

УДК 677.021

**ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСТРИЯ ИГЛ
ИГОЛЬЧАТОЙ ГАРНИТУРЫ
С ВОЛОКНОМ ПРИ КОТОНИЗАЦИИ***

А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ, С.Н. ВИХАРЕВ, Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ

(Костромской государственной технологической университет)

Важнейшими процессами при котонизации короткоштапельного льняного волокна являются штапельирование, очистка и утонение (дробление, расщепление комплексов). Очистка, утонение и частичное укорочение льняного волокна в большинстве известных технологических линий происходят параллельно, в специальных устройствах, иногда называемых котонизаторами. Котонизаторы, как правило, включают в себя питающее устройство, состоящее из столика и прижатого к нему валика, и рабочий барабан с пильчатой или игольчатой гарнитурой [1], [2]. Котонизация происходит за счет протрещивания зажатой бородки волокна рабочим барабаном.

Расщепление комплексов льняного волокна при котонизации происходит по следующим основным причинам:

– взаимодействие острия игл с волокном и принудительное механическое рас-

щепление комплексов;

– расщепление комплексов под действием различных видов деформаций (изгиба, сдвига, кручения) и напряжений, возникающих в слоях волокон.

Анализируя типы гарнитуры, применяемой при котонизации, можно с определенностью сказать, что и пильчатая лента, и кардолента взаимодействуют с перерабатываемым волокном чаще всего передними гранями, выполняя задачи расщепления волокнистых комплексов, их параллелизацию, очистку от сорных примесей и разряжение потока.

На наш взгляд, из поля зрения исследователей практически выпал такой важный процесс, наблюдающийся при расщеплении комплексов льняного волокна, как накалывание иглами льняных комплексов и воздействие на них активными боковыми кромками игл или зубьев.

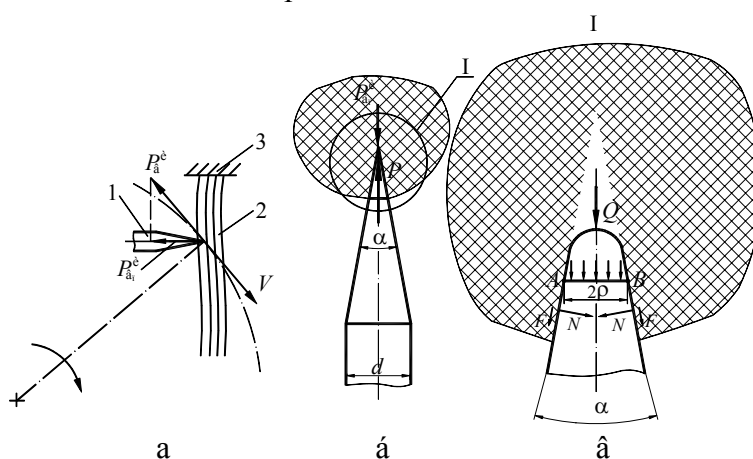


Рис. 1

* Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации МД-502.2007.8.

Рассмотрим взаимодействие острия иглы с волокнистым материалом с позиции обеспечения наилучших условий для расщепления комплексов. На рис. 1 показана схема взаимодействия острия иглы 1 с волокном 2, зажатым в приспособлении 3. Будем рассматривать форму иглы цилиндрической с диаметром стержня d и острием конической формы с углом заострения α и считать, что игла взаимодействует с каким-то волокнистым комплексом I (рис. 1-б). Со стороны волокна на иглу будут действовать проекция силы инерции на ось иглы $P_{в}^и$, а со стороны иглы ей будет противодействовать сила P (рис. 1-б).

Рассматривая непосредственно силы, противодействующие проникновению иглы в комплекс, можно видеть картину, представленную на рис. 1-в, где Q – сила сопротивления внедрению острия иглы в волокнистый комплекс; N – реакция на боковую поверхность острия; F – сила трения.

Спроектировав силы на ось иглы, согласно схеме на рис. 1-а,б получим:

$$P = P_{в}^и. \quad (1)$$

А согласно рис. 1-в будем иметь

$$P = Q + N \left(\sin \frac{\alpha}{2} + \mu \cos \frac{\alpha}{2} \right), \quad (2)$$

где $P_{в}^и$ – сила инерции взаимодействия частиц волокна с иглой в начальный момент; μ – коэффициент трения иглы о волокно; P – сила со стороны иглы.

Проанализируем слагаемые правой части уравнения (2).

Сила сопротивления внедрению острия иглы в материал зависит от предела прочности материала σ_b (в нашем случае волокнистого комплекса), и величины притупленности лезвия острия 2ρ .

Величину этого усилия можно выразить следующей зависимостью:

$$Q = \sigma_b \pi \rho^2, \quad (3)$$

где σ_b – предел прочности материала; ρ – радиус площадки, характеризующий притупленность острия иглы (сечение АВ, рис. 1-в).

Следует отметить, что чем меньше величина Q , тем при меньших значениях сил инерции со стороны частицы волокна происходит накалывание льняного комплекса.

Второе слагаемое выражения (2) характеризует сопротивление погружения острия иглы в материал – оно зависит от угла заточки иглы α , от плотности и жесткости материала. Учитывая, что льняное волокно уже прошло механическую обработку на предыдущих переходах (мятье и трепание), усилие по раздвиганию элементарных волокон будет значительно меньше, чем например, при погружении острия в такие материалы, как резина, плотные ткани. Больше всего это усилие зависит от угла заострения, угла α .

Согласно нашей предварительной оценке весовая доля второго слагаемого не превышает 15...20% от величины сопротивления внедрению острия иглы Q .

В связи с этим возвратимся к выражениям (2) и (3).

Величина притупленности острия иглы для осуществления процесса котонизации играет существенную роль. Выражение (2) с учетом вышесказанного можно переписать в следующем виде:

$$P_{в}^и = P = bQ = b\sigma_b \pi \rho^2, \quad (4)$$

где b – коэффициент, учитывающий влияние угла заточки иглы ($b=1,1$ при $\alpha < 10^\circ$ и $b=1,2$ при $10^\circ < \alpha < 20^\circ$).

Для определения допустимой величины притупленности острия иглы следует оценить величину силы инерции частицы волокна при соударении с иглой.

Воспользуемся для этого выражением колебания массы частицы волокна под действием импульса мгновенной силы [2], [3]:

$$z = \frac{S_0}{mk} \sin kt = \frac{V}{k} \sin kt, \quad (5)$$

где V – скорость иглы; k – круговая частота собственных колебаний частицы волокна, $k = \sqrt{\frac{c}{m}}$; c – жесткость пучка волокон; m – масса частицы.

Дважды продифференцируем это выражение и получим значение ускорения при взаимодействии:

$$\frac{d^2z}{dt^2} = -Vk \sin kt. \quad (6)$$

Тогда сила инерции частицы волокна будет:

$$P_B^i = -m \frac{d^2z}{dt^2} = mVk \sin kt = V\sqrt{cm} \sin kt. \quad (7)$$

Максимальное ее значение при $\sin kt=1$:

$$P_{B_{\max}}^i = V\sqrt{cm}. \quad (8)$$

Из выражения (4) с учетом (8) получим

$$\rho = \sqrt{\frac{P_{B_{\max}}^i}{\sigma_B \pi b}} = \sqrt{\frac{V\sqrt{cm}}{\pi b \sigma_B}}. \quad (9)$$

Так, например, если $V=10$ м/с; $c=10$ Н/м; $m=0,0000001$ кг; $b=1,2$; $\sigma_B=20$ МПа, то мы будем иметь $\rho \approx 0,011$ мм. Это 11 мкм,

что сравнимо с диаметром элементарного волокна в комплексе ($d_{cp}=20$ мкм).

Таким образом, для того, чтобы происходило накалывание комплекса на иглу и его последующее разрушение необходимо, чтобы острие иглы имело радиус заточки менее 10 мкм. Это означает, что при использовании игл с большим радиусом острия разрушение комплексов будет происходить без проникновения острия иглы в технический комплекс.

Для интенсификации процесса разрушения комплексов необходимо использовать явление накалывания. С этой целью заточке игл котонизирующих устройств следует уделять большее внимание, обеспечивая меньший радиус (менее 10 мкм) острия иглы, а при эксплуатации следует обеспечить периодическую замену игольчатых планок на рабочем органе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Живетин В.В., Гинзбург Л.Н., Ольшанская О.М. Лен и его комплексное использование. – М., 2004.
2. Корабельников А.Р. Развитие теории и технологии получения короткоштапельного льняного волокна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2005.
3. Корабельников Р.В., Корабельников А.Р. Теория и практика совершенствования очистителей волокна. – Кострома: КГТУ, 2001.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 20.03.08.