

УДК 677.021.17

**ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ХЛОПКА  
В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ**

*Т.А. ОЧИЛОВ, Х.А. АЛИМОВА, Р.З. БУРНАШЕВ*

*(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)*

В настоящей статье осуществлена попытка решить проблему снижения поврежденности хлопка путем изучения природы разрушения хлопка-сырца, волокна и семян – в результате последовательных механических воздействий происходит их постепенное разрушение, близкое к усталостному (накопление усталостных трещин и в волокне, и в семенах).

М.А. Хаджиновой впервые разработана статистика подобного анализа оптическими способами, легшая в основу соответствующего стандарта [1]. Г.И. Болдинским указано на наличие подобных разрушений в скрытом виде и предложен метод выявления скрытых трещин с помощью люминесцентных растворов [2]. Известны и электронно-микроскопические снимки одиночных волокон с постепенно разрушающимися кутикулярным и жировосковым слоями – именно они являются очагами разрушения молекул целлюлозы, служат естественными концентраторами напряжений и источниками возникновения микротрещин.

В [3] в соответствии с кинетической теорией разрушения материалов степень разрушения характеризуется относительной величиной  $H$  с пределами вариации  $[0, 1]$  в зависимости от частоты нагружения  $n$  заданной интенсивности, варьирующейся от нуля до предела  $N$ , при достижении которого материал полностью разрушается ( $n = N; H = 1$ ).

Введем (с учетом вариации величины

нагрузки на сырье) дробное значение чисел нагрузки  $\alpha n$ , где  $\alpha$  изменяется в пределах  $[0, 1]$  при изменении нагрузки от 0 до  $P_{max}$ , то есть фактический эквивалент любой нагрузки к максимальной.

Тогда разрушение хлопка (по тем или иным параметрам) происходит по закону

$$dH/dn = f(H, n, \alpha, N), \quad (1)$$

где  $f$  может принять любой вид в зависимости от характеристики сырья, то есть вместе с  $N$  характеризовать материал, его сорт, условия технологической переработки и т.п.

Положим, что

$$f(H, n, \alpha, N) = P / \alpha n H^{1-p} (\alpha n / N)^m \quad (2)$$

и после подстановки этого уравнения в (1) получим (за исключением  $p=0$ )

$$H = (\alpha n / N)^{m/p} \quad (3)$$

– параболическую функцию степени  $m/p$ .

При  $p=0$  вместо (3) имеем экспоненту

$$H = \exp[(\alpha n / N)^m] \quad (4)$$

– частный случай, когда поврежденность волокнистого материала возрастает по экспоненциальному закону.

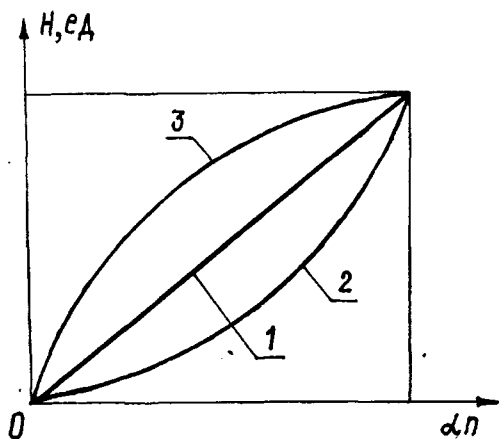


Рис. 1

Все кривые (рис.1) кроме случая (4) представляют семейство парабол степени  $m/p$ , причем возможны 3 типа зависимостей  $H(\alpha, n, N)$ : а) при  $m=p$  функция  $H$  зависит от  $\alpha n/N$  по линейному закону (кривая 1); б) при  $m>p$  имеем параболу степени  $m/p$  (кривая 2); в) при  $m<p$  кривизна кривой обратна предыдущему случаю (кривая 3 – выпуклостью вверх).

Наиболее интересны по физической сущности процесса усталостного разрушения первые два случая.

В первом, линейном,  $H$  изменяется от 0 до 1 пропорционально числу воздействий ( $\alpha n$ ). При этом интенсивность разрушения волокон, выражаемая согласно (1),

$$dH/dn = \alpha/N = \text{const} \quad (5)$$

постоянна и разрушение происходит с постоянной скоростью независимо от очередности приложения нагрузок, то есть материал не запоминает его предыдущей технологической обработки.

Тем не менее такая модель удобна в анализе: согласно ей для оценки качества достаточно иметь набор всех  $i$ -х воздействий независимо от очередности их приложения:

$$H = \sum_{i=1}^k (c m_i) / N \leq 1 \quad (6)$$

при постоянстве свойств материала  $N = \text{const}$  на всех операциях.

Если же на  $i$ -й операции эти свойства характеризуются своим предельным числом воздействий  $N_i$ , то (6) принимает вид

$$H = \sum_{i=1}^k (c m_i) / N_i \leq 1 \quad (7)$$

и по завершению переработки хлопок будет иметь остаточный запас усталостной прочности:

$$Z_y = 1 - H = 1 - \sum_{i=1}^k (c m_i) / N_i > 0 \quad (8)$$

и чем больше  $Z_y$ , тем лучше свойства хлопка, волокна и семян.

В (6...8) очевидна роль свойств материала вообще и в данном технологическом переходе в частности, так же, как и в принятой технологии сбережения свойств волокнистого сырья.

Вторая модель имеет более сложную структуру – согласно (3) скорость разрушения волокна и семян растет в степени  $(m/p - 1)$  в результате накопления усталостных трещин, повреждения поверхностной структуры волокна и семян. Так, при  $m/p=2$

$$dH/dn = 2\alpha^2 / N^2 n > 0 \quad (9)$$

и скорость разрушения материала положительна, а с ростом  $n$  увеличивается.

Этот вариант наиболее близок к нашим наблюдениям, но имеет один существенный недостаток – интегрировать (1) при различных  $(c m)_i$ ,  $N_i$ , а также  $m_i$  и  $p_i$  можно лишь кусочно по интервалам; конечные условия  $(i-1)$ -го интервала становятся начальными для  $i$ -го и так далее, что, впрочем, при достаточном знании перечисленных параметров и использовании ЭВМ не представляет труда.

Третья модель, когда  $m/p < 1$ , дает условие (в общем случае):

$$dH/dn = m/p \alpha / N (N/c m)^{1-m/p}, \quad (10)$$

что означает падение скорости усталостного разрушения материала по мере механических воздействий на него. Такие процессы известны для некоторых сложных систем, но волокно такими свойствами не обладает, разве что локальными и в особых условиях.

В наших опытах при испытании свойств волокна по всей технологической цепочке хлопкозавода по многочисленным характеристикам (массодлине, биологической и механической поврежденностям волокна, его извитости, наличию пороков, в том числе дробленными семенами и кожей с волокном, остаточному удлинению при разрыве и другими) изучена кинетика их изменений, привести которые в полном объеме не позволяют рамки статьи.

Исследовался хлопок при приемке на завод (вариант 0), после хранения (1), сушки (2), очистки (3), джинирования (4) и волоконоочистки (5) после 1-го и 3-х месяцев хранения с плотностью бунтования 150...200, 200...250 и 250...300 кг/м<sup>3</sup>, после сушки при входящей температуре теплоносителя 160 и 200<sup>0</sup>С; использовали хлопок-сырец I и III-го промышленных сортов.

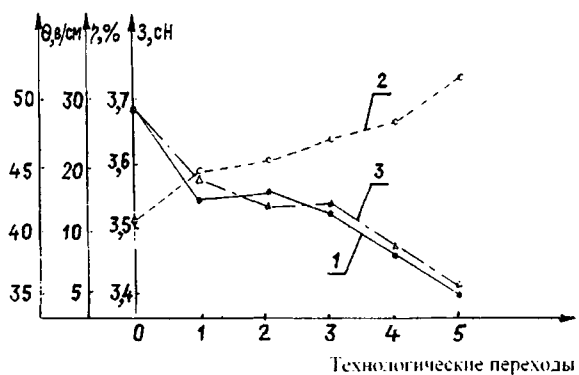


Рис. 2

На рис. 2 представлена кинетическая диаграмма для хлопка-сырца средневолокнистой разновидности V типа, III-го промышленного сорта после 1-го месяца хранения, сушки при  $t=200^{\circ}\text{C}$ , плотности укладки в бунт 250...300 кг/м<sup>3</sup> (кривая 1 соответствует прочности 3 волокна, сН; 2 – механической поврежденности  $\eta$ , %; 3 –

извитости  $\Theta$ , %).

Из кривых следует, что наряду с очисткой хлопка, волоконоочисткой и пыльным джинированием, вносящими наибольший вклад в потерю прочности, извитости, количество механических повреждений увеличивается и хранение хлопка в переуплотненном состоянии в течение одного месяца.

В этом случае прирост механических повреждений составлял 5% против 4...6% в соответствующих технологических переходах, а падение прочности волокна – в среднем 0,13 сН против суммарного падения в трех технологических переходах – 0,11 сН. Аналогичная ситуация и с характеристикой извитости, где на хранение приходится потеря 5% (абсолютно) от начальной извитости 49%, а на всю остальную хлопкоочистку 11%.

Для I-го сорта хлопка указанные изменения при хранении значительно меньше; меньше они и в последующих технологических переходах (с некоторыми особенностями – такой хлопок имеет меньшую кратность очистки в очистителях крупного и мелкого сора).

При закладке хлопка на хранение единственными механическими воздействиями являются транспорт сырца и его уплотнение в бунте, где по схеме неголономного контакта с ногами рабочих он уплотняется до значительной плотности. При хранении он находится под действием остаточных нагрузок, особенно в нижних слоях бунта. Поэтому такие разрушения сырья только нагрузкой ( $\sigma_n$ ) объяснить нельзя – оно перерождается по сложному закону – за счет изменения свойств, выражаемых значениями предельного числа циклов N.

Степень же разрушения хлопка в отдельных переходах первичной обработки, особенно в перечисленных трех, зависит и от числа  $n$  воздействий, и от степени такого воздействия, учитываемого коэффициентом  $\alpha$ .

Так, при джинировании число  $n$  минимально (для одного волокна – единица в акте волоконоотделения, плюс случайные контакты с пилой и летучками в сырцевом валике), но максимальна  $\alpha$  (равна 1).

В хлопкоочистке число  $n$  достигает нескольких десятков и сотен, а нагрузка – значительно меньше. Интегрально же их воздействие с учетом кривой кинетики  $f(N, \alpha, N)$  на выходе дает близкий результат. Волокноочистка занимает промежуточное значение между рассмотренными технологиями как по  $\alpha$ , так и по  $n$ .

Следует отметить, что при снижении интенсивности очистки (хлопок высших сортов ручного сбора) негативное влияние очистки можно вообще снизить при условии достижения требуемого качества – это вытекает из рассмотренных моделей.

В отношении предложенной схемы – для грубой оценки разрушения волокна как при хлопкоочистке, так и в процессе текстильного производства достаточно использовать модель с  $m/p=1$ ; для более глубокого изучения зависимостей (1) и (3) требуется накопить фактический материал, хотя и сейчас оценка поведения волокна хлопка в механических процессах предполагает значение  $m/p=1,5\dots 2,5$ .

## ВЫВОДЫ

1. Предложена кинетическая модель, интегрально учитывающая степень  $\alpha$  и количество  $n$  механических воздействий на волокнистый материал, позволяющая учесть их воздействие по всей последова-

тельности переработки сырья.

2. Показано, что важную роль при усталостном разрушении волокнистого материала играет величина предельного значения числа  $N$  циклов, которое он способен выдерживать – как материаловедческую характеристику хлопка, в управлении которой скрыты резервы совершенствования механической технологии.

3. На примере анализа качества волокна III-го сорта по технологической цепочке: заготовка – месячное хранение – сушка – хлопкоочистка – джинирование – волокноочистка (наиболее типичном в комплексе исследований по данной тематике) показана правомерность применения такой модели.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хаджинова М.А. Инструкция. Определение поврежденных волокон хлопка микроскопическим методом и их оценка. – Ташкент, 1957.

2. Болдинский Г.И. Теоретические основы процесса пильного джинирования и вопросы порокообразования при нем: Дис.... докт. техн. наук. – М.: МТИ, 1970.

3. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник. – Т. 1/Под ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. – М.: Машиностроение, 1968.

Рекомендована кафедрой прядения хлопка и химических волокон. Поступила 29.11.01.