

## АНИЗОТРОПИЯ ФОРМОВОЧНЫХ СВОЙСТВ ОБУВНЫХ КАРТОНОВ ПРИ СЖАТИИ

К.т.н., доц. Матвеев В.Л.,  
инж. Савченко А.В.

(ВГТУ)

Анизотропность деформационных свойств характерна для большинства конструкционных материалов. Опыт промышленности показывает, что при правильном учете свойств материалов анизотропия не является препятствием в изготовлении надежных, рациональных конструкций, а в ряде случаев, наоборот, упрощает эту задачу [1,2]. Однако типовые методики проектирования и изготовления обуви не в полной мере учитывают анизотропию деформационных свойств каркасно-стелечных материалов. Хотя эти материалы, исходя из их строения и стандартных характеристик, обладают анизотропией деформационных свойств.

Действительно, обувные картоны с позиций современной механики могут рассматриваться как малонаполненные ориентированные композиты [3]. Такие материалы, как правило, имеют ортогональную анизотропию деформационных свойств, которая должна быть использована при изготовлении деталей верха обуви с целью повышения прочности и надежности изделия.

В данном сообщении приводятся результаты исследования формовочных свойств обувных картонов при сжатии в прессформах в зависимости от угла раскрытия образцов ( $\alpha$ ) и величины начального напряжения ( $\sigma$ )<sup>0</sup>.

Испытания проводились в соответствии с методикой, описанной в литературе [4]. В качестве образцов использовались картон С-1 толщиной 2,0 - 2,4 мм ГОСТ 9542-88, картон повышенной жесткости толщиной 2,0 - 2,5 мм ТУ 17-21-321-80, картон ГЛ толщиной 2,3 - 2,7 мм ТУ 12-313-83, стелечно-целлюлозный материал (СЦМ) толщиной 1,8 - 2,2 мм ТУ17-21-331-80. Образцы картонов формовались в двух лабораторных прессформах, имеющих одну кривизну ( $K_1=50\text{м}^{-1}$ ), но различную форму рабочей поверхности, а именно цилиндрическую и S-образную. Формование осуществлялось при пяти уровнях начального напряжения:  $\sigma_1^0=5\text{МПа}$ ,  $\sigma_2^0=10\text{МПа}$ ,  $\sigma_3^0=15\text{МПа}$ ,  $\sigma_4^0=20\text{МПа}$ ,  $\sigma_5^0=25\text{МПа}$ , а геометрические размеры отформованных образцов регистрировались после кратковременной ( $\tau_1=10\text{ мин.}$ ) и длительной пролежки ( $\tau_2=10000\text{ мин.}$ ). По полученным данным рассчитывалась кривизна образцов ( $K$ ), коэффициент формостойкости ( $\Phi$ ), коэффициент анизотропии формовочных свойств ( $\eta$ ), а также статистические характеристики. Ошибка опытов не превышала 20 % при доверительной вероятности 0,95.

Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что обувные картоны в плоскости листа при формовании в прессформах обладают симметричной анизотропией механических свойств (рис., табл.). Наибольшая анизотропия формовочных свойств после кратковременной пролежки присуща картону С-1 ( $\eta=1,54$ ), несколько меньшая - картону ГЛ ( $\eta=1,23$ ) и картону повышенной жесткости ( $\eta=1,12$ ) и наименьшая СЦМ ( $\eta=1,06$ ). После длительной пролежки величина коэффициента анизотропии, как правило, увеличивается на 8 - 26%. Наибольшая формостойкость характерна для картонов в направлении калаандро-

вания ( $\alpha=0^\circ$ ) или в направлениях близких к нему ( $\alpha=15^\circ$ ,  $\alpha=30^\circ$ ), а наименьшая - в направлении, перпендикулярном каладрованию ( $\alpha=90^\circ$ ).

Такое механическое поведение обувных картонов объясняется их строением, в частности расположением и закреплением волокон в материале. Действительно, [3] волокна в листе картона ориентированы вдоль направления каладрования, а доля объёма эластичного связующего в этом направлении меньше, чем в направлении, перпендикулярном каладрованию. Следовательно, механические свойства картонов в направлении каладрования в большей степени определяются относительно пластичными волокнами, и в меньшей степени относительно эластичным связующим. В направлении, перпендикулярном каладрованию ( $\alpha=90^\circ$ ) наоборот, свойства материала в большей степени зависят от относительно эластичного связующего, а не от относительно пластичных волокон.

При повышении уровня начального напряжения сжатия наблюдается увеличение коэффициента формостойкости (рис.) и снижение анизотропии формовочных свойств исследуемых материалов (табл.). Наиболее существенное увеличение коэффициента формостойкости наблюдалось на первых трёх уровнях напряжения, а снижение коэффициента анизотропии - на двух последних.

При формовании на S-образную поверхность характер механического поведения обувных картонов не претерпевает существенных изменений. Однако величина коэффициента формостойкости и коэффициента анизотропии изменяются значительно. Для картона С-1 в зависимости от уровня первоначального напряжения коэффициент формостойкости снижается на 14 - 23 %, а коэффициент анизотропии увеличивается на 8 - 17 %, для картона повышенной жёсткости названные коэффициенты соответственно снижаются на 8 - 14 % и увеличиваются на 6 - 9 %, для картона ГЛ - на 6-12 % и 3-7 %, для СЦМ - на 8-13 % и 3-6 %.

Очевидно, снижение формовочных свойств обувных картонов при формовании на S-образную поверхность по сравнению с формованием на цилиндрическую поверхность объясняется возникновением в переходной от выпуклой к вогнутой части образцов сложного напряжённо-деформированного состояния и тем самым повышением упругих свойств материалов.

С целью полного использования деформационных свойств материалов при изготовлении обуви необходимо знать их свойства с минимальным шагом изменения угла действия механической силы относительно осей структурной симметрии материала. Проведение этих экспериментов связано с большими материальными и трудовыми затратами. Поэтому подобные задачи для древесным, древесностружечных плит и т. п. материалов успешно решаются с применением тензоральной формулы [1]:

$$\Phi_\alpha = \frac{\Phi_0}{\cos^4 \alpha + b \sin^2 2\alpha + c \sin^4 \alpha} \quad (1)$$

$$b = \frac{\Phi_0}{\Phi_{45}} - \frac{1+C}{4} \quad (2)$$

$$C = \frac{\Phi_0}{\Phi_{90}} \quad (3)$$

Проведенные расчёты по формулам 1- 3 и анализ сходимости расчётных и экспериментальных данных (рис.) показал, что для инженерных расчётов при-

емлемо определение анизотропии показателей формовочных свойств обувных картонов по тензоральной формуле (рис.). Это позволит теоретически решать задачи по учёту анизотропии формовочных свойств обувных картонов.

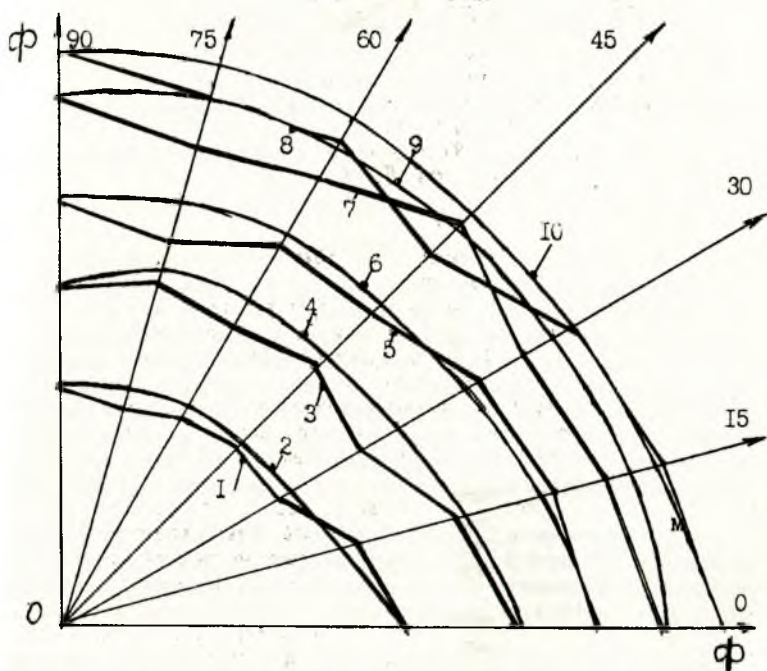
При изготовлении пространственных деталей из обувных картонов следует их выкраивать в направлении каладрования или в близких к этому направлениях и сокращать время хранения деталей после формования.

### Литература:

1. Ашкенази Е. К. Анизотропия древесины и древесных материалов. - М.: Лесная промышленность, 1978. - 22 с.
2. Колтунов В. Л., Кравчук А. С. Прочностные расчёты изделий из полимерных материалов. - М.: Машиностроение, 1983. - 303 с.
3. Матвеев В. Л., Раяцкас В. Л. Деформационные свойства обувных материалов при полупиковом сжатии. - Кожевенно-обувная промышленность, 1984, N 10, с. 36.
4. Баркаускас Р. В., Матвеев В. Л., Раяцкас В. Л. Пятравичюс А. В. Формование жёстких обувных материалов в прессформах. - М.: ПНИИТЭИлегрпром, 1986, N 5. - 28 с.

Таблица 1.

Напряжени е, σ, МПа	Время проле жки τ, мин.	Картон С-1		Картон ГЛ		Картон повы- шенной жёстко- сти		Стелечно- целлюлозный материал	
		цилиндри ческая	S- образная	цилиндри ческая	S- образная	цилиндри ческая	S- образная	цилиндри ческая	S- образная
		η <sub>ц</sub>	η <sub>с</sub>	η <sub>ц</sub>	η <sub>с</sub>	η <sub>ц</sub>	η <sub>с</sub>	η <sub>ц</sub>	η <sub>с</sub>
5	10	1,54	1,78	1,23	1,34	1,12	1,26	1,05	1,08
	10000	1,69	2,19	1,12	1,42	1,08	1,15	1,12	1,19
10	10	1,37	1,66	1,16	1,46	1,06	1,16	1,06	1,25
	10000	1,48	1,94	1,37	1,28	1,14	1,09	1,08	1,17
15	10	1,26	1,38	1,18	1,36	1,08	1,13	1,05	1,12
	10000	1,32	1,72	1,31	1,18	1,18	1,22	1,07	1,21
20	10	1,15	1,34	1,1	1,27	1,1	1,06	1,02	1,08
	10000	1,09	1,46	1,17	1,33	1,23	1,08	1,07	1,06
25	10	1,07	1,18	1,07	1,24	1,05	1,07	1,03	1,02
	10000	1,12	1,26	1,2	1,15	1,04	1,04	1,06	1,08



1,3,5,7,9 - экспериментальные кривые соответственно при  
 $\sigma^0_1 = 5$  Мпа,  $\sigma^0_3 = 10$  Мпа,  $\sigma^0_5 = 15$  Мпа,  $\sigma^0_7 = 20$  Мпа,  $\sigma^0_9 = 25$  Мпа.  
 2,4,6,8,10 - расчётные кривые соответственно при  
 $\sigma^0_2 = 5$  Мпа,  $\sigma^0_4 = 10$  Мпа,  $\sigma^0_6 = 15$  Мпа,  $\sigma^0_8 = 20$  Мпа,  $\sigma^0_{10} = 25$  Мпа.

Рис. 1. Диаграмма зависимости коэффициента формостойкости для картона С-1 от угла раскроя и от напряжения сжатия.