

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РЕЛАКСАЦИЮ НАПРЯЖЕНИЙ В КАРТОНАХ И КОЖЕ ПРИ СЖАТИИ

*Матвеев В.Л., Ринейский И.Н.*

Картон и кожа являются вязкоупругими материалами, в которых при сжатии интенсивно протекают процессы механической релаксации [1]. Как известно, на эти процессы существенное влияние оказывает температура [2]. Однако влияние температуры на релаксацию напряжения в обувных материалах при сжатии мало изученно, что не позволяет обоснованно решать вопросы по расчету показателей вязко-упругих свойств материалов и по определению параметров технологической обработки обувного полуфабриката. Поэтому исследование влияния температуры на релаксацию напряжения в обувных материалах имеет как научное, так и практическое значение.

В настоящей работе приводятся результаты по исследованию релаксации напряжения в обувных материалах при сжатии в изотермических условиях в интервале температур 20-200°C и предложены уравнения кривых релаксации напряжения с учетом интенсифицирующего действия температуры.

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с методикой описанной в работе [1]. В качестве образцов использовались широко применяемые в обувной промышленности стелечно-каркасные материалы, а именно: кожа 3 категории (ГОСТ 1903-78), картон С-1 (ГОСТ 9542-88), картон повышенной жесткости (ТУ 17-21-321-80), стелечно-целлюлозный материал (ТУ 17-21-331-80), текстон (производства фирмы "Текстон", Франция).

По результатам проведенных опытов построены графики зависимости напряжения от времени наблюдения (кривые релаксации напряжения) при постоянной величине деформации сжатия в изотермических условиях в интервале температур 20-200° С [3].

Полученные данные свидетельствуют о том, что при прогреве материалов кривые релаксации напряжения для образцов, имеющих более высокую температуру, располагаются последовательно ниже кривых для образцов, имеющих меньшую температуру. С повышением температуры материалов от нормальной до температуры предела термостабильности в зависимости от вида материала снижается начальное напряжение сжатия ( $\sigma_n$ ) на 17, 1-28, 9% а напряжение, соответствующее моменту окончания опыта ( $\sigma_k$ ), на 30, 4-59, 3 %, при этом релаксирующее напряжение ( $\sigma_r$ ) и скорость релаксации напряжения ( $V_r$ ) увеличивается соответственно на 10, 9-46 % и на 10, 5-62 %.

Изменение перечисленных показателей свидетельствует о повышении интенсивности процессов механической релаксации в исследуемых материалах при повышении температуры их прогрева. При этом не удалось выделить материал, для которого существует наибольший эффект термовоздействия на всех интервалах изменения температуры или самое высокое изменение рассматриваемых показателей в пределах температур эксперимента. Изменение вязкоупругих характеристик картонов и кожи при испытании на релаксацию напряжения в зависимости от температуры имеет сложный характер. Однако, для исследуемых материалов установлена область температур, в которой интенсивность изменений показателей, характеризующих процесс релаксации напряжений, наибольшая. Следовательно, можно установить температуру максимальной эффективности действия

прогрева на релаксацию напряжения в каркасно-стелечных материалах при сжатии, а именно: для картона С-1 - 80°C, для стелечно-целлюлозного материала - 100°C, для тексона и кожи - 120°C, для картона повышенной жесткости - 180°C. При указанных температурах наблюдается падение напряжения, составляющее 75 - 90% от общей величины падения напряжения, зафиксированного при температуре, равной пределу термостабильности. При дальнейшем прогреве величина падения напряжения незначительна и не исключена возможность термодеструкции материала.

Такое термомеханическое поведение каркасно-стелечных материалов объясняется гетерогенностью материалов, а также различием теплофизических свойств их ингредиентов. Следует отметить, что установленная температура максимальной эффективности действия прогрева на релаксацию напряжения сжатия, тесно коррелирует с температурой перевода связующего картонов в вязко-текучее состояние. Очевидно, максимальная релаксационная способность обувных картонов при сжатии имеет место при нарушении клеевых соединений между структурными образованиями материала и связана с переводом связующего картонов в вязко-текучее состояние.

Установленные закономерности в протекании релаксационных процессов в стелечно-каркасных материалах, а именно, взаимокompенсирующее влияние температуры прогрева образцов и времени выдержки их при сжатии, дает основание для применения метода температурно-временной аналогии при описании механического поведения исследуемых материалов.

Проверка этого предположения осуществлялась с использованием метода, разработанного М.А. Колтуновым [4]. Для этого кривые релаксации напряжения для стелечных материалов при сжатии для разных фиксированных температур перестраиваются в зависимость относительного изменения напряжения от логарифма времени

$$\left( \frac{\sigma(0) - \sigma(\tau)}{\sigma(0)} = f(\lg \tau) \right)$$

На рис.1 в качестве примера приведены графики для тексона. Графики этих зависимостей в пределах области термостабильности материалов представляют собой линии близкие к прямым. Далее путем смещения графиков

$$\frac{\sigma(0) - \sigma(\tau)}{\sigma(0)} = f(\lg \tau)$$

вдоль оси  $\lg \tau$ , например, для тексона рис.1 линия 4 совмещается с базовой линией 6, определяется величина логарифма коэффициента приведения температуры  $\lg a_i$ . При данных построениях за базовую линию принят график относительного изменения напряжения от логарифма времени, соответствующий температуре предела термостабильности, математическое описание которого приведено в работе [3].

Аналогичным образом с базовой линией совмещаются все остальные линии (1,2,3,5) и определяется зависимость  $\lg a_i = f(t_0 - t)$ . Совмещенные линии 1-6 представляют собой одну обобщенную кривую рис.2, что свидетельствует о подчинении механического поведения тексона при статическом сжатии закономерностям температурно-временной аналогии.

На основании этих построений устанавливается зависимость для расчета приведенного времени.

$$\tau' = \tau / \exp 0,034(140 - t) \quad (1)$$

Далее в уравнение релаксации, выведенное для базовой кривой, вводят зависимость для расчета приведенного времени и получают уравнение релаксации напряжения с учетом интенсифицирующего действия температуры.

$$\sigma(\tau, t) = \varepsilon E_0 \left( 1 - \int_0^{\tau} 0,00438 e^{-0,05s/\exp 0,034(140-t)} s / \exp 0,034(140-t) \right)^{-0,9} ds \quad (2)$$

Аналогичным образом были построены обобщенные кривые и выведенные уравнения релаксации напряжения для других исследуемых материалов.

Для картона С-1

$$\sigma(\tau, t) = \varepsilon E_0 \left( 1 - \int_0^{\tau} 0,00438 e^{-0,05s/\exp 0,037(100-t)} s / \exp 0,037(100-t) \right)^{-0,9} ds \quad (3)$$

Для картона повышенной жесткости

$$\sigma(\tau, t) = \varepsilon E_0 \left( 1 - \int_0^{\tau} 0,0051 e^{-0,05s/\exp 0,025(180-t)} s / \exp 0,025(180-t) \right)^{-0,95} ds \quad (4)$$

Для стелечно-целлюлозного материала

$$\sigma(\tau, t) = \varepsilon E_0 \left( 1 - \int_0^{\tau} 0,0673 e^{-0,05s/\exp 0,032(140-t)} s / \exp 0,032(140-t) \right)^{-0,9} ds \quad (5)$$

Для кожи

$$\sigma(\tau, t) = \varepsilon E_0 \left( 1 - \int_0^{\tau} 0,034 e^{-0,05s/\exp 0,023(120-t)} s / \exp 0,023(120-t) \right)^{-0,9} ds \quad (6)$$

Отклонение значений напряжения, рассчитанных по уравнениям (3)-(6), от экспериментальных данных не превышает 20%.

#### Литература:

1. Матвеев В.Л., Райцкас В.Л. Релаксация напряжений и ползучесть стелечных материалов при сжатии. Известия вузов. Технология легкой промышленности. Сообщение 1, 1986, 4.
2. Вартецев Г.М., Зеленов В.В. Физика и механика полимеров М., Высшая школа, 1983, 391 с.
3. Матвеев В.Л., Райцкас В.Л. Релаксация напряжений и ползучесть стелечных материалов при сжатии. Известия вузов. Технология легкой промышленности. Сообщение 2, 1986, 5.
4. Колтунов М.А. Ползучесть и релаксация. - М., Высшая школа 1976, 277 с.

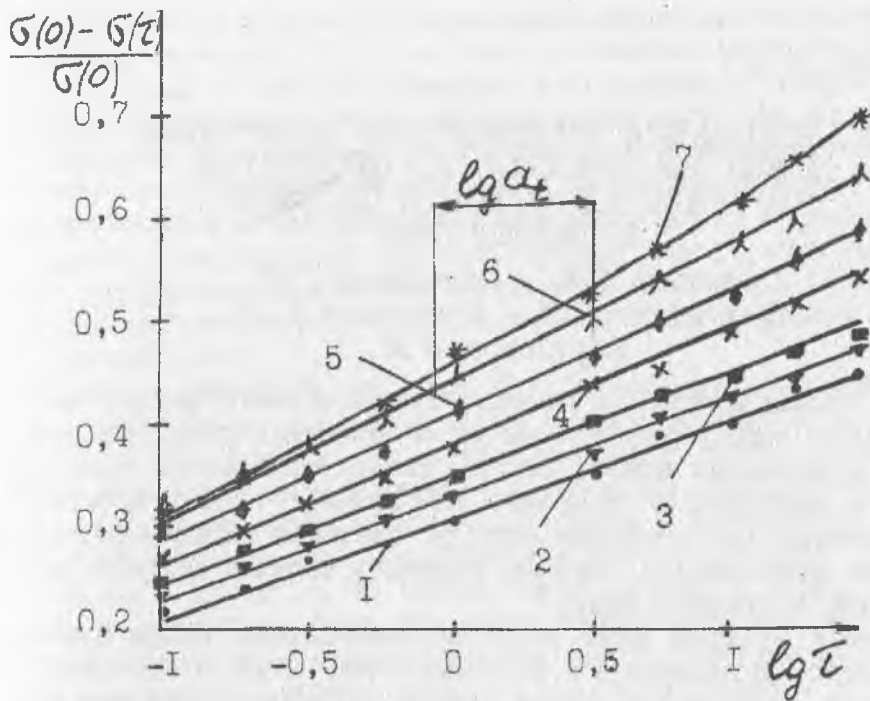


Рис. 1. Зависимость относительного изменения напряжения от логарифма времени (для тексова):  
 1-при 20°C, 2-при 60°C, 3-при 80°C, 4-при 100°C, 5-при 120°C, 6-при 140°C, 7-при 160°C.

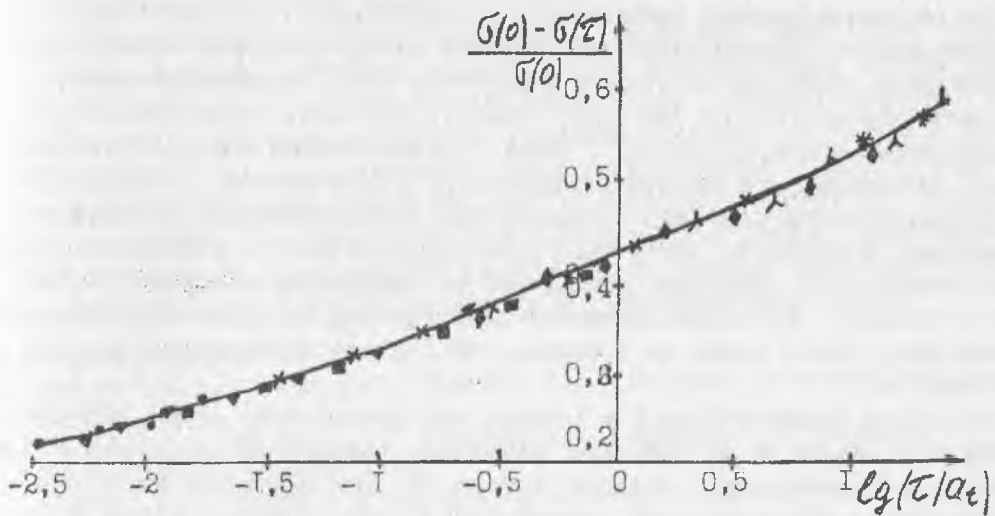


Рис. 2. Обобщенная зависимость относительного изменения напряжения от логарифма времени  
 (для тексова).