

УДК 677.021

ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИГОЛЬЧАТОЙ (КОЛКОВОЙ) ГАРНИТУРЫ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА

Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ, А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ, А.В. ШИРЯЕВ

(Костромской государственный технологический университет)

При создании новой машины для переработки модифицированного льняного волокна, выполняющей операции штапелирования разрывом и очистки, применяли игольчатую (колковую) гарнитуру производства костромского завода «Красная маевка».

Выбор параметров для операций штапелирования и очистки от костры и сорных примесей отличаются подходом и физикой процесса.

Рассмотрим выбор таких параметров гарнитуры, как угол наклона передней грани острия иглы к радиусу барабана, обеспечивающий надежный захват и удерживающую способность при нагружении волокна методом разрыва, количество рядов игольных планок на разволокняющем органе и др.

Захватывающая способность рабочего органа определяется величинами и направлением скоростной подачи материала (ленты, горстей волокна) и рабочего разволокняющего органа [1].

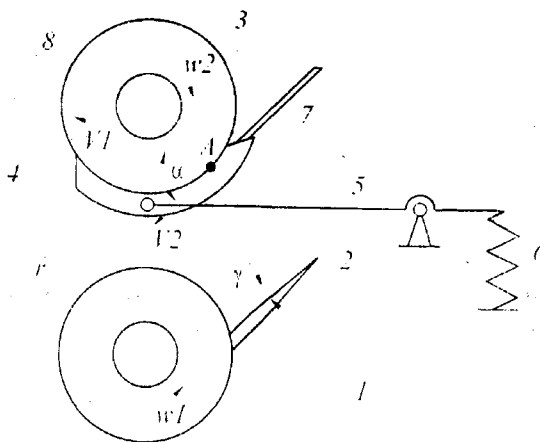


Рис. 1

На рис. 1 с помощью схемы показано взаимодействие разволокняющего органа с волокном и другими рабочими органами в новой машине.

Разволокняющий орган представляет собой барабан 1, на котором закреплено несколько рядов игольчатых (колковых) планок 2. Барабан вращается в направлении, указанном на рис. 1 стрелкой. В т. А

вершины игл 2 начинают входить в кольцевые пазы между тумбочками 8 питающего вала 3 и одновременно взаимодействовать с волокном, подающимся питающим валом, захваченным у лотка 7 и находящимся в зажатом положении между валом 3 и колосниками 4. Колосники 4 прижимаются к питающему валу прижимным устройством (пружиной) 6.

Если по окружности барабана 1 расположено Z рядов игл, то за время между подходами очередных игл подаваемое волокно углубляется в радиальном по отношению к барабану 1 направлении на величину Δr , определяющуюся следующим образом:

$$\Delta r = \frac{60}{nZ} V_2 \sin \alpha, \quad (1)$$

$$\Delta r = \frac{\pi D V_2}{Z V_1} \sin \alpha, \quad (2)$$

где V_1 – окружная скорость разволокняющего рабочего органа; V_2 – окружная скорость питающего вала; Z – число рядов игл; D – диаметр барабана по остриям игл; α – угол между направлениями скоростей V_1 и V_2 в т.А.

Задаваясь величиной Δr , которая для надежного захвата должна составлять не менее 1,0...2,0 мм, можно определить число необходимых рядов игольных пластин.

Так, например, при $n = 1000 \frac{1}{\text{мин}}$, $\Delta r = 0,002$ мм, $\alpha = 45^\circ$; $V_2 = 0,1$ м/с число рядов лопастей должно быть:

$$Z = V_2 \frac{60}{n \Delta r} \sin \alpha = 0,1 \frac{60}{1000 \cdot 0,002} \cdot 0,7 \approx 2,1,$$

то есть требуется, по крайней мере, 2 или 3 ряда игольчатых планок.

Захваченное волокно должно надежно удерживаться иглой при ее дальнейшем перемещении.

Условие надежного удержания определяется из выражения

$$F + P_c \sin \gamma + P_n \cos \gamma \geq P_{ц}^н \cos \gamma, \quad (3)$$

где F – сила трения волокна о переднюю грань иглы; P_c – тангенциальная сила сопротивления; P_n – радиальная составляющая от силы натяжения волокна; $P_{ц}^н$ – центробежная сила инерции: $P_{ц}^н = \frac{m V_1^2}{r}$; N – нормальная реакция со стороны иглы на волокно.

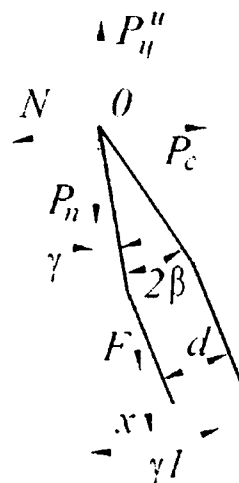


Рис. 2

Условия (3) можно получить, если силы, показанные на рис. 2, спроектировать на ось OX. Аналогичные задачи решались ранее в [1...3]. Отличительной особенностью рассматриваемого нами случая является то, что радиальная составляющая P_n (в [4] она называется реакцией упругого слоя волокна) возникает от захвата и нагружения штапелируемого волокна.

Силу трения определим из выражения

$$F = \mu P_c \cos \gamma + \mu P_{ц}^н \sin \gamma - \mu P_n \sin \gamma, \quad (4)$$

где μ – коэффициент трения волокна по игле.

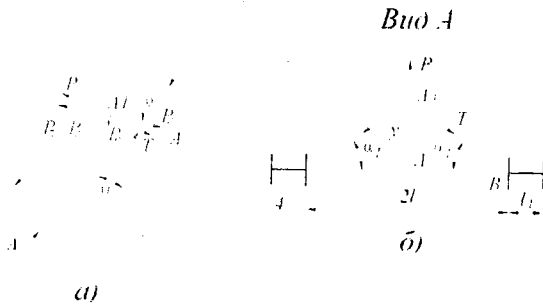


Рис. 3

Для определения сил P_c и P_n обратимся к схеме на рис. 3.

В т. А волокно захватывается иглой и при дальнейшем перемещении нагружается силой P (рис. 3-б). Воспользуемся разработкой [4] для определения P и соответственно P_c и P_n :

$$P = 2nkT \frac{y}{l(1 + \frac{\sigma}{E})}, \quad (5)$$

$$P_c = P \cos \varphi, \quad (6)$$

$$P_n = P \sin \varphi, \quad (7)$$

где y – перемещение острия иглы; l – половина длины деформируемого волокна; σ – напряжение в волокне при натяжении; E – модуль упругости волокна; n – число волокон, нагружаемых одновременно; k – коэффициент одновременности разрыва; T – натяжение ветвей волокна; φ – угол поворота игольного барабана.

Выражение (5) получено в предположении, что деформация волокна при поперечном нагружении его силой P до достижения предела прочности подчиняется закону Гука. Можно принять и степенную функцию для определения силы сопротивления [5]. Однако здесь мы ограничимся рассмотрением деформации по Гуку.

Кроме того, нами также сделано допущение: волокна незначительно перемещаются питающим валом в процессе нагружения иглой в силу того, что скорость иглы значительно выше скорости питающего вала.

Поскольку

$$T = \sigma S, \quad (8)$$

$$y = V_1 t, \quad (9)$$

$$\varphi = \omega_1 t, \quad (10)$$

где σ – напряжение в волокне; S – площадь поперечного сечения волокна, то сила сопротивления и радиальная составляющая определяются по формулам

$$P_c = 2nk \sigma S \frac{V_1 t}{l(1 + \frac{\sigma}{E})} \cos \omega_1 t, \quad (11)$$

$$P_n = 2nk \sigma S \frac{V_1 t}{l(1 + \frac{\sigma}{E})} \sin \omega_1 t. \quad (12)$$

Таким образом, сила сопротивления – величина переменная и изменяется во времени. Во времени изменяется и величина напряжения в волокне σ . Она достигает своего предельного значения при $\sigma = \sigma_b$, то есть по мере достижения предела прочности.

Так как

$$\sigma = \frac{\Delta l}{l} E, \quad (13)$$

выразим величину продольной деформации волокна Δl через y .

Из треугольника AA_1B (рис. 3-б) найдем

$$(l + \Delta l)^2 = y^2 + l^2. \quad (14)$$

Решая (14) и пренебрегая Δl^2 , получаем

Разделим (21) на $\cos \gamma$ и получим

$$\Delta l = \frac{y^2}{2l} = \frac{V_1^2 t^2}{2l}. \quad (15)$$

Тогда

$$\sigma = \frac{V_1^2 t^2}{2l^2} E. \quad (16)$$

Подставляя (16) в (11) и (12), имеем текущие значения:

$$P_c = 2nk \frac{V_1^3 t^3}{2l^3} ES \frac{\cos \omega_1 t}{\left(1 + \frac{V_1^2 t^2}{2l^2}\right)}, \quad (17)$$

$$P_n = 2nk \frac{V_1^3 t^3}{2l^3} ES \frac{\sin \omega_1 t}{\left(1 + \frac{V_1^2 t^2}{2l^2}\right)}. \quad (18)$$

Силы сопротивления будут расти до тех пор, пока напряжение в волокне не достигнет предела прочности: $\sigma = \sigma_b$.

В этом случае рабочий орган (игла) переместится на величину

$$y_0 = \sqrt{\frac{2\sigma_b l^2}{E}} = l \sqrt{\frac{2\sigma_b}{E}} \quad (19)$$

за время

$$t_0 = \frac{y_0}{V_1}. \quad (20)$$

С учетом (5) выражение (3) принимает вид

$$\begin{aligned} & \mu P_c \cos \gamma + \mu P_n^H \sin \gamma - \mu P_n \sin \gamma + \\ & + P_c \sin \gamma + P_n \cos \gamma \geq P_n^H \cos \gamma. \end{aligned} \quad (21)$$

$$\mu P_c + \mu P_n^H \operatorname{tg} \gamma - \mu P_n \operatorname{tg} \gamma +$$

$$+ P_c \operatorname{tg} \gamma + P_n \geq P_n^H. \quad (22)$$

Из равенства (22) определим угол γ при котором волокно будет надежно захвачено иглой:

$$\gamma = \arctg \left[\frac{P_n^H - \mu P_c - P_n}{P_n^H - \mu P_n + P_c} \right]. \quad (23)$$

С учетом угла заострения игл угол наклона иглы к радиусу барабана (рис. 2):

$$\gamma_1 = \gamma + \beta. \quad (24)$$

Кроме рассмотренных вопросов по выбору угла наклона игл гарнитуры и числа рядов планок с иглами на разволакивающем органе необходимо решить вопросы по выбору диаметра игл, шага их установок вдоль планок.

Диаметр игл следует применять из условий их прочности и долговечности и они должны составлять не более 3,0...3,5 мм. С их размером связана величина кольцевого паза между тумбочками питающего вала, в которые входят иглы (рис. 3).

Средняя длина штапелируемого волокна

$$l_{\text{шт}} = 2l + l_1, \quad (25)$$

где l – половина ширины паза; l_1 – ширина тумбочки и колосника.

Контролируемая зона, где не будет происходить разрыва волокон, определяется размером l_1 , то есть шириной тумбочек вала 3 и прижатых к ним колосиков. Очевидно, чем больше l_1 , тем меньший разброс длины будет у штапелированных волокон.

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика определения основных параметров игольчатой (колковой) гарнитуры для процесса штапелирования разрывом льняных волокон из ленты или пучка.

2. Контролируемость зоны разрыва волокон в новой машине обеспечивается величиной участка их зажатия, что в принципе позволяет получать заданную длину штапелированного волокна с малыми отклонениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Корабельников Р.В. и др.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999. №1. С. 16...18.

2. *Ашнин Н.М.* Кардочесание волокнистых материалов. – М.: Легпромбытиздат, 1985.

3. *Мирошниченко Г.И.* Основы проектирования машин для первичной обработки хлопка. – М.: Машиностроение, 1972.

4. *Ширяев А.В., Корабельников Р.В.* Разработка новой установки для штапелирования и очистки льняного волокна //Сб. научн. тр. молодых ученых КГТУ. – Кострома, 2001. Вып. 2.

5. *Мизушов И.И.* Механика текстильной нити и ткани. – М.: Легкая индустрия, 1980.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 01.10.01