

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ САМОКРУЧЕННОЙ ПРЯЖИ С УВЕЛИЧЕННОЙ ДЛИНОЙ ПЕРИОДА КРУТКИ

А.Н. ГУРЬЕВ, А.А. ТЕЛИЦЫН, К.Э. РАЗУМЕЕВ

(ОАО "Суворовская нить", Костромской государственный технологический университет,  
ОАО НПК "ЦНИИШЕРСТЬ")

Самокрученная (СК) пряжа имеет специфическую структуру: чередующиеся участки S и Z-крутки разделены так называемыми "нулевыми зонами" – участками, на которых крутка сдвоенного компонента отсутствует, хотя имеется остаточная крутка каждой стренги.

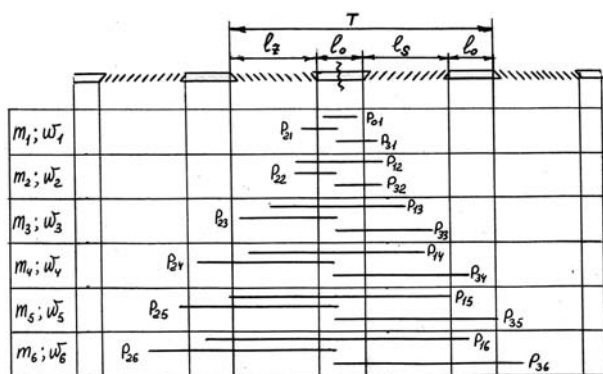


Рис. 1

Графически эта "конструкция" показана на рис. 1. Здесь  $l_z$  и  $l_s$  – соответственно длины участков Z и S-крутки;  $l_0$  – длина нулевой зоны, а  $T$  – длина периода крутки. Очевидно, что увеличение длины периода крутки по сравнению с традиционным,

равным 180 мм, приводит к уменьшению количества нулевых зон, приходящихся на 1 метр пряжи, что, на первый взгляд, является позитивным фактором. Однако, как было замечено в работе [1], при этом наблюдается увеличение длины нулевой зоны и снижение разрывной прочности пряжи. Экспериментально установлено также, что разрыв самокрученной пряжи освоенных промышленностью структур всегда происходит в нулевой зоне. Применим оригинальную модель прочности самокрученной пряжи, предложенную в работе [2], для анализа вариантов "конструкции" пряжи при различной длине периода крутки.

Исходными данными являются распределение по длине волокон в питающей ровнице (табл. 1) и геометрические размеры характерных участков СК-продукта (рис. 1).

Таблица 1

№ п/п	Интервал длин волокон, мм	Процент волокон в смеске
1	0 – 10	0,0

2	10 – 20	3,8
3	20 – 30	5,2
4	30 – 40	8,8
5	40 – 50	11,8
6	50 – 60	11,6
7	60 – 70	11,4
8	70 – 80	10,6
9	80 – 90	9,0
10	90 – 100	7,0
11	100 – 110	6,2
12	110 – 120	5,3
13	120 – 130	4,1
14	130 – 140	2,5
15	140 – 150	1,7
16	150 – 160	1,0
17	160 – 170	0,0

Рассортируем в соответствии с [2] волокна в смеси на группы по интервалам

$$w_1 = \frac{m_1}{m_0}; w_2 = \frac{m_2}{m_0}; w_3 = \frac{m_3}{m_0}; w_4 = \frac{m_4}{m_0}; w_5 = \frac{m_5}{m_0}; w_6 = \frac{m_6}{m_0}. \quad (1)$$

При этом:

$$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 = 1;$$

$$m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 = m_0.$$

По классификации [2]:

$p_1$  – вероятность того, что оба конца волокна находятся на участках крутки двойной структуры ( $\ell_0$  или  $\ell_s$ );

$p_2$  и  $p_3$  – вероятности того, что соответственно левый или правый конец волокна находится в зоне ( $\ell_0$ ). При этом полагаем, что  $p_3 = p_2$ .

В том случае, если длина волокна  $L < \ell_0$ , возможны 3 варианта.

1. Оба конца волокна находятся в нулевой зоне с вероятностью  $p_{01}$ .

2. В нулевой зоне находится левый конец волокна с вероятностью  $p_{21}$ .

3. В нулевой зоне находится правый конец волокна с вероятностью  $p_{31}$ .

Ввиду того, что количество волокон с длиной  $L < \ell_0$  составляет обычно для смесок шерстяных, полушерстяных и ПАН-волокон незначительную величину, с целью упрощения рассуждений полагаем  $p_{01} = p_{21} = p_{31} = 0,33$ .

В том случае, если длина волокна  $L > \ell_0$ , возможны следующие варианты.

длин следующим образом:

1 группа с длиной волокон  $0 < L_1 < \ell_0$ ;

2 группа с длиной волокон  $\ell_0 < L_2 < \ell_z$ ;

3 группа с длиной волокон  $\ell_z < L_3 < \ell_z + \ell_0$ ;

4 группа с длиной волокон  $\ell_z + \ell_0 < L_4 < \ell_z + 2\ell_0$ ;

5 группа с длиной волокон  $\ell_z + 2\ell_0 < L_4 < 2\ell_z + \ell_0$ ;

6 группа с длиной волокон  $2\ell_z + \ell_0 < L_4 < 2\ell_z + 2\ell_0$ ;

Если общее число волокон в поперечном сечении одной стренги обозначить  $m_0$ , а число волокон, входящих в соответствующие группы  $m_1; m_2; m_3; m_4; m_5; m_6$ , то соответствующие частоты запишутся как:

1. Оба конца волокна находятся на участках крутки двойной структуры с вероятностью  $p_{12}; p_{13}; p_{14}; p_{15}; p_{16}$  для соответствующих групп длин волокон с 2 по 6.

2. Правый конец волокна находится в нулевой зоне с вероятностью  $p_{22}; p_{23}; p_{24}; p_{25}; p_{26}$ .

3. Левый конец волокна находится в нулевой зоне с вероятностью  $p_{32}; p_{33}; p_{34}; p_{35}; p_{36}$ .

Очевидно, что чем больше длина волокна и чем меньше длина нулевой зоны, тем более вероятно положение 1.

Вероятности положений концов волокон определим по методике [2]:

$$p_1 = \frac{L_a - \ell_0}{L_a + \ell_0}, \quad (2)$$

$$p_2 = p_3 = \frac{\ell_0}{L_a + \ell_0}. \quad (3)$$

Теперь в соответствии с [2] классифицируем все  $m_0$  волокон в каждой стренге на 2 вида. Определим как потенциально разрываемые те волокна, оба конца которых вработаны в участки крутки сдвоенной структуры. Количество таких волокон в стренге обозначим как  $m_p$ . При этом сразу отметим, что при полуцикловых испы-

таниях СК- пряжи на прочность будет разорвана только часть волокон  $m_p$ , поле сил трения на концах которых обеспечит силу трения, превышающую разрывную прочность волокна  $p_0$ . Остальные из  $m_p$  волокон внесут свой вклад в прочность стренги за счет поля сил трения при их проскальзывании относительно окружающих волокон. Определим далее как потенциально скользящие те волокна, один конец которых (левый или правый) располагается в нулевой зоне. Количество таких волокон в стренге обозначим как  $m_c$ . При этом отметим, что часть волокон  $m_c$ , поле сил трения которых обеспечит силу трения, превышающую

разрывную прочность волокна  $p_0$ , при полцикловых испытаниях пряжи на прочность будут разорваны. Остальная часть из  $m_c$  волокон будет "работать по определению", то есть вносить свой вклад в прочность стренги за счет скольжения волокон в поле сил трения.

Кроме того, в смеси содержится некоторое, очень незначительное, количество волокон, оба конца которых располагаются в нулевой зоне. Определим эти волокна как плавающие, а их количество как  $m_n$ .

Из рис.1 видно, что количество волокон  $m_p$ ,  $m_c$  и  $m_n$  может быть определено из следующих выражений:

$$m_p = (w_2 p_{12} + w_3 p_{13} + w_4 p_{14} + w_5 p_{15} + w_6 p_{16}) m_0, \quad (4)$$

$$m_p = [w_1 (p_{21} + p_{31}) + w_2 (p_{22} + p_{32}) + w_3 (p_{23} + p_{33}) + w_4 (p_{24} + p_{34}) + w_5 (p_{25} + p_{35}) + w_6 (p_{26} + p_{36})] m_0, \quad (5)$$

$$m_n = w_1 p_{01} m_0. \quad (6)$$

Определим процентное содержание потенциально разрываемых, потенциально скользящих и плавающих волокон при различной длине периода крутки:

вариант 1:  $T = 180$  мм;  $\ell_0 = 15$  мм;  $\ell_z = \ell_s = 75$  мм;

вариант 2:  $T = 240$  мм;  $\ell_0 = 25$  мм;  $\ell_z = \ell_s = 95$  мм;

вариант 3:  $T = 300$  мм;  $\ell_0 = 35$  мм;  $\ell_z = \ell_s = 115$  мм.

Вычисления, произведенные при помощи выражений (1-6), дали следующие результаты:

Для варианта 1:

$w_1 = 0,038$ ;  $w_2 = 0,594$ ;  $w_3 = 0,09$ ;  $w_4 = 0,07$ ;  $w_5 = 0,208$ ;  $w_6 = 0$ ;

$p_{01} = p_{21} = p_{31} = 0,33$ ;  $p_{12} = 0,557$ ;  $p_{22} = p_{32} = 0,22$ ;  $p_{13} = 0,70$ ;  $p_{23} = p_{33} = 0,15$ ;

$p_{14} = 0,73$ ;  $p_{24} = p_{34} = 0,136$ ;  $p_{15} = 0,78$ ;  $p_{25} = p_{35} = 0,11$ .

$m_p = 0,61 m_0$ ;  $m_c = 0,38 m_0$ ;  $m_n = 0,01 m_0$ .

Для варианта 2 :

$w_1 = 0,09$ ;  $w_2 = 0,702$ ;  $w_3 = 0,115$ ;  $w_4 = 0,083$ ;  $w_5 = 0,01$ ;  $w_6 = 0$ ;

$p_{01} = p_{21} = p_{31} = 0,33$ ;  $p_{12} = 0,43$ ;  $p_{22} = p_{32} = 0,28$ ;  $p_{13} = 0,63$ ;  $p_{23} = p_{33} = 0,185$ ;

$p_{14} = 0,68$ ;  $p_{24} = p_{34} = 0,16$ ;  $p_{15} = 0,72$ ;  $p_{25} = p_{35} = 0,14$ .

$m_p = 0,44 m_0$ ;  $m_c = 0,52 m_0$ ;  $m_n = 0,04 m_0$ .

Для варианта 3 :

$w_1 = 0,178$ ;  $w_2 = 0,614$ ;  $w_3 = 0,155$ ;  $w_4 = 0,053$ ;  $w_5 = 0$ ;  $w_6 = 0$ ;

$p_{01} = p_{21} = p_{31} = 0,33$ ;  $p_{12} = 0,32$ ;  $p_{22} = p_{32} = 0,34$ ;  $p_{13} = 0,52$ ;  $p_{23} = p_{33} = 0,24$ ;  $p_{14} = 0,6$ ;  $p_{24} = p_{34} = 0,2$ ;

$m_p = 0,31 m_0$ ;  $m_c = 0,62 m_0$ ;  $m_n = 0,07 m_0$ .

Далее производилась наработка образцов пряжи линейной плотности 32 текс×2 для трех вышеприведенных вариантов. Использовались заправочные параметры, соответствующие нормативам для промышленного производства чистшерстяной пряжи (нагон в зоне кручения – формирования 7,35%, давление в крутильно-формирующей камере  $p_2 = 0,09$  МПа, давление в камерах первичной крутки  $p_1 = 0,07$  МПа). Лабораторные исследования (по 30 испытаний) дали следующие значения разрывной прочности  $Q$  (сН) и соответствующих коэффициентов вариации  $C_{vp}$  (%):

для варианта 1:  $Q = 580$  сН;  $C_{vp} = 11,8\%$ ;

для варианта 2:  $Q = 502$  сН;  $C_{vp} = 12,9\%$ ;

для варианта 3:  $Q = 420$  сН;  $C_{vp} = 23,8\%$ .

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что прочность самокрученной структуры определяется главным образом долей потенциально разрываемых волокон. Так, уменьшение их доли на 17%

привело к уменьшению разрывной прочности на 14,5% (варианты 2 и 1), а уменьшение их доли на 30% снизило разрывную прочность почти на 28%.

Следует отметить, что на образцах пряжи по варианту 3 была визуально замечена существенная неравномерность (снижение) крутки от середины полупериода к его концам. Вероятно, по этой причине на трикотажном полотне, полученном из пряжи по варианту 3 на плосковязальной машине, было замечено искривление петельной структуры и образование муарового эффекта. В связи с этим вариант 3 был исключен нами из планов промышленной реализации.

Дальнейшие рассуждения сводятся к следующему: для повышения разрывной прочности пряжи с длиной периода крутки 240 мм требуется заставить необходимую часть потенциально скользящих волокон работать в режиме потенциально разрывающихся. Сделать это можно, увеличив силу сопротивления перемещению волокон в нулевых зонах за счет повышения остаточной крутки в одиночных стренгах. В серии дополнительных экспериментов этого удалось добиться путем повышения рабочего давления в камерах первичной крутки до 0,09 МПа при аналогичном снижении давления в крутильно-формирующей камере до 0,07МПа, то есть просто поменяв местами их значения. При

этом значения  $Q$  и  $C_{вр}$  для пряжи с длиной периода крутки 240 мм составили:  $Q=584$  сН;  $C_{вр}= 12,4\%$ , что соответствует требованиям технических условий на пряжу.

## ВЫВОДЫ

1. Впервые для практических целей была применена модель прочности самокрученной пряжи, учитывающая размеры ее характерных участков и параметры длины волокон питающей ровницы.

2. Установлено наличие корреляционной связи между долей потенциально разрывающихся волокон и разрывной прочностью пряжи.

3. Рекомендован уровень рабочих давлений в камерах аэродинамического крутильного устройства машины ПСК-225-ШГ2.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дюканова Т.И. Разработка теории получения самокрученной пряжи способом совмещенного формирования и кручения: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 1989.

2. Телицын А.А. Развитие технологий процесса самокручения текстильных материалов и создание оборудования для их реализации: Дис...докт. техн. наук. – Кострома, 2000.

Рекомендована кафедрой деталей машин и подъемно-транспортных устройств. Поступила 21.06.2006.