

УДК 677.017

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ АРМИРОВАННОЙ ПРЯЖИ

Н. А. КОВАЛЕВА, В. В. АРХАЛОВА, С. В. ЛОМОВ, И. И. ШТУТ,  
Р. ХАРВУД, Д. ЭСПИНОЗА

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна,  
Университет Де Монфорт, Лестер, Великобритания)

Для исследования структуры и механических свойств нитей [1, 2] в настоящей работе были выбраны образцы хлопколавсановых армированных нитей, характеристики которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

| Тип пряжи | Номинальная линейная плотность, текс | Линейная плотность компонентов, текс |                   | Крутка пряжи, кр/м | Оборудование |
|-----------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------|
|           |                                      | комплексная лавсановая нить          | хлопковая ровница |                    |              |
| СКП       | 50×4                                 | 28                                   | 350               | 208                | ПСК-225-ШГ2  |
| БКП       | 50×4                                 | 28                                   | 350               | 200                | ПБК-225-Х    |

Кручение осуществлялось на крутильно-тростильных машинах ТКМ-22. Содержание лавсановой нити 56%, ровница выработана из хлопка 1 типа по плану прядения АООТ «Советская Звезда» (Санкт-Петербург). СКК-пряжа вырабатывалась на фабрике «Веретено» (Санкт-Петербург), ПБК-пряжа — в отраслевой научно-исследовательской лаборатории Витебского технологического института легкой промышленности. Исходным материалом для исследования структуры являлись снимки поперечных срезов нитей.

Полученные по известной методике срезы помещались под микроскоп. Увеличенное (200х) изображение срезов фиксировалось с помощью видеокамеры, преобразовывалось в растровую форму и сохранялось в виде файла.

Целью математической обработки снимков было получение плотности распределения для каждого вида волокон (для каждого образца отдельно). Плотность распределения волокон характеризует равномерность распределения волокон в пряже, а также плотность заполнения объема, что, в свою очередь, позволяет судить о пористости, влияющей на воздухопроницаемость, влагопоглощение или, например, на окрашиваемость.

Плотность распределения волокон в окрестности некоторой точки  $(X, Y)$  определялась через количество волокон  $n$ , центры которых лежат внутри окружности заданного диаметра с центром в точке  $(X, Y)$ ; под плотностью распределения  $p$  понимается отношение числа волокон  $n$  к максимально возможному  $N_{\max}$  при гексагональной упаковке:

$$p = n/N_{\max}$$

Таблица 2

| $N$        | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
|------------|---|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $N_{\max}$ | 1 | 7 | 19 | 43 | 73 | 109 | 151 | 199 | 253 | 313 |

В табл. 2 показана зависимость максимального числа волокон  $N_{\max}$  от количества кольцевых зон  $N$ .

Диаметр окружности определяется числом кольцевых зон  $N$ . Ширина одной кольцевой зоны равна среднему диаметру волокна. Кроме того, диаметр окружности выбирался так, чтобы получить, с одной стороны, достаточно гладкую плотность распределения, и с другой стороны — не потерять его характерных особенностей. Для лавсановых волокон было принято  $N=5$ , для хлопковых  $N=7$ .

Исходными данными для расчета плотности распределения служили координаты центров волокон, снятые со снимка среза и записанные в текстовые файлы отдельно для хлопка и для лавсана. Эти координаты измерялись в масштабе снимка среза: в том же масштабе рассчитывалась и плотность распределения.

Расчет поля плотности распределения производился так: первоначально окружность помещается в точку  $(0, 0)$  и затем сдвигается последовательно с некоторым шагом вдоль оси  $X$  и вдоль оси  $Y$ ; в точке с координатами  $(X, Y)$ , полученными в результате очередного сдвига, вычисляется плотность.

Шаг сдвига окружности принимали равным диаметру волокна.

Для определения среднего диаметра волокна проводили 20 замеров и находили среднее значение 3,75 мм (для лавсана) и среднее квадратическое отклонение 0,54 мм (в масштабе снимка). Вследствие нечеткости изображения хлопковых волокон их диаметр оценивался по снимку приближенно (по расстоянию между центрами соприкасающихся волокон) и был принят равным 2,0 мм с погрешностью порядка 0,4 мм.

Полученные значения, представленные двумерной матрицей, выводили в текстовый файл и обрабатывали с помощью пакета MATLAB для получения трехмерной диаграммы плотности распределения и линий уровня плотности распределения компонентов пряжи.

Результаты исследований показывают следующие особенности строения хлопколавсановых армированных нитей. У нитей самокруточного способа формирования четко просматриваются четыре ядра лавсановых волокон, соответствующие четырем комплексным лавсановым нитям. Каждое ядро окружено со всех сторон кольцом хлопковых волокон. Последние не проникают между волокнами лавсана. У нитей бескруточного способа формирования (в отличие от самокрученных нитей) отдельные ядра выделить практически невозможно. Волокна хлопка вклиниваются между волокнами лавсана. Строение кольцевой армированной пряжи сходно со строением самокрученной; четко просматриваются лавсановые ядра, окруженные волокнами хлопка, но не так равномерно — лавсановые стержни более оголены с внешней стороны.

В дальнейшем проводили исследования свойств армированных нитей.

Определение разрывных характеристик производилось на автоматическом динамометре «Устер-Тензорapid» по стандартной методике.

Результаты испытаний представлены в табл. 3, где для сравнения даны результаты испытаний кольцевой армированной пряжи (КП) 50×4 текс. Очевидно, что СК- и кольцевая пряжа имеют близкие зна-

Таблица 3

| Параметры                                 | Тип пряжи |      |      |
|---|-----------|------|------|
|   | БКП       | СКП  | КП   |
| Линейная плотность, текс                  | 204       | 212  | 219  |
| Абсолютная разрывная нагрузка, сН         | 8272      | 7345 | 7374 |
| Относительная разрывная нагрузка, сН/текс | 40,6      | 34,6 | 32,9 |
| Относительное удлинение, %                | 13,1      | 12,8 | 20,1 |
| Коэффициент вариации, %                   | 0,7       | 2,5  | —    |
|   | 4         | 9,2  | —    |

чения удельной разрывной нагрузки, а удельная разрывная нагрузка бескруточной пряжи выше. Относительное удлинение у кольцевой пряжи выше, чем у БК- и СК-пряжи. Коэффициенты вариации по разрывной нагрузке и удлинению у БК-пряжи ниже по сравнению с другими вариантами. Испытание нитей на многократное растяжение проводили на приборе ПН-5 в соответствии со стандартной методикой.

В ходе испытаний на приборе ПН-5 были заданы следующие параметры: расстояние между зажимами 500 мм; заданная циклическая деформация, рекомендованная для лавсана, 13,5 мм; величина статической нагрузки 300 сН (в соответствии с ГОСТ 6611,2—73 величина нагрузки принимается равной 25% от разрывной, что в нашем случае технически не осуществимо из-за больших разрывных нагрузок. Поэтому принимается нагрузка максимально возможная на приборе); частота циклов растяжения 6,7 Гц (400 циклов/мин).

Испытания показали, что исследуемые армированные нити выдерживают большое число циклов (десятки тысяч) без разрушения (в течение двух часов образцы не удалось довести до разрыва). Следовательно, конечной целью испытаний было получение данных по разрывной нагрузке и разрывному удлинению для нитей, подвергшихся определенному числу циклов растяжения.

Определение разрывной нагрузки и относительного разрывного удлинения проводили на разрывной машине РМ-30-1 в соответствии с ГОСТ 661.2—73 в диапазоне измерений от 20 до 100 Н. Для каждого отдельного числа циклов количество испытаний равнялось 20 для каждого образца. Максимальное число циклов 30 тысяч. Полученные данные обрабатывались с помощью пакета Statgraph.

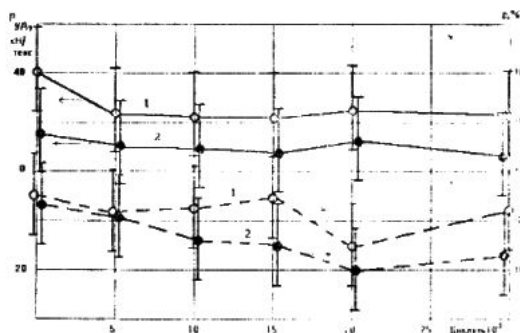


Рис. 1.

Результаты испытаний, представленные на рис. 1 в виде графиков зависимости удельной разрывной нагрузки (гладкая линия) и относительного удлинения (пунктирная линия) от числа циклов соответственно для БК- и СК-пряжи, показали, что удельная разрывная нагрузка армированных нитей вскоре после начала многоциклового воздействия на пульсаторе (до 5000 циклов) незначительно падает. Далее в процессе испытаний (до 30 тыс.) у БКП держится примерно на одном уровне, тогда как у самокрученной нити видна тенденция к дальнейшему понижению разрывной нагрузки.

Испытания армированных нитей на истирание производили на приборе ТКИ-5-27-1 в соответствии со стандартной методикой. Параметры испытаний: угол истирания о галево 75 град; число ходов 400; длина хода 15 мм; нагрузка 170 г (максимально возможная на приборе).

Для нитей аэродинамического и самокруточного способов прядения было проведено по 70 испытаний, результаты которых характеризовались большим количеством выбросов и ярко выраженной группировкой около среднего значения, в связи с чем для дальнейшей обработки результатов из 70 значений было выбрано 20.

Обработку результатов испытаний проводили аналогично многоцикловым характеристикам. Результаты обработки представлены в табл. 4.

Таблица 4

| Тип пряжи               | БКП       | СКП  |
|-------------------------|-----------|------|
|                         | Параметры |      |
| Число циклов            | 1624      | 1217 |
| Коэффициент вариации, % | 9,2       | 12,0 |

Данные испытаний позволяют сделать выводы о зависимости физико-механических свойств армированных нитей от их структуры и способа формирования (табл. 5).

Таблица 5

| Тип пряжи | Структура среза | Характеристика механического поведения при различных испытаниях |         |  |                  |
|-----------|-----------------|---|---------|--|------------------|
|           |                 | Разрывные   |         | Многоцикловые                          | Истирание, циклы |
|           |                 | $P$ , сН/текс   | $e$ , % |  |                  |
| БКП       | нерегулярная    | 41  | 13      | спад и стабилизация разрывной нагрузки | 1200...1600      |
| СКП       |                 |   |         |  |                  |
| КП        | ядерная         | 33...35   | 20      | —                                      |                  |

### ВЫВОДЫ

1. Исследована структура армированных нитей в зависимости от способа их формирования и выделено два типа структуры.

2. Анализ результатов физико-механических испытаний выявил структурную зависимость свойств армированных нитей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мовшович П. М. Самокруточное прядение. — М.: Легпромбытиздат, 1985.
2. Коган А. Г., Березин Е. Ф. и др. Производство комбинированных нитей аэродинамическим способом. — М.: Легпромбытиздат, 1988.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов.  
Поступила 02.06.97.

---