

УДК 677.025:677.08.002:677.1

**К ВОПРОСУ О ПЕРЕРАБОТКЕ ПРЯЖИ ИЗ ГРУБЫХ ВОЛОКОН
НА ТРИКОТАЖНЫХ МАШИНАХ**

Г.В. БАШКОВА, А.П. БАШКОВ, Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ, Д.А. АЛЕШИНА

(Ивановская государственная текстильная академия)
E-mail: milena55@yandex.ru

В работе дается обоснование применения основвязальных машин тамбурного способа петлеобразования ОВ-160 для производства трикотажных полотен и сеток технического назначения из низкосортного льносодержащего сырья.

The technical use knitted fabric and net production from low-grade fiber comprising flax on tambour warp-knitting machine OV-160 is proved in this paper.

Ключевые слова: текстильный композит, трикотажное армирующее полотно, тамбурный способ петлеобразования, пряжа с вложением отходов льна.

Для производства армирующих текстильных наполнителей композиционных материалов важно использовать недорогое сырье, обеспечивающее необходимые эксплуатационные свойства изделия и экологичные способы его утилизации по окончании срока службы. При формовании композитных изделий сложной формы в качестве армирующего наполнителя более всего подходит основвязанный трикотаж, поскольку он имеет равную растяжимость во всех направлениях, без значительной деформации ячеистой структуры и без накопления остаточных внутренних напряжений. Такой композит лучше выдерживает многоцикловые нагрузки, при его разрушении не образуется осколков и острых граней, как, например, при использовании в качестве армирующего компонента стекловолокна. Большинству этих условий

удовлетворяют основвязанные сетки из льносодержащего сырья. С этой целью можно использовать пневмомеханическую пряжу из оческовой льняной смеси или смеси низкосортного хлопка с короткими или котонизированными волокнами, полученными из льняных отходов. Подобная пряжа обладает достаточной прочностью, эластичностью и растяжимостью, адгезионными свойствами по отношению к полимерной матрице композита, к тому же, она биоразлагаема. В то же время эта пряжа обладает повышенной рыхлостью, неравномерностью по линейной плотности и разрывной нагрузке. Волокна, из которых она состоит, более жесткие и ломкие, по сравнению с волокнистым сырьем, применяемым для трикотажной пряжи. Переработать эту пряжу на обычных основвязальных машинах практически невозмож-

но, поскольку главными требованиями к исходным нитям являются достаточная эластичность, минимальная неравномерность по линейной плотности и прочности, гладкая поверхность с невысоким коэффициентом трения.

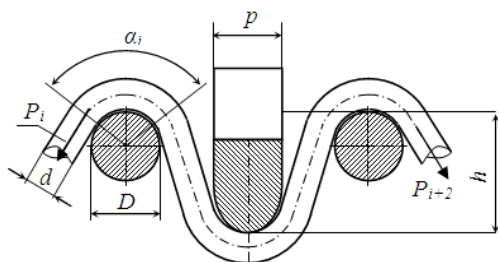


Рис. 1

Обосновать эти рассуждения можно следующим образом. В процессе петлеобразования нить огибает рабочие органы, иглы и платины (рис. 1 – схема огибания нитью игл и платин), размеры поперечного сечения которых соизмеримы с толщиной нити; при этом нить, изгибаясь, испытывает дополнительные напряжения. Натяжение нити определяется в данном случае по известной формуле Эйлера [1]:

$$P = P_0 \sum_n^{i=1} e^{\mu \alpha_i}, \quad (1)$$

где P_0 – натяжение в набегающей ветви; μ – коэффициент трения нити о металл, α_i – угол охвата; n – число одновременно взаимодействующих с нитью игл и платин.

В свою очередь, согласно [2] угол охвата определяется исходя из геометрических параметров рабочих органов и нити – выражение (2), а также с учетом жесткости и натяжения нити – выражение (3):

$$\alpha_i = \arcsin \frac{p+2d+D}{2\pi} + \arcsin \frac{2h-p-D}{2\pi}, \quad (2)$$

$$\alpha_i = \frac{\pi}{2} - \arccos \left(1 - \frac{B}{2PR^2} \right), \quad (3)$$

где p и D – поперечные размеры сечения платины и иглы соответственно; h – глубина кулирования; d – диаметр сечения нити; B – жесткость нити; R – радиус кри-

визны нити при огибании иглы или платины соответственно:

$$R_D = \frac{(d+D)}{2} \text{ и } R_p = \frac{(d+p)}{2}. \quad (4)$$

Анализ уравнения (2) показывает, что с увеличением D возникает ситуация, когда второе слагаемое становится отрицательным, угол охвата резко уменьшается, а в соответствии с формулой (1) снижается и натяжение нити.

Если считать значения угла охвата одинаковыми при разных способах его определения, то можно приравнять уравнения (2) и (3), а с учетом выражений (4) определить зависимость натяжения одной и той же нити от диаметра иглы. Это будет выражение:

$$P = \frac{2B}{\left(1 - \frac{2d+D}{2\pi}\right)(d+D)^2}. \quad (5)$$

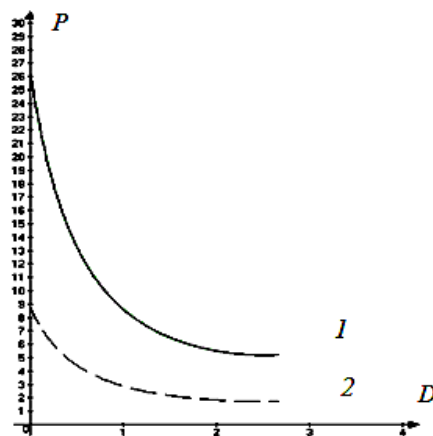


Рис. 2

Можно считать, что с увеличением диаметра огибаемой поверхности натяжение нити уменьшается (рис. 2 – характер снижения натяжения нити при увеличении диаметра огибаемой поверхности: 1 – льняная пряжа; 2 – хлопчатобумажная пряжа). Особенно важно использовать петлеобразующие органы большого диаметра при вязании полотна из жесткой пряжи, например, льняной. Необходимо отметить также, что вследствие повышенной жесткости при деформации изгиба

нить не успевает полностью обогнуть цилиндр малого радиуса, что делает возможным слет петель с иглы.

На основании вышеизложенного можно утверждать, что наиболее приемлемой технологией вязания полотен из грубой пряжи является тамбурный способ. Он реализован на основовязальной машине ОВ-160, выпускаемой Шуйской машиностроительной компанией по лицензии итальянской фирмы Caperedoni. Петлеобразующим органом на этой машине является изогнутый трубчатый крючок (рис. 3 – схема взаимодействия нитей с рабочими органами и между собой при тамбурном петлеобразовании). Нить проходит по дуге внутреннего канала изогнутой трубки, диаметр изгиба которой в десятки раз больше диаметра иглы; к тому же на этой машине отсутствует операция кулирования. Поэтому натяжение нити при подводе ее в зону петлеобразования минимально. Общее натяжение нити в процессе петлеобразования можно рассчитать как сумму натяжений в зонах А – Г (рис. 3).

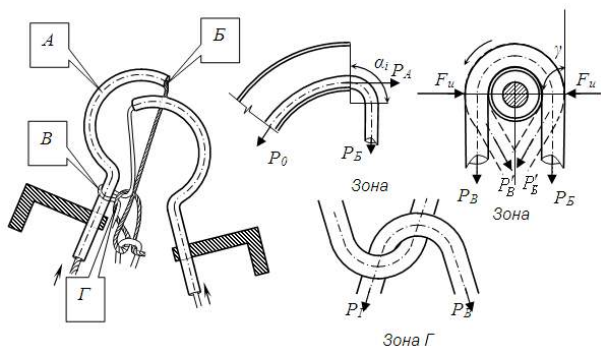


Рис. 3

При соотношениях $D/d > 60$ (зона А) натяжение довольно точно определяется формулой

$$P_A = P_0 e^{\mu\alpha}. \quad (6)$$

При $10 < D/d < 60$ (движение нити в зонах Б и В) происходит сильный упруго-пластический изгиб нити с линейной зависимостью напряжения от деформации. Изгибная жесткость нити в этом случае оказывает существенное влияние на натяжение нити: если жесткость нити достаточно

велика, уменьшается угол охвата α . За счет этого натяжение сбегающей ветви $P_{Б(В)}$, возникающее от трения уменьшается согласно [3] в соответствии с выражением

$$P_{Б(В)} = P_A e^{\mu\alpha} - \frac{EJ}{2(R+r)^2} (e^{\mu\alpha} - 1), \quad (7)$$

где J – момент инерции поперечного сечения нити; E – продольный модуль упругости нити; R – радиус огибаемого цилиндра; r – радиус нити (для монопнити).

В нашем случае нить состоит из отдельных взаимно скрученных волокон, поэтому целесообразней оценивать ее упруго-жесткие свойства, введя вместо r эффективный радиус нити R_0 [4], зависящий от числа волокон N в сечении и от коэффициента плотности укладки волокон ϕ , равного для льняной пряжи 0,83:

$$R_0 = r_0 \sqrt{\frac{N}{\phi}}, \quad (8)$$

где r_0 – радиус единичного волокна.

При минимальном изгибе в свободном участке ветви, то есть когда угол изгиба $\gamma \rightarrow 0$ (рис. 3, зона В):

$$J = \frac{\pi r^4}{4} = \frac{\pi R_0^4}{4}. \quad (9)$$

Тогда выражение (7) примет вид:

$$P_{Б(В)} = P_A e^{\mu\alpha} - \frac{E\pi R_0^4}{8(R+R_0)^2} (e^{\mu\alpha} - 1). \quad (10)$$

Однако часть работы при движении жесткой нити по цилиндру затрачивается на изгиб и распрямление сходящей и нисходящей ветвей, что создает дополнительное натяжение $P'_{Б-Г}$. Для его определения рассмотрим нить как стержневой элемент, испытывающий большой прогиб (рис. 3, зона В) за счет действия изгибающих сил F_u . Очевидно, эти силы как при огибании цилиндра, так и при затягивании петли в зонах Б – Г будут создавать дополнительное натяжение в нити:

$$P'_{Б-Г} = P_{Б(В)} + \frac{B}{2(R + R_0)}. \quad (11)$$

Изгибная жесткость нити B при сильном изгибе будет функцией угла изгиба γ , [4], то есть:

$$B = EJ = ER_0^4 \frac{\pi \cos \gamma (1 - 3 \cos^2 \gamma + 2 \cos^3 \gamma)}{3 \sin^4 \gamma}. \quad (12)$$

При этом угол γ в выражении (12) находится в пределах $0 < \gamma < 90^\circ$.

График зависимости (12) показан на рис. 4 (график изменения жесткости на изгиб льняной пряжи в зависимости от угла изгиба). При углах изгиба, близких к 90° , изгибная жесткость максимальна, затем она резко падает.

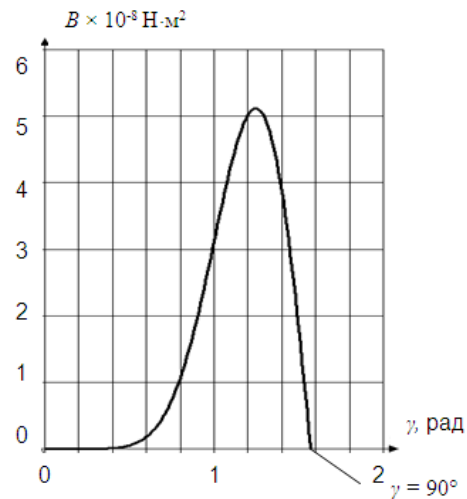


Рис. 4

Запишем выражение (11) с учетом (12):

$$P'_{Б-Г} = P_{Б(В)} + \frac{ER_0^4 \pi \cos \gamma (1 - 3 \cos^2 \gamma + 2 \cos^3 \gamma)}{2(R + R_0) 3 \sin^4 \gamma}. \quad (13)$$

$$T = \mu_f \frac{\pi d^3 P'_Г}{\ell}, \quad (14)$$

В зоне Г (взаимодействия двух нитей) при затягивании петли происходит сгибание нити, при этом нити двух петель скользят, взаимно обогнув друг друга, с постоянно усиливающимся прижатием, что также заметно увеличивает натяжение нити. Натяжение от перегиба нити в этой зоне можно рассчитать по формуле (13).

При контакте двух нитей между ними согласно [1] возникает сила трения:

где μ_f – коэффициент трения между двумя нитями; $P'_Г$ – напряжение в нити при изгибе, определяемое по формуле (13); ℓ – длина сгибаемой ветви нити (в большинстве случаев длина столбика петли).

Натяжение от взаимного трения нитей $P''_Г$ можно определить с учетом (13) по следующей формуле:

$$P''_Г \approx T e^{\mu_f \alpha} \approx \mu_f \frac{\pi d^3}{\ell} \left[P_{Б(В)} + \frac{ER_0^4 \pi \cos \gamma (1 - 3 \cos^2 \gamma + 2 \cos^3 \gamma)}{2(R + R_0) 3 \sin^4 \gamma} \right] e^{\mu_f \alpha}. \quad (15)$$

При растяжении нити во всех рассматриваемых зонах в ней возникают внутренние напряжения F_λ , связанные с удлинением λ [4]:

$$F_\lambda = \frac{E \pi \rho R_0^2}{3 \operatorname{tg}^2 \beta} (\lambda - 1)^2 (\lambda + 2). \quad (16)$$

Учитывая, что

$$\alpha_T = 89,1 \operatorname{tg} \beta \sqrt{\gamma_\rho}, \quad (17)$$

получим

$$F_\lambda = \frac{7,95 E \pi \rho R_0^2}{\alpha_T^2} (\lambda - 1)^2 (\lambda + 2), \quad (18)$$

где β – угол крутки пряжи; α_T – коэффициент крутки пряжи; γ_p – объемная плотность нити, г/см³; ρ – объемная плотность нити, кг/м³.

Величина удлинения находится в зоне упругих деформаций, $1 < \lambda < \lambda_p$, т.е. меньше необратимого удлинения, с которого начинается разрыв или растаскивание волокон.

Таким образом, суммируя данные расчетов по формулам (10), (13), (15) и (18), можно определять общее натяжение нити и подбирать прочность пряжи в соответствии с ним. Кроме этого, определив общее натяжение всех нитей основы на машине, можно оптимизировать вращающий момент на оттяжном валу.

ВЫВОДЫ

1. Технология тамбурного петлеобразования позволяет вырабатывать трикотажное полотно из низкосортного волокнистого сырья, которое могло использоваться только для производства нетканых материалов иглопробивным способом.

2. Предлагаемая методика расчета натяжения нити при последовательном прохождении через основные зоны петлеобразования позволяет подбирать наиболее приемлемую по прочности пряжу и оптимизировать усилие оттяжки полотна на основовязальной машине ОВ-160.

ЛИТЕРАТУРА

1. Далидович А.С. Основы теории вязания. – М.: Легкая индустрия, 1970.

2. Крутикова В.Р. Имитационно-статистическое моделирование процесса вязания //Knits round the clock: Сб. мат. 44-го Междунар. Конгр. по технологии трикотажа (IFKT). – СПб: СПГУТД, 2008.

3. Щербаков В.П. Прикладная механика нити: Учебное пособие. – М.: РИО МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2001.

4. Черноус Д.А., Шилько С.В., Чарковский А.В. Прогнозирование эффективных механических характеристик трикотажа //Физическая мезомеханика. Т. 11. – 2008, №4. С. 107...114.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 05.04.10.