

УДК 677.052.94

**СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ МЕЖДУ ВОЛОКНАМИ
КРУЧЕНОГО ПРОДУКТА В ПРОЦЕССЕ ВЫТЯГИВАНИЯ***

Г.И. ЧИСТОБОРДОВ, В.А. АВРЕЛЬКИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Продолжая исследования [1] сил, образующихся между волокнами полуфабрикатов, определим тангенциальное напряжение, действующее между соседними волокнами в крученом продукте.

В процессе вытягивания между волокнами крученого продукта образуется поперечное сжатие (напряжение), которое, в свою очередь, является типичным примером создания поля сил трения в процессе утонения, например, при прядении из ровницы.

Важность исследования напряжений, образующихся при действии на участок продукта, зажатого между вытяжными парами растягивающих сил, вызвана необходимостью определения оптимальных заправочных параметров вытяжного прибора.

Проведенные авторами исследования опираются на научно обоснованные методы расчета и проектирования технологического процесса вытягивания текстильного производства, который базируется на силовом взаимодействии волокнистого продукта с органами вытяжного прибора.

В настоящей работе принято, что геометрическая модель крученого продукта предполагает, что волокна располагаются по винтовым линиям с постоянным шагом. Шаг винтовой линии не зависит от текущего радиуса нити, а угол ориентации отдельного волокна θ , равный углу подъема винтовой линии, изменяется вдоль радиу-

са, достигая на периферии величины β . Упругая деформация ровницы складывается из деформации кручения всех волокон, составляющих этот полуфабрикат.

Крученый волокнистый продукт состоит из волокон (рис.1), между которыми действуют напряжения (радиальное и тангенциальное (касательное)), образующие при относительном движении волокон силы трения. Чем больше натяжение волокон и крутка продукта, тем сильнее поперечное обжатие и, следовательно, сила трения.

Распределение усилий между волокнами осуществляется в результате сил трения взаимодействующих волокон. Приведенная к осевой линии волокна величина радиального напряжения определяется [1]:

$$\sigma_p = E_f \varepsilon_f \cos^2 \beta \frac{\left(1 - \frac{\rho^2}{R^2} \sin^2 \beta - \cos^2 \beta\right)}{2 \left[\left(\frac{\rho}{R}\right)^2 \sin^2 \beta + \cos^2 \beta\right]}, \quad (1)$$

где R – радиус продукта; β – угол закручивания; E_f – модуль упругости волокна; ε_f – относительное удлинение волокна; ρ – расстояние до исследуемого волокна в сечении от оси продукта.

* Работа выполнена по гранту Президента Российской Федерации для поддержки молодых ученых.

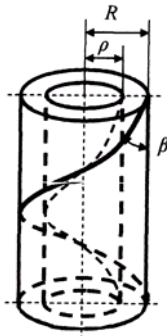


Рис.1

В процессе вытягивания между волокнами продукта образуется сила трения, элементарная величина которой определяется следующим образом [2]:

$$df = \mu \sigma_p (2 \pi r dl_i), \quad (2)$$

где r – радиус волокна; dl_i – элемент длины волокна, на который наложено касательное напряжение:

$$dl_i = -\frac{Q}{2} \left[\frac{2 u_i}{1 - \cos^2 \beta} \right] du, \quad (3)$$

Q – период миграции волокон; u – параметр, характеризующий радиальное положение точки на волокне в продукте.

Тогда тангенциальные напряжения, вызванные силами трения взаимодействующих волокон и препятствующих их скольжению, определяются:

$$\sigma_\tau = \frac{df}{2\pi r \ell}, \quad (4)$$

где ℓ – штапельная длина волокна.

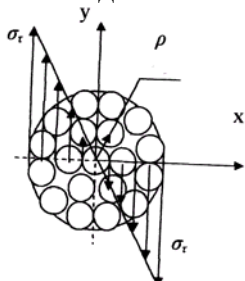


Рис.2

Полученная формула (4) позволяет определить тангенциальное напряжение ме-

жду волокнами в любом сечении продукта (рис. 2).

Исследуем тенденцию изменения напряжения поля сил трения между слоями крученого волокнистого продукта. При определении напряжений в настоящей работе будем считать: поскольку угол ориентации волокон в продукте постоянен, следовательно, в расчетах принимаем усредненное значение, которое равно 14° , при установленном значении крутки 30 кр/м.

Расчеты произведены для следующего объекта исследования: ровница линейной плотности $T = 333$ текс из смеси следующего состава: шерсть 64^k , I и II длины – 100%, штапельная длина волокон равна 72 мм.

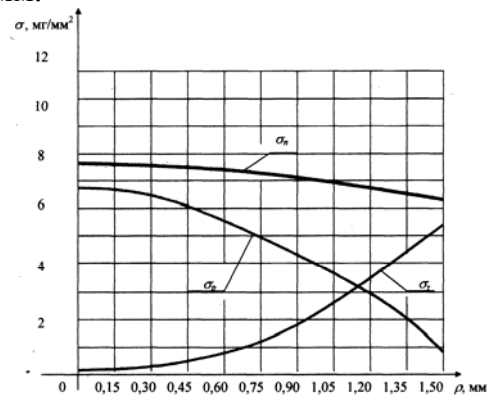


Рис.3

На рис. 3 представлено графическое изменение напряжений, действующих в крученом продукте.

По полученным результатам можно сделать вывод, что наибольшее радиальное напряжение испытывают центральные волокна, и уменьшается оно в сторону периферийных волокон. Наибольшее тангенциальное напряжение испытывают периферийные волокна, однако максимальное общее нормальное напряжение испытывает группа волокон, расположенных в центре.

Таким образом, изменение крутки продукта оказывает влияние на напряжение, образуемое между волокнами, причем от слоя к слою оно изменяется.

Информация о напряжениях, действующих между волокнами, необходима для исследования сил, образующихся при

вытягивании крученого волокнистого продукта. От характера действия сил, образующихся в процессе вытягивания, зависит величина нагрузки на нажимные валики вытяжного прибора.

При определении нагрузок на нажимные валики выберем усредненное значение напряжений, действующих в различных слоях продукта. Причем величина

нормального давления определяется следующим образом:

$$\sigma_n = \sqrt{\sigma_p^2 + \sigma_\tau^2}. \quad (5)$$

Тогда выражение для определения силы вытягивания в задней зоне вытяжного прибора в обозначениях из [3] будет выглядеть:

$$F_B = \psi \mu_2 \lambda_1 \sqrt{\sigma_p^2 + \sigma_\tau^2} n_1 R_1 \left(\frac{2}{3} + \frac{E_1}{E_1 + 1} \left(\sqrt{\frac{E_1}{E_1 + 1}} - 1 \right) \right). \quad (6)$$

По полученным ранее [3] математическим моделям рассчитаем нагрузки на нажимные валики вытяжного прибора с учетом исследований, проведенных в настоящей работе.

С учетом исходных данных нагрузка на нажимные валики вытяжного прибора кольцепрядильной машины П-76-ШГ2 равна: $Q_1=7010$ сН; $Q_2=8760$ сН; $Q_3=10740$ сН. Уменьшение величины полученных значений объясняется тем обстоятельством, что ранее величина нормального давления между волокнами продукта определялась экспериментально и с использованием эмпирических коэффициентов, которые привели к завышенному результату.

Полученные значения величин нагрузок на нажимные валики определены с учетом фактических условий формирования продукта и напряжений, действующих между волокнами продукта.

ВЫВОДЫ

Проведено исследование сил, действующих между волокнами крученого продукта в процессе вытягивания, которое позволяет определить тенденцию изменения напряжений в слоях продукта. Такое исследование необходимо при расчете фактических нагрузок на нажимные валики вытяжного прибора, а также при прогнозировании процесса вытягивания волокнистого продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чистобородов Г.И., Аврелькин В.А., Роньжин В.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №2.
2. Щербаков В.П. Прикладная механика нити. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2001.
3. Чистобородов Г.И., Аврелькин В.А., Роньжин В.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 6.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 17.01.06.