

УДК 674-416 : 630*824.825.86

СКЛЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ
СТЕПЕНИ ОТВЕРЖДЕНИЯ КЛЕЕВОЙ ПЛЕНКИ

А. Г. ГОРОХОВСКИЙ

Уральский лесотехнический институт

Один из способов оперативного контроля качества склеивания шпона при запрессовке — метод физического моделирования процесса отверждения клеевого слоя, наиболее удаленного от нагревательных плит пресса [1—3, 6]. Физической моделью процесса является клеевой слой, нанесенный на металлическую пластину. Процессы нагрева данной пластины и клеевого слоя реального пакета шпона идентифицированы. В качестве способа фиксации момента завершения процесса отверждения предлагается пленки подвергать склерометрированию, т. е. царапанию жестким индентором. При достижении пленкой определенной твердости индентор не в состоянии процарапать пленку на всю ее толщину. Это приводит к нарушению электрического контакта между индентором и подложкой, о чем говорит затухание сигнальной лампы.

При исследованиях склерометрического метода использовали специальный прибор, конструкция которого в основном аналогична приведенной в работе [1]. Отличие заключается в том, что для определения продолжительности отверждения при постоянной температуре в приборе смонтирован ультратермостат, позволяющий поддерживать температуру его поверхности с точностью $\pm 0,5$ °С. В ходе исследований предполагалось решить следующие основные задачи: подобрать конструкцию индентора; установить зависимость твердости клеевой пленки от степени ее отверждения с учетом свойств клея и ряда внешних факторов; определить метрологические характеристики метода.

К индентору предъявляли следующие требования: приемлемая величина нагрузки; четкость фиксации конкретной твердости; образование царапины небольшой ширины и отсутствие задиров пленки.

В предварительных опытах было опробовано несколько типов инденторов (конические, сферические и т. п.). В результате был выбран индентор в виде двухсторонней лопаточки с углом при вершине 30° (рис. 1, а). Расчетная схема для определения твердости царапанием приведена на рис. 1, б.

Твердость вычисляли как отношение нагрузки на индентор к площади проекции поверхности разрушения клеевой пленки $S_{пр}$, мм²; последнюю определяли из соотношения:

$$S_{пр} = 2\delta \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \sqrt{2\delta R}, \quad (1)$$

где δ — толщина клеевой пленки, мм;

α — двухгранный угол при вершине индентора, град;

R — радиус закругления режущей кромки индентора, мм.

(В рассматриваемом случае $\alpha = 30^\circ$; $R = 4$ мм).

Расчетное выражение для определения твердости клеевой пленки, Н/мм², имеет вид:

$$H_n = 0,66 Q \delta^{-3/2}, \quad (2)$$

где Q — нагрузка на индентор, Н;

δ — толщина клеевой пленки, мм.

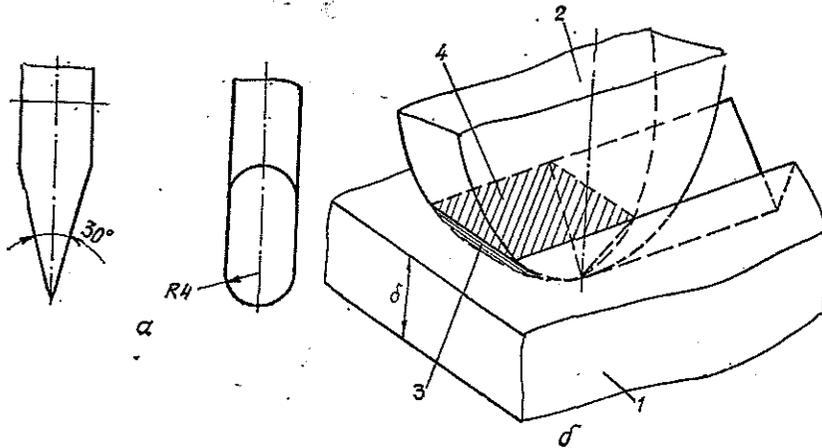


Рис. 1. Индентор для определения твердости клеевой пленки царапанием (а) и расчетная схема определения твердости царапанием (б): 1 — клеевая пленка; 2 — индентор; 3 — поверхность разрушения; 4 — проекция поверхности разрушения

Эксперименты проводили в следующей последовательности. На подложках из медной фольги толщиной 0,05 мм при помощи специального приспособления формировали клеевые пленки толщиной порядка 0,06 мм. В качестве клеевого материала использовали карбамидоформальдегидную смолу марки КФ-Ж (ГОСТ 14231—78) с введением 1 % хлористого аммония. Концентрация смолы — 60...70 %. Выбор этого диапазона связан с тем, что, согласно ГОСТ 14231—78, концентрация клеев КФ-МТ, КФ-Б, КФ-Ж, КФ-БЖ, применяемых в фанерном производстве, должна находиться в пределах 67 ± 2 %. На некоторых предприятиях практикуют, в случае значительно-го повышения вязкости смолы, вводить в состав клея некоторое количество воды, и концентрация может опускаться до 60...62 %. При меньших значениях концентрации обеспечивать высокое качество склеивания шпона затруднительно.

В ходе опыта подложки с нанесенным клеем закрепляли на ультратермостате, температуру которого поддерживали постоянной, соответствующей условиям опыта. На клеевую пленку опускали индентор и включали механизм его перемещения. После затухания сигнальной лампы подложку с отвержденной клеевой пленкой снимали с ультратермостата и быстро охлаждали. Толщину клеевой пленки (вместе с подложкой) определяли в пяти точках при помощи микрометра типа МК-0-25 мм (ГОСТ 6507—60). Клеевые пленки подвергали экстракции для определения степени отверждения.

Анализ экспериментальных данных показал следующее:

концентрация клея в пределах 60...70 % не оказывает существенного влияния на фиксируемую степень отверждения;

с увеличением температуры твердость клеевой пленки уменьшается, что существенно сказывается на показаниях прибора;

достигается хорошее согласие опытного распределения толщины клеевой пленки с нормальным по критерию Колмогорова [4]; параметры нормального распределения: $\bar{X} = 0,0512$ мм, $S = 0,0158$ мм.

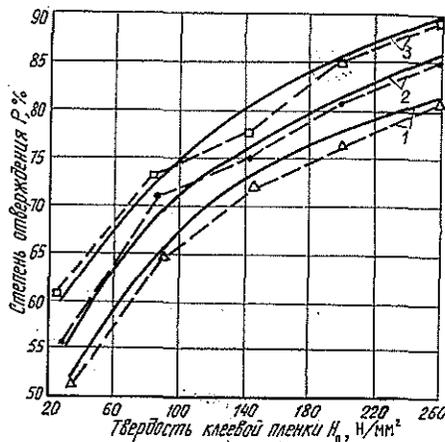


Рис. 2. Взаимосвязь степени отверждения клеевой пленки и ее твердости: 1 — температура отверждения 50 °C; 2 — 70; 3 — 90 °C

На рис. 2 приведены зависимости степени отверждения клеевой пленки от ее твердости при различной температуре.

Усредненную твердость определяли по формуле (2), толщину клеевой пленки принимали равной значению ее математического ожидания, полученного при нахождении параметров нормального распределения. Указанные зависимости позволяют заключить, что твердость и степень отверждения клеевой пленки тесно коррелируют друг с другом. При различных значениях температуры связь данных параметров достаточно хорошо описывается квадратичными параболой:

$$P_1 = -0,00028 H^2 + 0,208 H + 46,00;$$

$$P_2 = -0,00031 H^2 + 0,223 H + 48,59;$$

$$P_3 = -0,00028 H^2 + 0,200 H + 54,25.$$

При постоянной температуре фиксируемую степень отверждения клеевой пленки P (в процентах) определяли из выражения

$$P = aQ^2\delta^{-3} + bQ\delta^{-3/2} + c, \quad (3)$$

где a, b, c — постоянные уравнения.

Функция $P = f(Q, \delta)$ существенно нелинейна, если рассматривать ее во всем диапазоне варьирования Q . Однако в окрестностях точек Q_1, Q_2, \dots, Q_n эту функцию можно с достаточной для практики точностью линеаризовать. Тогда, считая, что ошибки измерения распределены по нормальному закону и не связаны между собой, заменим величину P членами нулевого и первого порядков ряда Тейлора; среднеквадратическую ошибку $\sigma_{\bar{P}}$ среднего арифметического значения P определим по формуле [5]:

$$\sigma_{\bar{P}} = \sqrt{\left(\frac{\partial P}{\partial Q}\right)_0^2 \sigma_Q^2 + \left(\frac{\partial P}{\partial \delta}\right)_0^2 \sigma_\delta^2}, \quad (4)$$

где $\frac{\partial P}{\partial Q}, \frac{\partial P}{\partial \delta}$ — частные производные функции $P = f(Q, \delta)$ по Q, δ ; σ_Q, σ_δ — соответственно среднеквадратическое отклонение параметров Q, δ .

Следует отметить, что погрешности Q постоянны по величине и могут быть сколь угодно малыми. Отсюда выражение (4) можно привести к виду:

$$\sigma_{\bar{P}} = \left| \frac{\partial P}{\partial \delta} \right| \sigma_\delta. \quad (5)$$

После дифференцирования выражение (3) приобретает вид

$$\frac{\partial P}{\partial \delta} = -3aQ^2\delta^{-4} - 1,5bQ\delta^{-5/2}. \quad (6)$$

На рис. 3 приведены зависимости $\sigma_{\bar{P}}$ от P при различных температурах.

Анализ указанных зависимостей показал, что максимальная ошибка фиксации прибором той или иной величины степени отверждения при единичном измерении может достигать 9%; при трех измерениях ошибка составляет около 5, а при десяти — менее 3% степени отверждения.

Проведенные исследования позволяют сделать заключение о практической пригодности склерометрического метода для контроля степени отверждения; этот метод обладает при значительной простоте довольно высокими метрологическими характеристиками.

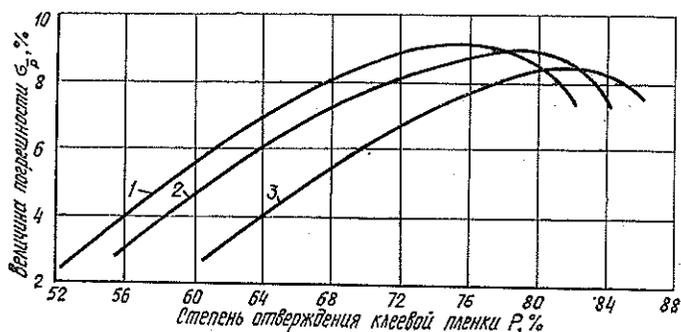


Рис. 3. Точность фиксации величины степени отверждения клеевой пленки склерометрическим методом: 1 — температура отверждения 50 °С; 2 — 70; 3 — 90 °С

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 161841 (СССР). Прибор для определения времени склеивания деталей / В. А. Куликов, В. М. Израильяни, А. А. Спиридонова. — Оpubл. в Б. И., 1964, № 8.
 [2]. Гороховский А. Г. Технологические основы автоматического управления работой кленного пресса: Дис... канд. техн. наук. — Л., 1982. [3]. Гороховский А. Г., Левинский Ю. Б. Контроль продолжительности склеивания шпона на основе физической модели процесса отверждения клея // Лесн. журн. — 1987. — № 2. — С. 58—61. (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. ГОСТ 11.006—74. Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. — Введ. 01.01.76 до 01.01.81. — М.: Изд-во стандартов, 1979. — 24 с. (Продлен до 01.01.88). [5]. Коротков В. И., Тайц Б. А. Основы метрологии и точности механизмов приборов. — М.: Машгиз, 1961. [6]. Куликов В. А. Производство фанеры. — М.: Лесн. пром-сть, 1976.

Поступила 17 ноября 1987 г.

УДК 621.933.6.001.24

МЕТОД РАСЧЕТА ТОЛЩИНЫ МЕЖПИЛЬНОЙ ПРОКЛАДКИ И ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ С НЕЮ ПАРАМЕТРОВ

Н. И. КОВЗУН
ЦНИИМОД

Толщины межпильных прокладок одного типоразмера на отдельных лесозаготовительных предприятиях могут отличаться в пределах 0,8 мм, что является основным препятствием для организации их централизованного производства. Одна из причин такого расхождения толщин — отсутствие научного обоснования операции поднастройки лесопильной рамы на заданную толщину пиломатериалов. Нормирование этой операции позволит унифицировать толщины межпильных прокладок на лесопильных предприятиях и тем самым снизить их толщину по сравнению с существующим уровнем в среднем на 0,2 мм, а значит на 0,3 % увеличить полезный выход пиломатериалов из сырья, что по экономической эффективности равнозначно использованию рамных пил толщиной 2,0 вместо 2,2 мм.

Для нормирования операции поднастройки необходимо знать ее взаимосвязь с системой контрольных нормативов, обеспечивающих заданную толщину пиломатериалов. Основным нормативом — толщина межпильной прокладки. Имеющиеся методы расчета толщины межпильной прокладки [2, 3] этих взаимосвязей не раскрывают.

В настоящей статье изложен новый метод расчета четырех взаимосвязанных между собой параметров, входящих в систему контрольных