cdot 10^9$ Па и $\Delta h = 0,32$ мм рас-

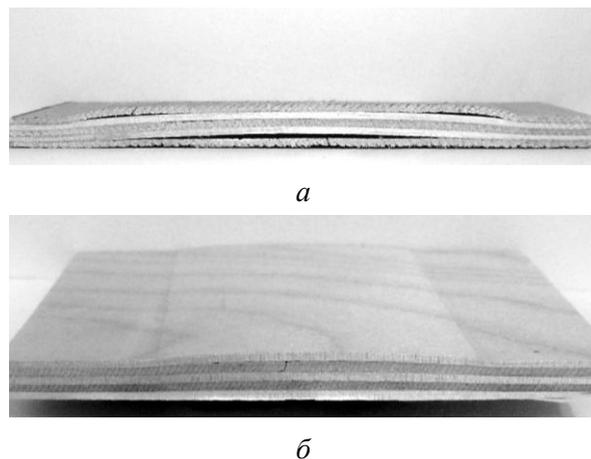


Рис. 5. Поперечное сечение середины образца рельефной фанеры, склеенной при различном расстоянии между выступами пресс-формы: *a* – 120 мм; *б* – 60 мм

стояние между выступами пресс-формы должно быть не более 54 мм.

При проведении экспериментов с различным расстоянием между выступами пресс-формы установлено, что при $L = 120$ мм наблюдалось расслоение между листами шпона внутри пакета (рис. 5, *a*), при $L = 60$ мм расслоения между листами шпона внутри пакета не было (рис. 5, *б*).

Таким образом, рассчитанное теоретически значение ($L = 54$ мм) более точно, чем найденное экспериментально ($L = 60$ мм).

Выводы

1. При склеивании рельефной фанеры пакет шпона испытывает три вида деформаций: сжатие, изгиб и сдвиг.

2. Между выступами пресс-формы пакет шпона испытывает изгибающие напряжения, из-за чего в некоторых случаях наблюдается расслоение.

3. Получена зависимость (15), позволяющая определить расстояние между выступами пресс-формы, при которых устраняется расслоение при склеивании рельефной фанеры из березового шпона толщиной 2 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов В.А. Проблема точности изготовления клееной слоистой древесины: Дис. ... д-ра техн. наук, 1966. 419 с.

2. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: Учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1986. 368 с.

A.A. Lukash

Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Wood Deformations at Glueing Relief Plywood

The types of deformation are established that occur at relief plywood glueing; the analysis of the delamination causes in the relief plywood is provided; the calculation technique for the parameters of the relief plywood glueing under which the delamination is eliminated.

Keywords: wood, plywood, veneer, surface, relief, glueing, press-form, deformations, delamination, mode.

