

УДК 677.017.427

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОУПРУГИХ ПАРАМЕТРОВ ПРЯЖИ
ИЗ ВТОРИЧНЫХ АРАМИДНЫХ ВОЛОКОН**

С.Д.НИКОЛАЕВ, С.С.ЮХИН, А.И.СЛУГИН, А.К.СИНИЦЫН

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)

Изготовление тканей из арамидных волокон всегда было актуальной проблемой. Эти ткани имеют широкое использование для изготовления изделий специального назначения. Свойства арамидных нитей и арамидной пряжи таковы, что переработка их в ткачестве затруднительна. Они имеют сравнительно высокую прочность, но имеют небольшое разрывное удлинение. Кроме того, многократное воздействие на нити, так же как и истирание, отрицательно сказывается на их эксплуатационных свойствах.

Для технологического процесса ткачества особое значение имеют вязкоупругие параметры.

В настоящее время при производстве арамидных материалов значительная их часть идет в отходы. Вот почему использование вторичных арамидных материалов актуально в связи с очень высокой стоимостью сырья.

В данной работе определены вязкоупругие параметры пряжи, полученной из вторичных арамидных материалов. Эти параметры определены по методике, разработанной на кафедре ткачества Московского государственного текстильного университета им. А.Н.Косыгина [1].

Для описания процессов деформирования вязкоупругих материалов применена теория наследственной вязкоупругости, основанная на принципе суперпозиции. При этом использованы две гипотезы: упругие силы зависят не только от мгновенно полученных смещений, но и от предшествующих деформаций, которые оказывают

тем меньшее влияние на них, чем больше времени прошло с момента предшествующих деформаций; влияние полученных в разное время деформаций складывается.

Математическая запись зависимости напряжений от деформаций, основанных на этих гипотезах, имеет вид:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E} + \frac{1}{E} \int_0^t K(t-\tau)\sigma(\tau)d\tau, \quad (1)$$

$$\sigma(t) = E\varepsilon(t) - E \int_0^t V(t-\tau)\varepsilon(\tau)d\tau,$$

где σ – напряжение; ε – деформация; $K(t-\tau)$ и $V(t-\tau)$ – функции влияния; t – время наблюдения; τ – время, предшествующее времени наблюдения.

При $\varepsilon(t)=const$ получаем уравнение для описания релаксационных процессов:

$$\sigma(t) = E \varepsilon_{0k} - \left[1 - \int V(t)dt \right]. \quad (2)$$

Функция $V(t)$ носит название функции скорости релаксации.

В расчетной практике при изучении технологических процессов ткачества наибольшее применение нашли функции, предложенные А.Р. Ржаницыным, М.А. Колтуновым.

Ядро релаксации А.Р. Ржаницына имеет вид:

$$V(t) = Ae^{-\beta t} t^{\alpha-1} \quad (0 < \alpha < 1, \beta > 0), \quad (3)$$

где A, α, β – параметры материала.

Определение вязкоупругих параметров методом логарифмических совмещений осуществлен в работах проф. В.П.Щербакова [2]. Для использования этого метода при определении параметров сингулярного ядра и резольвенты, а также модуля упругости, необходимо иметь достаточное количество кривых релаксации напряжения или ползучести деформации. Для этого необходимо иметь большое количество таблиц. Такие таблицы и кривые функций известны и приводятся в специальной литературе [3].

Однако данный метод очень трудоемок, требует больших затрат времени, специальных таблиц и графиков. На кафедре ткачества разработан более простой метод. Сущность его заключается в измерении нагрузки при заданной деформации во времени. Нить основы или утка на универсальной разрывной машине ФП-10 доводится до деформации ε , машина останавливается и далее через определенные промежутки времени фиксируется нагрузка.

Время t_1 находим из выражения:

$$t_1 = \ell / v, \quad (4)$$

где ℓ – длина нижнего зажима; v – скорость нижнего зажима.

Время t_2, t_3, t_4 определяют при помощи секундомера. Кроме того, на машине можно записать экспериментальную кривую релаксации на диаграммную бумагу. Зная скорость бумаги, легко можно найти значения нагрузок, $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$ во времени t_1, t_2, t_3, t_4 .

Деформация ε определяется по формуле:

$$\varepsilon = \ell / L, \quad (5)$$

где ℓ – ход нижнего зажима разрывной машины, определяется по показаниям счетчика; L – длина образца.

Напряжение нити можно определить, зная нагрузку P_i по показаниям машины и

площадь поперечного сечения нити S_i :

$$\sigma = P_i / S_i. \quad (6)$$

Площадь поперечного сечения нити определяется по известной формуле Ашенхерста:

$$S = \pi d^2 / 4 = 0,001 \pi c^2 T / 4, \quad (7)$$

где d – диаметр нити; T – линейная плотность нити; c – коэффициент, зависящий от вида волокнистого состава.

Взаимосвязь σ_i и ε_i можно записать в виде:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= E \varepsilon \left[t_1 - \int_0^{t_1} V(t-\tau) \tau d\tau \right], \\ \sigma_2 &= \sigma_1 - E \varepsilon \int_0^{t_2} V(\tau) d\tau, \\ \sigma_3 &= \sigma_1 - E \varepsilon \int_0^{t_3} V(\tau) d\tau, \\ \sigma_4 &= \sigma_1 - E \varepsilon \int_0^{t_4} V(\tau) d\tau. \end{aligned} \quad (8)$$

Особенностью функций $V(t-\tau)$ и $V(\tau)$ является то, что интегралы от них в явном виде взять нельзя. Для упрощения расчетов можно воспользоваться разложением функции $e^{-\beta t}$ в ряд Маклорен.

Многочисленные расчеты показали, что при изучении явлений, происходящих с текстильными материалами во времени $0 < t < 0,5$, достаточно иметь один член приведенных уравнений, а во времени $0,5 < t < 1$ – два члена. Исходя из этого система уравнений примет вид:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= E \varepsilon \left[1 - \frac{A t_1^\alpha}{\alpha(\alpha+1)} \right], \\ \sigma_2 &= \sigma_1 - E \varepsilon A \left[\frac{(t_2^\alpha - t_1^\alpha)}{\alpha} \right], \end{aligned} \quad (9)$$

$$\sigma_3 = \sigma_1 - E \varepsilon A \left[\frac{(t_3^\alpha - t_1^\alpha)}{\alpha} \right],$$

$$\sigma_4 = \sigma_1 - E \varepsilon A \left[\frac{(t_2^\alpha - t_1^\alpha)}{\alpha} - \frac{\beta(t_4^{\alpha+1} - t_1^{\alpha+1})}{\alpha + 1} \right].$$

При проведении эксперимента время t_1, t_2, t_3 берем в интервале $0 < t < 0,5$, а время t_4 – в интервале $0,5 < t < 1$.

Имеем систему четырех уравнений с четырьмя неизвестными. Из первого уравнения системы имеем:

$$E = \frac{\sigma_1 \alpha (\alpha + 1)}{\varepsilon [\alpha (\alpha + 1) - A t_1^\alpha]}. \quad (10)$$

Из второго и третьего уравнений системы имеем:

$$t_1^\alpha (\sigma_2 - \sigma_3) - t_2^\alpha (\sigma_1 - \sigma_3) + t_3^\alpha (\sigma_1 - \sigma_2) = 0. \quad (11)$$

Из второго уравнения системы:

$$A = \frac{(\sigma_1 - \sigma_2) \alpha (\alpha + 1)}{\sigma_1 (\alpha + 1) (t_2^\alpha - t_1^\alpha) + (\sigma_1 - \sigma_2) t_1^\alpha}. \quad (12)$$

Из четвертого уравнения:

$$\beta = \frac{\sigma_4 - \sigma_1 + [E \varepsilon A (t_4^\alpha - t_1^\alpha)] / \alpha}{E \varepsilon A (t_4^{\alpha+1} - t_1^{\alpha+1}) / (\alpha + 1)}. \quad (13)$$

Итак, в результате решения системы четырех уравнений сначала находим величину α . Решение представленного уравнения возможно методом приближений – методом проб. На ПЭВМ оно может быть решено методом половинного деления. Затем находим величину A , далее мгновенный модуль упругости E и величину β .

Для исследования взята пряжа линейной плотности 60 текс, полученная из вторичных арамидных материалов. Из этой пряжи в дальнейшем вырабатывались арамидные ткани различного переплетения с плотностью ткани по основе 240 нит/дм, плотностью ткани по утку 120 нит/дм.

На разрывной машине, работающей со скоростью нижнего зажима 500 мм/мин, получены следующие данные (табл. 1)

Т а б л и ц а 1

Параметр	Деформация, %	Время, мин	Нагрузка, сН	Напряжение, кГ/мм ²
1	1	0,01	1093	17,513
2		0,20	1058	16,959
3		0,40	1046	16,770
4		0,60	1040	16,660

В результате расчетов на ЭВМ получены следующие значения вязкоупругих параметров: $E=18000$ МПа; $A=0,020$; $\alpha=0,220$; $\beta=0,094$.

Значения вязкоупругих параметров позволяют рассчитать в дальнейшем напряженно-деформированное состояние нитей основы и утка на ткацком станке. Значения вязкоупругих параметров (сравнительно большие значения модуля упругости и параметра α и небольшие значения параметра A) свидетельствуют о том, что технологический процесс на ткацком станке будет напряженным. Сравнение вязкоупругих параметров с моноситами свидетельствует о том, что релаксационные процессы будут

идти несколько интенсивнее в пряже. Однако выработать ткани на современных бесчелночных станках типа СТБ вряд ли возможно с учетом других характеристик пряжи (стойкость к трению, многократным нагрузкам, изгибу и т.д.). Для изготовления тканей из исследуемых нитей целесообразно использовать или современные рапирные станки, или старые челночные.

В Ы В О Д Ы

1. По методике, разработанной ранее на кафедре ткачества Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина, определены вязкоупругие

параметры пряжи линейной плотности 60 текс, полученной из вторичных арамидных материалов.

2. Знание вязкоупругих параметров позволит прогнозировать напряженно-деформированное состояние нитей основы и утка на ткацком станке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев С.Д., Мартынова А.А., Юхин С.С., Власова Н.А. Методы и средства исследования технологических процессов в ткачестве. – М.: МШТУ, 2003.

2. Щербаков В.П. Прикладная механика нитей. – М.: МГТУ, 2000.

3. Колтунов М.А. Ползучесть и релаксация. – М.: Высшая школа, 1976.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 25.12.06.
