

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ СЖАТИИ\*

В различных технологических процессах древесина подвергается нагрузкам сжатия, которые вызывают в ней упругие и пластические деформации. Последние зависят от способа нагружения, направления волокон древесины и степени свободы сжимаемого образца.

Наиболее подробно изучено поведение древесины при свободном сжатии. В то же время процесс несвободного сжатия древесины и ее поведение при этом изучены недостаточно. Практически в деревянных конструкциях и при резании происходит несвободное сжатие древесины.

Рассмотрим сначала некоторые теоретические предпосылки процесса внедрения в массив древесины металлического индентора (рис. 1).

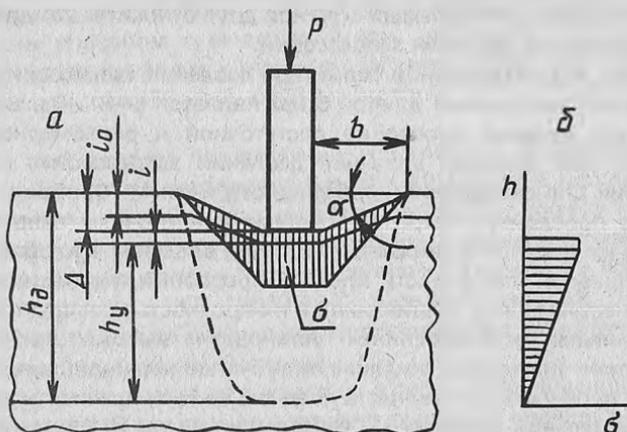


Рис. 1. Внедрение индентора в древесину:

а — схема внедрения индентора и деформации древесины; б — изменение напряжения сжатия древесины непосредственно под индентором:  $\Delta$  — глубина внедрения индентора;  $h_0$  — толщина работающего слоя древесины;  $i_0$  — начальная и конечная толщина разрушенного слоя древесины;  $h_y$  — толщина слоя древесины сжатого упруго;  $b$  — длина деформируемой части древесины;  $a$  — угол прогиба древесины.

1. При внедрении в массив древесины индентор вызывает сжатие не только непосредственно под собой, но и некоторой близлежащей области;

2. Напряжение сжатия древесины максимально непосредственно под индентором постепенно снижается до нуля на границе области деформации.

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук В.И.Микулинского.

При этом деформируется не вся толщина древесины, а только некоторый рлботающий ее слой ( $h_{\partial}$ ).

3. Контактующий с индентором прилежащий слой древесины  $i_0$  разрушается, так как работает за пределами упругости.

В соответствии с перечисленными положениями работающий слой древесины  $h_{\partial}$  состоит из двух условно разделяемых слоев: разрушаемого  $i_0$  и упруго сжимаемого  $h_y = h_{\partial} - i_0$ .

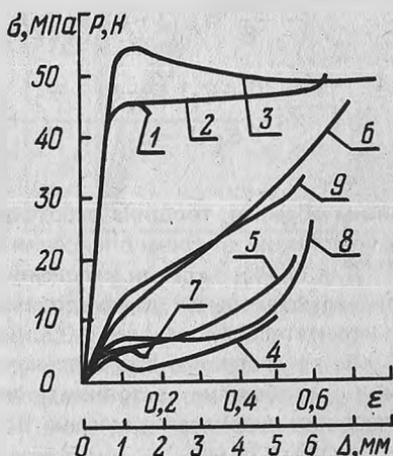
До начала сжатия разрушенный слой  $i$  имел толщину  $i_0$ , которая определяется по формуле

$$i_0 = \frac{2 - \epsilon_1 - \epsilon_2}{2(1 - \epsilon_1)(1 - \epsilon_2)}, \quad (1)$$

где  $\epsilon_1$  — относительная деформация древесины в начале горизонтального участка диаграммы "напряжение—деформация" при сжатии в обойме [1, 2];  $\epsilon_2$  — относительная деформация древесины в конце горизонтального участка диаграммы "напряжение—деформация" при сжатии в обойме.

Рис. 2. Диаграммы прессования древесины:

1 — свободное сжатие вдоль волокон; 2 — сжатие вдоль волокон в обойме; 3 — внедрение индентора вдоль волокон; 4 — свободное сжатие в радиальном направлении; 5 — сжатие в радиальном направлении в обойме; 6 — внедрение индентора в радиальном направлении; 7 — свободное сжатие в тангентальном направлении; 8 — сжатие в тангентальном направлении в обойме; 9 — внедрение инденторов в тангентальном направлении.



При величине внедрения индентора  $\Delta$  упруго сжатый слой  $h_y$  будет иметь размер

$$h_y = h_{\partial} - i - \Delta = \left(1 - \frac{\epsilon_1}{2}\right) (h_{\partial} - i_0) = \left(1 - \frac{\epsilon_1}{2}\right) \left[h_{\partial} - \frac{2 - \epsilon_1 - \epsilon_2}{2(1 - \epsilon_1)(1 - \epsilon_2)} i\right],$$

откуда после использования предыдущей зависимости можно получить

$$h_{\partial} = i \left[ \frac{(2 - \epsilon_1)(2 - \epsilon_2)}{2 \epsilon_1 (1 - \epsilon_1)(1 - \epsilon_2)} + \frac{2}{\epsilon_1} \right] + \frac{2\Delta}{\epsilon_1}. \quad (2)$$

Так как древесина сжимается в пределах упругости, то

$$\sigma = \frac{h_y E}{h_{\partial} - i_0}, \quad (3)$$

где  $\sigma$  — предел упругости древесины в направлении сжатия;  $E$  — модуль упругости древесины в направлении сжатия. Подставим в (3) значение из (1) и (2) и после преобразований получим

$$i = \frac{2\Delta(1-\varepsilon_1)(1-\varepsilon_2)(2+\varepsilon_1-2\frac{\sigma}{E})}{(2-\varepsilon_1)(2-\varepsilon_1-\varepsilon_2)(1-\frac{\sigma}{E})-2(1-\varepsilon_1)(1-\varepsilon_2)(2+\varepsilon_1-2\frac{\sigma}{E}) - \frac{\sigma}{E}\varepsilon_1(2-\varepsilon_1-\varepsilon_2)} \quad (4)$$

Заменив в (2) величину на ее значение из формулы (4), получим

$$h_0 = \frac{2\Delta(1-\varepsilon_1)(1-\varepsilon_2)(2+\varepsilon_1-2\frac{\sigma}{E})}{(2-\varepsilon_1)(2-\varepsilon_1-\varepsilon_2)(1-\frac{\sigma}{E})-2(1-\varepsilon_1)(1-\varepsilon_2)(2+\varepsilon_1-2\frac{\sigma}{E}) - \frac{\sigma}{E}\varepsilon_1(2-\varepsilon_1-\varepsilon_2)} \times \left[ \frac{(2-\varepsilon_1)(2-\varepsilon_1-\varepsilon_2)}{2\varepsilon_1(1-\varepsilon_1)(1-\varepsilon_2)} + \frac{2}{\varepsilon_1} \right] + \frac{2\Delta}{\varepsilon_1}$$

Таким образом, толщина работающего слоя древесины увеличивается по мере увеличения глубины внедрения индентора.

Для подтверждения изложенных теоретических предпосылок проведены специальные опыты по прессованию древесины. Эксперименты проводились на испытательной машине Р-0,5. Образцы из сосновой древесины диаметром 10 мм прессовались в радиальном, тангентальном и продольном направлениях в свободном состоянии, в металлической обойме с пуансоном и при внедрении индентора в массив. Во всех этих случаях диаметр пуансона и индентора был 10 мм.

Результаты эксперимента приведены на рис. 2. Из рис. 2 видно, что внедрение индентора в массив древесины требует больших усилий, чем при свободном сжатии круглого образца и сжатии его в обойме. Удлинение полки текучести в опытах с индентором на диаграммах рис. 2 свидетельствует о том, что древесина работает не по всей толщине. Увеличение величины силы внедрения индентора по сравнению с величиной сила сжатия в обойме подтверждает правильность предположения о сжатии соседней с индентором области древесины.

Так как при внедрении индентора древесина сжимается под индентором и в прилегающей области, то величину силы внедрения можно определить по выражению

$$P = \sigma S_{\text{инд}} + \frac{1}{2} \sigma S_{\text{пр}} \quad (5)$$

где  $\sigma$  — максимальное напряжение под индентором;  $S_{\text{инд}}$  — площадь индентора;  $S_{\text{пр}}$  — площадь области древесины, прилегающей к индентору;  $S_{\text{пр}} = 2ba$ ;  $a$  — ширина прилегающей области древесины;  $b$  — длина прилегающей области древесины.

Опытами установлено, что ширина прилегающей к индентору области древесины равна максимальному размеру индентора поперек волокон. Взяв значение силы из диаграммы "сила—деформация" (рис. 2) в точке максимальной нагрузки и считая, что напряжение под индентором равно пределу пластического течения древесины при сжатии в обойме, определим  $S_{\text{пр}}$  и  $b$  из формулы (5).

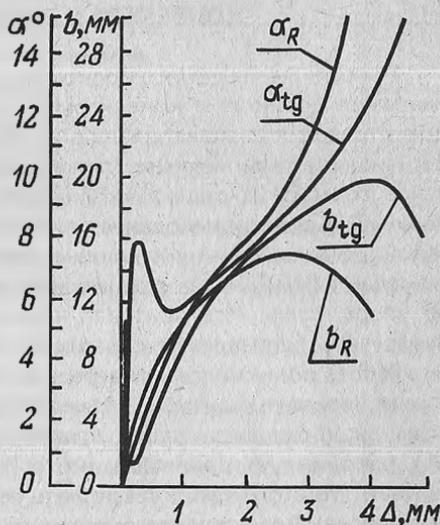


Рис. 3. Влияние глубины внедрения индентора на длину деформируемой части древесины и на угол прогиба.

Изменение длины прилегающей области древесины в зависимости от глубины внедрения индентора приведено на рис. 3.

Зная зависимость изменения длины прилегающей области древесины от глубины внедрения индентора, можно определить угол прогиба поверхности  $\alpha$ , который для случая резания инструментом с радиусом затупления, равным  $\Delta$ , является минимальным задним углом реза

$$\alpha = \arctg \frac{\Delta}{b} .$$

В ы в о д ы. 1. Опытами подтверждена правильность теоретических предположений.

2. Полученные результаты могут применяться при расчетах режимов местного прессования древесины, например тиснения, а также при определении минимального заднего угла реза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хухрянский П.Н. Прессование древесины. — М.: Лесная пром-сть, 1964. — 351 с.
2. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины. — Минск: Высшая школа, 1975. — 303 с.