

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РОЛИКА РОЛИКОВОГО НАТЯЖНОГО ПРИБОРА

Г.К. БУКАЛОВ

(Костромской государственной технологической университет)

При взаимодействии пряжи и ролика натяжного прибора [1] (рис. 1, где 1 – ролик с эластичным покрытием; 2 – ролик, контактирующий с нитью; 3 – нить) происходит неравномерный износ цилиндрической нитеконтактирующей поверхности ролика, несмотря на то, что ширина контакта нити с рабочим органом в виде ролика значительно меньше.

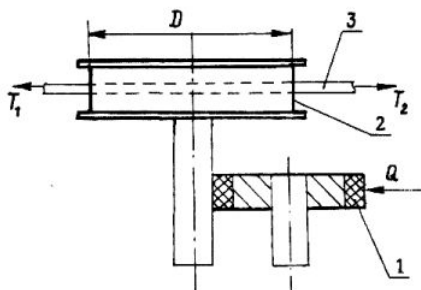


Рис. 1

В каждый момент времени положение нити на поверхности ролика является случайным, так как на нить действует множество случайных факторов (колебания диаметра нити, неравномерность натяжения, вибрации ролика и т.д.), которые приводят к тому, что положение нити на образующей ролика также является случайным. Иными словами, взаимодействие пряжи с данным участком образующей поверхности ролика может быть, а может и не быть.

Однако, если рассматривать взаимодействие пряжи с поверхностью ролика за достаточно большой промежуток времени,

необходимо рассматривать именно случайное распределение пряжи по ролику с некоторой плотностью вероятности (рис.2).

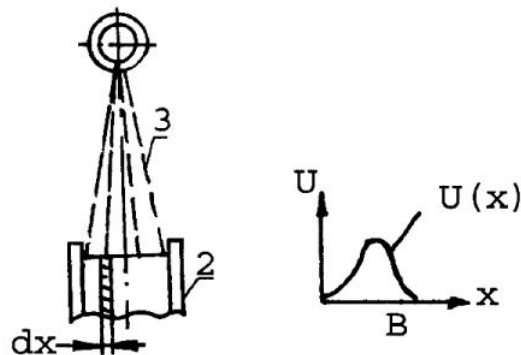


Рис. 2

Полагаем, что закон распределения пряжи по ролику с течением времени не меняется, ролик вращается равномерно.

Известно [3], что изнашивание нитепроводящих деталей в основном носит абразивный характер. Во время работы игольного барабана волокна огибают иглы подобно нитям, огибающим нитепроводники, поэтому для данного взаимодействия волокон можно применить закономерности, полученные при исследовании контактирования нитей с деталями.

Рассмотрим износ участка ролика шириной dx и длиной πD (рис. 2). Износ участка ролика после взаимодействия с пряжей определяется зависимостью [2] (далее

полагаем, что участки износа расположены по образующей равномерно).

Износ участка на образующей после взаимодействия с нитью длиной dL определится из [2]:

$$dU = kpdL, \quad (1)$$

где p – нормальное давление нити на данный участок ролика.

Полагаем, что p и L – случайные величины, распределенные по некоторому закону с постоянными параметрами. Можно утверждать, что найдется такая постоянная \bar{P} , которая отвечает следующим условиям:

$$0 < \bar{P} < P_{\max}, \quad \bar{P} = \text{const}, \quad (2)$$

где P_{\max} – наибольшее нормальное давление, возникающее при взаимодействии нити с роликом на данном участке.

\bar{P} – постоянная величина, численно равная некоторому среднему давлению нити за значительный промежуток времени, возникающему при контакте нити с роликом на данном участке (в первом приближении полагаем постоянной по поверхности ролика):

$$\bar{P} = \frac{\bar{F}}{\pi DB},$$

где \bar{F} – постоянная величина, численно равная некоторой средней силе нормального давления за значительный промежуток времени, возникающего при контакте нити с роликом на данном участке (в первом приближении полагаем постоянной по поверхности ролика); B – ширина ролика.

С учетом условий (2) и после упрощений выражение для расчета износа участка ролика определится зависимостью

$$dU(x) = \frac{k\bar{F}dL(x)}{\pi DB}. \quad (3)$$

Из (3) следует, что величина износа участка ролика прямо пропорциональна длине нити, взаимодействующей с данным участком и обратно пропорциональна диаметру ролика.

Общий износ U_0 ролика определится из (3) после преобразований:

$$U_0 = \int_0^B U(x)dx = \int_0^B \frac{kFL(x)dx}{\pi DB}. \quad (4)$$

Положим, что график износа ролика по образующей имеет следующий вид (рис.2). Ординаты графика фактически представляют собой частоты $G(x)$ попадания нити на данный участок, расположенный по ширине ролика, умноженные на некоторый коэффициент пропорциональности W_2 :

$$U(x) = W_2 G(x), \quad (5)$$

где $U(x)$ – величина износа ролика в данном участке на данном графике, мм; x – координата интервала (признак), мм.

Значение коэффициента W_2 пропорциональности можно определить из условия равенства единице площади под графиком частот $G(x)$ (график заменяем гистограммой):

$$\int_0^B G(x)dx = 1; \quad \frac{\int_0^B U(x)dx}{W_2} = 1; \quad (6)$$

$$W_2 = \frac{B}{\int_0^B [U(x)dx]}.$$

Следовательно, W_2 – общий износ ролика по образующей.

Полагаем, что нить распределяется по поверхности ролика случайным образом и закон распределения нити и износа по поверхности ролика является нормальным. Следовательно, можно говорить о плотности вероятности попадания нити на данный участок ролика, которая определяется следующей зависимостью:

$$R(x) = z_1 \frac{e^{-\frac{(x-X)^2}{2S^2}}}{S\sqrt{2\pi}}, \quad (7)$$

где X – математическое ожидание координаты нити на образующей ролика; S – среднее квадратическое отклонение координаты нити на образующей ролика; z_1 – коэффициент пропорциональности.

Из вышесказанного следует, что форма износа образующей ролика копирует картину распределения нити по рабочей поверхности ролика.

В (7) показано, что форма износа образующей ролика натяжного прибора копирует картину распределения нитей по образующей, а закон распределения является нормальным.

Следовательно, закон распределения износа по игольному полю также нормальный и выражается зависимостью:

$$U(x) = \frac{w_2 e^{-\left[\frac{(x-X)^2}{2S^2}\right]}}{S\sqrt{2\pi}}, \quad (8)$$

Ролики выбраковываются при достижении предельной величины износа U_{\max} . Как правило, это происходит в средней части ролика, где путь трения и, следовательно, износ наибольшие. Большая часть поверхности ролика имеет износ значительно меньше предельного.

Для полного использования потенциальной износостойкости поверхности ролика необходимо, чтобы величина износа всей нитеконтактирующей поверхности в момент выбраковки была бы одинакова и равнялась предельной величине U_{\max} , то есть выражение (8) преобразуется к виду:

$$U_p(x) = \text{const}.$$

С одной стороны, повысить износостойкость роликов можно, изменяя износостойкость поверхности роликов по образующей так, чтобы выполнялось условие (8), то есть условие равномерного изнашивания. С другой стороны – для выполнения условия (8) достаточно, чтобы через каждый участок ролика проходила нить одинаковой длины.

Предположим, что удалось создать условия, при которых изнашивающие воздействия на рабочий орган распределены равномерно по поверхности, например, путем перемещения ролика в направлении, перпендикулярном движению нити. Для определения относительной износостойкости разных вариантов роликов рассчитаем износ ролика с нормальным и с равномерным распределением нити по образующей.

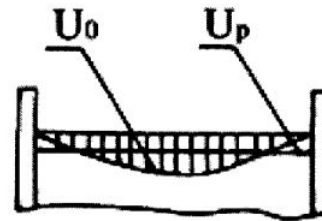


Рис. 3

В целях наглядности и для простоты расчетов величины износа роликов полагаем, что износ в осевом сечении ролика определяется площадью фигуры, ограниченной, с одной стороны, образующей U_0 ролика до изнашивания, с другой – сечением реальной изношенной U_p поверхности ролика, а с двух других – сечениями торцов ролика (рис. 3).

Поскольку длина нити, приходящаяся на оба ролика, одинакова, из [4] следует, что общий износ обоих роликов также одинаков. Однако картина распределения износа по образующей роликов сильно различается (рис. 3, где U_p – величина износа ролика с равномерным износом).

Максимальный износ U_{\max} найдем из (8) (с учетом $U_{\max} = U(x)$ при $x = X$) при помощи выражения

$$U_{\max} = \frac{w_2}{S\sqrt{2\pi}}.$$

Из (8) также следует, что общий износ U_0 ролика с нормальным распределением нити по поверхности определится выражением

$$U_0 = \int_0^B \left\{ \frac{W_2 \exp \left[-\frac{(x-X)^2}{2S^2} \right]}{S\sqrt{2\pi}} \right\} dx.$$

Поскольку X не является серединой интервала $\{0, B\}$, следовательно, U_0 не может быть равным W_2 . Отсюда ясно, что физический смысл коэффициента W_2 пропорциональности заключается в равенстве общему износу ролика по образующей, с размерностью m^2 .

Учитывая, что общий износ равномерно изнашивающегося ролика равен общему износу обычного ролика U_0 , выражение для износа равномерно изнашивающегося ролика U_p можно представить в виде

$$U_p = \frac{W_2}{b}.$$

Для определения относительной износостойкости ролика с равномерно изнашивающейся поверхностью за эталонный был

принят максимальный износ поверхности обычного ролика, а именно:

$$\varepsilon = \frac{U_{\max}}{U_p} = \frac{B}{S\sqrt{2\pi}}.$$

Таким образом, теоретически показана возможность повышения износостойкости ролика путем создания условий равномерного изнашивания нитеконтактирующей поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энциклопедия машиностроения. – Т. IV-13 "Машины и агрегаты текстильной и легкой промышленности" / Под ред. акад. Междунар. акад. наук высшей школы И.А. Мартынова. – М.: Машиностроение, 1997.
2. Проников А.С. Надежность машин / А.С. Проников. – М.: Машиностроение, 1978.
3. Худых М.И. Эксплуатационная надежность и долговечность оборудования текстильных предприятий. – М.: Легкая индустрия, 1980.
4. Букалов Г.К. //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, №2, 3.

Рекомендована кафедрой промышленной экологии и безопасности. Поступила 22.01.04.