

УДК 677.021

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ
КОРОТКОШТАПЕЛЬНОГО ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА
К УТОНЕНИЮ И ОЧИСТКЕ***

А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ, Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ

(Костромской государственный технологический университет)

E-mail: tmm@kstu.edu.ru

Приведены теоретические и практические аспекты обоснования нового способа очистки волокна, сущность которого заключается в том, что льняное волокно пропускают через пару плющильных вальцов, вращающихся с различными скоростями. В результате дробление комплексов волокна

* Работа выполнена при финансовой поддержке аналитической ведомственной целевой программы Министерства образования и науки Российской Федерации, №2.1.2/6360.

повышается, улучшается очистка.

Theoretical and practical aspects of a substantiation of a new method of the fiber fettling which essence consists in passing a flax fibre through the pair of flaking rolls rotating with various speeds, are resulted herein. As a result, the crushing of fiber complexes raises, fettling improves.

Ключевые слова: волокноочистители, очистка волокна, котонин, лен, плющильные валы, напряжения в жале валов.

Как отмечалось ранее в [1], большое внимание при переработке короткоштапельного льняного волокна при получении котонина следует уделять утонению технических комплексов волокон, а точнее, улучшению условий очистки от костры, остатков паренхимы, эпидермиса и других. Удаление этих частиц будет способствовать улучшению качества пряжи.

В КГТУ разработан новый способ очистки волокна [2], обеспечивающий повышение эффективности этого важного процесса.

Сущность нового способа заключается в том, что слои волокон в массе сжимают с одновременным сдвигом их относительно друг друга с последующей обработкой бороздки пильчатым или игольчатым очистительным барабаном.

Целью сжатия и сдвига слоев волокон является создание в слоях напряжений, способствующих разрушению связей между волокнистыми комплексами и частицами костры и волокон.

Наиболее рациональным вариантом для реализации нового способа является обработка льняного волокна в цилиндрических плющильных вальцах. Волокно при подготовке к очистке может подаваться в виде холстика или в виде ленты.

Плющильные вальцы должны иметь привод и вращаться с различными скоростями. Кроме того, они должны иметь устройство для их нагружения с возможностью регулировки.

При рассмотрении теоретических аспектов [1] были приняты определенные допущения, среди которых следует отметить следующее:

– лента сжимается в жале между вальцами таким образом, что масса воло-

на может считаться однородным упругим телом (на рис. 1, где изображена схема сил при взаимодействии вальца со слоем волокна, показан участок контакта вальца с волокном);

– действие вальцов в зоне контакта заменим сосредоточенными силами, P – радиальной и T – тангенциальной (причем $T = \mu P$, где μ – коэффициент трения вальца о волокно);

– распределение нагрузки вдоль оси вальцов (рис. 1) считается равномерным и постоянным, а рассуждения проводятся для ширины слоя равной единицы длины.

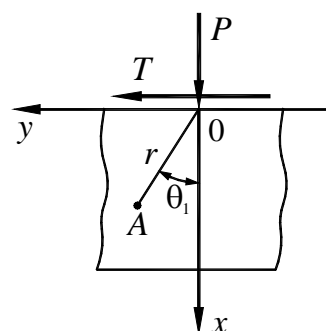


Рис. 1

В результате приводятся выражения для определения напряжений в любой точке слоя волокна между вальцами [1], [3].

Особенностью нового способа обработки волокна является создание напряженного состояния внутри слоев волокон с одновременным действием радиальной P и тангенциальной нагрузки T . Это обеспечивается тем, что слои волокон находятся в жале между вальцами, вращающимися с различными скоростями.

В результате значительно возрастают напряжения в любой точке полупростран-

ства слоев волокон. Так, нормальные напряжения в направлении движения волокон

$$\sigma_y = -\frac{2P}{\pi r} \sin^2 \theta_1 \cos \theta_1 - \frac{2T}{\pi r} \cos^3 (90^\circ - \theta_1) = -\frac{2P}{\pi r} \left[\sin^2 \theta_1 \cos \theta_1 + \mu \cos^3 (90^\circ - \theta_1) \right], \quad (1)$$

а для касательных напряжений:

$$\tau_{xy} = \frac{2P}{\pi r} \left[\sin^2 \theta_1 \cos \theta_1 + \mu \cos^3 (90^\circ - \theta_1 \sin(90^\circ - \theta_1)) \right], \quad (2)$$

где r – расстояние от точки приложения сосредоточенной силы до точки, где определяется напряжение, например т. А (рис. 1); θ_1 – угол между r и вертикальной осью (осью ox); μ – коэффициент трения вальца о волокно.

Анализ выражений (1) и (2) показывает, что напряжения в волокне значительно возрастают за счет второго слагаемого, то есть дополнительного касательного воздействия на слои волокон со стороны вальца.

Кроме напряжений, возникающих в слоях, следует отметить и контактные напряжения между вальцами и волокном, а также между отдельными волокнами.

При наличии значительного трения на поверхности контакта [4], [5] максимальное эквивалентное напряжение смещается к поверхности трущихся тел, и величина его растет с ростом трения. Под эквивалентным напряжением понимают напряжения при переходе к одноосному напряженному состоянию. Совместный учет контактных напряжений и напряжений, возникающих вследствие трения, применительно к волокну показан в [5].

Для контакта без учета трения эквивалентное напряжение будет:

$$\sigma_{\text{экв}}^a = q_0 (1 - 2\nu_B), \quad (3)$$

где ν_B – коэффициент Пуассона для волокна; q_0 – максимальное давление в зоне контакта.

Максимальное давление в зоне контакта равно максимальному напряжению и определяется при контакте в виде полоски [6] по формуле:

нистых слоев (по оси y) в т. А (рис. 1) будут:

$$P_0 = \sigma_{\text{max}} = \frac{2P_\Sigma}{\pi l b} = \frac{2P}{\pi b}, \quad (4)$$

где l – длина контактной полоски; P_Σ – общее усилие прижатия вальцов; P – радиальная сила прижатия на единицу длины контакта; b – половина ширины контактной полоски.

Для контакта с учетом трения эквивалентное напряжение будет:

$$\sigma_{\text{экв}}^b = q_0 \left[(1 - 2\nu_B)^2 + 4\mu^2 \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (5)$$

Коэффициент, показывающий усиление влияния трения на эквивалентное напряжение в волокне, определяется так:

$$K = \frac{\sigma_{\text{экв}}^b}{\sigma_{\text{экв}}^a} = \frac{\left[(1 - 2\nu_B)^2 + 4\mu^2 \right]^{\frac{1}{2}}}{1 - 2\nu_B}. \quad (6)$$

Так, например, при $\nu_B = 0,3$ коэффициент K возрастает от 1,77 при $\mu = 0,3$ до 5,1 при $\mu = 1,0$.

Рост эквивалентного напряжения в волокне за счет трения в зоне контакта, за счет принудительного смещения слоев со стороны приводного вальца говорит о том, что в новой конструкции очистителя волокна, реализующего новый способ очистки [1], значительно возрастает вероятность расщепления комплексов в волокне и способность к уменьшению связей волокон с сорными примесями.

Для проверки изложенных выше теоретических предпосылок был разработан и изготовлен экспериментальный стенд, со-

стоящий из двух вальцов диаметром 80 мм, установленных в опорах на специальной раме. Опоры верхнего валика были установлены в направляющих, и в них упирались пружины сжатия. Сила прижатия валков могла регулироваться [7].

Вальцы связаны между собой зубчатой передачей. Передаточное отношение зубчатой передачи можно было изменять благодаря сменным парам шестерен. Нижний валец был соединен с приводом. Эксперименты проводились на образцах, подготовленных из отходов трепания льна. Обработку образцов вели при различных режимах: меняли силу прижатия вальца (от 250 до 520 Н) при постоянном передаточном отношении скоростей вальцов и при постоянной силе прижатия вальцов при разных скоростях вальцов с передаточным отношением ($i=1,0$; $i=1,22$; $i=2,0$).

Здесь приведены предварительные результаты, полученные в ходе испытаний. Так, при обработке разряженного слоя волокон наблюдалось значительное разрушение комплексов с интенсивным образованием коротких (длиной менее 15 мм) волокон, доля которых доходила до 50%. Более позитивные результаты были получены при пропуске слоя толщиной не менее 2,0 мм. При обработке ленты различной плотности (10 и 5 ктекс) не наблюдалось значительного количества коротких волокон после обработки в гладких вальцах при всех соотношениях их скоростей.

Испытания при обработке слоя с отношением скоростей вальцов $i=2,0$ при силе прижатия верхнего вальца 250 Н дали такой же результат по дроблению льняных комплексов, как и при обработке волокна при $i=1,0$, но при силе прижатия 520 Н.

Изучалось также влияние обработки льняной ленты в жестких гладких вальцах на штапельный состав ленты, линейную плотность волокон и прочность 100-миллиметровых отрезков ленты. Приведем следующие данные: прочность ленты, обработанной в вальцах, снижалась по сравнению с необработанной примерно на 25...30%, а линейная плотность получаемого волокна снижалась на 10...15%. Дальнейшая обработка этого волокна в

технологической цепочке с очистителем-котонизатором, оснащенный пыльчатой гарнитурой, позволяла снизить плотность в полтора раза и достичь средней линейной плотности 1,6...2,5 текс с засоренностью до 15%.

Приведенные результаты экспериментальных исследований показывают, что обработка льняной ленты между вальцами существенно влияет на процесс дробления льняных комплексов и включение этой операции в технологический процесс при создании очистителя-котонизатора позволит получить более эффективное отечественное оборудование.

ВЫВОДЫ

1. Теоретические аспекты обоснования нового способа очистки льняного волокна могут служить основой для создания более современного очистителя-котонизатора.

2. Экспериментальные исследования подтверждают повышение эффективности дробления льняных комплексов при пропуске льняной ленты через плющильные вальцы, вращающиеся с различными скоростями.

3. Следует отметить также, что при обработке волокна между вальцами необходимо обеспечивать гарантийный зазор между ними величиной не менее толщины волокон во избежание излишнего разрушения комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вихарев С.Н., Корабельников А.Р., Корабельников Р.В. Особенности подготовки короткоштапельного льняного волокна к утонению и очистке от сорных примесей по новому способу // Вестник КГТУ. – 2007, №15. С24...26.
2. Патент на изобретение №2347863. Способ очистки волокна. (Авторы: Корабельников А.Р., Вихарев С.Н., Соркин А.П., Корабельников Р.В., Щербинин С.А.). Опубликовано 27.02.2009. Бюл. №6.
3. Безухов Н.И., Лужин О.В. Приложение методов теории упругости и пластичности к решению инженерных задач. – М.: Высшая школа, 1974.
4. Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости. – М.: Гостехиздат, 1953.
5. Бурнашев Р.З. Теоретические основы тех-

нологии очистки хлопка-сырца: Дис... докт. техн. наук. – Ташкент 1983.

6. Методические указания. Надежность в технике. Методы испытаний на контактную усталость.– М.: Изд-во стандартов, 1974.

7. *Вихарев С.Н.* Совершенствование оборудо-

вания и методов получения и очистки короткоштательного льняного волокна: Дис... канд. техн. наук. – Кострома, 2008.

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