

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЛЬНЯНОЙ РОВНИЦЫ НА ДРОБИМОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ВОЛОКОН И СТРУКТУРНУЮ НЕРОВНОТУ ПРЯЖИ

Е.А. ПЕСТОВСКАЯ, А.Н. ИВАНОВ

(Костромской государственный технологический университет,
Научно-внедренческий центр "Блеск" (г. Кострома))

Рассмотрение процесса мокрого прядения льна с молекулярно-кинетических позиций ранее показало, что обрывность в вытяжном приборе зависит от длины активной зоны вытягивания, которая в свою очередь определяется характером дробления и величиной сдвига технических комплексов волокон в процессе вытягивания.

Рассмотрим закономерности процесса дробления технических комплексов волокон в мокром прядении льна. Представим технические комплексы льняных волокон в ровнице, которые подвергаются растяжению вдоль волокон, как полимерный композит, армированный короткими дискретными ориентированными волокнами. При рассмотрении поведения такого композита при растяжении нужно учитывать так называемый "концевой эффект", связанный с концентрацией напряжения в волокнах [1]. Для однонаправленных дискретных волокон напряжение на каждом волокне вдоль его длины неравномерно, оно возрастает от конца к середине. Поэтому прочность при растяжении таких материалов зависит от отношения средней длины волокна (ℓ) и критической длины волокна ($\ell_{кр}$), которую можно определить как минимальную длину, позволяющую развиваться напряжениям, разрушающим волокно в средней его точке. В нагруженном вдоль волокна композите нагрузка передается волокнам за счет касательных напряжений на поверхности раздела волокно-матрица (рис.1 – эпюры растягивающих напряжений в волокнах разной длины).

При $\ell < \ell_{кр}$ растягивающие напряжения оказываются недостаточными, чтобы вызвать их разрушение, волокна при этом вытягиваются из матрицы. При $\ell > \ell_{кр}$ волокна разрушаются от растягивающих напряжений; при этом, чем больше ℓ , тем

большую прочность имеет композит в целом.

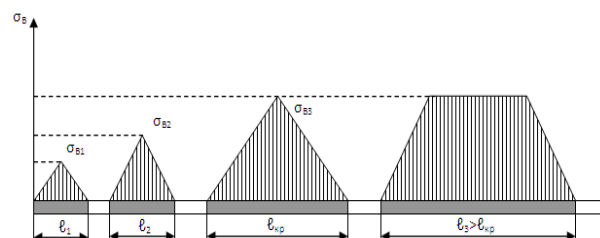


Рис. 1

Существует и обратная связь критической длины волокна и силы связей в матрице. С увеличением прочности матрицы критическая длина волокна увеличивается. Длина технических комплексов льняных волокон при вытягивании ровницы в мокром виде $\leq \ell_{кр}$, так как процесс утонения технических комплексов при растяжении контролируется вытягиванием комплексов волокон из матрицы нецеллюлозных компонентов, находящихся в срединных пластинках. Минимальная длина, на которой волокна склеиваются друг с другом в момент отрыва, $\ell_{скл}$ зависит от прочности матрицы. С увеличением силы связей в срединных пластинках $\ell_{скл}$ возрастает. С увеличением касательных напряжений увеличивается длина перемещающихся при вытягивании комплексов и их диаметр.

Сдвиг комплексов волокон в конце процесса вытягивания (у выпускной пары цилиндров) определяется отношением средней длины технических комплексов к количеству комплексов по диаметальному размеру пряжи:

$$\ell_{сдв} = \bar{\ell}_{компл} / n_{компл. в пряже}. \quad (1)$$

Число комплексов по диаметальному размеру пряжи равно отношению диаметра пряжи к среднему диаметру комплексов в пряже:

$$n_{\text{компл. в пряже}} = d_{\text{пряжи}} / d_{\text{компл}} = \sqrt{\frac{T_{\text{пряжи}}}{T_{\text{компл}}}}, \quad (2)$$

так как диаметр линейного продукта прядения (пряжи, ровницы, ленты, техниче-

$$l_{\text{сдв}} = \frac{20}{\sqrt{\frac{46}{2,8}}} = 20/4,052 = 4,94 \text{ (мм)}; \quad n_{\text{компл. в пряже}} = 4,052. \quad (3)$$

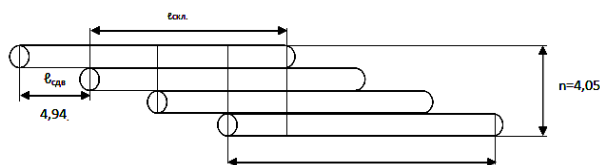


Рис. 2

На рис.2 показан сдвиг волокон в пряже.

Длина склеивания комплексов друг с другом в пряже равна:

$$l_{\text{скл}} = \bar{l} - l_{\text{сдв}} = 20,0 - 4,94 = 15,06. \quad (4)$$

Длина активной зоны вытягивания ($L_{\text{акт.выт}}$) равна произведению величины сдвига комплексов волокон в пряже на количество комплексов в диаметре ровницы:

$$L_{\text{акт.выт}} = 4,94 \cdot \sqrt{\frac{560}{2,8}} = 4,94 \cdot 14,14 = 69,9 \approx 70 \text{ (мм)}. \quad (6)$$

На основании данного подхода нами с применением автоматизированного комплекса КЛА-2 было экспериментально исследовано влияние продолжительности сульфитной варки льняной ровницы линейной плотности 666 текс (№1,5) на дробимость техни-

ческого комплекса) связан с линейной плотностью продукта уравнением $d = 0,9899 \sqrt{10 \cdot T} \cdot 10^{-5}$ (м) при объемной плотности льняных волокон в мокром виде, равной $1,3 \text{ г/см}^3$. Например, для пряжи 46 текс, состоящей из технических комплексов со средней длиной $\bar{l} = 20$ мм и $T_{\text{компл}} = 2,8$, текс, сдвиг волокон равен:

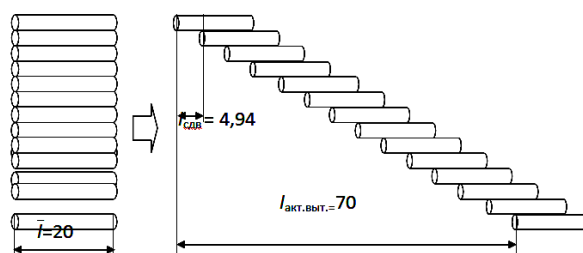


Рис. 3

На рис.3 показан сдвиг волокон в ровнице в процессе вытягивания в вытяжном приборе.

Например, для ровницы с линейной плотностью 560 текс и получаемой из нее пряжи 46 текс, состоящей из технических комплексов с $T_{\text{компл. в пряже}} = 2,8$ текс, длина активной зоны вытягивания составит 70 мм:

ческих комплексов волокон и структурную неровноту пряжи 46 текс, выработанной на прядильной машине ПМ-88-Л5. Исследования проведены в производственных условиях Яковлевского льнокомбината. Полученные значения параметров строения технических

комплексов волокон в ровнице и пряже позволили определить величину сдвига комплексов в пряже и длину активной зоны вытягивания ровницы в вытяжном приборе. Сульфитная варка суровой льняной ровницы перед мокрым прядением проводилась по разработанному нами и внедренному на всех ведущих льнокомбинатах страны способу [2]. При сульфитной варке ровницы в

щелочной среде стенки элементарных волокон практически не затрагиваются, а пектины и лигнин в срединных пластинках эффективно разрушаются [3]. Изменение показателей (свойств) ровницы и пряжи в зависимости от продолжительности сульфитной варки ровницы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Время варки t, мин	0	10	30	60	90*	120
Прочность ровницы $P_{\text{ровн.}}$, Н	24,0	20,0	17,5	16,0	14,0	12,5
Потеря массы, п.м., %	0	5,0	10,0	13,0	16,0	17,5
Степень одревеснения S, %	34	30	25	20	15	10
Обрывность, обр./100 вер. ч	250	80	60	40	20	20
Пектины, %	2,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,01
Гемицеллюлозы, %	8,0	8,0	8,0	7,9	7,8	7,8
Линейная плотность ровницы $T_{\text{ровн.}}$, текс	666	633	600	580	560	550
Линейная плотность пряжи $T_{\text{пряжи}}$, текс	54,6	51,9	49,2	47,5	46,0	45,1
$\bar{T}_{\text{компл. в пряже}}$, мтекс	4000	3500	3200	3000	2800	2600
$\bar{\ell}_{\text{компл. в пряже}}$, мм	40	30	26	22	20	17,5
C_1 , %	70	50	40	35	30	30
Параметр неровноты C_v^2 , пряжи	1273	1117	1017	960	892	827
Число комплексов в поперечном сечении пряжи, $n, n = T_{\text{пряжи}} / \bar{T}_{\text{компл}}$	11,5	13,1	14,4	15,3	16,4	17,7
Вытяжка в прядении	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2
$V_{\text{выпуска}}$, мм/с	174	174	174	174	174	174
$V_{\text{питания}}$, мм/с	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2*	14,2

Примечание. * Оптимальный режим химической обработки: время варки 90 мин.

Суровая ровница 666 текс, степень одревеснения $S=34\%$; ровница вареная, п. м. 16,0 %, $S=15\%$; вытяжка в прядении 12,2 → пряжа 46 текс.

Режим вытягивания: $V_{\text{питания}} = 14,2$ мм/с; $V_{\text{выпуска}} = 174$ мм/с.

По данным табл. 1 по уравнениям (1)...(5) были рассчитаны значения $d_{\text{компл}}$, n , $\ell_{\text{сдв}}$ и $\ell_{\text{скл}}$ комплексов в пряже, полученной из вареной ровницы с разной степенью одревеснения срединных пластинок (табл. 2).

Таблица 2

Степень одревеснения S, %	34	30	25	20	15	10
$\bar{\ell}$, мм	40	30	26	22	20	17,5
$\ell_{\text{сдв}}$, мм	11,80	8,27	6,86	5,62	4,95	4,16
$\ell_{\text{скл}}$, мм	28,20	21,73	19,14	16,38	15,05	13,34
$d_{\text{компл}}$, мм ($\cdot 10^2$)	6,26	5,85	5,59	5,42	5,24	5,05
$n_{\text{пряжи}}$ (число комплексов в диаметре пряжи)	3,69	3,85	3,92	3,98	4,05	4,16
$n_{\text{ровницы}}$ (число комплексов в диаметре ровницы)	12,9	13,4	13,7	13,9	14,1	14,5
$\ell_{\text{скл}}/d$	450	371	347	302	287	264
$\bar{\ell}/d$	638	513	465	406	382	346
$L_{\text{акт. выт}}$, мм	152,2	111,2	93,9	78,1	69,78	60,51
$140/L_{\text{акт. выт}}$	0,919	1,259	1,491	1,793	2,006	2,313

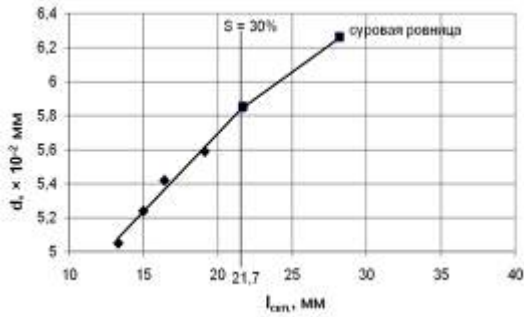


Рис. 4

Данные табл. 2 показывают, что длина склеивания $l_{скл}$ связана линейно с диаметром комплексов $d_{комп}$ (рис.4). Отношение длины склеивания и средней длины комплексов к их диаметру увеличивается с повышением степени одревеснения срединных пластинок волокон. Существует линейная зависимость $l_{скл}$ и $d_{комп}$ от степени

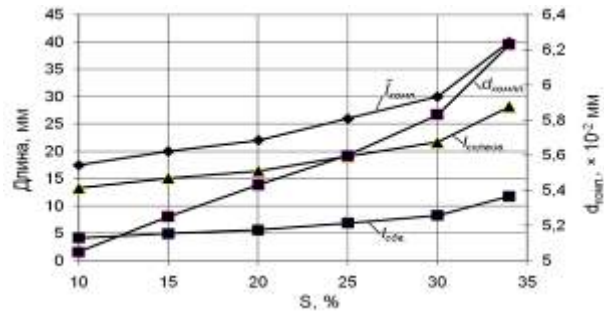


Рис. 5

одревеснения S срединных пластинок (рис.5). С повышением степени одревеснения технических комплексов длина их склеивания друг с другом увеличивается.

Зависимость средней длины комплексов волокон от их степени одревеснения является более сложной (рис.2), так как:

$$l_{скл} = \bar{l} - l_{сдв} = \bar{l} - (\bar{l}/n_{пряжи}) = \bar{l} (l - l/n_{пряжи}), \quad (7)$$

$$l_{сдв} = \bar{l}/n_{пряжи}; \quad \bar{l} = l_{скл}/(1 - \frac{1}{n_{пряжи}}) = l_{скл}/(1 - \frac{1}{\sqrt{\frac{T_{пряжи}}{T_{компл}}}}). \quad (8)$$

Степень одревеснения срединных пластинок технических комплексов оказывает влияние на длину активной зоны вытягивания ровницы в вытяжном приборе. С увеличением степени одревеснения $L_{акт.выт}$ увеличивается, а величина $L_{разводки}/L_{акт.выт}$ ($140/L_{акт.выт}$) уменьшается линейно, что приводит к увеличению времени вытягивания ровницы в вытяжном приборе и увеличению обрывности (рис.6 – зависимость величины $140/L_{акт.выт}$ от степени одревеснения технических комплексов волокон в ровнице).

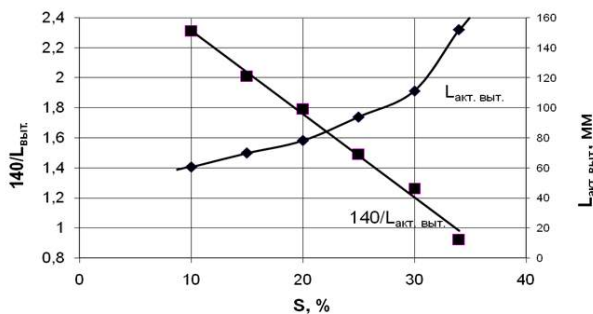


Рис. 6

ВЫВОДЫ

1. На основе механики разрушения при растяжении полимерного композита, армированного короткими дискретными ориентированными волокнами, рассмотрен процесс дробления технических комплексов волокон в мокром прядении льна. Предложена методика расчета сдвига комплексов волокон и величины активной зоны вытягивания в вытяжном приборе по показателям структуры комплексов (толщине и длине) в пряже, определяемым спектральным методом с применением комплекса КЛА-2.

2. Исследовано влияние процесса химической обработки льняной ровницы способом сульфитной варки на характер дробления технических комплексов волокон в вытяжном приборе. Показана линейная зависимость величины ($140/L_{акт.выт}$), характеризующей относительное время активного вытягивания ровницы в вытяжном приборе, от степени одревеснения

технических комплексов волокон. Этот показатель оказывает решающее влияние на обрывность в мокром прядении льна.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Андреева А.В.* Основы физикохимии и технологии композитов: Учеб. пособие для вузов. – М.: ИПРЖР, 2001.

2. Пат. 2009278 Российская Федерация, МПК⁷ 5 D 01 C 1/02. Способ подготовки льняной ровницы к мокрому прядению / Иванов А.Н., Пестовская Е.А., Марычев Ю.А., Попов В.Д. – №5015152/12; заявл. 29.11.91; опубл. 15.03.94, Бюл. №5.–5 с.: ил.

3. *Пестовская Е.А., Иванов А.Н.* Разработка экологически безопасной технологии интенсивной химической обработки льняной ровницы без применения хлорсодержащих окислителей //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №3. С.72...77.

Рекомендована кафедрой прядения натуральных и химических волокон КГТУ. Поступила 02.06.08.
