

УДК 677.024

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛЬНЯНЫХ ТКАНЕЙ

*С.Д.НИКОЛАЕВ, Н.А.НИКОЛАЕВА, О.В.ТОМИЛОВА**(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)*

Нити основы на ткацком станке испытывают большие динамические нагрузки по сравнению с уточными. И в связи с этим вызывает интерес оценка их работоспособности. В настоящей статье проводится расчет повреждаемости нитей основы для прогнозирования возможности изготовления тканей.

Имеют место различные подходы к решению проблемы прочности, что привело к существенному различию методов феноменологического изучения и описания основных закономерностей разрушения и даже к различию в выборе основных параметров, характеризующих прочностные свойства твердых тел.

При рассмотрении данного вопроса будем оперировать терминами феноменологической механики сплошных сред. Наверное, физики и материаловеды, изучающие строение материалов и веществ под микроскопом, сочтут этот подход некорректным и, возможно, неправильным. Однако необходимо учесть следующие факты. Классическая сплошная среда обычно рассматривается состоящей из системы материальных точек, положение каждой из которых характеризуется ее координатами. В результате предельного перехода получается сплошная среда, кинематика которой описывается тремя функциями положения. Деформация этой среды будет определяться вектором перемещения.

Возможность использования механики сплошных сред при рассмотрении и анали-

зе различных процессов и явлений показал крупный российский ученый-механик, академик Ю.Н. Работнов [1]. Он отмечал, что механика сплошных сред включает в себя "... механику газов, жидкостей, твердых тел и иных возможных сред... С точки зрения приложений, если не считать обработки пластических материалов и некоторых проблем геофизики, данная теория может быть применена в широкой области расчета конструкций". Возможность использования такого подхода к текстильным материалам была показана в работах проф. В.П. Щербакова, проф. С.Д. Николаева [2], [3] и других ученых.

Задача в данном случае формулируется следующим образом. Задана какая-то конструкция и условия ее эксплуатации. Следует ответить на вопрос, будет ли данная конструкция функционировать в течение некоторого отрезка времени, либо выйдет из строя сразу. Как известно, ответ на этот вопрос не дает ни теория упругости, ни теория пластичности. Его можно получить только с позиции механики сплошных сред – механики разрушения.

Нами используются критерии длительной прочности, которые позволяют оценить напряженно-деформированное состояние нитей при формировании ткани на ткацком станке.

Все существующие критерии длительной прочности учитывают тот факт, что задолго до окончания разрушения тела в нем начинают накапливаться микроповре-

ждения. Это подтверждено многочисленными исследованиями и не требует особых доказательств.

Известно также, что при скоростном нагружении кратковременное нарушение статических критериев прочности не обязательно приводит к разрушению материала. Это объясняется довольно просто: время действия импульса нагрузки может быть недостаточным для накопления критического количества микроповреждений. Все это очень хорошо объясняется теориями длительной прочности или накопления повреждений, которые служат основой для предсказания времени надежности работы конструкции. При этом основной характеристикой, используемой в теориях накопления повреждений, является время их разрушения.

В исследованиях технологического процесса ткачества часто используется критерий длительной прочности Бейли. Для определения повреждаемости нити вводится функция повреждаемости, равная 0 до начала нагружения и 1 при разрушении. При этом формула Бейли может быть представлена в виде

$$\eta = \int_0^t d\tau / t[\sigma(\tau)] = 1, \quad (1)$$

где $t[\sigma(\tau)]$ – время, в течение которого образец находится под нагрузкой, в случае изменения напряжения по какому-либо закону, экспериментально определяемая величина.

Для реальных расчетов необходимо иметь функциональную взаимосвязь между временем разрушения и напряжением, возникающим в нити. Важен и закон нагружения. Часто при этом используется формула академика Журкова.

Определение параметров τ_0 , U_0 , j этой теории можно осуществить при испытании нити на растяжение с постоянной скоростью нагружения. Однако в настоящее время практически нет машин с постоянной скоростью нагружения нити. По этой причине вызывает практический интерес

разработка методики расчета по данным испытаний нитей на разрывной машине с постоянной скоростью деформирования образца.

Проф. В.П. Щербаков в своих работах использовал степенной закон, связывающий напряжение σ нити и время разрушения в виде:

$$t = B \sigma^{-b}, \quad (2)$$

где B и b – коэффициенты, определяемые экспериментально.

Здесь степенную зависимость следует интерпретировать не как физическую закономерность, а лишь удобную для расчетов аппроксимацию. При этом приходится формулировать условия разрушения в терминах и понятиях сплошной среды без объяснения природы разрушения. В этом случае подход к решению задачи является чисто механическим. Физический смысл величин B и b неясен, они являются просто эмпирическими коэффициентами. С учетом (2) критерий Бейли (1) принимает следующий вид:

$$\eta = \int_0^t \frac{d\tau}{B \sigma^{-b}}. \quad (3)$$

При разрушении коэффициент повреждаемости будет равен 1.

При испытаниях нитей на разрывных машинах с высокой постоянной скоростью деформирования (до 1000 мм/мин) можно принять рассматриваемые нити как вязкоупругие. Тогда напряжение нити можно определить по формуле:

$$\sigma = E \dot{\epsilon} \left[t - \frac{A t^{\alpha+1}}{\alpha(\alpha+1)} \right], \quad (4)$$

где E – модуль упругости нити; $\dot{\epsilon}$ – скорость деформирования нити; A , α – параметры вязкоупругости нити, взятые из [4] и представленные в табл. 1.

Таблица 1

Значения параметров	Хлопчатобумажная пряжа, 29 текс	Льняная пряжа (кото-нированная), 42 текс	Льняная пряжа (обыч-ная), 46 текс
Деформация, %	$\varepsilon_1=7,0$ $\varepsilon_2=6,6$	$\varepsilon_1=5,8$ $\varepsilon_2=5,4$	$\varepsilon_1=4,2$ $\varepsilon_2=4,0$
Время разрушения, мин	$t_1=0,035$ $t_2=0,0527$	$t_1=0,029$ $t_2=0,0437$	$t_1=0,021$ $t_2=0,0289$
Скорость деформирова-ния, мм/мин	$V_1=1000$ $V_2=625$	$V_1=1000$ $V_2=630$	$V_1=1000$ $V_2=690$
Параметр А	0,030	0,031	0,032
Параметр α	0,10	0,12	0,15
Параметры b и B	$b=5,96$ $B=21,65$	$b=5,10$ $B=11,31$	$b=5,90$ $B=15,69$

Тогда критерий Бейли примет вид:

$$\eta = \frac{1}{B} \int_0^t \left\{ E \dot{\varepsilon} \left[\tau - \frac{A \tau^{\alpha+1}}{\alpha(\alpha+1)} \right] \right\}^b d\tau, \quad (5)$$

или

$$\eta = \frac{(E \dot{\varepsilon})^b}{t^b B} \int_0^t \left[\tau - \frac{A \tau^{\alpha+1}}{\alpha(\alpha+1)} \right]^b d\tau. \quad (6)$$

Если мы проведем испытания на разрывной машине с двумя различными скоростями деформирования, то получим систему двух уравнений с двумя неизвестными B и b:

$$\eta = \frac{(E \dot{\varepsilon}_1)^b}{t_1^b B} \int_0^{t_1} \left[\tau - \frac{A \tau^{\alpha+1}}{\alpha(\alpha+1)} \right]^b d\tau, \quad (7)$$

$$\eta = \frac{(E \dot{\varepsilon}_2)^b}{t_2^b B} \int_0^{t_2} \left[\tau - \frac{A \tau^{\alpha+1}}{\alpha(\alpha+1)} \right]^b d\tau.$$

Результаты расчета на ЭВМ численными методами параметров B и b представлены в табл. 1.

Расчет повреждаемости нитей основы проводился по среднему натяжению основы, которое рассчитывалось исходя из методики, изложенной в [2].

Повреждаемость нитей основы равна:

$$\eta = \frac{t}{B \sigma^{-b}}. \quad (8)$$

Данные расчета приведены в табл. 2. Расчет проводился для тканей с плотностями по основе и по утку – 140 нитей/дм, уработка нитей – 6%, расстояние при движении основы от навоя до скала – 1,5 м, частота вращения главного вала ткацкого станка СТБ составляла 240 об/мин.

Таблица 2

Значения параметров	Хлопчатобумажная пряжа, 29 текс	Льняная пряжа (кото-нированная), 42 текс	Льняная пряжа (обычная), 46 текс
Повреждаемость, η	0,385	1,032	0,841
Среднее натяжение основы F, сН	35	54	60

ВЫВОДЫ

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что наилучшие условия формирования ткани достигаются при исполь-

зовании в основе хлопчатобумажной пряжи. С позиций механики разрушения повреждаемость основы из котонированного льна довольно высокая, поэтому эту пряжу проблематично использовать в качестве

основы. Льняная пряжа может быть использована в качестве основы, но условия переработки ее на ткацком станке сложнее, чем хлопчатобумажной.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Работнов Ю.Н.* Введение в механику разрушения. – М.: Наука, 1987.

2. *Николаев С.Д., Мартынова А.А., Юхин С.С., Власова Н.А.* Методы и средства исследования технологических процессов в ткачестве. Монография. – М.: МГТУ, 2003.

3. *Щербаков В.П.* Прогнозирование переработки нитей на основовязальных машинах // В кн.: *Ш Sbornik vedeckovyzkumnuch praci, Liberec: VSST, 1985.*

4. *Николаева Н.А.* Разработка оптимальных технологических параметров изготовления тканей на основе использования котонированного льна: Дис.... канд. техн. наук. – М., МГТУ, 2004.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 30.05.05.
