

Д. И. Любецкий

К МЕТОДИКЕ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ НА ДВУХОСНОЕ И ТРЕХОСНОЕ СЖАТИЕ

Бурный технический прогресс обуславливает повышенные требования к механическим свойствам конструкционных материалов. Древесина — один из самых распространенных материалов, широко применяемых в строительстве, машиностроении и других областях народного хозяйства. Особое внимание уделяется древесным слоистым пластикам, прессованной и модифицированной древесине. Эти материалы применяются в строительном, деревообрабатывающем, лесозаготовительном и другом оборудовании взамен деталей из дефицитных металлов. Однако широкое применение древесных материалов в современном машиностроении в известной степени сдерживается малой изученностью их прочностных и деформативных свойств в условиях различных напряженных состояний. Наиболее часто в практике встречаются двухосные и трехосные сжатия. Для проведения исследований в указанных условиях используются различные установки, реверсоры и приспособления простого и сложного нагружения (в дальнейшем будем называть их приборами двухосного и трехосного сжатия). От правильного выбора конструкции последних зависит чистота проведения опытов, использование имеющегося оборудования и аппаратуры. Это имеет практически важное значение при планировании и проведении экспериментов.

Анализ существующих приборов двухосного и трехосного сжатия показал, что их можно классифицировать по принципу создания сложного напряженного состояния и по способу передачи усилий на образец [1]. Схема классификации по указанным признакам приведена на рис. 1.

По принципу создания сложного напряженного состояния приборы можно разделить на три группы.

К первой группе следует отнести приборы, позволяющие создавать трехосное сжатие по схеме «образец в обойме» $\sigma_1 \geq \sigma_2 = \sigma_3$; ко второй — все пуансонные приборы, позволяющие создавать сложное напряженное состояние вида $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ и $\sigma_2 \geq \sigma_3$, $\sigma_2 = 0$; к третьей — приборы и установки типа Кармана, в которых можно осуществлять напряженные состояния $\sigma_1 \neq \sigma_2 = \sigma_3$ и $\sigma_2 = \sigma_3$, $\sigma_1 = 0$. К этой же группе можно отнести и приборы, позволяющие испытывать тонкостенные полые цилиндры.

Наибольшее применение при исследовании механических свойств горных пород, бетона и других каменных материалов в условиях двух-



Рис. 1. Схема классификации.

осного и трехосного неравномерного сжатия получили приборы второй и третьей группы.

По способу передачи усилий на образец следует различать приборы с жестким, мягким и комбинированным способом нагружения образца.

Жесткий способ передачи усилий имеет место при нагружении образца по двум или трем осям металлическими пуансонами или обоймой и плитами пресса. Такой способ нагружения применяется в приборах первой и второй группы.

Мягкий способ осуществляется при действии на образец гидростатических давлений. Он характеризуется тем, что гидростатическое давление по двум или трем направлениям передается на образец непосредственно или через изолирующий слой материала, или через специальные эластичные камеры. Такой способ нагружения встречается в приборах второй и третьей группы.

Комбинированный способ осуществляется в основном в приборах третьей группы. При этом способе образец по одной из осей нагружается металлическими пуансонами, а по двум другим — давлением жидкости.

Наиболее приемлемы для изучения механических свойств изотропных материалов в условиях двухосного и трехосного сжатия приборы, позволяющие производить нагружение образца мягким способом. При этом способе уменьшаются погрешности испытаний, которые зависят от геометрической неточности изготовления образца (некоторой непараллельности граней, неровности на торцах и т. д.) и неточности механизма его нагружения (отклонение от центричности установки образца и др.). Конструктивная схема такого прибора для испытания прямоугольных образцов приведена в работе [2] и частично усовершенствована нами [1].

Детальные сведения о существующих приборах с обширной библиографией даны в литературе [2—10].

Однако использование вышеуказанных приборов для испытания анизотропных материалов, в частности натуральной и модифицированной древесины, ограничено ввиду значительной деформации (упрессовки) образца.

Для изучения механических свойств этих материалов в условиях двухосного и трехосного сжатия нами изготовлен реверсор, в котором применен способ пропорционального нагружения образца. Схема прибора показана на рис. 2.

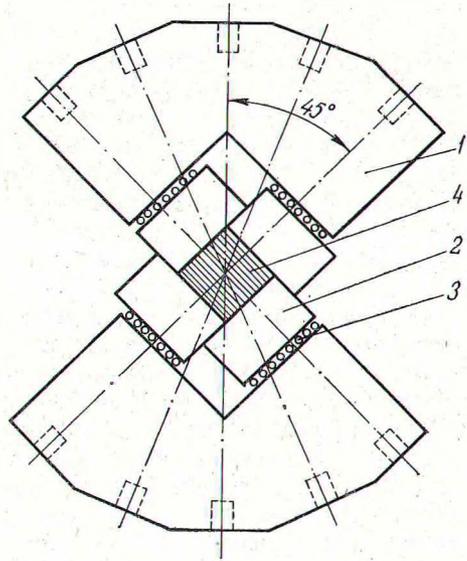


Рис. 2. Схема реверсора двухосного сжатия:

1 — нагружающее устройство; 2 — пластины; 3 — подшипники; 4 — образец.

Реверсор состоит из двух нагружающих устройств 1, четырех пластин 2 и подшипников 3. С его помощью на обычных прессах можно производить исследование прочностных и деформативных свойств анизотропных материалов при двухосном сжатии. Конструкция реверсора позволяет испытывать прямоугольные образцы 4. Соотношения между условными напряжениями (усилия, отнесенные к первоначальной площади рабочего сечения образца) зависят от передачи усилий на соответствующие грани образца. Диапазон соотношений величин главных напряжений можно регулировать конструктивной особенностью реверсора и размерами испытуемых образцов. Как показали опыты, при точном изготовлении образцов нагружающих устройств и пластин указанный реверсор обеспечивает достаточную равномерность напряжения образца при двухосном сжатии. Результаты испытаний натуральной и модифицированной древесины, питанной 20%-ным раствором фенолоспиртов, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты испытаний

Древесина	Двухосное сжатие, кг/см ²			Одноосное сжатие, кг/см ²	
	σ_a	σ_r	σ_a / σ_r	σ_a	σ_r
Натуральная	185	185	1	732	130
Модифицированная . . .	305	305	1	917	194

В табл. 1 внесены средние значения условных пределов прочности по испытаниям 6—12 образцов. Предел прочности вдоль волокон обозначен буквой δ_a поперек волокон в радиальном направлении — σ_r . Для испытания применялись образцы размером $20 \times 20 \times 20$ мм и $20 \times 20 \times 30$ мм (последний размер вдоль волокон) из древесины березы. Опыты проводились при комнатной температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Влажность образцов 6—8%. Нагружение образцов при двухосном сжатии осуществлялось в продольно-радиальном направлении на машине ИМ-4А, позволяющей записывать диаграмму сближения Δ нагружающих устройств реверсора в зависимости от приложенной силы P . За условный предел прочности принимались напряжения, соответствующие интенсивному росту деформаций при малых приращениях нагрузки.

В ы в о д ы

1. Для изучения прочностных и деформативных свойств различного рода материалов в условиях двухосного и трехосного сжатия желательно создавать приборы с мягким способом передачи давлений на образец.

2. При исследовании анизотропных материалов, в частности обычной и модифицированной древесины, при двухосном сжатии можно использовать реверсор, конструктивная схема которого дана на рис. 2.

3. Прочностные свойства модифицированной фенолоспиртами древесины при двухосном сжатии в продольно-радиальном направлении значительно выше прочностных свойств натуральной древесины.

Литература

- [1] Л. К. Лукша, Д. И. Любецкий. К исследованию прочности материалов под всесторонним давлением. Кратк. сообщ. научн.-техн. конф. Белорусск. технолог. ин-та. Минск, 1969. [2] М. И. Қойфман, Е. И. Ильницкая, В. И. Карпов. Прочность горных

пород в объемном напряженном состоянии. М., 1964. [3] *Е. К. Ашкенази*. Прочность анизотропных древесных и синтетических материалов. М., 1966. [4] *О. Я. Берг, Н. В. Смирнов*. Исследование прочности и деформаций бетона при двухосном сжатии. Тр. ЦНИИС, вып. 60. М., 1966. [5] *Л. П. Боровская*. Механический реверсор для испытания материалов на трехосное циклическое сжатие. Тр. Ленигр. политехи. ин-та. Гидротехника. Л., 1964. [6] *А. А. Гвоздев*. Опытное изучение механических свойств бетона при стесненной поперечной деформации. Вест. ВИА, в. 49, 1946. [7] *И. Г. Гончаров*. Прочность каменных материалов в условиях различных напряженных состояний. М.-Л., 1960. [8] *Н. Н. Давиденков, В. А. Янков*. Хрупкое разрушение при двухосном сжатии. Ж. техн. физики, т. 25, в. 12, 1955. [9] *М. М. Протодьяконов, Е. И. Ильницкая, В. И. Карпов*. Методы исследования механических свойств горных пород в условиях объемного напряженного состояния. В сб.: Механические свойства горных пород. М., 1963. [10] *Д. С. Циклис*. Техника физико-химических исследований при высоких и сверхвысоких давлениях. М., 1965.