

## Разработка и исследование технологического процесса получения многокомпонентных огнетермостойких нитей

О.В. Шумилин, Д.Д. Соколова, В.Г. Буткевич, Г.И. Москалёв<sup>а</sup>  
Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь  
E-mail: <sup>а</sup>mosvstunew@rambler.ru

**Аннотация.** Авторами предложен технологический процесс получения многокомпонентных огнетермостойких нитей. В этих нитях в качестве основы используется стеклонить, а в качестве обкручивающего компонента – огнетермостойкие волокна «Арселон». Исследованы физико-механические свойства предложенных нитей. Многокомпонентные огнетермостойкие нити рекомендованы в производство.

**Ключевые слова:** волокно, нить, крутка, физико-механические параметры, сердечник, обвивочный слой, исследование, эксперимент, материал.

## Development and Research of Technological Process of Multicomponent Flame-Retardant Yarns Production

O. Shumilin, D. Sokolova, V. Butkevich, G. Moskalyov<sup>a</sup>  
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus  
E-mail: <sup>а</sup>mosvstunew@rambler.ru

**Annotation.** The authors have proposed a technological process for the production of multicomponent flame-retardant yarns. In these yarns glass fiber is used as a backing and fire-thermal-resistant fibers «Arselon» as a wrapping component. The physical and mechanical properties of the proposed yarns have been investigated. The multicomponent fire-thermal resistant yarns are recommended for production.

**Key words:** fiber, yarn, twist, physical and mechanical parameters, core, twist layer, research, experiment, material.

Проблема огнезащиты текстильных материалов возникла давно. Но до недавнего времени основным направлением научных исследований была разработка методов придания негорючести целлюлозным волокнам и тканям.

С развитием промышленности синтетических волокон, увеличением объема их производства, и с усилением внимания мирового сообщества к защите окружающей среды и человека возникла необходимость разработки методов экологически безопасного придания огнестойкости материалам из этих волокон.

Основная задача, поставленная при создании тканей технического назначения – обеспечение необходимого комплекса свойств, в зависимости от области применения и назначения ткани. Решение данной задачи во многом зависит от рационального сочетания свойств выбранного исходного сырья, параметров строения ткани и технологии ее изготовления.

На отечественном рынке огнезащитных и термостойких материалов наиболее известны два типа тканей:

– ткани на основе термостойких волокон (в меньшей степени российского происхождения, в

большей – зарубежного производства), которые достаточно серьезно заполняют наш рынок и обладают устойчивыми огнезащитными свойствами;

– ткани на основе хлопка и его смесей с полиэфирным волокном, которые требуют отделки специальными препаратами, шерстяные и полушерстяные с пропиткой и без. Однако эти ткани не сохраняют своих первоначальных свойств после стирок, химчисток и, в основном, в процессе эксплуатации.

Наиболее известными видами огнестойких волокон являются: кевлар, тварон, фенилон, оксалон, кермель, аримид, русар, СВМ, арлана и др. Большинство из них выпускается только в виде нитей и имеет высокий модуль упругости, малое удлинение, очень высокую прочность, низкую термическую усадку и высокие огнезащитные свойства. Они обеспечивают надежную защиту людей от теплового воздействия, пламени и порезов и используются в технике, самолето- и ракетостроении и других ответственных областях. Стоимость их довольно высока. В связи с тем, что эти волокна отличаются повышенной жесткостью, низким удлинением, низкой гигроскопичностью, они ограниченно используются в текстильном секторе.

В результате исследований установлено, что сохранение до 90 % прочностных показателей после воздействия открытого пламени может быть достигнуто только при использовании термостойких волокон в сочетании с заключительной отделкой специальными препаратами.

Одним из перспективных направлений снижения себестоимости производства огне- и термостойких нитей является создание новых видов неоднородных комбинированных нитей. В Республике Беларусь на ПО «Химволокно» (Светлогорск) выпускается штапельное химическое волокно «Арселон», а также арселонная комплексная нить. Превосходя по термостойкости известные мировые аналоги номекс и кевлар, это волокно имеет также существенное экономическое преимущество: для его получения используются относительно дешевые промышленные мономеры.

Формование волокон и нитей производится из серноокислотных растворов по мокрому методу в водно-серноокислотную ванну. Свежеформованные волокна и нити подвергаются дальнейшей обработке по непрерывной схеме, включающей операции вытяжки, промывки (с промежуточной нейтрализацией остатков серной кислоты раствором  $\text{NaHCO}_3$ ), повторной промывки и сушки. При производстве упрочненных нитей они подвергаются термическому вытягиванию и термической обработке. Для повышения устойчивости волокон к УФ-излучению вводится фотостабилизатор, например, натриевая или калиевая соль, мета- или параазобензол дикарбоновой кислоты. Получаемое волокно имеет существенно более высокую светостойкость и выпускается с товарным знаком «Арселон-С».

За последние годы выпуск волокон и нитей арселон и «Арселон-С» составил более 200 тонн с наращиванием производственных мощностей до 300 тонн.

Следует отметить высокую гидролитическую устойчивость полиоксидазольных волокон и нитей по отношению к растворам кислот и щелочей, что очень важно как при фильтрации химически агрессивных сред, так и для специальной защитной одежды.

Термостойкие текстильные материалы и изделия

из этих волокон широко используются в следующих направлениях:

- фильтровальных полотнах для высокотемпературных газов;
- специальной защитной одежде;
- средствах профессиональной безопасности и спасения;
- специальном текстиле для авиа-, автотранспорта и опасных помещений;
- фрикционных композитах (в тормозных колодках взамен асбеста).

### ВЫСОКОТЕРМОСТОЙКИЕ ПОЛИОКСИДИЗОЛЬНЫЕ ВОЛОКНА, НИТИ И ТЕКСТИЛЬ НА ИХ ОСНОВЕ

Недостатками волокна являются относительно низкие разрывная нагрузка (35 сН/текс) и показатель кислородного индекса (26,5 %), что снижает устойчивость волокна к воздействию открытого пламени.

Авторами предложена технология получения огнетермостойких многокомпонентных нитей с использованием волокна «Арселон» в качестве обвивочного компонента и стеклонити в качестве сердечника.

В таблице 1 и 2 предложены основные физико-механические свойства волокон «Арселон» и компонентной стеклянной стеклонити.

В таблице 3 представлены физические, механические, термические, электрические, оптические и акустические свойства стекла марок А, С, Е и S.

При проведении исследований были получены огнетермостойкие нити и исследованы их свойства.

Формирование нити из волокна «Арселон» осуществлялось на кольцевой прядильной машине G 35 фирмы Rieter.

Одним из главных факторов, оказывающих влияние на физико-механические свойства пряжи кольцевого способа прядения является её крутка. С увеличением крутки пряжи до критического значения повышается её разрывная нагрузка и удлинение, снижается ворсистость, но при этом повышается жесткость пряжи и полотен из неё.

Таблица 1 – Физико-механические свойства волокна «Арселон»

Наименование показателя	Единицы измерения	Значение показателя
Кондиционная линейная плотность элементарного волокна	текс	0,17
Штапельная длина	мм	36
Удельная разрывная нагрузка элементарного волокна	мН/текс	350
Удлинение элементарного волокна при разрыве	%	45
Фактическая влажность	%	8,04
Массовая доля замасливателя	%	0,8
Склейки и роговидные волокна	%	0,420
Количество витков	на 1,0 см	4,4

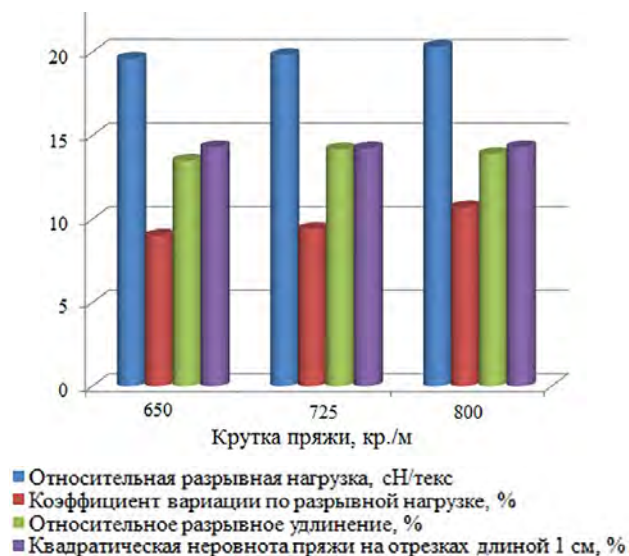
Таблица 2 – Основные характеристики комплексной стеклонити 11 текс

Марка нити	Количество сложенных комплексной нити	Результирующая линейная плотность нити, текс	Направление крутки: S – левое; Z – правое	Количество кручений на 1 м	Удельная разрывная нагрузка, мН/текс (гс/текс), не менее	Массовая доля веществ, удаляемых при прокаливании, %
EC511	1	11+5–7 %	S	70±15%	610 (62)	1,1–1,9

Таблица 3 – Свойства стекла марок А, С, Е и S

Свойства	Марка стекла			
	А	С	Е	S
<i>Физические</i>				
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2500	2490	2540	2480
Твердость по Моосу	-	6,5	6,5	6,5
<i>Механические</i>				
Предел прочности при растяжении, МПа:	3033	3033	3448	4585
при 22 °С	-	-	2620	3768
при 371 °С	-	-	1724	2413
при 533 °С				
Модуль упругости при растяжении при 22 °С, Мпа	-	69,0	72,4	85,5
Предел текучести, %	-	4,8	4,8	5,7
Упругое восстановление, %	-	100	100	100
<i>Термические</i>				
Коэффициент линейного термического расширения, 10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup>	8,6	7,2	5,0	5,6
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	-	-	10,4	-
Удельная теплоемкость при 22 °С	-	0,212	0,197	0,176
Температура размягчения, °С	727	749	841	-
<i>Электрические</i>				
Электрическая прочность, В/мм	-	-	19920	-
Диэлектрическая постоянная при 22 °С:				
при 60 Гц	-	-	5,9–6,4	5,0–5,4
при 1 МГц	6,9	7,0	6,3	5,1
Потери при 22 °С:				
при 60 Гц	-	-	0,005	0,003
при 1 МГц	-	-	0,002	0,003
Объемное сопротивление при 22 °С и 500 В постоянного тока, Ом·м	-	-	10 <sup>17</sup>	10 <sup>18</sup>
Поверхностное сопротивление при 22 °С и 500 В постоянного тока, Ом·м	-	-	10 <sup>15</sup>	10 <sup>16</sup>
<i>Оптические</i>				
Коэффициент преломления	-	-	1,547	1,423
<i>Акустические</i>				
Скорость звука, м/с	-	-	5330	5850

В связи с этим в производственных условиях проведены экспериментальные исследования влияния крутки на свойства пряжи линейной плотности 22,2 текс. Крутка изменялась в диапазоне от 650 до 800 кр./м. Результаты исследований представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Влияние крутки арселоновой пряжи на показатели её качества**

Анализируя представленные результаты, можно сделать следующие выводы:

- относительная разрывная нагрузка пряжи существенно повышается с увеличением крутки в исследуемом диапазоне в связи с тем, что критическая крутка пряжи близка к 800 кр./м;
- с ростом крутки повышается также неровнота по разрывной нагрузке пряжи, что характерно для круток выше критического значения;

**Таблица 4 – Основные характеристики комплексной стеклонити 11 текс**

Наименование показателя	Значение показателя				
	390	420	490	560	630
Крутка номинальная, кр./м	390	420	490	560	630
Крутка фактическая, кр./м	384	416	492	544	624
Линейная плотность, текс	44	44,5	44,0	45,0	44,8
Разрывная нагрузка, сН	1094	1049	1062	1104	1081
Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	24,6	23,6	24,1	24,5	24,1
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	7,8	7,2	7,4	7,1	8,1
Показатель качества	3,15	3,28	3,26	3,45	2,98
Неравновесность, витков	7	4,0	10	10	9,0

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фомин, Б. М. Перспективы выпуска огнезащитных тканей в России / Б. М. Фомин, С. Д. Николаев, Н. В. Егоров // Текстильная промышленность. – 2011. – № 4. – С. 64–66.

2. Дресвянина, Е. Н. Термоогнестойкие волокна / Е. Н. Дресвянина, Р. А. Макарова, Ю. Д. Трусов // Технический текстиль. – 2007. – № 16. – С.16–18.
3. Будницкий, Г. А. Применение термо-, огнестойких волокон для изготовления текстильных изделий / Г. А. Будницкий, А. В. Волохина // Текстильная химия. – 2003. – № 3. – С.23–24.

### REFERENCES

1. Fomin, B. M. Prospects of fireproof fabrics production in Russia / B. M. Fomin, S. D. Nikolaev, N. V. Egorov // Textile industry. – 2011. – № 4. – P. 64–66.
2. Dresvyanina, E. N. Thermo-fire-resistant fibers / E. N. Dresvyanina, R. A. Makarova, Y. D. Trusov // Technicheskiy tekstil. – 2007. – № 16. – P.16–18.
3. Budnitsky, G. A., Application of thermo-, fire-resistant fibers for textile products manufacturing / G. A. Budnitsky, A. V. Volokhina // Textile chemistry. – 2003. – № 3. – P.23–24.

### SPISOK LITERATURY

1. Fomin, B. M. Perspektivy vypuska ognezashhitnyh tkanej v Rossii / B. M. Fomin, S. D. Nikolaev, N. V. Egorov // Tekstil'naja promyshlennost'. – 2011. – № 4. – S. 64–66.
2. Dresvjanina, E. N. Termoognestojkie volokna / E. N. Dresvjanina, R. A. Makarova, Ju. D. Trusov // Tehnicheskij tekstil'. – 2007. – № 16. – S.16–18.
3. Budnickij, G.A., Primenenie termo-, ognestojkih volokon dlja izgotovlenija tekstil'nyh izdelij / G. A. Budnickij, A. V. Volohina // Tekstil'naja himija. – 2003. – № 3. – S.23–24.

Статья поступила в редакцию 15.03.2023.