

2. ПРЕССОВАННАЯ ДРЕВЕСИНА, ДРЕВЕСНЫЕ ПЛИТЫ И ПЛАСТИКИ

УДК 674 - 419.3

В.П. Артемова, канд.техн.наук,
В.Л. Ганжа, канд.техн.наук, Г.И. Журавский

О РАСЧЕТЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПРЕССОВАНИЯ СЛОИСТОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Процесс прессования слоистой древесины в горячих пресс-формах представляет комплекс сложных физических явлений. В связи с этим адекватное аналитическое описание распространения тепла в прессуемом пакете чрезвычайно затруднено.

В литературе [1] аналитическое рассмотрение процесса распространения тепла в прессуемом пакете сводится к решению линейного дифференциального уравнения теплопроводности при граничных условиях первого ряда. При этом пренебрегают явлением упрессовки, т.е. изменением толщины пакета в процессе прессования, и расходом тепла на поликонденсацию клея и испарения влаги. Как известно, величина упрессовки иногда достигает 30% и более, что не может не сказываться на точности расчетов, производимых с помощью решений, полученных без учета ее. В [2] нами приведено решение данной задачи, полученное с учетом изменения толщины пакета в процессе прессования, т.е. при наличии подвижных границ. Сопоставление результатов расчетов, произведенных по формулам в [1] и [2], с экспериментальными данными показало значительные преимущества соотношений, полученных в [2], выражающиеся в существенном повышении точности. Однако и в этом случае имело место заметное расхождение между экспериментальными и расчетными (по формулам [2]) значениями температуры, особенно после достижения в среднем клеевом слое величины, близкой к 100°C . На наш взгляд, это объясняется пренебрежением расхода тепла на поликонденсацию клея и испарение влаги.

В процессе прессования нами предпринята попытка получить аналитические выражения для расчета температурных полей в пакете слоистой древесины, учитывая явления упрессовки пакетов и испарения влаги, вносимой в пакет вместе со связующим. При этом задача формулируется следующим образом. Из [1] принимаем пакет в виде однородной неограничен-

ной пластины с начальной толщиной S_1 . Коэффициенты теплообмена обеих сторон рабочих поверхностей пресс-формы одинаковы $\alpha \rightarrow \infty$, следовательно, и критерий $B_i \rightarrow \infty$.

Полагаем, что расход тепла, обусловленный наличием связующего, определяется количеством, идущим на испарение влаги, вносимой в пакет со связующим.

Из анализа начального (при $\tau = 0$) и конечного (при $\tau \rightarrow \infty$) состояний пакета можно предположить, что изменение его влажности в процессе прессования описывается уравнением

$$W_\tau = W_0 \exp(-c\tau), \quad (1)$$

а изменение толщины

$$S_\tau = S_0 \left[1 - d \exp\left(-\frac{b}{\tau}\right) \right], \quad (2)$$

где W_0 - начальная влажность пакета после нанесения связующего; S_0 - толщина пакета после приложения давления прессования в начальный момент времени; c, b, d - коэффициенты, зависящие от условий прессования (давления, температуры греющих поверхностей пресс-формы и т.д.).

Математически поставленную задачу можно записать так:

$$\frac{\partial v}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} + A(z) \frac{r}{c_m} \frac{\partial W}{\partial \tau}; \quad (3)$$

$$v(z, 0) = v_H = \text{const}; \quad (4)$$

$$v_1\left(\frac{S_0}{2}, \tau\right) = v_2\left(-\frac{S_0}{2}, \tau\right) = v_{г.п} \quad (5)$$

(начало системы координат взято в середине пакета). $A(z)$ -распределение влажности по сечению (толщине) пакета, которое принимаем аналогично температуре.

Для удобства решения введем температуру

$$\theta = v(z, \tau) - v_{г.п}. \quad (6)$$

Тогда уравнение (3) переписывается следующим образом

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} + A(z) \frac{r}{c_m} \frac{\partial W}{\partial \tau}. \quad (7)$$

Δ начальные и граничные условия так:

$$\theta(z, 0) = \theta_H = v_H - v_{г.п}; \quad (8)$$

$$\theta \left(\frac{S_0}{2}, \zeta \right) = \theta \left(-\frac{S_0}{2}, \zeta \right) = v_{г.п} - v_{г.п} = 0. \quad (9)$$

Учитывая известные аналитические решения подобных задач [1, 4], а также экспериментальные данные по исследованию температурных профилей в сечении пакета при плоском прессовании, решение поставленной задачи будем искать в виде

$$\theta = B \cdot f_1(\zeta) \cos \left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{z}{S_0/2} \right). \quad (10)$$

Коэффициент B определим из начального условия (8). Так как при $\zeta = 0$ $S_\zeta = S_0$, то

$$v_H - v_{г.п} = B \cdot f_1(0) \cos \left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{z}{S_0/2} \right). \quad (11)$$

Положив

$$B = \frac{1}{\cos \left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{z}{S_0/2} \right)}, \quad (12)$$

получим $f_1(0) = v_H - v_{г.п}$, что соответствует начальному условию задачи.

При этом граничные условия (9)

$$\zeta > 0 \begin{cases} \theta = B \cdot f_1(\zeta) \cos \frac{\pi}{2} = 0; \\ \theta = B \cdot f_1(\zeta) \cos \left(-\frac{\pi}{2} \right) = 0 \end{cases} \quad (13)$$

удовлетворяются сами собой.

Общее решение уравнения (7) примет вид

$$\theta = \frac{1}{\cos \left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{z}{S_0/2} \right)} f_1(\zeta) \cos \left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{z}{S_0/2} \right). \quad (14)$$

Неизвестную функцию $f_1(\zeta)$ определим, подставив (14) в (7):

$$f_1(\zeta) = \left(v_H - v_{г.п} - \frac{r}{c_m} W_0 \cos \eta \right) \frac{\cos \eta}{\cos \eta} \times \\ \times \exp \left[-2a \frac{\pi}{S_0} \operatorname{tg} \eta \int_0^\zeta \operatorname{tg} \varphi \cdot \frac{\varphi}{z} d\zeta + \right. \\ \left. + a \left(\frac{\pi}{S_0} \right)^2 \zeta (1 + 2 \operatorname{tg}^2 \eta) - a \int_0^\zeta \frac{\varphi^2}{z^2} d\zeta \right] + \quad (15)$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{\frac{r}{c_m} c W_0 \exp(-c\tau) \cos \eta}{c + \operatorname{tg} \varphi \cdot \varphi' - 2a \frac{\pi}{S_0} \operatorname{tg} \eta \cdot \operatorname{tg} \varphi \frac{\varphi}{z} + a \left(\frac{\pi}{S_0}\right)^2 (1 + 2\operatorname{tg}^2 \eta) -} \\
 & \times \frac{\varphi^2}{z^2} ; \\
 & \text{где } \varphi = \frac{\pi z}{S_0 \left[1 - d \exp\left(-\frac{B}{\tau}\right) \right]} ; \quad \eta = \frac{\pi z}{S_0} .
 \end{aligned} \tag{16}$$

Согласно (6), (14) и (15) окончательно получим выражение для расчета температурного поля в любой момент времени:

$$\begin{aligned}
 v(z, \tau) = & v_{\text{г.п}} + \left(v_{\text{н}} - v_{\text{г.п}} - \frac{r}{c_m} W_0 \cos \eta \right) \exp \times \\
 & \left[-2a \frac{\pi}{S_0} \operatorname{tg} \eta \int_0^{\tau} \operatorname{tg} \varphi \frac{\varphi}{z} d\tau + a \tau \left(\frac{\pi}{S_0} \right)^2 (1 + \right. \\
 & \left. + 2 \operatorname{tg}^2 \eta) - a \int_0^{\tau} \frac{\varphi}{z^2} d\tau \right] + \\
 & \frac{r}{c_m} c W_0 \exp(-c\tau) \cos \varphi \\
 & + \frac{\frac{r}{c_m} c W_0 \exp(-c\tau) \cos \varphi}{c + \operatorname{tg} \varphi \cdot \varphi' - 2a \frac{\pi}{S_0} \operatorname{tg} \eta \cdot \operatorname{tg} \varphi \frac{\varphi}{z} + a \left(\frac{\pi}{S_0}\right)^2 (1 +} \\
 & \times \frac{2 \operatorname{tg}^2 \eta) - a \frac{\varphi^2}{z^2}}{2 \operatorname{tg}^2 \eta) - a \frac{\varphi^2}{z^2}} .
 \end{aligned} \tag{17}$$

А для середины пакета

$$\begin{aligned}
 v_{\text{ср}} = & v_{\text{г.п}} + \left(v_{\text{н}} - v_{\text{г.п}} - \frac{r}{c_m} W_0 \right) \exp \left\{ a \left(\frac{\pi}{S_0} \right)^2 \right. \\
 & \left. \left[\tau - \int_0^{\tau} \frac{d\tau}{\left[1 - d \exp\left(-\frac{B}{\tau}\right) \right]^2} \right] \right\} + \frac{r}{c_m} W_0 \exp \times
 \end{aligned}$$

$$x(-c\tau) = \frac{c}{c + a \left(\frac{\pi}{S_0}\right)^2 \left\{ 1 - \frac{1}{\left[1 - d \exp\left(-\frac{B}{\tau}\right) \right]^2} \right\}} \quad (18)$$

Соотношение (18) дает возможность определить оптимальное время прессования, так как средний клеевой слой является наиболее удаленным от греющих поверхностей пресс-формы.

Резюме. Аналитически получено выражение для расчета температурного поля в сечении пакета слоистой клееной древесины в любой момент времени прессования. Представленное соотношение для температуры середины пакета дает возможность определить оптимальное время его прессования.

Л и т е р а т у р а

1. Кириллов Н.И. Расчет процессов тепловой обработки древесины при интенсивном теплообмене. М., 1959. 2. Артемова В.П., Ганжа В.Л., Журавский Г.И. О прогреве клееной слоистой древесины при изменении ее толщины в процессе прессования. - В сб.: Механическая технология древесины, вып. 6. Минск, 1976.

УДК 674.81

Л.А. Кажкина, М.М. Ревяко

СВОЙСТВА АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ

В Белорусском технологическом институте проведены работы по получению армированных композиционных древесных пластиков на основе полиэтилена, сшитого перекисью дикумила [1, 2]. Полученные пластики, наполненные березовыми опилками и армированные древесным волокном, характеризуются высокой механической прочностью. Так предел прочности при растяжении составляет 0,417 - 1,940 кгс/см², модуль упругости при растяжении соответственно 1385 - 3910 кгс/см², ударная вязкость 7,9 - 20,7 кгс · см/см². Такие прочностные свойства позволят получать цельнопрессованные изделия различного назначения. Целью настоящей работы явилось исследование теплофизических и антифрикционных свойств армированных пластиков.