

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 630*824.86

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СКЛЕИВАНИЯ
ГНУТОКЛЕЕНОГО БЛОКА ИЗ ШПОНА ЛИСТВЕННИЦЫ

П. В. КОСТРИКОВ

Кишиневский политехнический институт

В производстве гнutoклевeных заготовок используют, в основном, березовый шпон. Но запасы березы уже не могут в полной мере обеспечить растущие объемы производства деталей, поэтому необходимо вводить новые источники сырья. В связи с перемещением центра тяжести лесной и деревообрабатывающей промышленности в восточные районы страны с богатыми запасами древесины хвойных пород интересно исследовать возможности использования шпона этих пород для производства гнutoклевeных заготовок.

При склеивании блока шпона одновременно с изгибом повышается давление парогазовой смеси. Древесина сосны и лиственницы отличается низкой газопроницаемостью, давление парогазовой смеси в блоке шпона значительно усложняет процесс формирования гнutoклевeного блока.

С момента установления плотного контакта поверхностей блока шпона с нагревательными элементами пресс-формы параллельно с тепловым потоком возникает определенно направленный парогазовый. Этот поток характеризуется скоростью образования пара и газов, скоростью и направлением фильтрации смеси и величиной ее давления внутри блока. Источники образования избыточного давления: испарение воды из шпона; защемление и расширение воздуха, находящегося в парах древесины и между листами шпона; выделение газов при протекании химических реакций в процессе взаимодействия связующего с древесиной и его отверждения; испарение летучих веществ древесины и выделение адсорбционных газов при повышении температуры.

Давление парогазовой смеси от таких основных технологических факторов, как влажность шпона при постоянном расходе клея, время выдержки, давление прессования, определяли на экспериментальной установке. Блоки прессовали из шпона лиственницы толщиной 1,2 мм. Толщина блока составляла в среднем 18 мм, длина и ширина — 300 мм. Применяли клей марки КФ-Ж, вязкость — 50 с по ВЗ-1 (130 с по ВЗ-4). Расход связующего — 150 г/м².

Характер изменения внутреннего давления парогазовой смеси в блоке шпона в процессе прессования при постоянной влажности показан на рис. 1, а.

Можно отметить, что давление начинает расти, когда температура превысит 100—110 °С. Это говорит о том, что повышение температуры нагрева пресс-формы свыше 100 °С отрицательно сказывается на прочности склеивания.

На рис. 1, б показано, как изменяется внутреннее парогазовое давление от начальной влажности шпона и температуры нагрева пресс-формы. Из графика видно, что с увеличением влажности шпона внутреннее давление интенсивно растет. Но после влажности 12 % рост внутреннего давления замедляется.

Из приведенных наблюдений можно заключить, что повышение температуры при прессовании ведет к росту избыточного внутреннего

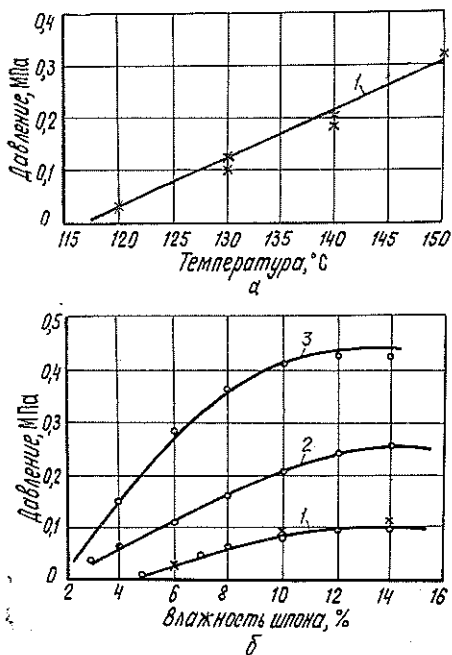


Рис. 1. Зависимость парогазового давления внутри блока.

a — от температуры (кривая 1 — $P = 0,0096 T - 1,1136$); *b* — от влажности и температуры: 1 — 120; 2 — 135; 3 — 150 °C.

давления в гнutoкклееном блоке; повышение влажности шпона увеличивает внутреннее давление парогазовой смеси. Благоприятными, с точки зрения уменьшения внутреннего давления, можно считать температуру нагрева около 100 °C и влажность шпона от 4 до 7 %. Эти данные следует учитывать при назначении диапазона варьирования по поиску режимов прессования. Большая величина внутреннего давления парогазовой смеси диктует поиск новых способов прессования, обеспечивающих отвод паров и газа из блока.

В процессе прессования прочность гнutoкклееных заготовок предопределяется глубиной поликонденсации связующего; с течением времени она повышается. Скорость процесса поликонденсации зависит от температуры. Поскольку продолжительность прессования весьма ограничена, то скорость поликонденсации определяет своевременность достижения необходимых сил сцепления листов шпона (прочности склеивания).

Силы склеивания $P_{\text{скл}}$ компенсируют в момент снятия внешнего давления и размыкания пресс-формы разрывающие усилия от внутреннего давления парогазовой смеси ($P_{\text{п}}$) и ту часть непогашенных сил упругости шпона от изгиба ($P_{\text{у.ф}}$), которые вызываются деформацией шпона от изменения его формы. Разность между силами склеивания на единицу площади и разрывающими удельными усилиями от $P_{\text{п}}$ и $P_{\text{у.ф}}$ воспринимается в условиях горячего прессования как предел прочности на растяжение перпендикулярно плоскости блока шпона. Имеем условия прочного склеивания

$$\sigma_{\perp} = \sigma_r = \frac{P_{\text{скл}} - (P_{\text{п}} + P_{\text{у.ф}})}{F}, \quad (1)$$

где $\sigma_r = \sigma_{\perp}$ — предел прочности на растяжение перпендикулярно плоскости блока в момент времени τ (можно считать, что $\sigma_{\perp} = \sigma_r$ — пределу прочности при межслойном отрыве [2]);

F — площадь блока.

Для определения сил склеивания $P_{\text{скл}}$ (предела прочности) от времени выдержки были поставлены специальные эксперименты.

Результаты проведенных исследований показали следующую картину (рис. 2, *a*).

При малом времени выдержки (0,3—0,4 мин/мм) разрыв блока происходил, в основном, по клеевому слою, а при большом наблюдалось смешанное разрушение: клей — древесина.

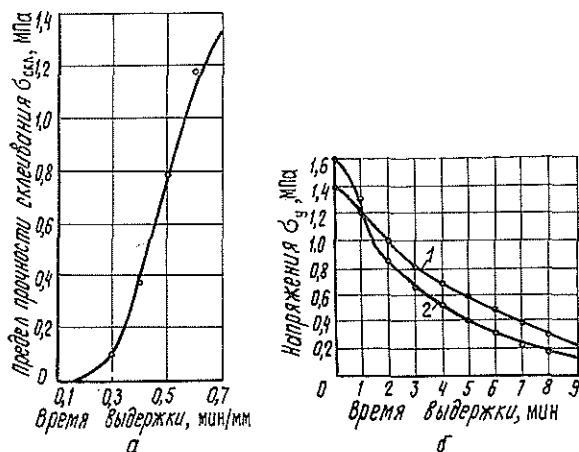


Рис. 2. Влияние времени выдержки блоков.

а — на предел прочности клеевого шва гнутоклееных заготовок из лиственничного шпона; б — на напряжение от упругих деформаций блока из лиственничного шпона; кривая 1 — $P = 1,4$ МПа; 2 — 1,6 МПа.

Предел прочности $\sigma_{скл}$ продолжает возрастать во времени после стабилизации температуры в среднем слое. К моменту времени выдержки 0,5—0,6 мин/мм температура в среднем слое достигала 100 °С. И хотя при этой температуре достигается полный переход связующего из жидкого состояния в твердое, но предел прочности продолжает возрастать. Наибольшее значение предел прочности достигает при остывании через 3—5 сут.

При сравнении сил склеивания, или что то же самое, предела прочности склеивания с напряжениями от упругих сил формы и парогазового давления внутри блока можно определить время склеивания — время выдержки блока шпона в пресс-форме.

Можно записать

$$\sigma_{скл} \geq \sigma_{п.г} + \sigma_{у.ф} \quad (2)$$

Здесь $\sigma_{скл}$ — предел прочности склеивания перпендикулярно плоскости блока шпона;

$\sigma_{п.г}$ — внутреннее парогазовое давление;

$\sigma_{у.ф}$ — напряжение от сил упругости.

При этих условиях расслаивание блока шпона прекращается.

Если отношение

$$\frac{\sigma_{скл}}{\sigma_{п.г} + \sigma_{у.ф}} = K \quad (3)$$

назвать коэффициентом запаса прочности склеивания, то можно утверждать, что при $K > 1$ расслаивания блока не произойдет, а при $K < 1,0$ оно неизбежно.

Напряжение от сил упругости

$$\sigma_{у.ф} = \sigma_y + \sigma_\phi \quad (4)$$

где σ_y — упругие напряжения, возникающие от действия давления прессования;

σ_ϕ — упругие напряжения за счет изменения формы (изгиба).

Деформация прессуемого блока шпона ϵ_n состоит из мгновенно обратимой при снятии давления прессования упругой составляющей ϵ_y , высокоэластической обратимой во времени деформации ползучести

ε_3 и необратимой остаточной деформации ε_0 , которая определяет упругость. Следовательно, имеем

$$\varepsilon_{\Pi} = \varepsilon_y + \varepsilon_3 + \varepsilon_0. \quad (5)$$

Если пренебречь составляющей ε_3 , напряжения от которой проявляются с течением времени, то упругие напряжения σ_y можно определить из зависимости [1]:

$$\sigma_y = \sigma_d \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_{\Pi}}. \quad (6)$$

Здесь σ_d — прикладываемое к блоку шпона напряжение, численно равно давлению прессования.

О характере зависимости σ_y от продолжительности прессования можно судить по кривым рис. 2, б, полученным в результате расчета по уравнению (6) при использовании экспериментальных данных [3] по склеиванию листовничного шпона и наших данных.

Напряжения от деформации шпона σ_{ϕ} , возникающие при изгибе с целью придания блоку шпона того или иного профиля будущей гнутостружечной заготовки, можно определить по формуле [2]:

$$\sigma_{\phi} = \frac{EI}{R^3}, \quad (7)$$

где E — модуль упругости шпона вдоль волокон;

I — момент инерции листа шпона;

R — радиус изгиба шпона в блоке (наименьший).

Известно, что

$$I = \frac{bS^3}{12}. \quad (8)$$

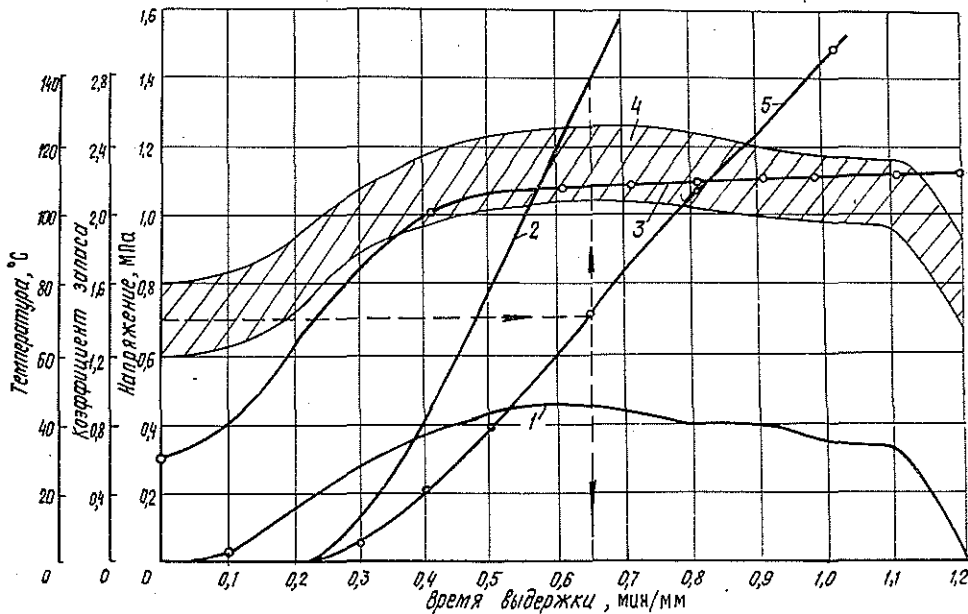


Рис. 3. График для определения времени выдержки.

1 — давление парогазовой смеси; 2 — прочность склеивания; 3 — температура в центре пакета; 4 — напряжение разрыва пакета при толщине шпона 1,2–1,5 мм; 5 — технологический коэффициент запаса.

Здесь b — ширина листа шпона в блоке (полагая $b = 1$);
 S — толщина прессуемого шпона.

Тогда формулу (7) можно переписать

$$\sigma_{\phi} = \frac{ES^3}{12R^3}. \quad (9)$$

Итак, напряжения от упругих сил в гнutoкклееном блоке, стремящихся оторвать слой от слоя шпона (разорвать блок), складываются из упругих напряжений внешнего давления и напряжений изменения формы:

$$\sigma_{y, \phi} = \sigma_y + \sigma_{\phi} = \sigma_d \frac{\epsilon_y}{\epsilon_n} + \frac{ES^3}{12R^3}. \quad (10)$$

Зная действующие напряжения при склеивании гнutoкклееного блока, можно ориентировочно установить минимальное время выдержки блока шпона в пресс-форме под давлением при нагреве. Это время должно устанавливаться из соотношения между прочностью склеивания и внутренними напряжениями в гнutoкклееном блоке от парогазового давления и упругости от изменения формы. Для определения этого времени необходимы данные по изменению предела прочности на растяжение в процессе прессования гнutoкклееного блока, действующего внутреннего давления парогазовой смеси и критерия запаса прочности, который окончательно можно записать:

$$K = \frac{\sigma_{скл}}{\sigma_p}. \quad (11)$$

Сумму напряжений

$$\sigma_p = \sigma_{n, r} + \sigma_{\phi} \quad (12)$$

назовем напряжениями разрыва клеевого шва.

По данным экспериментов и расчетов по формулам построен график (рис. 3).

Задавшись определенным коэффициентом запаса прочности склеивания $K = 1,2—1,5$, можно установить продолжительность прессования.

Если установить корреляционное отношение прочности гнutoкклееных заготовок в горячем и холодном состоянии, то по диаграмме (рис. 3) можно установить приемлемое минимально возможное время выдержки блока в пресс-форме при данных производственных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анисов П. П. и др. Производство фанеры из лиственницы.— М.: ВНИПИЭИ-леспром, 1980.— 39 с. [2]. Костриков П. В. Прессованные клееные профильные элементы из шпона /прочность и надежность/.— Кишинев: Штиинца, 1975.— 72 с. [3]. Чубинский П. Н. Деформация пакета шпона из лиственницы при склеивании.— Плиты и фанера, 1976, № 1, с. 12—13.

Поступила 2 июля 1985 г.