

РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ С УЧЕТОМ ГРАДАЦИИ ПРЯДОМОГО ВОЛОКНА И ПУХОВОЙ ГРУППЫ*

А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ

(Костромской государственной технологической университет)

Известно, что пучки из элементарных волокон в стебле льна соединяются между собой срединными пластинами, состоящими в основном из пектина. Средняя длина волокна льна составляет 15...25 мм, максимальная – 130 мм при среднем размере поперечного сечения 12...17 мкм.

В процессе обработки тресты росяной мочкой пектиновые вещества разрушаются благодаря жизнедеятельности грибов, что ослабляет связи между волокнами в комплексах. В процессе последующей механической обработки осуществляется разрушение лубяных стеблей с целью нарушения связей волокон с древесиной и их разделения: на мяльных машинах путем их плющения и изгиба; на трепальных – волокна отделяются от древесины (костры); при этом важно сохранить природные свойства волокна (прочность, целостность).

При механической обработке наряду с отделением волокна от костры происходит расщепление (дробление) волокнистых комплексов, в результате чего получается так называемое длинное техническое волокно, представляющее собой комплексы природных элементарных волокон длиной 300...700 мм и толщиной от 33...350 мкм, а также волокнистые отходы (отходы трепания). Волокнистые отходы служат сырьем для производства короткого технического волокна и для получения короткоштапельного льняного волокна (котонина).

Котонин получают механическим, хи-

мическим и физико-химическим методами. При механических способах в технологию включены операции получения штапеля (резанием, разволокнением – разрывом и др.), очистки и чесания.

При всех операциях происходит дополнительное дробление (расщепление) элементарных волокон. Наряду с прядомыми волокнами длиной более 16 мм выделяется и значительное количество коротких волокон длиной до 16 мм [1]. Такие волокна улавливают и используют для изготовления нетканых материалов.

В связи с вышесказанным представляет интерес разработка теоретико-экспериментальной модели, описывающей процесс разволокнения льняного волокна. Это позволит путем нахождения эмпирических коэффициентов получить практические уравнения для расчета необходимого количества воздействий (или времени обработки) в зависимости от требуемого результата.

В [2] была предпринята попытка получения модели, описывающей разрушение волокна в процессе его механической обработки. Однако недостаток этой модели заключается в том, что в ней не заложена возможность получения волокон по длине (важна градация по длине на прядомые волокна и волокна пуховой группы).

Расщепление (дробление) волокон, а также их укорачивание происходит: – от высоких напряжений в волокне, а они, как следствие, от больших давлений и

* Работа выполнена при поддержке гранта Минобразования РФ 2003 г. по фундаментальным исследованиям в области технических наук. В работе принимал участие проф., докт. техн. наук Коробельников Р.В.

больших скоростей;

– от вида механического процесса (операций).

С учетом этого в [3] нами впервые рассмотрена возможность получения теоретико-экспериментальной модели дробления комплекса льняного волокна в зависимости от числа воздействий и силовых факторов. Исследуем возможность создания моделей, учитывающих при расщеплении технических волокон градицию на волокна прядомой и пуховой группы.

Здесь возможны два подхода (варианта). При первом – можно рассматривать общее количество образовавшихся волокон при расщеплении и долю волокон пуховой группы при этом. При втором подходе рассматриваются две группы – прядомые волокна и пуховая группа.

Обозначим через y количество волокон, образовавшихся в результате n воздействий. Пусть количество волокон, образовавшихся в результате одного воздействия или в единицу времени, будет ay , а число волокон пуховой группы (длиной менее 16 мм) за то же время by .

Тогда, используя методику [4], составим следующие дифференциальные уравнения:

$$\frac{dy}{dn} = ay - by, \quad (1)$$

или

$$\frac{dy}{dn} = y(a - b), \quad (2)$$

где a и b – коэффициенты, определяемые из экспериментальных данных.

Если считать, что при $n = 0$ $y = y_0$, то, интегрируя (2), получим

$$y(n) = y_0 e^{(a-b)n}. \quad (3)$$

Если вместо количества воздействий ввести время обработки, то будем иметь

$$y(t) = y_0 e^{(a-b)t}. \quad (4)$$

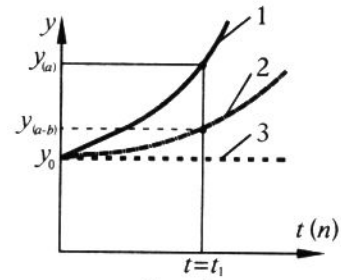


Рис. 1

На рис. 1 показаны возможные случаи различных значений коэффициентов a и b . Так, кривая 1 описывает процесс образования волокон во времени. Уравнение процесса:

$$y = y_0 e^{an} \quad \text{или} \quad y = y_0 e^{at}. \quad (5)$$

Кривая 2 соответствует случаю, когда $b \neq 0$, но $b < a$. Это наиболее вероятный случай расщепления комплексов, когда образуются и прядомые волокна, и волокна пуховой группы.

Кривая 3 соответствует частному случаю, когда $a = b$.

Коэффициенты из экспериментальных данных можно определить по следующим выражениям:

$$a = \frac{1}{t} \ln \frac{y(a)}{y_0}; \quad (6)$$

$$b = \frac{1}{t} \ln \frac{y(a)}{y(a-b)}, \quad (7)$$

где $y(a)$ – количество волокон, образовавшихся за время обработки $t = t_1$; $y(a-b)$ – количество волокон, образовавшихся за вычетом количества волокон пуховых групп.

При втором варианте обозначим через $a_1 z$ количество образовавшихся волокон прядомой группы, а через $b_1 z$ – количество коротких волокон. Тогда кинетические уравнения, описывающие образование прядомых волокон:

$$\frac{dz}{dt} = a_1 z - b_1 z, \quad (8)$$

где a_1 и b_1 – коэффициенты, определяемые экспериментально.

Если считать, что при $t = 0$ $z = z_0$, то по аналогии с (4) получим

$$z(t) = z_0 e^{(a_1 - b_1)t} \quad (9)$$

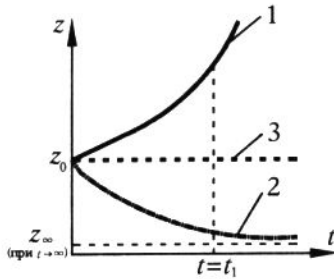


Рис. 2

На рис. 2 показаны возможные случаи образования волокон в зависимости от значений коэффициентов a_1 и b_1 .

Кривая 1 соответствует случаю, когда $a > b$, то есть прядомых волокон образуется больше, чем коротких. Кривая 2 соответствует процессу, когда $a < b$; при этом прядомых волокон с течением времени становится меньше. Это нежелательный процесс – он может возникнуть при больших ско-

ростях и усилиях взаимодействия рабочих органов с техническим волокном. Линия 3 соответствует частному случаю, когда $a = b$.

Полученные зависимости свидетельствуют о том, что при проектировании технологического процесса переработки льняного волокна следует анализировать соотношение получаемого прядомого волокна и количество волокна пуховой группы.

Разработанная методика позволяет на основе анализа экспериментальных данных получать модели для оценки тех или иных операций и прогнозировать качество вырабатываемого волокна.

Далее рассмотрим применение полученного метода для экспериментов, приведенных в [3], дополнив их значениями, учитывающими получение коротких волокон. В табл. 1 представлены экспериментальные значения.

С помощью выражений (6) и (7) для нашего случая имеются следующие значения эмпирических коэффициентов (средние значения из трех расчетных): $a = 0,037$; $b = 0,01$.

Таблица 1

Параметры	Число ударных воздействий		
	8	16	24
Начальное значение y_0	58	74	32
Значение $y_{(a)}$ после обработки	89	114	78
Прирост Δy	31	40	46
Количество коротких волокон (меньше 16)	8	14	17
Величина $y_{(a-b)}$	81	100	61

Тогда согласно (3) и (5) запишем уравнения:

$$y(n)_{(a-b)} = y_0 e^{0,027n}, \quad (10)$$

$$y(n)_{(a)} = y_0 e^{0,037n}. \quad (11)$$

По выражениям (10) и (11) можно и оценить процесс, и рекомендовать длительность механических воздействий при проектировании технологического процесса.

ВЫВОДЫ

Разработана методика получения теоретико-экспериментальных моделей, по-

зволяющих определить степень дробления (расщепления) комплексов льняного волокна при механических воздействиях с учетом градации получения прядомого волокна и коротких волокон. Выведенные уравнения будут иметь практическое значение, так как позволяют рассчитывать длительность допустимой механической обработки для каждого конкретного случая.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губина С.М. и др. // Текстильная промышленность. – 1997, № 6. С.19...21.
2. Левитский И.Н. Новое в обескостривании лубоволокнистых материалов. – Т. 1. Кострома, 1994.

3. *Корабельников Р.В., Корабельников А.Р., Лебедев Д.А.* // Вестник КГТУ. – Кострома, 2003, №7. С.34...37.

4. *Пономарев К.К.* Составление дифференци-

альных уравнений. – Минск: Высшая школа, 1973.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 10.09.04.
