

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСТРИЯ
ИГЛЫ ИГОЛЬЧАТОЙ ГАРНИТУРЫ
С ЛЬНЯНЫМ ВОЛОКНОМ**

**FEATURES OF THE PROCESS OF INTERACTION
OF A NEEDLE EDGE OF A NEEDLE GARNITURE
WITH A FLAX FIBRE**

P.V. КОРАБЕЛЬНИКОВ, A.P. КОРАБЕЛЬНИКОВ
R.V. KORABELNIKOV, A.R. KORABELNIKOV

(Костромской государственной технологической университет)
(Kostroma State Technological University)
E-mail: tmm@kstu.edu.ru

В статье рассматриваются вопросы взаимодействия острия иглы игольчатой гарнитуры с элементарными волокнами с целью улучшения условий накалывания льняных комплексов для последующего их механического расщепления. Рекомендуются рациональные параметры заострения игл.

The article deals with the questions of interaction of a needle edge of a needle garniture of acicular garniture with ultimate fibers for the purpose of improvement of conditions of hooking of linen complexes for their subsequent mechanical splitting are considered. Rationalised parametres of a bevel of needles are recommended.

Ключевые слова: игольчатая гарнитура, льняное волокно, расщепление льняных комплексов, параметры игл гарнитуры.

Keywords: acicular garniture, a flax fibre, splitting of linen complexes, parametres of needles of garniture.

Как отмечалось ранее [1...3], важнейшими процессами при кottonизации короткоштапельного льняного волокна являются штапельирование, очистка и утонение (дробление, расщепление комплексов). В очистителях-кottonизаторах обычно используется способ обработки волокна в зажатом состоянии, путем прочесывания и протрепывания зажатой бородки волокон рабочим барабаном. При этом волокна параллелизуются, выделяются сорные примеси и происходит расщепление комплексов льняных волокон. Расщепление (утонение) льняного волокна происходит благодаря:

– взаимодействию острия игл с волокном путем накалывания и принудительного механического расщепления комплексов;

– расщеплению комплексов под действием различных видов деформаций и напряжений (изгиба, сдвига, кручения).

Нами ранее отмечалось [3], что такая гарнитура, как пильчатая лента и кардолента, взаимодействуют с волокном в основном передними гранями зубьев, выполняя функции, связанные с параллелизацией, очисткой волокна от сорных примесей и разрежением потока. Расщепление волокнистых комплексов такой гарнитурой осуществляется в основном за счет создания в них касательных напряжений и деформаций сдвига.

Из-за сравнительно больших размеров ширины кромок зубьев пильчатой ленты практически не происходит процесс накалывания. Это один из недостатков пильчатой гарнитуры при применении ее для ко-

тонизации. Важность процесса накалывания льняных комплексов гарнитурой в виде игл общеизвестна, однако исследований по разработке рекомендаций выбора параметров острия практически нет.

Ранее нами рассмотрен процесс взаимодействия острия, иглы с волокном с позиции обеспечения наилучших условий для расщепления комплексов [3].

Важнейшую роль при взаимодействии иглы с волокнистым материалом играют такие параметры острия как ее притупленность и угол заострения.

Величина притупленности характеризуется радиусом площадки у вершины острия, которая образуется как в результате некачественной заточки при изготовлении игл гарнитур на заводе-изготовителе, так и в результате износа игл в процессе эксплуатации.

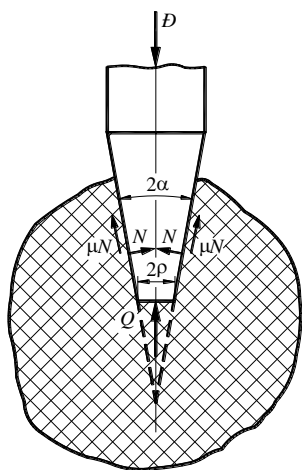


Рис. 1

Нами определены зависимости для определения усилия прокалывания волокнистого материала иглой и силы сопротивления внедрения острия (рис. 1).

$$P = Q + N \left(\sin \frac{\alpha}{2} + \mu \cos \frac{\alpha}{2} \right), \quad (1)$$

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

где P – сила прокалывания материала иглой; Q – сила сопротивления внедрения острия иглы в материал; N – реакция со стороны материала на боковые поверхно-

сти иглы; μ – коэффициент трения иглы о волокнистый материал; ρ – радиус площадки притупленности острия; σ_b – предел прочности материала.

С учетом скорости иглы, при взаимодействии с прядкой волокна, найдена зависимость для определения радиуса притупленности из условий возможности накалывания:

$$\rho = \sqrt{\frac{V \sqrt{cm}}{\pi b \sigma_b}}, \quad (3)$$

где V – скорость иглы; b – коэффициент, учитывающий влияние на силу прокалывания угла заточки острия; c – жесткость пучка волокон; m – приведенная масса прядки волокон.

Рекомендации, приведенные нами в выражениях (1)...(3), важны, но недостаточны для выбора такого параметра иглы как допустимая величина притупленности.

От величины притупленности зависит эффективность взаимодействия гарнитур с льняным волокном.

Льняное волокно по своей структуре является сложной природной конструкцией. Известно, что элементарные волокна, соединены в комплексы. От формы и строения комплексов волокон зависит прочность и другие свойства волокна. Поэтому, на наш взгляд, необходимы исследования взаимодействия рабочих органов машин с учетом микроструктуры волокна.

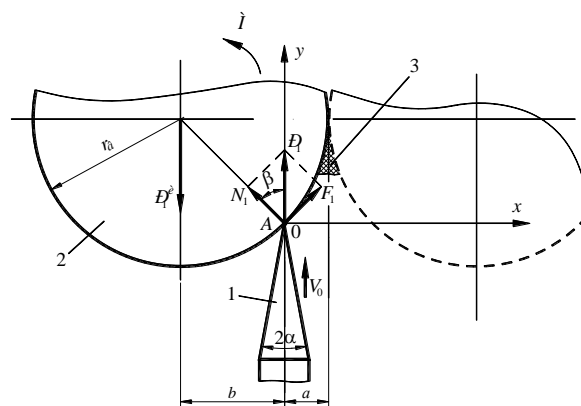


Рис. 2

Рассмотрим модель взаимодействия острия иглы с волокном (рис. 2). Здесь показана игла 1 с острием в виде конуса с углом заострения 2α и вершиной острия в

точке А, а также поперечный разрез волокна 2. Нами принято допущение, что элементарные волокна в сечении имеют форму круга.

Между волокнами есть слой пектина 3. Волокна и соединяющая их матрица имеют различные механические свойства, а именно предел прочности, модуль упругости, фрикционные свойства и др.

На схеме показана игла, движущаяся со скоростью V_0 . По аналогии с работами [4], [5] рассмотрим случай, когда игла действует на волокно со смещением относительно центра. Начальный контакт острия с волокном происходит в точке А, со смещением на величину "b". Со стороны волокна на иглу действует сила инерции от прядки волокон, окружающих рассматриваемое волокно:

$$P_1'' = -ma, \quad (4)$$

где m – приведенная в точку А масса прядки; a – ускорение взаимодействия.

Со стороны иглы на волокно будет действовать сила P_1 , равная по величине P_1'' , и момент

$$M = P_1''b. \quad (5)$$

Момент M создает напряжения в связях элементарного волокна с другими волокнами, что также будет способствовать расщеплению комплексов.

Поместим в точку А начало координат системы xOy и разложим силу P_1 на две составляющие \bar{N}_1 и \bar{F}_1 . Составляющая N_1 старается оттолкнуть волокно от иглы влево, а сила F_1 старается удержать ее.

Определим ширину зоны "b" (рис. 2), в которой волокно будет удерживаться иглой, а игла при этом будет воздействовать активно на волокно. Для этого спроецируем силы на оси Ox , тогда условие удержания запишется

$$N_1 \sin \beta \leq F_1 \cos \beta, \quad (6)$$

где $F_1 = \mu N_1; \quad (7)$

μ – коэффициент трения иглы о волокно.

С учетом (7) выражение (6) после сокращения на N_1 переписывается так:

$$\cos \beta \leq \mu \cos \beta. \quad (8)$$

Деля обе части на $\cos \beta$ и считая, что

$$\mu = \operatorname{tg} \gamma, \quad (9)$$

где γ – угол трения иглы о волокно, получим условие, при котором волокно будет удерживаться на игле:

$$\operatorname{tg} \beta \leq \operatorname{tg} \gamma \quad \text{или} \quad \beta \leq \gamma. \quad (10)$$

Если угол $\beta = \gamma$ назвать критическим, то можно определить значение ширины зоны "b", в которой игла будет удерживать волокно и транспортировать его в направлении движения иглы

$$b = r_b \sin \beta = r_b \sin \gamma. \quad (11)$$

Полная же зона взаимодействия иглы с волокном, где выполняются условия удержания, будет равна:

$$B = 2b = 2r_b \sin \gamma, \quad (12)$$

где B – полная ширина зоны взаимодействия иглы с волокном с выполнением условий (6), (10).

За пределами зоны "b" контакт иглы с волокном будет скользить по поверхности волокна, оно будет сдвинуто влево, и игла начнет взаимодействовать с пластинкой пектина, в которую игле значительно легче углубиться.

Если обозначить ширину этой зоны через "a", то ее можно определить из выражения

$$a = r_b - b = r_b - r_b \sin \gamma = r_b (1 - \sin \gamma). \quad (13)$$

Знание величины "a" примечательно тем, что ширина этой зоны должна лежать в основе определения и назначения такого параметра игольчатой гарнитуры, как величина притупленности иглы. На рис. 3

показана схема, где зона, равная по величине $2a$, соответствует предпочтительному максимальному значению величины притупленности. Эта величина должна закладываться в конструкторскую документацию как по изготовлению, так и при эксплуатации гарнитуры.

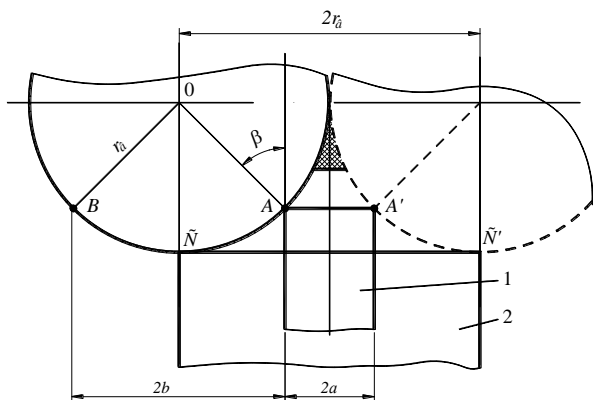


Рис. 3

Таким образом, можно записать выражение для назначения максимального допустимого радиуса притупленности иглы:

$$2\rho_{\max} \leq a, \quad (14)$$

или

$$\rho_{\max} \leq r_b(1 - \sin \gamma) / 2. \quad (15)$$

На схеме рис. 3 схематично показано два варианта размеров ширины притупленности (1 – максимальный для игольчатой гарнитуры, 2 – для пильчатой гарнитуры).

У пильчатой гарнитуры ширина кромки у вершины зуба по своим параметрам значительно больше, чем у игольчатой, что приводит к тому, что острие не проникает между элементарными волокнами, то есть процесс накалывания не наблюдается. Пильчатая гарнитура участвует в процессе

утонения льняного волокна путем скобления и создания сдвиговых деформаций.

Разработанные модели и рекомендации могут быть применены не только при котонизации льняного волокна, но и в других процессах, например, при чесании льна на чесальных машинах.

ВЫВОДЫ

1. Разработана модель взаимодействия острия иглы игольчатой гарнитуры с льняным волокном, которая позволяет определять рациональные параметры игл для процесса накалывания и расщепления льняных комплексов.

2. Даны рекомендации по выбору рациональных параметров игл, которые могут быть полезны как для текстильных фабрик, перерабатывающих льняное волокно, так и для заводов-изготовителей гарнитуры.

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 А.Р., Вихарев С.Н., Корабельников Р.В. Особенности взаимодействия острия игл игольчатой гарнитуры с волокном при котонизации // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №2.
4. Иброгимов Х.И., Корабельников Р.В. Особенности взаимодействия колков рабочего барабана очистителя с частицами хлопка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №2.
5. Иброгимов Х.И., Корабельников Р.В. Теория процессов технологии подготовки хлопка к дженированию: Монография. – Кострома: КГТУ, 2009.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования текстильных машин. Поступила 17.06.10.