

## ОБ ИЗМЕРЕНИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ СТРОБОСКОПИИ\*

*Г.П. СТАРКОВА, Т.А. ЖЕЛЕЗНЯКОВА, А.С. ЖЕЛЕЗНЯКОВ*

(Владивостокский государственный университет экономики и сервиса,  
Новосибирский технологический институт  
Московского государственного университета дизайна и технологии)

При производстве и переработке легкодеформируемых материалов, в частности, текстильных, важно знать, как изменяется их напряженно-деформированное состояние (НДС) при взаимодействии с рабочими органами технологического оборудования. Особенно необходимыми такие знания являются при подготовке материалов к раскрою, так как уровень НДС при промере, разбраковке и формировании настилов влияет на точность измерения длины, размерные характеристики деталей кроя и качество готовых швейных изделий [1], [2].

В настоящей работе рассматриваются метод и результаты экспериментальных исследований НДС материалов с использованием стробоскопического эффекта. Суть метода состоит в том, что при синхронизации скорости движения ткани или трикотажного полотна с частотой работы импульсной лампы строботометра можно устойчиво наблюдать и фиксировать параметры их деформации.

Рассмотрим обоснование применимости этого метода для исследования НДС легкодеформируемых материалов. Введем обозначения:  $h_0$  и  $h_i$  – линейные размеры раппорта переплетения в свободном и  $i$ -м напряженно-деформированных состояниях при  $T_i$ -м нагружении;  $V_0$ ,  $\tau_0$  и  $\xi_0$  – соответственно скорость, время перемещения раппорта переплетения на один шаг и начальное значение синхронизирующей частоты строботометра.

Запишем соотношения введенных параметров:

$$\tau_0 = \frac{h_0}{V_0}, \quad \xi_0 = \frac{1}{\tau_0} = \frac{V_0}{h_0}. \quad (1)$$

При варьировании внешним силовым воздействием от  $T_0$  до  $T_i$  изменяется размер раппорта переплетения образца от  $h_0$  до  $h_i$ , что и является информативным параметром деформации материала от  $\varepsilon_0$  до  $\varepsilon_i$ :

\* Работа выполнена по гранту Министерства образования РФ 2003 г.

$$\varepsilon_i = \frac{(h_i - h_0) \cdot 100}{h_0} = \left( \frac{V_0 / \xi_i}{V_0 / \xi_0} - 1 \right) = \left( \frac{\xi_0}{\xi_i} - 1 \right) \cdot 100\% . \quad (2)$$

Отсюда следует, что если известна зависимость  $\varepsilon = \varphi(T)$  и базовое значение  $\xi_0$  для  $h_0$ , то по измеренной частоте синхронизации  $\xi_i$  для различных материалов и величин натяжения можно определить  $\varepsilon_i$  материала как в лабораторных условиях, так и в номинальном режиме эксплуатации технологического оборудования.

Для того, чтобы определить параметр  $\xi_0$  по отношению к другой скорости движения материала  $V_1$ , необходимо преобразование вида

$$\xi_0 = \frac{\xi_1 V_0}{V_1} , \quad (3)$$

где  $\xi_1$  – синхронизирующая частота строботахометра, соответствующая  $V_1$ .

Таким образом, определение НДС материала по значению стробоскопической частоты сводится к следующему:

- предварительно определяется  $h_0$  и  $\xi_0$  для известной скорости движения материала  $V_0$ ;
- измеряется синхронизирующая частота  $\xi_1$  для скорости движения материала  $V_1$  и корректируется коэффициентом  $K = V_1 / V_0$ , то есть  $\xi_1 = K \xi_0$ ;
- по выражению (2) определяется относительная деформация материала в зоне обработки;
- по тарифовочному графику [ $\varepsilon = \varphi(T)$ ] определяется натяжение материала.

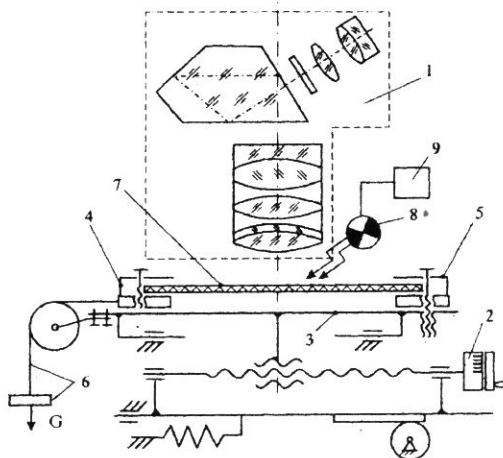


Рис. 1

На рис.1 представлена схема экспериментального стенда для измерения НДС материала, где 1 – оптическая система микроскопа; 2 – микрометр; 3 – подвижная платформа; 4 и 5 – подвижный и неподвижный зажимы; 6 – подвеска с грузом; 7 – образец материала; 8 – импульсная лампа; 9 – строботахометр.

Для измерения деформации нагружаемых образцов материалов использовали строботахометр СТ-5 и микроскоп ММИ, дооснащенный специальным приспособлением в виде зажимов для испытуемых образцов материала и с подвеской для грузов. В качестве контрольного участка для измерения деформации материалов принят раппорт переплетения, определяемый расстоянием между нитями утка или петлями трикотажного переплетения.

Контрольный размер  $h_0$  определяли как среднее значение из длины пяти раппортов переплетений. Выбор такого количества структурных элементов материала ограничивался условиями визуального восприятия измеряемой зоны в поле зрения микроскопа.

С учетом конструктивных ограничений измерительного стола микроскопа и исключения краевых эффектов длину образца брали равной  $l = 150$  мм, а ширину  $b = 60$  мм. При этом варьируемое натяжение  $T$  образца материала соотносилось с его полной шириной  $V$ , то есть  $T = \frac{T_p b}{V}$ , Н.

Так, например, при ширине материала  $V = 1,5$  м и его возможном нагружении в реальных условиях до  $T_p = 100$  Н прикладываемое усилие к образцу не должно превышать 4 Н, что и определяло область варьирования этого параметра при постановке эксперимента. Исследования зависимости  $\xi = f(T)$  проводили для различных материалов, которые подбирали с учетом значимого изменения упругих свойств в диапазоне выбранного нагружения.

Шаг варьирования нагружения образцов в диапазоне от 0,0 до 1,0 Н составлял

0,2 Н, а в диапазоне до 4,0 Н – 1,0 Н. Такие уровни и диапазоны варьирования обоснованы тем, что переход деформационных характеристик выбранных образцов из зоны условно-упругой составляющей в область вязкоупругих значений предположительно находится в первом диапазоне нагружения.

Вследствие этого с целью более точного определения переходной зоны деформационных характеристик материалов уровни нагружения образцов были выбраны разными. Одновременно полагали, что

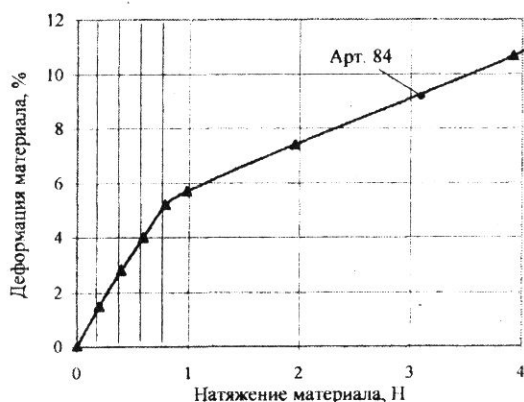


Рис. 2

На рис. 2 представлена тарировочная зависимость  $\xi = f(T)$  натяжение – частота синхронизации для условий движения материала (арт. 84) с постоянной скоростью  $V_0$ .

Сопоставление полученных зависимостей  $\xi = f(T)$  с тарировочными графиками натяжение – деформация позволяет говорить о полном их подобии в зеркальном отображении (рис. 3). Полученные результаты в достаточной мере доказывают возможность применения предлагаемого способа для исследования НДС движущихся легкодеформируемых материалов.

При оперировании относительными величинами изменения частот синхронизации представляется возможным исключить зависимость тарировочных параметров от скорости перемещения материала, так как полученные соотношения справедливы для любых реальных режимов обработки материалов при их производстве и подготовке к раскрою. Исходным параметром остается только базовая частота стробоскопи-

внутри каждого из диапазонов характеристики натяжение – частота синхронизации несут зависимости, близкие к линейным.

Для построения тарировочной характеристики натяжение – частота синхронизации использовали горизонтальную платформу микроскопа, линейная скорость которой  $V_0 = 0,012$  м/с. Экспериментальные исследования проводили нагружением образцов в тех же диапазонах, как и при построении зависимостей натяжение – деформация.



Рис. 3

ческого эффекта  $\xi_0$ , предварительно определяемая для материалов, находящихся в свободном недеформированном состоянии.

Методика измерения НДС движущихся материалов апробирована в производственных условиях при исследовании процесса размотки рулонных материалов из неприводного рольганга. Расхождения экспериментальных данных натяжения материала с расчетными значениями не превысили 9%.

## ВЫВОДЫ

Проведены экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния материалов посредством использования стробоскопического эффекта и получены результаты, которые дают основание говорить о перспективности предложенного метода, позволяющего с достаточной для практики точностью решать вопросы измерения деформационных па-

раметров легкодеформируемых материалов в лабораторных и производственных условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Железняков А.С. Основы проектирования и совершенствования процессов подготовки материалов к раскрою: Дис. ... докт. техн. наук. – М.: МГУДТ, 2000.

2. Бондарев А.А. Разработка методов прогнозирования изменений размеров ткани при производстве одежды: Дис. ... канд. техн. наук. – М.: МТИЛП, 1987.

Рекомендована кафедрой машин и аппаратов легкой промышленности НТИ МГУДТ. Поступила 23.12.02.

---