

Использование механических аналогов для исследования напряженно-деформированного состояния текстильных материалов при фиксированной деформации

И.А. ШЕРОМОВА

(Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
E-mail: Irina.Sheromova@vvsu.ru)

А.С. ЖЕЛЕЗНЯКОВ

(Новосибирский технологический институт МГУДТ)

Придание изделию проектной формоустойчивой конфигурации, устранение складок и заминов на поверхности детали и т.д. возможно, когда при фиксированных значениях составляющих деформации создаваемое напряжение практически полностью релаксирует. Вследствие нелинейности поведения текстильных материалов научно-обоснованное определение параметров и режимов ВТО эмпирическим путем представляется маловероятным. Для исследования процесса и определения качественной картины релаксации напряжения при постоянной деформации материала достаточно успешно могут быть использованы методы моделирования на базе механических аналогов, дающих представление о деформационно-релаксационных свойствах легкодеформируемых текстильных материалов (ЛДТМ). В работе проведены теоретические и экспериментальные исследования, связанные с моделированием напряженно-деформированного состояния ЛДТМ при фиксированной начальной деформации.

Установлено, что уравнение релаксации напряжения при постоянной деформации, рассматриваемое в области вязкоупругих значений, соответствует уравнению Кольрауша-Слонимского.

Однако анализ данного уравнения показывает, что при $t \rightarrow \infty$ в материале могут сохраняться остаточные напряжения σ_{∞} , что может характеризоваться наличием некоторого значения пластической составляющей деформации, присутствующей наряду с вязкоупругим деформированием и как бы «вплетённой» в неё.

Обеспечение нулевого значения остаточного напряжения $\sigma_{\infty} = 0$ возможно при дальнейшей обработке текстильного материала легкодеформируемой структуры под воздействием внешних факторов, например, действием паровоздушной среды.

Следуя тому, что прогнозирование поведения текстильных материалов, представляющих собой ориентированные полимеры, затруднено из-за нелинейности их внутренних свойств, релаксационный процесс в общем случае следует представлять как нелинейный объект, аналогом которого может быть механическая модель Максвелла с введением в неё негуковского элемента Лидермана.

В результате проведенных теоретических исследований получено подтверждение тому, что для прогнозирования деформационно-релаксационного поведения ЛДТМ при фиксированной деформации могут быть использованы уравнения механических моделей Кольрауша-Слонимского и Максвелла-Лидермана.

Из уравнения модели Максвелла-Лидермана следует, что для выполнения практических расчётов необходимо знать постоянную времени процесса (T_R) релак-

сации напряжения (σ) или усилия (T) при фиксированной деформации. В теоретическом рассмотрении решение этой задачи представляет собой значительную сложность, так как отсутствуют аналитические соотношения, связывающие кинетические характеристики релаксационных переходов с факторами внешнего воздействия. Это потребовало проведения дополнительных экспериментальных исследований.

Рассматривая решение уравнения механической модели Максвелла-Лидермана при допущении $\alpha = 0$ и используя полученные экспериментальные данные для конкретного вида материала (в частности, пальтово- костюмного трикотажного полотна) с последующим расчётом T_R , как функции параметров паровоздушной среды, получена экспериментально-теоретическая модель, которая имеет вид:

$$T(t) = T_0 \cdot e^{-\frac{t}{T_R}}, \quad (1)$$

где T_0 - начальное усилие

$$T_R = 4490 \cdot \Theta^{-1,5}, \quad (2)$$

где $\Theta \in [80, 180^\circ \text{C}]$ - температура паровоздушной среды.

Таким образом, в результате теоретических и экспериментальных исследований установлено, что, хотя и в качестве расчётной модели кинетики процесса релаксации напряжения (усилия) при фиксированной деформации в общем случае и при определенных допущениях может быть принята механическая модель Максвелла-Лидермана, экспериментальным данным по исследованию релаксационных процессов при постоянной деформации, рассмотренных в ограниченный промежуток времени в большей степени соответствует 3-х параметрическая модель, описываемая уравнением Кольрауша-Слонимского.