

МЕТОД РЕЛАКСАЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИ СЖАТИИ ОБУВНЫХ СТЕЛЕЧНО-КАРКАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Матвеев В.А.; Раяцкас В.А.

Современная технология обувного производства предполагает широкое применение механических воздействий при обработке деталей, узлов и полуфабриката. В частности формование стелечно-каркасных деталей из картонов, жесткой кожи, термопластичных полимеров осуществляется посредством сжатия. Следовательно, для оптимизации технологической обработки названных материалов первоочередное значение имеет детальное изучение механических свойств обувных материалов при сжатии. Однако в настоящее время в литературе крайне недостаточно сведений о механическом поведении обувных материалов при сжатии, в особенности основанных на статистическом подходе.

В данном сообщении приводятся результаты исследования механических свойств обувных картонов и кожи при динамическом сжатии. Причем, методика испытаний основана на принципах метода релаксационной спектрометрии [1]. Этот метод, являясь по технике исполнения механическим, позволяет, тем не менее, объяснить деформационные свойства материалов с учетом изменений, происходящих в их структуре, т. е. реализует статистический подход в описании деформативности материалов.

С целью апробации метода релаксационной спектрометрии для исследования свойств стелечно-каркасных материалов был создан лабораторный стенд, на котором реализуется этот метод в виде гармонического динамического сжатия с постоянной амплитудой деформации. Стенд позволяет нагружать образцы материала в диапазоне частот (ν) от 0,5 Гц. до 50 Гц, при амплитуде сжатия (A) 0,1 ÷ 2мм. с усилием сжатия (Q) до 3000 Н, в области температур (t) 20-200° С. При испытаниях обеспечивается непрерывная осциллографическая запись нагрузки (Q), величины абсолютной деформации (Δh), отставание возникновения максимального усилия ($\Delta \tau$), петли гистерезиса, отмечается каждый цикл деформации. На основании регистрируемых параметров определяется ряд характеристик по формулам:

$$\sigma_{max} = \frac{Q' \cdot M_Q}{F}, \quad (1)$$

$$\varepsilon_{max} = \frac{\Delta h' \cdot M_h}{h}, \quad (2)$$

$$l_{\delta\delta} = \frac{\Delta \tau \cdot M_\delta}{R}, \quad (3)$$

$$E^* = \frac{\delta_{max}}{\varepsilon_{max}}, \quad (4)$$

$$E' = E^* \cos \delta, \quad (5)$$

$$E'' = E^* \sin \delta, \quad (6)$$

$$A' = \Pi \cdot \delta_{max} \cdot \varepsilon_{max} \cdot \sin \delta, \quad (7)$$

Где σ_{max} , ε_{max} - максимальное напряжение и деформация за цикл нагружения соответственно;

$t_{дв}$ - коэффициент механических потерь;

E^* - комплексный модуль;

E' - модуль запаса;

E'' - модуль потерь;

A - величина работы, потерянной за цикл деформации;

M_Q, M_a, M_δ - масштабы записи характеристик на осциллограмме, соответственно: усилия (20 Н/мм), деформации ($2 \cdot 10^5$ м/мм), угла механических потерь ($3,6^\circ$ /мм);

F - площадь сечения образца;

h - высота образца;

R - радиус диска фотодатчика (80 мм.).

По полученным данным с применением метода Ферри-Вильямса [2] определялись непрерывные спектры релаксации.

По методике, приведенной в работе [3] были проведены испытания на гармоническое динамическое сжатие для картона С-1 ГОСТ 9542-88, стелечно-целлюлозного материала ТУ 17-21-331-80, картона повышенной жесткости ТУ 17-21-321-80, тексона (Франция), кожи ГОСТ 1903-78. Основные результаты испытаний приведены на рисунке и в таблице.

Величины установленных характеристик показывают, что обувным картонам и жесткой коже присущи высокие механические потери при сжатии. Угол механических потерь в зависимости от вида материала при частоте 1 Гц составляет от 2° до 13° .

При увеличении числа циклов сжатия наблюдается снижение комплексного модуля E^* и его составных частей - модуля накопления E' , модуль потерь E'' , а также коэффициента механических потерь. Наибольшие изменения деформационных характеристик материалов наблюдались в первых трех циклах нагружения, а затем изменения незначительны. В зависимости от вида материала величина комплексного модуля за первый цикл нагружения снижается по отношению к комплексному модулю, рассчитанному по кривой нагрузки, на $7 \div 12,8\%$, за первых три цикла нагружения - на $8,2 \div 17\%$, после десяти циклов нагружения - на $9,4 \div 17,9\%$, а за последующие 290 циклов снижение комплексного модуля составили всего лишь $0,2 \div 4,8\%$, от его величины в десятом цикле. Еще большие изменения наблюдаются для коэффициента механических потерь: за первый цикл нагружения снижение в зависимости от вида материала составило $16,5 \div 46,9\%$, за первых три цикла - $28,1 \div 49,5\%$, после 10 циклов - $50 \div 68\%$, а за последующие 290 циклов изменение не превышало 20% . После "отдыха" образцов в течение 24 часов и последующего испытания величины модулей и коэффициента потерь не достигают значений, соответствующих исходным структурам материала. Это свидетельствует о происхождении в структурах стелечно-каркасных материалов необратимых преобразований при действии периодической механической нагрузки.

Установлено, что стелечно-каркасные материалы в диапазоне исследуемых частот имеют относительно высокие значения угла механических потерь, а в области частот 5-10 Гц на графиках $t_{g\delta} = t(v)$ наблюдаются пологие экстремумы (Рис.).

Высокий фон механических потерь для обувных картонов и кожи во всей области исследуемых частот объясняется наличием в этих материалах большого количества релаксаторов, ответственных за высокотемпературные переходы. Такими структурными единицами являются фибриллы и агрегаты фибрилл целлюлозы и коллагеновых волокон, надмолекулярные образования, связующего, волокна и хлопья волокон. Появление на зависимостях $t_{g\delta} = t(v)$ экстремума свидетельствует о существовании в общей массе кинетических единиц материала основных релаксато-

ров, имеющих одинаковое наивероятнейшее время релаксации (τ_m). С учетом параметров свободных колебаний перечисленных релаксаторов и области частот, в которых наблюдаются экстремумы на графиках $t_{g\delta} = t(\nu)$ за основные релаксаторы для стелечно-каркасных материалов при высокотемпературных релаксационных переходах следует принять волокна материалов. За счет эластичности соединений в массе материала основные релаксаторы могут совершать в нормальных условиях ограниченные колебания. Размытость же максимума на графиках зависимости коэффициента механических потерь от частоты объясняется значительными колебаниями геометрических размеров основных релаксаторов.

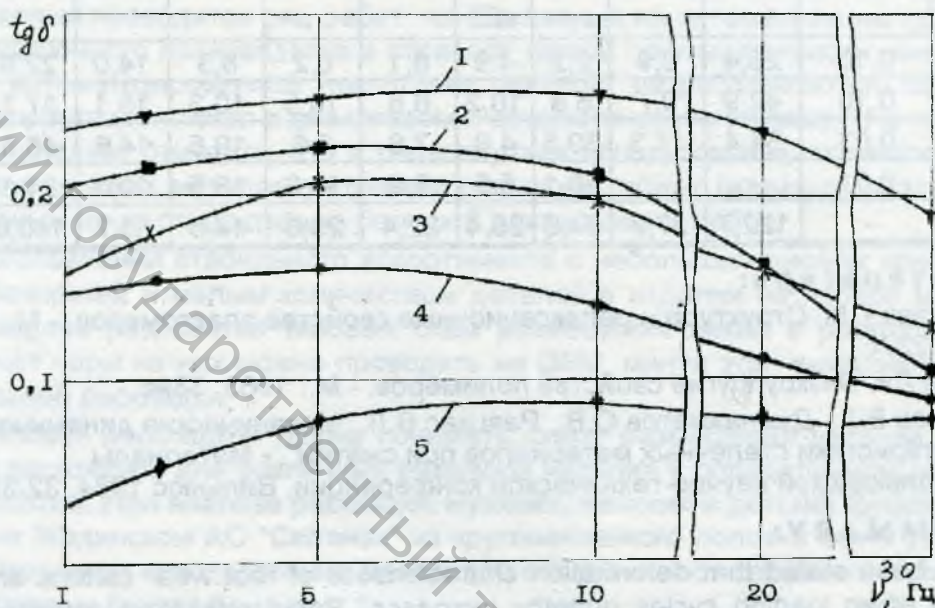


Рис. Зависимости тангенса угла механических потерь от частоты:

1 - для тексона, 2 - для картона С-1, 3- для СЦМ, 4- для кожи, 5- для КПЖ.

Для картона повышенной жесткости фон механических потерь в два с лишним раза меньше, чем для других исследуемых материалов. Не установлено для этого материала и релаксационного перехода, т.к. значение коэффициента механических потерь для образцов картона повышенной жесткости при увеличении частоты от 1 Гц до 5 Гц возрастает, а затем остается на одном уровне. Это объясняется отсутствием в картоне повышенной жесткости, при данных условиях, структурных элементов, которые могли бы выполнять роль основных релаксаторов. Волокна и наполнители этого материала жестко связаны фенолформальдегидной смолой, вследствие чего движение их весьма затруднено. Наблюдаемые механические потери в картоне повышенной жесткости объясняются несовершенством структуры материала в виде пустот и микродефектов.

Анализ данных релаксационной спектроскопии путем построения непрерывных спектров релаксации позволяет дать количественную оценку "быстрым" релаксационным процессам в материалах табл. Данные непрерывных спектров релаксации показывают, что в стелечных материалах при сжатии уже в интервале времени от 0,01 с до 0,15 с происходят интенсивные релаксационные процессы. Величина релаксирующего модуля за этот период времени составляет 27% - 53% величины комплексного модуля в зависимости от вида исследуемого материала. Следовательно, традиционные испытания процессов механической релаксации при статическом нагружении не дают полной оценки вязкоупругих свойств стелечно-

каркасных материалов, а должны дополняться испытаниями при кратковременном механическом воздействии.

Таблица непрерывных спектров релаксации стелечных материалов при сжатии

Частота воздействия V, Гц.	Время релаксации τ^p , с	Механические потери H (τ)									
		Картон С-1		КПЖ		СЦМ		Тексон		Кожа	
		МПа	% кЕ*	МПа	% кЕ*	МПа	% кЕ*	МПа	% кЕ*	МПа	% кЕ*
1	0,15	25,4	6,9	2,2	4,9	0,1	0,2	8,3	14,0	22,9	8,2
2	0,10	42,9	9,7	6,8	10,2	6,6	10,5	10,3	15,1	37,7	10,6
5	0,03	54,4	11,3	39,5	4,8	7,8	8,6	10,5	14,6	45,8	11,0
10	0,01	-	-	46,1	5,5	7,9	10,3	15,5	10,0	34,1	8,8
сумма	-	122,7	27,9	94,6	25,4	22,4	29,6	44,6	53,7	140,0	38,6

Литература:

1. Бартенев Г.М. Структура и релаксационные свойства эластомеров. - М.: Химия, 1979, 237с.
2. Ферри Дж. Вязкоупругие свойства полимеров. - М.: 1963, 389с.
3. Матвеев В.Л., Джанахметов О.В., Раяцкас В.Л. "Механические динамические характеристики стелечных материалов при сжатии". - Материалы республиканской научно-технической конференции, Вильнюс 1984. 32-35с.

SUMMARY:

It has been stated that deformation characteristics of foot wear cartons and leather decrease when loading cycles quantity increases. Rapid relaxation processes are of great importance for description of tough and elastic properties of these materials at contraction.