

**ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ КОЛИЧЕСТВ МАГНЕТИТА, ВНЕДРЕННЫХ В  
ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНОВОЕ ПОКРЫТИЕ, НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ**

**INFLUENCE OF SMALL QUANTITIES OF MAGNETITE IMPLEMENTED INTO  
POLYTETRAFLUOROETHYLENE COATING ON PHYSICAL AND MECHANICAL  
PROPERTIES OF POLYPROPYLENE YARNS**

С.Ю. Вавилова, Н.П. Пророкова  
S.Yu. Vavilova, N.P. Prorokova

Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук (г. Иваново)  
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences (Ivanovo)  
E-mail: sjv@isc-ras.ru

**Формованием из расплава получены комплексные полипропиленовые нити с фторопластовым покрытием, содержащим частицы магнетита. Изучено влияние способа приготовления и состава формовочной подготовки на физико-механические свойства нитей.**

**Ключевые слова:** полипропиленовые нити, прочность, политетрафторэтилен, частицы магнетита.

**Polypropylene yarns with polytetrafluoroethylene coating doped magnetite particles obtained by melt molding. The influence of the method of preparation and the composition of the molding preparation on the physical and mechanical properties of the yarns has been studied.**

**Key words:** polypropylene yarns, strength, polytetrafluoroethylene, magnetite particles.

В настоящее время полипропиленовые нити широко используются для изготовления одноразовых материалов медицинского назначения (медицинская одежда, салфетки, простыни и т.п.). Для таких изделий очень важным качеством является способность подавлять развитие патогенных микроорганизмов, обеспечивая таким образом защиту и больного, и врача. Одним из широко применяемых способов придания биоцидных свойств волокнистым материалам является использование наночастиц, в первую очередь наночастиц серебра, которые достаточно устойчиво закрепляются на поверхности материалов из природных волокон, имеющих на поверхности огромное количество функциональных групп. Полипропиленовое волокно имеет вид практически идеального цилиндра, лишенного пор, имеющего химически инертную гладкую поверхность. Прочно закрепить на поверхности такого волокна металлическую частицу очень сложно. В работах, выполненных в ИХР РАН Пророковой Н.П. с соавторами [1] было показано, что полипропиленовые нити, модифицированные железосодержащими наночастицами, стабилизированными полиолефинами, подавляют развитие патогенных микроорганизмов. Описанный способ модификации нитей основан на введении концентрата железосодержащих наночастиц, стабилизированных полиолефинами, в расплав полипропилена при формовании нитей. При реализации этого способа наночастицы распределяются в общем объеме волокна и прочно в нем удерживаются.

Нами была поставлена задача прочно закрепить наночастицы на поверхности нити, исключив этим негативное влияние агрегированных наночастиц на прочность нитей и усилив антимикробный эффект.

Ранее в ИХР РАН был предложен принципиально новый подход к получению полипропиленовых нитей с фторопластовым покрытием, заключающийся в том, что для обеспечения адгезии фторопласта к поверхности нити суспензия политетрафторэтилена (суспензия фторопласта 4Д или СФ-4Д) наносится на поверхность горячей нити при формовании её из термопластичного полимера на стадии замасливания. В дальнейшем, на

стадии ориентационного вытягивания, толщина покрытия, за счет способности фторопласта к псевдотеку и высокому коэффициенту теплового расширения, значительно уменьшается, покрытие приобретает равномерность и становится ориентированным. Такие нити имеют структуру ядро-оболочка, причем оболочка состоит из политетрафторэтилена. Они обладают свойствами, подобными свойствам нитей из фторопласта (высокими хемостойкостью и гидрофобностью, низким коэффициентом трения). Новизна разработки защищена двумя патентами РФ на изобретение [2,3]. Нами было предложено использование фторопластового покрытия для закрепления наночастиц магнетита и придания нитям антимикробных свойств.

В настоящей работе проведены исследования, направленные на получение и исследование свойств полипропиленовых нитей с фторопластовым покрытием, допированным наночастицами магнетита.

Формовочную препарацию для модифицирования нитей получали в несколько этапов. На первом этапе синтезировали магнетит, в водную суспензию которого для снижения агрегации наночастиц добавляли стеарат натрия. Состав обрабатывали ультразвуком, вводили СФ-4Д и другие компоненты.

Были получены полипропиленовые нити со сформированным на поверхности каждого филамента покрытием на основе суспензии фторопласта 4Д, содержащим магнетит.

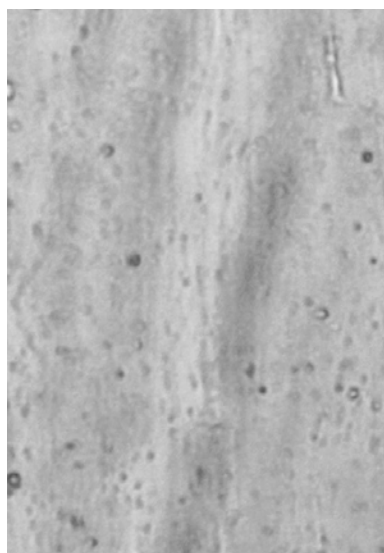
Формование нитей проводили на лабораторном стенде СФПВ-1 [4]. Состав для модификации с заданными количествами политетрафторэтилена и магнетита наносили на горячие полипропиленовые нити на стадии замасливания на первой и второй замасливающих шайбах.

Таблица 1

Физико-механические характеристики полипропиленовых нитей, с фторопластовым покрытием, содержащим магнетит

Содержание основных компонентов формовочной препарации				Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Относительное удлинение, %
магнетит, %	Суспензия фторопласта 4Д, %	Стеарат натрия, %	Замасливатель, %		
-	-	-	-	51,1 ± 2,3	40,0 ± 1,9
0,4	3,0	0,5	-	60,6 ± 2,7	43,4 ± 2,4
0,5	9,0	1,0	-	50,7 ± 2,0	40,4 ± 1,4
0,7	7,5	-	-	65,1 ± 3,9	38,0 ± 3,2
1	10,0	-	10	53,5 ± 2,0	52,4 ± 1,3
1,5	7,5	1,4	10	62,6 ± 2,1	41,0 ± 3,0
3	9,6	7,0	25	55,4 ± 0,9	31,6 ± 2,7
7,5	6,0	1,0	-	59,9 ± 2,5	50,1 ± 2,5

После формования и нанесения суспензии фторопласта нити подвергали ориентационному вытягиванию и термостабилизации с использованием стенда ОСВ-1. Физико-механические характеристики модифицированных нитей приведены в табл. 1,2. Во всех случаях нити обладали высокой удельной разрывной нагрузкой, но довольно высоким разрывным удлинением. Снизить удлинение за счет увеличения кратности вытягивания не удалось из-за высокой обрывности нитей, обусловленной наличием агрегатов магнетита и неравномерным нанесением состава на поверхность нитей. Используемую для получения нитей препарацию также наносили на полипропиленовую пленку, которую вытягивали в 5 раз на стенде ОСВ-1 при 120 °С. Были получены микрофотографии поверхности пленки (рис. 1), на которых хорошо просматриваются агрегаты магнетита размером до нескольких мкм.



а

б

Рис. 1. Микрофотография пленки с фторопластовым покрытием, содержащим 1% магнетита, без обработки ультразвуком. Увеличение 400 раз.

Водную суспензию, содержащую дисперсию политетрафторэтилена, стеарат натрия и магнетит, подвергали ультразвуковой (УЗ) обработке с использованием низкочастотного ультразвукового диспергатора типа УЗДН-2Т в термостатируемом сосуде при частоте  $f = 22$ . Время экспозиции составляло 2 минуты. Процессы формования при использовании такой подготовки протекали стабильнее, обрывность при ориентационном вытягивании была значительно меньше. На приборе «Analyzette 22 Compact» были определены размеры частиц формовочной подготовки без обработки и после обработки ультразвуком. На рис. 2 приведены данные дисперсионного анализа, свидетельствующие о том, что, как в необработанной ультразвуком, так и в обработанной подготовке количество и размер частиц примерно одинаков. Это связано с присутствием в составе частиц политетрафторэтилена, которые под воздействием ультразвука не разрушаются и свой размер не изменяют.

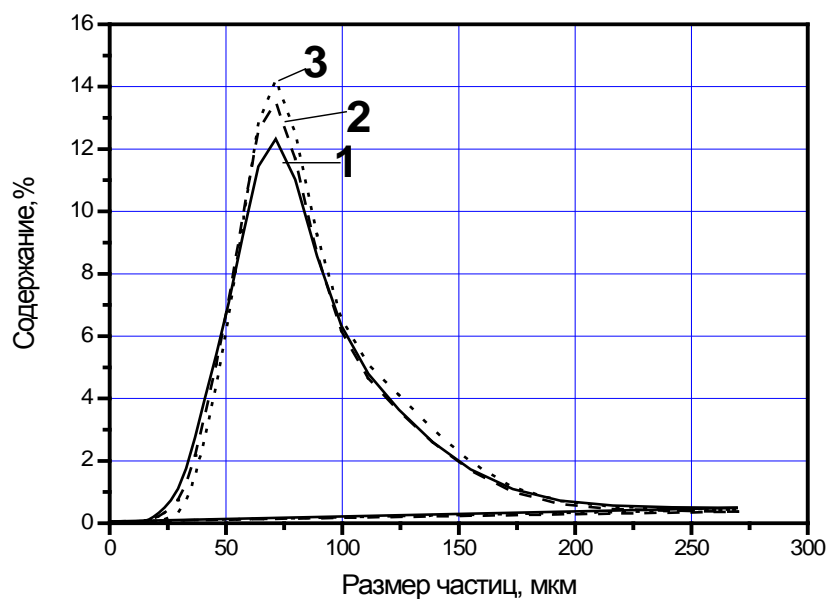


Рис. 2. Распределение по размерам частиц, содержащихся в формовочной подготовке: 1 - после УЗ-обработки; 2 - без УЗ-обработки; 3 - через 5 дней после УЗ-обработки.

В табл.2 приведены основные полуцикловые характеристики полипропиленовых нитей с фторопластовым покрытием, полученных с использованием формовочной подготовки, обработанной ультразвуком.

Таблица 2

Физико-механические характеристики полипропиленовых нитей с фторопластовым покрытием, содержащим магнетит.

Содержание основных компонентов формовочной подготовки				Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Относительное удлинение, %
магнетит, %	Суспензия фторопласта 4Д, %	Стеарат натрия, %	Замасли- ватель, %		
-	-	-	-	51,1 ± 2,3	40,0 ± 1,9
0,5	7,5	-	-	51,1 ± 1,9	40,1 ± 1,9
0,7	7,5	-	-	52,7 ± 2,0	35,0 ± 1,7
1,0	7,5	1,0	-	57,7 ± 2,0	32,0 ± 1,7
1,5	7,5	1,4	10	76,9 ± 4,0	32,5 ± 2,0
1,5	12,0	2,0	10	69,9 ± 1,0	40,3 ± 1,4
3	9,6	7,0	25	69,0 ± 3,0	26,9 ± 1,7

Анализ данных, приведенных в табл. 2, показывает, что обработка подготовки ультразвуком позволяет получить более прочные нити. При введении в формовочную подготовку замасливателя прочность нити возрастает на 40-50 % (три нижние строки табл. 2). Увеличение прочности нити можно объяснить тем, что обработанная ультразвуком подготовка лучше смачивает поверхность нити, образуется более равномерное по толщине покрытие, при получении и вытягивании такой нити образуется меньшее количество микродефектов. На микрофотографиях пленки с нанесенной подготовкой, обработанной ультразвуком, и подвергнутой вытягиванию на ОСВ-1 (при температура вытягивания 120 °С и кратности 5), видно ровное и гладкое покрытие без посторонних вкраплений (рис. 2).

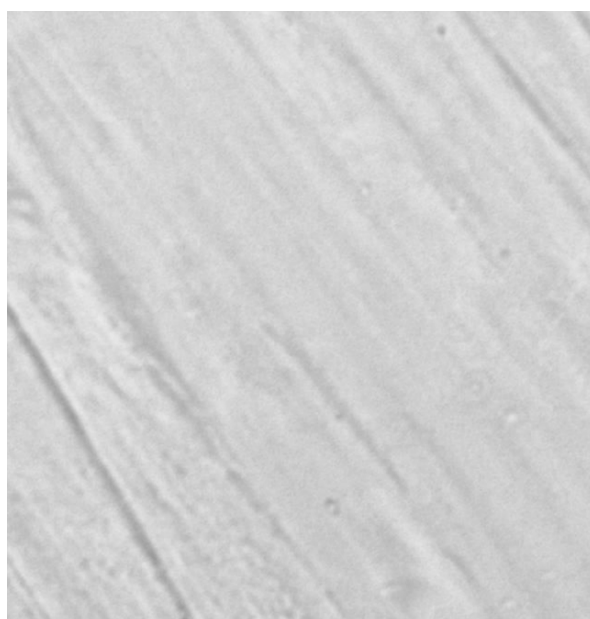


Рис. 2. Микрофотография пленки с фторопластовым покрытием, содержащим 1 % магнетита, обработанной ультразвуком. Увеличение 400 раз.

Таким образом, методом осаждения из раствора получены частицы магнетита, стабилизированные стеаратом магния. Получены комплексные полипропиленовые нити с

фторопластовым покрытием, содержащим стабилизированные частицы магнетита. Изучено влияние состава формовочной препа­рации на процессы формования и ориентировочного вытягивания, а также на физико-механические свойства нитей. Установлено, что введение в формовочную препа­рацию на основе дисперсии политетрафторэтилена и магнетита замасливателя и дальнейшая обработка такой препа­рации ультразвуком позволяет получить высококачественное покрытие на поверхности каждого отдельного филамента. Удельные разрывные нагрузки комплексных полипропиленовых нитей с фторопластовым покрытием, допированным магнетитом, на 40-50 % выше, чем у немодифицированных нитей.

*Исследование проводилось при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госконтракт № 01201260484).*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Prorokova N.P., Vavilova S.Y., Bouz­nik V.M. A novel technique for coating polypropylene yarns with polytetrafluoroethylene // Journal of Fluorine Chemistry. - 2017. - V. 204. – P. 50 – 58.
2. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кумеева Т. Ю., Морыганов А.П., Бузник В.М. Синтетические нити с высокой хемостойкостью и низким коэффициентом трения. Патент РФ на изобретение №2522337, Заявка № 2012153927/05 от 14.12.2012, зарегистрировано в Госреестре 16 мая 2014 г. Опубликовано 10.07.2014, Бюл. №19.
3. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кумеева Т. Ю., Морыганов А.П., Бузник В.М. Способ получения синтетических нитей. Патент РФ на изобретение №2522338, Заявка № 2012153928/05 от 14.12.2012, зарегистрировано в Госреестре 16 мая 2014 г. Опубликовано 10.07.2014, Бюл. №19.
4. Вавилова С.Ю., Пророкова Н.П., Пикалов А.П. Влияние условий формования и ориентационного вытягивания полипропиленовой нити на её физико-механические свойства // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. – 2011. – Т. 12, № 3. – С. 17 – 20.