

Научная статья

УДК 677.054.847.82

EDN ТОКААУ

doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-30-35

Сергей Юрьевич Бойко¹

Татьяна Леонидовна Фефелова²

Любовь Борисовна Трифонова³

Галина Георгиевна Сокова⁴

Павел Николаевич Рудовский⁵

^{1,2,3} Камышинский технологический институт (филиал Волгоградского государственного технического университета), г. Камышин, Россия

^{4,5} Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

¹ ttp@kti.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0997-4111>

² fefelova@kti.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3466-0010>

³ trifonova@kti.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8178-8674>

⁴ g_sokova@ksu.edu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1436-2489>

⁵ pavel_rudovsky@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8675-2910>

КОМБИНИРОВАННЫЕ НИТИ С ФЕРРОМАГНИТНЫМ СТЕРЖНЕМ, ИХ СТРУКТУРА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Аннотация. В работе проведен анализ существующих способов получения нитей и пряж. Установлено, что комбинированные (армированные) нити позволяют вырабатывать текстильные изделия с заданными специальными свойствами. Проводились испытания на растяжение комбинированной трехкомпонентной нити, одним из компонентов которой являлся ферромагнитный микропровод. Установлено, что при растяжении такой нити разрыв компонентов происходит не одновременно. В первую очередь разрывается компонент, имеющий наибольшую жесткость, – ферромагнитный микропровод. Разрывное удлинение микропровода практически равно деформации нити основы в процессе ткачества на бесчелночных ткацких станках. Поэтому для стабильного протекания процесса ткачества необходимо провести выбор соответствующих технологических режимов либо разработать нити специальной структуры с повышенным разрывным удлинением.

Ключевые слова: способы прядения, инновационные текстильные материалы, прочность, разрыв, разрывное удлинение, комбинированные нити, ферромагнитный микропровод, электромагнитное излучение

Для цитирования: Комбинированные нити с ферромагнитным стержнем, их структура и перспективы использования / С. Ю. Бойко, Т. Л. Фефелова, Л. Б. Трифонова, Г. Г. Сокова, П. Н. Рудовский // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 30–35. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-30-35>.

Original article

Sergey Yu. Boyko¹

Tatyana L. Fefelova²

Liubov B. Trifonova³

Galina G. Sokova⁴

Pavel N. Rudovsky⁵

^{1,2,3} Kamyshin Technological Institute Branch of Volgograd State Technical University, Kamyshin, Russia

^{4,5} Kostroma State University, Kostroma, Russia

COMBINED FILAMENTS WITH A FERROMAGNETIC ROD, THEIR STRUCTURE AND PROSPECTS FOR USE

Abstract. The paper analyzes the existing methods for obtaining threads and yarns. It has been established that the largest combined (reinforced) threads make it possible to produce textile products with specified special properties. Tensile tests were carried out on a combined three-component yarn, one of the compo-

© Бойко С. Ю., Фефелова Т. Л., Трифонова Л. Б., Сокова Г. Г., Рудовский П. Н., 2023

ments of which was a ferromagnetic microwire. It has been established that when such a thread is stretched, the breakage of the components does not occur simultaneously. First of all, the component with the highest rigidity, the ferromagnetic microwire, is torn. The breaking elongation of the microwire is practically equal to the deformation of the warp thread during weaving on shuttleless looms. Therefore, for a stable weaving process, it is necessary to select the appropriate technological modes, or to develop threads of a special structure with increased breaking elongation.

Keywords: spinning methods, innovative textile materials, strength, tear, elongation at break, combined yarns, ferromagnetic microwire, electromagnetic radiation

For citation: Boyko S. Yu., Fefelova T. L., Trifonova L. B., Sokova G. G., Rudovsky P. N. Combined filaments with a ferromagnetic rod, their structure and prospects for use. *Technologies & Quality*. 2023. No 2(60). P. 30–35. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-30-35>.

Инновационные текстильные материалы требуют новых видов сырья, обладающих уникальными свойствами. Пряжи и нити, полученные классическими, традиционными способами, не всегда могут обеспечить необходимые свойства. В настоящее время вызывают интерес комплексные нити в связи с многообразием их ассортиментных возможностей. Строение комплексных нитей определяется числом и расположением в них элементарных нитей, а также способом их соединения (скручиванием или склеиванием) [1].

Комбинированные нити могут состоять из различного сочетания отличающихся по волокнистому составу и структуре: комплексных ни-

тей, пряжи, моноплетей и текстурированных нитей [2]. Они могут быть однокруточными и многокруточными. При скручивании комплексной нити с пряжей или другой нитью получают крученые комбинированные нити.

Комбинированные нити можно разделить на простые, армированные и фасонные нити (рис. 1).

Простые комбинированные нити получают соединением составляющих нитей примерно одинаковой длины.

Армированные нити имеют сердечник, плотно обвитый, оплетенный или покрытый равномерно по всей длине волокнами или другими нитями.



Рис. 1. Классификация комбинированных нитей

Нити фасонной крутки – текстильные нити, имеющие периодически повторяющиеся местные изменения структуры или окраски.

Комбинированные (армированные) нити достаточно популярны и используются для изготовления технических, специальных текстильных материалов, в том числе для произ-

водства композиционных материалов. Их оригинальный внешний вид и уникальные свойства обеспечили им широкое применение в материалах и изделиях, сочетающих в себе интересный внешний вид, фактуру и имеющих высокую прочность, стойкость к истиранию или другие специальные свойства.

Наш интерес к комбинированным (армированным) нитям пробудил ассортимент пряж, полученных с использованием ферромагнитного микропровода в стеклянной изоляции (НФМП), произведенного АО «Центральное конструкторское бюро специальных радиоматериалов» (ЦКБ РМ) [3]. На рис. 2 представлена армированная нить, состоящая из двух стержневых нитей различного состава, обкрученных покровной нитью другого состава, что обеспечивает сочетание в одной нити свойств, присущих составляющим ее нитям. Данная армированная нить получена соединением двух различных нитей и НФМП (5 текс), при этом роль стержневой выполняет хлопчатобумажная нить (50 текс) вместе с проводом, а синтетическая (полиэфирная) нить (7,6 текс) обвивает их.

Исследования, проведенные ЦКБ РМ, показали высокую эффективность использования данной нити при изготовлении радиопоглощающих материалов для различных видов техники [3].

Предполагается использовать данные нити для выработки универсальной костюмной ткани с высокими потребительскими и защитными свойствами, в частности, для изготовления спецодежды с защитой от электромагнитных излучений [4]. Поэтому крайне важно оценить способность данных нитей к переработке в текстильном производстве.

В рамках настоящей работы проведены исследования разрывной нагрузки и разрывного удлинения данной нити. В результате эксперимента установлено, что разрыв нитей происходит не одновременно. Анализ снимков показал, что разрушение компонентов комплексной комбинированной нити происходило не одновременно. В начале разрушается ферромагнитный микропровод, затем хлопчатобумажная нить и последней – синтетическая нить.

В таблице представлены результаты исследований нитей и пряжи, составляющих комбинированную комплексную нить.



Рис. 2. Структура армированной нити:

1 – ферромагнитный микропровод в стеклянной изоляции;
2 – полиэфирная нить; 3 – хлопчатобумажная пряжа

Т а б л и ц а

Результаты исследований нитей и пряжи на прочность

Вид нити	Линейная плотность, текс	Средняя разрывная нагрузка, сН	Среднее разрывное удлинение	
			мм	%
Хлопчатобумажная пряжа	50	508	24	4,8
Полиэфирная нить	7,6	255	80	16
Ферромагнитный микропровод в стеклянной изоляции	5	216	10	2

Используя методику, изложенную в литературе [5, 6], можно построить диаграмму растяжения комплексной нити. Методика заключается в построении трех точек, соответствующих разрыву каждого компонента в нити. Это точки a , b и c на рис. 3.

Из начала координат т. O проводим линии в каждую из этих точек. Очевидно, что линия Oa соответствует растяжению всех трех компонентов нити и поэтому имеет максимальный угол наклона к горизонтали. После обрыва первого компонента (микропровода), имеющего наименьшее разрывное удлинение, линия диаграммы падает на прямую Ob и далее растяжение происходит по этой линии, наклон которой

соответствует жесткости двух оставшихся компонентов. После разрыва следующего компонента (x/b пряжи) кривая диаграммы падает на линию Oc , соответствующую растяжению полиэфирного компонента и далее растягивается до его разрыва. Полученная диаграмма имеет полное качественное совпадение с диаграммами растяжения комплексной нити натурального шелка, изученной ранее [7].

В ходе испытания были изучены места разрывов комплексной комбинированной нити. Фотоизображения нитей после разрыва были получены с использованием цифрового микроскопа (с увеличением $200\times$) и представлены на рис. 4 и 5.

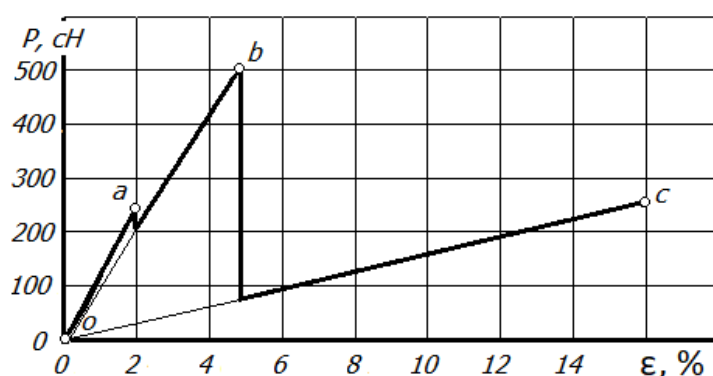


Рис. 3. Расчетная диаграмма растяжения комплексной нити



Рис. 4. Место обрыва ферромагнитного микропровода

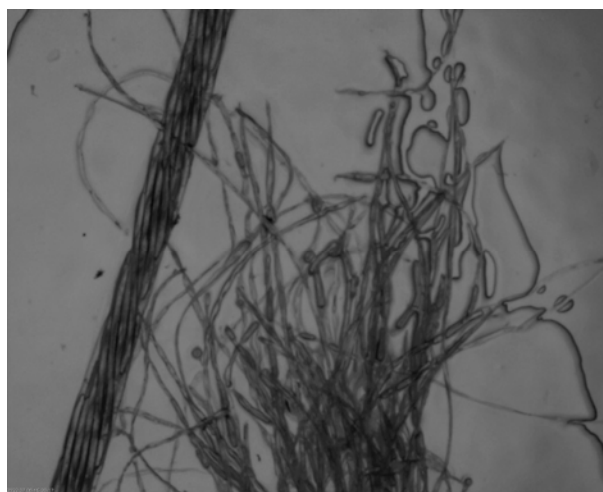


Рис. 5. Место обрыва хлопчатобумажной пряжи

Исходя из результатов многочисленных исследований (см. например, [8, 9]), известно, что при выработке ткани на бесчелночном ткацком станке нити основы получают деформацию порядка $1...1,8\%$, а уточные нити – до 2% . Характеристики разрыва комбинированной комплексной нити, представленные в таблице, позволяют сделать вывод о том, что ферромагнитный микропровод в составе ком-

плексной нити может получать удлинения, близкие к разрывному. Из расчетной диаграммы (см. рис. 3) видно, что обрыв микропровода на фоне растяжения комплексной нити не заметен. Это требует разработки специальных технологических режимов при переработке таких нитей, позволяющих снизить деформацию нитей в ткачестве, либо создания комплексных нитей с ферромагнитным микропроводом,

имеющих большее разрывное удлинение. Этого можно достичь путем изменения структуры комплексной нити.

Снижению деформации нитей в процессе ткачества способствуют:

- увеличение выноса зева при зевобразовании;
- наличие уточного накопителя и усовершенствование механизма торможения уточной нити;
- снижение скорости вращения главного вала ткацкого станка до минимального значения.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что разрыв компонентов в комбинированной комплексной нити происходит не одновременно. Первым рвется наиболее жесткий компонент – ферромагнитного микропровод.

2. Проведенные исследования указывают, что для переработки комбинированной комплексной нити с ферромагнитным микропроводом в ткачестве необходим выбор специальных технологических режимов либо разработка нитей специальной структуры, имеющих большее разрывное удлинение.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Рудовский П. Н., Белова И. С. Анализ и перспективы клеевых способов формирования пряжи // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2019. № 1-1. С. 186–189.
2. Рыклин Д. Б., Коган А. Г. Производство многокомпонентных пряж и комбинированных нитей : монография / Витебский гос. технол. университет. Витебск, 2002. 215 с.
3. Ферромагнитный микропровод в стеклянной изоляции // ЦКБ специальных радиоматериалов : офиц. сайт. URL: <https://ckbrm.ru/index.php?products=55> (дата обращения: 23.11.2022).
4. Анализ текстильных материалов, используемых для защиты от электромагнитного излучения / Т. Л. Фефелова, Л. Б. Трифонова, Г. Г. Сокова, С. Ю. Бойко // Технологии и качество. 2022. № 3(57). С. 30–33.
5. Палочкин С. В., Рудовский М. П., Рудовский П. Н. Накопительное устройство для термообработки самокрученных комбинированных нитей с эластаном : монография. М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2008. 181 с.
6. Рудовский М. П., Палочкин С. В., Рудовский П. Н. Исследование влияния упругих свойств комбинированных нитей на технологические параметры накопителя // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2009. № 2(314). С. 6–8.
7. Моделирование разрывной нагрузки трощеных нитей натурального шелка численными методами / А. М. Киселев, П. Н. Рудовский, М. В. Киселев, А. Б. Ишматов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2013. № 4(346). С. 38–41.
8. Сокова Г. Г. Дистанционное исследование ткани как эквивалент стандартных методов определения ее показателей качества // Стандарты и качество. 2008. № 3. С. 70–71.
9. Назарова М. В., Романов В. Ю. Оценка напряженности заправки ткацкого станка при изготовлении тканей различного переплетения // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. № 2. С. 63–67.

REFERENCES

1. Rudovsky P. N., Belova I. S. Analysis and prospects of adhesive methods of yarn formation. *Analiz i perspektivy kleevykh sposobov formirovaniya pryazhi* [Physics of fibrous materials: structure, properties, high technologies and materials (SMARTEX)]. 2019;1-1:186–189. (In Russ.)
2. Ryklin D. B., Kogan A. G. Production of multicomponent yarns and combined threads. Monograph. Vitebsk, St. technol. Univ. of Vitebsk Publ. 2002. 215 p. (In Russ.)
3. Ferromagnetic microwire in glass insulation. CKB RM : official website. URL: <https://ckbrm.ru/index.php?products=55>. (Accessed: 11/23/2022.)
4. Fefelova T. L., Trifonova L. B., Sokova G. G., Boyko S. Yu. Analysis of textile materials used for protection against electromagnetic radiation. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;3(57):30–33. (In Russ.)
5. Palochkin S. V., Rudovsky M. P., Rudovsky P. N. Storage device for heat treatment of self-twisted combined yarns with elastane. Monograph. Moscow, Kosygin Rus. St. Univ. Publ., 2008. 181 p. (In Russ.)
6. Rudovsky M.P., Palochkin S.V., Rudovsky P.N. Investigation of the influence of the elastic properties of combined threads on the technological parameters of the accumulator. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Za-*

- vedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)] 2009;2(314):6-8. (In Russ.)
7. Kiselev A. M., Rudovsky P. N., Kiselev M. V., Ishmatov A. B. Modeling of breaking load of spun natural silk threads by numerical methods. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2013;4(346):38–41. (In Russ.)
 8. Sokova G. G. Remote study of tissue as an equivalent of standard methods for determining its quality indicators. *Standarty i kachestvo* [Standards and Quality]. 2008.;3:70–71. (In Russ.)
 9. Nazarova M. V., Romanov V. Yu. Evaluation of the tension of filling a loom in the manufacture of fabrics of various weaves. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2013;2:63–67. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 11.03.2023

Принята к публикации 10.05.2023