

УДК 677.021

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ ВОЛОКНИСТОЙ ЛЕНТЫ ПРИ ЕЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С БИЛОМ МОДИФИКАТОРА*

С.Н. РАЗИН

(Костромской государственной технологической университет)

В устройстве для модификации льняного волокна в ленте [1] лента 2, сформированная из короткого льняного волокна, взаимодействует с кромкой била 4, выполненной в виде цилиндрической поверхности (рис. 1). Лента подается в рабочую камеру 3 с помощью валковой пары 1.

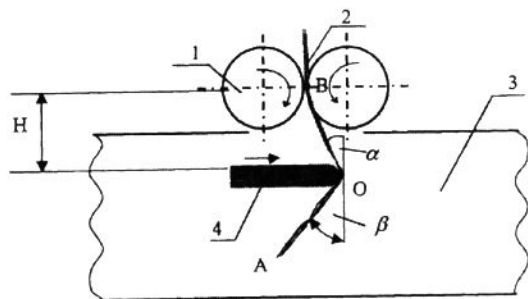


Рис. 1

Под модификацией льняного волокна будем понимать процесс разрушения технических льняных волокон (как по диаметру, так и по длине) на более мелкие комплексы волокон. Процесс модификации технического льняного волокна необходим для того, чтобы полученные волокна могли использоваться в дальнейшем в

смеске с другими натуральными волокнами, например, шерстью или хлопком. Одним из важнейших факторов, влияющим на процесс модификации, является сила натяжения ленты.

Наибольшие по величине силы натяжения возникают в ленте на этапе от момента времени, соответствующего началу взаимодействия ленты с билем, до момента, когда лента входит в соприкосновение с нижней поверхностью бильной планки. Назовем этот этап этапом захлестывания.

В результате многократных воздействий на ленту от нее отделяются отдельные волокна и их комплексы, вследствие чего лента к ее концу утоняется (т. А) и становится неоднородной по линейной плотности.

В [1] получено уравнение, описывающее процесс захлестывания ленты за кромку била. Для случая, когда линейная плотность ленты изменяется по линейному закону от величины γ_0 на необработанном участке ленты до 0 в сечении А, это уравнение имеет вид:

$$\ddot{\beta} - \frac{2r}{\ell} \dot{\beta}^2 - \left(\frac{4}{\ell} \dot{s}_O - \frac{\dot{k}}{k} \right) \dot{\beta} + \frac{6}{\ell^4} (L - s_O)^2 g \sin \beta \left(\frac{L - s_O}{3} - r\beta \right) = 0, \quad (1)$$

* Окончание. Начало и продолжение см. в №2 и №3 за 2004 г.
Работа выполнена при участии проф., докт. техн. наук Пашина Е.Л.

$$\text{где } \ell = L - s_0 - r\beta; \quad L = L_0 + v_{\text{п}}t;$$

$$s_0 = (r + R)\alpha + \frac{b + c \cos \alpha}{\sin \alpha};$$

$$\alpha = \arcsin \left(\frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{b}{a} \right);$$

$$k = \frac{\gamma_0}{L - r - H}; \quad a = H + r; \quad b = x_0 - R + vt;$$

$$c = R + r.$$

Здесь v – скорость движения била; $v_{\text{п}}$ – скорость подачи ленты; γ_0 – линейная плотность необработанной ленты; L_0 – длина ленты в момент начала взаимодействия; x_0 – координата центра кривизны кромки била в начальный момент; расстояние H – показано на рис. 1; R – радиус цилиндров подающей валковой пары; r – радиус кромки била.

Решение уравнения (1) позволяет найти закон движения и закон изменения угловой скорости захлестываемого участка, а затем определить силу натяжения ленты в сечении ее набегания на кромку била:

$$T_0 = m(a_r^{\tau} + \ell\beta^2) / 3, \quad (2)$$

где m – масса захлестываемого участка; a_r^{τ} – касательное ускорение движения ленты относительно кромки била.

В формуле (2) первое слагаемое соответствует силе инерции захлестываемого участка, возникающей из-за проскальзывания ленты по кромке била, а второе слагаемое соответствует центробежной силе инерции, возникающей в результате вращательного движения захлестываемого участка вокруг кромки била. Коэффициент $1/3$ в этой формуле появился вследствие того, что центр масс захлестываемого участка в случае принятого закона изменения линейной плотности находится на расстоянии $1/3$ длины захлестываемого участка от кромки била.

Расчеты проводили при следующих исходных данных: начальная длина ленты $L_0 = 0,085$ м; скорость движения била $v = 70$ м/с; скорость подачи ленты $v_{\text{п}} = 0$ м/с; расстояние $r + H = 0,056$ м; начальная линейная плотность ленты $\gamma_0 = 0,012$ кг/м.

При этом уравнение (1) решалось при начальных условиях: $\beta_0 = 0$; $\dot{\beta}_0 = v / (H + r)$, то есть для случая, когда удары билами наносятся по вертикально висящей ленте.

Для выявления степени влияния радиусов кромки била и подающих цилиндров на силу натяжения ленты они варьировались. Результаты расчетов по формуле (2) представлены в табл. 1.

Таблица 1

Радиус r кромки била, мм	Сила натяжения T ленты, Н					
	Радиус R цилиндров подающей пары, мм					
	0	10	20	30	40	50
0	43,5	44,7	46,1	47,7	49,7	52,2
1	43,7	44,9	46,3	47,8	49,8	52,2
2	44,1	45,3	46,5	48,1	49,9	52,3
3	44,7	45,8	47,1	48,5	50,3	52,6

Анализ полученных результатов позволяет сделать заключение о том, что радиус кромки била при выбранном диапазоне его варьирования незначительно влияет на максимальную силу натяжения ленты: от 0,8 % при $R = 0,05$ м до 2,7 % при $R = 0$. Радиус же подающих цилиндров существенно сказывается на силе натяжения: от 16,7 % при $r = 0$ до 15 % при $r =$

$= 3$ мм. Следует также отметить, что с возрастанием упомянутых выше радиусов максимальная сила натяжения в ленте увеличивается.

В [2] получена формула, связывающая силы натяжения в ведущей и ведомой ветвях неоднородной по линейной плотности нити, контактирующей с шероховатым цилиндром:

$$T_1 = (T_0 - \mu v_1^2) e^{f\varphi} + (\mu + k\varphi) v_1^2, \quad (3)$$

где $v_1^2 = v^2 - \frac{ra_r^2}{f}$; $\mu = \tilde{\gamma}_0 + \frac{k}{f}$.

В этой формуле v – скорость движения ленты по кромке била; r – радиус кромки била; f – коэффициент трения ленты о кромку била; a_r^2 – относительное касательное ускорение движения ленты по кромке била; T_0 – натяжение ленты в сечении набегания; $\tilde{\gamma}_0$ – линейная плотность ленты в сечении ее набегания на кромку била; k – коэффициент пропорциональности, учитывающий неоднородность ленты по линейной плотности.

Формула (3) получена в предположении, что линейная плотность изменяется по линейному закону, изменяясь от значения $\tilde{\gamma}_0$ в сечении первоначального контакта ленты с билком до 0 в конечном сечении.

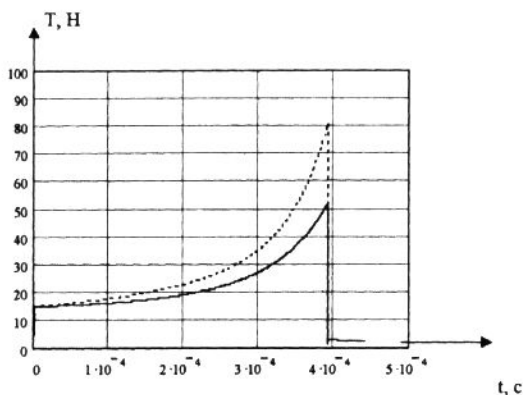


Рис. 2

Результаты расчетов представлены на рис. 2, где сплошной линией показана зависимость от времени силы натяжения в сечении набегания ленты на кромку била, а пунктирной линией – зависимость силы натяжения в ленте в сечении сбегания с кромки била.

Расчеты проводили при следующих исходных данных: начальная длина ленты

$L_0 = 0,085$ м; скорость движения била $v = 70$ м/с; скорость подачи ленты $v_n = 0$ м/с; радиус кромки била $r = 1$ мм; радиусы цилиндров подающей валковой пары $R = 0,05$ м.

Из приведенного на рис. 2 графика видно, что сила натяжения ленты в сечении сбегания больше, чем в сечении набегания на кромку била, и с течением времени разница между ними возрастает. В момент окончания процесса захлестывания, когда сила натяжения достигает максимального значения, сила натяжения в сечении сбегания в 1,6 раза превышает силу натяжения в сечении набегания на кромку била.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что радиус кромки била оказывает незначительное влияние на силу натяжения ленты в сечении ее набегания на кромку била и при определении силы натяжения им можно пренебречь. Радиус же цилиндров подающей пары существенно влияет на силу натяжения в сечении набегания ленты на кромку била.

2. Увеличение радиусов кромки била и цилиндров подающей пары (при неизменном расстоянии от точки зажима до плоскости движения била) приводит к росту силы натяжения ленты.

3. При выбранных параметрах устройства максимальная сила натяжения ленты в сечении сбегания с кромки била в 1,6 раза превышает силу натяжения в сечении набегания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на изобретение РФ №2206640, 7 D 01 G 1/00. Способ механического штапелирования льняного волокна в ленте / Разин С.Н., Пашин Е.Л. – Оpubл. 2003. Бюл. № 17.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 14.10.03.