

УДК 677.051/.052

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ НИТИ С РАЗРЕЗНЫМ ВОРСОМ

*д-р техн. наук, проф. А.В. ЛОКТИОНОВ, канд. техн. наук, доц. В.Г. БУТКЕВИЧ,
А.В. БУТКЕВИЧ, О.А. ПЕТУХОВСКАЯ*

(Витебский государственный технологический университет)

Предложен технологический процесс и оборудование для получения многокомпонентной нити с разрезным ворсом. Аналитически описаны основные этапы ее формирования. Получена зависимость натяжения нити от режимов работы установки, что позволяет оптимизировать заполнение многокомпонентной нити ворсовой поверхностью.

В текстильной и легкой промышленности значительное развитие получили новые виды нитей и пряж. Последние позволяют расширить ассортимент текстильных изделий, снизить их себестоимость и повысить производительность оборудования. В настоящее время многокомпонентные нити находят все большее применение. Одними из этих нитей являются нити с разрезным ворсом (типа «Синель»). Технология их получения заключается в следующем. Нити сердечника принудительно подаются в рабочую зону машины через глазки нитенатяжителя специальными тянущими роликами. Одновременно в рабочую зону поступает и нить ворсового компонента, предварительно сформированная в полуфабрикат требуемой формы. Перемещаясь по направляющим, нить подводится к ножам, формирующим разрезной ворс. После процесса резки полуфабрикат поступает в зону кручения, где крутильно-мотальным механизмом формируется нить с разрезным ворсом. Существующее оборудование для получения таких нитей не удовлетворяет современным требованиям, так как имеет сложную кинематику и малую скорость формирования продукта.

Основным недостатком базового оборудования является то, что элемент для разрезания ворсовой основы выполнен в виде плоского ножа, совершающего возвратно-поступательное движение. Нож приводится в движение кривошипно-шатунным механизмом со сложной кинематикой. В процессе работы износ его узлов приводит к тому, что даже при скорости формирования 0,2 м/мин обрывность нити и выход из строя ножей значительно превышает допустимые значения. Другим недостатком существующего оборудования является то, что крутильный механизм выполнен в виде веретен тяжелого типа кольцевых крутильных машин, которые позволяют формировать со скоростью 10 м/мин нити большой линейной плотности при крутке 300 кр/м. Для закрепления ворсового компонента нить с разрезным ворсом должна иметь крутку 550...600 кр/м. Это приводит к значительному снижению скорости формирования даже при максимальных частотах вращения веретен.

Авторами разработана и создана опытная установка, позволяющая формировать нити с разрезным ворсом широкого диапазона линейных плотностей со скоростью выпуска нити до 10 м/мин. В предлагаемой установке использованы ножи круглой формы, вращающиеся с частотой 5000 мин⁻¹, что позволяет значительно стабилизировать условия формирования волокнистого полуфабриката и исключить влияние режущего элемента на процесс формирования многокомпонентной нити. Использование предлагаемых модернизированных колец с бегунками и веретенами кольцевых прядильных машин позволило значительно увеличить скорость формирования нити и достичь требуемых скоростей в 8... 10 м/мин.

На рис. 1 представлена технологическая схема опытной установки.

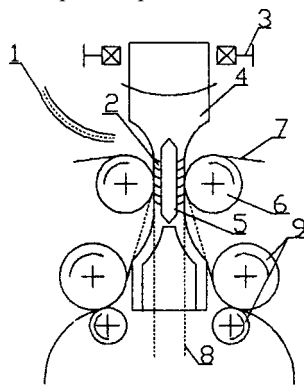


Рис. 1. Технологическая схема опытной установки

Установка по рис. 1 работает следующим образом. Нить 1 сматывается с бобины и поступает в рабочую зону 2. Благодаря вращению ротора 3 нити навиваются на неподвижный элемент 4. Наличие на нем конусной поверхности приводит к тому, что нить поступает в зону резки ножей 5, разрезающих нить. Тянущие ролики 6 выводят из рабочей зоны сформированный полуфабрикат. Нити сердечников 7 и 8 подаются в зону формирования и отводятся отводящей парой 9 в область кручения.

На рис. 1 не показанный крутильно-мотальный механизм позволяет придать продукту требуемую крутку и получить многокомпонентную нить.

Для разработки нового технологического процесса получения многокомпонентных нитей с разрезным ворсом необходимо аналитически исследовать основные этапы ее формирования.

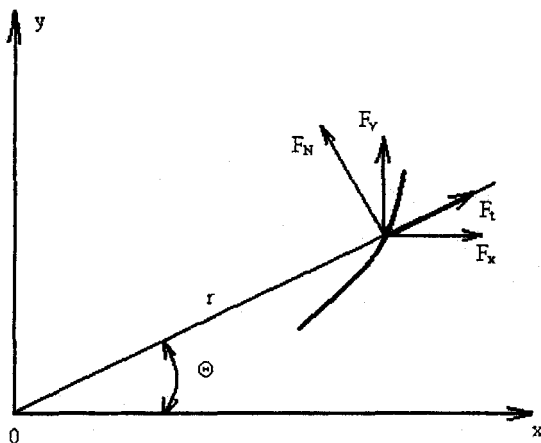


Рис. 2. Расчетная схема

Аналитическое описание движения ворсовой нити по спирали с переменным шагом позволит определить силы натяжения нити, обеспечивающие стабильность процесса в плане обрывности, а также для получения качественной нити оптимизировать плотность навивки.

Рассмотрим, с учетом сопротивления среды, вращение гибкой нити вокруг формирующей поверхности круглой формы (рис. 2). Расчетная схема представлена на рис. 2.

На каждую одиночную единицу массы нити, кроме центральной силы действует сила сопротивления среды, которая имеет направление противоположное направлению перемещения [1].

Введем подвижные вместе с нитью прямоугольные x, y и полярные Θ, r координаты с центром на оси вращения. Полярную ось совместим с осью x . Проектируя внешние силы оси координат x, y , получим:

$$F_x = \omega^2 r \cdot \cos \Theta - F_n \sin \Theta, \tag{1}$$

$$F_y = \omega^2 \cdot r \cdot \sin \Theta + F_n \cos \Theta.$$

Дифференциальные уравнения во вращающейся системе прямоугольных координат с учетом (1) для однородной растяжимой (в смысле) гибкой нити имеет вид [2]

$$\frac{f(t)}{\mu_0} \cdot \frac{d}{dS} \left(T \frac{dx}{dS} \right) + \omega_r^2 \cdot \cos \Theta - F_n \sin \Theta = 0,$$

$$\frac{f(T)}{\mu_0} \cdot \frac{d}{dS} \left(T \frac{dz}{dS} \right) + \omega^2 r \cdot \sin \Theta + F_n \cos \Theta = 0, \tag{2}$$

$$\left(\frac{dx}{dS} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dS} \right)^2 = 1,$$

$$\frac{dS}{dl} = f(T).$$

Умножая, первое уравнение этой системы на « x » и складывая со вторым уравнением, а затем умножая полученное на « y », с учетом формул перехода к полярным координатам:

$$x = r \cdot \cos \Theta, \quad y = r \cdot \sin \Theta,$$

получим

$$\frac{f(T)}{\mu_0} \left[x \frac{d}{dS} \left(T \frac{dx}{dS} \right) + y \cdot \frac{d}{dS} \left(T \frac{dy}{dS} \right) \right] + \omega^2 \cdot r^2 = 0. \tag{3}$$

Преобразуем выражение, стоящее в квадратных скобках равенства (3). Используя третье уравнение системы (2) и соотношения

$$\frac{dx}{dS} = \frac{dz}{dS} \cos \Theta - r \cdot \sin \Theta \frac{d\Theta}{dS}, \quad \frac{dz}{dS} = \frac{dr}{dS} \sin \Theta + r \cdot \cos \Theta \frac{d\Theta}{dS}, \text{ получим}$$

$$\begin{aligned} x \frac{d}{dS} \left(T \frac{dx}{dS} \right) + y \frac{d}{dS} \left(T \frac{dy}{dS} \right) &= x \frac{d}{dS} \left(T \frac{dx}{dS} \right) + \frac{dx}{dS} T \cdot \frac{dx}{dS} + y \frac{d}{dS} \left(T \frac{dy}{dS} \right) + \frac{dy}{dS} T \frac{dy}{dS} - T = \\ &= \frac{d}{dS} \left[T \left(x \frac{dx}{dS} + y \frac{dy}{dS} \right) \right] - T = \frac{d}{dS} \left(T_r \frac{dz}{dS} \right) - T. \end{aligned} \tag{4}$$

Уравнение (3) можно представить в виде

$$\frac{f(T)}{\mu_0} \cdot \frac{d}{dS} \left(T \cdot \frac{dz}{dS} \right) - \frac{f(T)}{dS} - \frac{f(T)}{\mu_0} T + \omega^2 \cdot r^2 = 0. \quad (5)$$

Умножим второе уравнение системы (2) на «х» и вычтем из него первое уравнение, умноженное на «у», получим

$$\frac{f(T)}{\mu_0} \left[x \frac{d}{dS} \left(T \frac{dy}{dS} \right) - \frac{d}{dS} \left(T \frac{dx}{dS} \right) \right] + r \cdot F_n = 0. \quad (6)$$

Преобразуем в уравнении (4) выражение

$$\left(x \frac{d}{dS} \left(T \frac{dy}{dS} \right) - y \frac{d}{dS} \left(T \frac{dx}{dS} \right) \right) = \frac{d}{dS} \left[T \left(x \frac{dy}{dS} - y \frac{dx}{dS} \right) \right] = \frac{d}{dS} \left(T \cdot r^2 \frac{d\Theta}{dS} \right). \quad (7)$$

Система дифференциальных уравнений (2) относительного равновесия растяжимой гибкой нити с учетом (5), (6), (7) можно записывать в следующем виде:

$$\begin{aligned} \frac{f(T)}{\mu_0} \frac{d}{dS} \left(T \cdot r \frac{dz}{dS} \right) - \frac{f(T)}{\mu_0} T + \omega^2 \cdot r^2 &= 0, \\ \frac{f(T)}{\mu_0} \cdot \frac{d}{dS} \left(T \cdot r^2 \frac{d\Theta}{dS} \right) + r \cdot F_n &= 0, \\ \frac{dS}{dl} &= f(T). \end{aligned} \quad (8)$$

Принимаем, что при обкручивании направляющей искривление нити относительно мало. Для такого искривления принимает $dz \approx dS$. Тогда первое уравнение системы (8) имеет вид:

$$\frac{f(T)}{\mu_0} \cdot \frac{d}{dr} (Tr) - \frac{f(T)}{\mu_0} \cdot T + \omega^2 \cdot r^2 = 0. \quad (9)$$

После преобразования равенства (9) получим

$$\frac{f(T)}{\mu_0} \cdot r \cdot \frac{dT}{dr} + \omega^2 \cdot r^2 = 0. \quad (10)$$

Натяжение нити находится в конечном виде как функция расстояния до центра вращения, из выражения

$$T = R \left(C_1 - \frac{1}{2} \cdot \mu_0 \cdot \omega^2 \cdot r^2 \right). \quad (11)$$

Постоянная C_1 с учетом начальных условий имеет вид:

$$C_1 = \frac{1}{3} R \mu_0 \cdot \omega \cdot r. \quad (12)$$

Полученные расчетные формулы (11), (12) позволяют определить натяжение нити, а также получить кривую ее движения по сборной поверхности элемента 4. Последнее позволяет определить оптимальность заполнения многокомпонентной нити с разрезным ворсом ворсовой поверхностью и получить нить требуемого качества. Разработанная опытная установка позволяет обеспечить формирование нитей с разрезным ворсом линейной плотности 60... 1000 текс со скоростью формирования до 10 м/мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Н.И. Статика и установившиеся движения гибкой нити. Легкая индустрия: Учебник для вузов. - М., 1970. - 272 с.
2. Школьник А.Г. Дифференциальные уравнения: Учебное пособие для физ.-мат. вузов. - М: Гос. учебно-педагог. изд-во Мин-ва просвещ. РСФСР, 1963. - 198 с.