

РЕГУЛИРОВАНИЕ УДЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА НА НАПРАВЛЯЮЩУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ, Е.Н. НИКИФОРОВА, В.Г. ЛАПШИН

(Ивановская государственная текстильная академия, ОАО "Красная Талка")

В результате постоянного контакта длинномерного текстильного материала с поверхностями различных деталей текстильных машин происходит их изнашивание скользящей нитью, что приводит к нарушению технологических процессов и повышению обрывности. Экспериментально установлено [1], что рабочие органы могут изнашиваться без изменения формы нитеконтактирующих поверхностей (например, в виде истирания защитного покрытия или изменения шероховатости поверхности) и с сильным изменением формы направляющих поверхностей (в виде периодически расположенных канавок).

Изнашивание рабочих органов носит неравномерный характер и повышается с увеличением длины контакта нить – нитенаправитель в результате увеличения удельного давления нити на поверхность. Разница между начальной и конечной величинами давления зависит от параметров взаимодействия и может быть очень значительной.

Сила нормального давления нити на единицу длины контакта с поверхностью или удельное давление p нити на поверхность нитепроводника (точнее, удельная реакция поверхности) рассчитывается по формуле [2]:

$$p = \frac{T}{R} = \frac{dN}{dl}, \quad (1)$$

где T – натяжение нити в данном сечении, Н; R – радиус кривизны поверхности, м; dN – сила нормального давления на элемент нити, Н; dl – длина элемента нити, м.

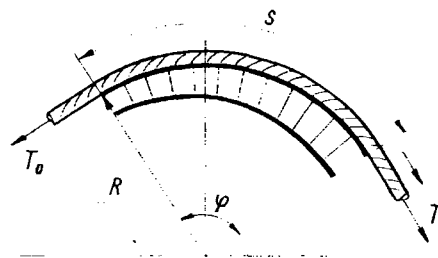


Рис. 1

При движении волокнистого материала, огибающего поверхность с постоянным радиусом кривизны (например, цилиндрическую), удельное давление нити возрастает с увеличением натяжения нити по закону Эйлера (рис.1):

$$p = \frac{T}{R} = \frac{T_0 e^{f\varphi}}{R}, \quad (2)$$

где T_0 – натяжение набегающей ветви нити, Н; f – коэффициент трения продукта о поверхность; φ – угол охвата нитью цилиндрического валика, рад.

Для повышения износостойкости нитепроводящих рабочих органов необходимо отыскать поверхности, контактирующие с текстильным материалом, которые отвечают требованию равномерного износа, то есть давление на поверхность должно сохраняться постоянным:

$$p = \frac{T}{R} = \text{const} = p_0 = \frac{T_0}{R_0}, \quad (3)$$

где p_0 – удельное давление нити на поверхность в начальной точке, Н/м; R_0 – радиус кривизны поверхности в точке входа нити, м.

Из уравнения (3) следует, что радиус кривизны поверхности должен изменяться от некоторого R_0 до R прямо пропорционально натяжению волокнистого ма-

териала, которое увеличивается от T_0 до T .

Ранее установлено [3, 4], что для направляющей поверхности с меридиональным сечением в форме логарифмической спирали, заданной уравнением

$$r = a^\varphi \quad (a > 0), \quad (4)$$

натяжение скользящей нити определяется по формуле

$$T = T_0 e^{f(\varphi_2 - \varphi_1)}, \quad (5)$$

где φ_1, φ_2 — углы между радиусами-векторами и полярной осью для начальной и конечной точек дуги логарифмической спирали, рад, а зависимость радиуса R кривизны от угла охвата близка к показательной:

$$R = r \sqrt{1 + \ln^2 a} = a^\varphi \sqrt{1 + \ln^2 a}. \quad (6)$$

Соответственно радиус кривизны в начальной точке

$$R_0 = r_0 \sqrt{1 + \ln^2 a}. \quad (7)$$

Можно предположить, что существует вариант формы логарифмической спирали, для которой удельное давление на поверхность остается неизменным при увеличении натяжения нити.

С целью нахождения уравнения спирали, отвечающей требованию создания равномерного давления, подставим (5...7) в (3) и осуществим необходимые преобразования:

$$\frac{T_0}{r_0 \sqrt{1 + \ln^2 a}} = \frac{T_0 e^{f(\varphi_2 - \varphi_1)}}{r \sqrt{1 + \ln^2 a}}.$$

Так как

$$r_0 = a^{\varphi_1} \quad \text{и} \quad r = a^{\varphi_2},$$

то

$$\frac{T_0}{a^{\varphi_1} \sqrt{1 + \ln^2 a}} = \frac{T_0 e^{f(\varphi_2 - \varphi_1)}}{a^{\varphi_2} \sqrt{1 + \ln^2 a}},$$

$$\frac{1}{a^{\varphi_1}} = \frac{e^{f(\varphi_2 - \varphi_1)}}{a^{\varphi_2}},$$

$$a^{\varphi_2 - \varphi_1} = e^{f(\varphi_2 - \varphi_1)} \Rightarrow$$

$$a = e^f. \quad (8)$$

Из полученного равенства (8) следует, что для поверхности с меридиональным сечением в форме логарифмической спирали давление будет равномерным ($p=p_0$) только в одном случае: когда спираль задана уравнением

$$r = e^{f\varphi}. \quad (9)$$

Распределение удельного давления на поверхности нитенаправителя с сечением в форме графика логарифмической спирали (9) изображено на рис.2.

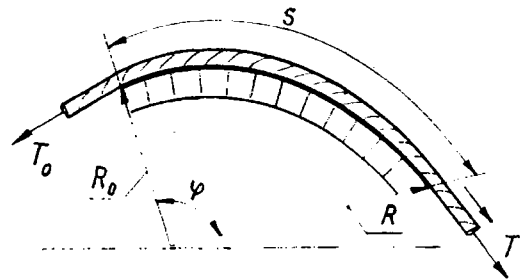


Рис. 2

Здесь давление p нити на единицу длины контакта с поверхностью при постоянном значении начального натяжения T_0 зависит от радиуса R_0 кривизны спирали в точке входа текстильного продукта.

В некоторых случаях, например, в вытяжном поле, требуется осуществлять закономерное изменение удельного давления волокнистого полуфабриката на направляющую поверхность.

Проанализируем изменение удельного давления нити на поверхности со спиралевидной направляющей в виде (4):

$$p = T/R, \quad \text{где} \quad a > 0.$$

Поскольку $p = T/R$ и $p_0 = T_0/R_0$, запишем

$$\frac{p}{p_0} = \frac{\frac{T}{R}}{\frac{T_0}{R_0}} \Rightarrow p = p_0 \frac{T}{R} \frac{R_0}{T_0} = p_0 \frac{T_0 e^{f(\varphi_2 - \varphi_1)}}{a^{\varphi_2} \sqrt{1 + \ln^2 a}} \frac{a^{\varphi_1} \sqrt{1 + \ln^2 a}}{T_0} = p_0 \frac{e^{f(\varphi_2 - \varphi_1)}}{a^{(\varphi_2 - \varphi_1)}}$$

$$p = p_0 \left(\frac{e^f}{a} \right)^{\varphi_2 - \varphi_1} \quad (10)$$

Из (10) следует, что $p = p_0$, если спираль принимает вид (9): $a = e^f$; $p < p_0$, если $a > e^f$; $p > p_0$, если $0 < a < e^f$.

Таким образом, изменяя геометрическую форму спирали, можно варьировать силой нормального давления p на единицу длины контакта.

Выразим параметр a спирали из (10):

$$\left(\frac{e^f}{a} \right)^{\varphi_2 - \varphi_1} = \frac{p}{p_0},$$

$$\frac{e^f}{a} = \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{\varphi_2 - \varphi_1}},$$

$$a = \frac{e^f}{(p/p_0)^{1/(\varphi_2 - \varphi_1)}} \quad (11)$$

Обозначим отношение $p_0/p = C$.

Тогда

$$a = C^{\varphi_2 - \varphi_1} e^f, \quad 0 < C \leq \infty. \quad (12)$$

Соответственно уравнение спирали имеет вид

$$r = C^{\frac{\varphi}{\varphi_2 - \varphi_1}} e^{f \varphi}. \quad (13)$$

Как видно из (12) и (13), задаваясь отношением величины удельного давления в начальной точке и желаемой величины удельного давления в конечной точке, а также углом огибания волокнистого материала нитенаправляющей поверхности, можно подбирать параметр a логарифмической спирали, которая будет удовлетворять этим требованиям.

Логарифмическую спираль (13) можно использовать при конструировании

нитенаправляющих поверхностей, для которых удельное давление уменьшается с увеличением длины дуги огибания нитью.

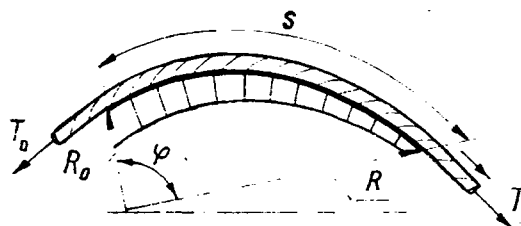


Рис. 3

На рис.3 показана эпюра силы удельного давления, которая при угле $(\varphi_2 - \varphi_1)$ охвата нитью логарифмической спирали, равном $\pi/2$, уменьшается в два раза.

Результаты выполненного теоретического исследования рекомендуются для проектирования нитенаправляющих поверхностей повышенной износостойкости, используемых в различных зонах текстильных машин. Например, в качестве многочисленных неподвижных направляющих элементов жгутовых отделочных машин, по которым движется жгут ткани, таких как направляющее кольцо, цилиндрический стержень (брус) и др.

ВЫВОДЫ

1. Выведено уравнение меридионального сечения направляющей поверхности в форме логарифмической спирали, для которой натяжение текстильного материала при скольжении изменяется аналогично натяжению на цилиндрической поверхности, но в результате равномерного удельного давления продукта на поверхность выполняется требование равномерного износа.

2. Получена математическая модель спиралевидной направляющей для прогнозирования и регулирования удельного

давления волокнистого продукта на нитепроводящую поверхность не только в большую, но и в меньшую сторону, определяемая по значению удельного давления на входе и оптимальной задаваемой величине давления на выходе с учетом угла охвата и коэффициента трения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Букалов Г.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1988, № 2. С.102...104.

2. Щедров В.С. Основы механики гибкой нити. – М.: Физматгиз, 1961.

3. Чистобородов Г.И. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, № 4. С. 56...60.

4. Чистобородов Г.И. и др. // Вестник Ивановской государственной текстильной академии. – 2002, № 2.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 28.03.02.