

from the final component in several key ways. First of all, the production for velvets and knitting clothes methods used in creating a prototype often substantially differ from those used to create the final component. Whereas expensive quality materials are often used in a production run, materials that bear a resemblance to the final product's desired look and feel are often used instead. This yields a prototype that is fine for visual inspection, but not well-suited to performing the intended component function.

Smart Sustainable Development of Digital Thickness Test Method is the concept of sustainable development will be overviewed where its effect as an Innovation in the Supply Chain Management will be highlighted of Sustainable development. In order to grasp the subtleties of Digital Thickness Test Method the concept, it is important, in the first part, to understand the notion of development, often assimilated to growth, and sustainability, referring to a long-term element. In a second part, the idea is to transpose the concept to the business world through previous research and then in the last part, to describe the interface between innovation Digital Thickness Test Method and sustainable development in order to consolidate the problematic of this research.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ElNashar, ElSayed.; DUBROVSKI, Polona;. 'The Influence of the Weave and the Method of Stitching on Selected mechanical Properties of Woven Double Fabrics.' Autex Research Journal, Vol. 8, No2, June (2008).
2. ElNashar, ElSayed.; representative volume of design elements and mathematical of pile woven fabrics,. International workshop "physics of fibrous materials: structure, properties, science intensive technologies and materials" (SMARTEX-2008) that take place in the Ivanovo State Textile Academy (Russia) 26-27 May, (2008)
3. ElNashar, ElSayed.; "A unified tests theory of nonstiffability clothes with using digital method@", 1st SMARTEX-Egypt (World Textiles Conference), Nov,22–24 2011, Kaferelsheikh University, Egypt.( 2011).

УДК 544.70.023.2:544.722.132:677.8

#### **ГИДРОФОБНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИЭФИРСОДЕРЖАЩИХ ТКАНЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ РАСТВОРОМ ТЕЛОМЕРОВ ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА**

#### **HYDROPHOBIC PROPERTIES OF POLYESTER-CONTAINING TISSUES, MODIFIED BY SOLUTION OF TETRAFLUOROETHYLENE TELOMERS**

Т.Ю. Кумеева, Н.П. Пророкова  
T.Yu. Kumeeva, N.P. Prorokova

Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук, (г. Иваново)  
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of Russian Academy of Science, (Ivanovo)

Рассмотрена возможность придания гидрофобных свойств текстильному материалу с помощью теломеров тетрафторэтилена. Охарактеризованы гидрофобные свойства модифицированных теломерами тетрафторэтилена полиэфирсодержащих тканей.

**Ключевые слова:** гидрофобность, Гидрофобизация, тетрафторэтилен, полиэфирная ткань

The possibility of imparting hydrophobic properties to textile material using tetrafluoroethylene telomers is considered. The hydrophobic properties of polyether-containing tissues modified by telomeres of tetrafluoroethylene have been characterized.

**Key words:** hydrophobicity, hydrophobization, tetrafluoroethylene, polyester fabric

Гидрофобные текстильные материалы, обладающие способностью не смачиваться водой, пользуются высоким спросом. Первостепенным показателем гидрофобности материала считается краевой угол смачивания. Для гидрофобных материалов эта характеристика должна превышать  $90^\circ$ . Но наибольший интерес представляют высокогидрофобные материалы, для которых краевой угол смачивания  $> 120^\circ$  [1]. Задачу получения волокнистых материалов с высокой гидрофобностью можно решить, нанося на них препараты с низкой поверхностной энергией, которые способны сформировать на каждой нити низкоэнергетическую поверхность, не затрагивая при этом капиллярно-пористую систему текстильного материала. Таким образом сохраняется также воздухо- и паропроницаемость волокнистого материала [2].

В качестве объекта исследования нами была выбрана полиэфирная ткань. Полиэфирное волокно известно как гидрофобное, но ткани, выработанные из него, имеющие сложную капиллярно-пористую структуру, не обладают свойствами водоотталкивания: капли жидкости, попавшие на них, моментально проникают в межволоконные пространства.

Полиэфирные (ПЭФ) текстильные материалы широко представлены на потребительском рынке, являются относительно недорогими и используются в разных сферах. Кроме того, зачастую требуется придание гидрофобных свойств материалам, состоящим из хлопчатобумажных и полиэфирных составляющих, такие материалы составляют ассортимент тканей для изготовления галантерейных изделий, декорирования помещений и т.п. Поэтому в данной работе были проанализированы возможности придания гидрофобности хлопкополиэфирным тканям с разным соотношением компонентов, разной плотности и переплетения.

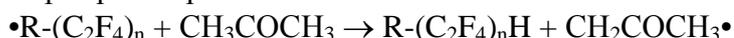
Перспективным материалом для создания ультратонких покрытий являются растворы теломеров тетрафторэтилена (ТФЭ) в ацетоне (торговая марка «Черфлон»), разработанные и получаемые в ИПХФ РАН с использованием радиационно-химического инициирования реакции теломеризации мономеров тетрафторэтилена ( $\gamma$ -излучение  $^{60}\text{Co}$ ) [3]. В результате процесса образуется гомологическая смесь низкомолекулярных соединений, содержащая более 90% теломеров состава  $R_1-(\text{C}_2\text{F}_4)_n-R_2$ , где  $R_1$  и  $R_2$ : H,  $\text{CH}_3$  или  $\text{COCH}_3$  и  $\text{CH}_2\text{COCH}_3$ , а среднее значение  $n$  более 5 [4].

При использовании в качестве растворителя ацетона схема образования теломеров ТФЭ выглядит следующим образом:

1. Инициирование цепей радикалами ( $R\bullet$ ), образующимися при радиолизе растворителя (H,  $\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_2\text{COCH}_3$ ).

2. Рост цепи  $R\bullet + \text{C}_2\text{F}_4 \rightarrow \bullet R-\text{CF}_2-\text{CF}_2$

3. Передача цепи через растворитель



Возникающий радикал  $\text{CH}_2\text{COCH}_3\bullet$  вновь инициирует цепь теломеризации.

4. Обрыв цепи происходит при квадратичной рекомбинации радикалов  $\bullet R-\text{CF}_2-\text{CF}_2$ ,  $\bullet\text{CH}_3$ ,  $\bullet\text{CH}_2\text{COCH}_3$ .

В результате образуется смесь гомологических низкомолекулярных соединений состава  $R_1-(\text{C}_2\text{F}_4)_n-R_2$ , где  $R_1$  и  $R_2$ : H,  $\text{CH}_3$  или  $\text{COCH}_3$  и  $\text{CH}_2\text{COCH}_3$ . Значение  $n$  зависит от условий проведения реакции (исходной концентрации мономера в растворителе) и изменяется в пределах 3-20 [5,6].

Нанесение препарата «Черфлон» на текстильный материал осуществляли при помощи пульверизатора, количество нанесенного теломера варьировалось за счет кратности (одно-, двух-, трехкратного, в отдельных случаях четырех- и пятикратного) нанесения. В отдельных случаях (для нанесения большего количества модификатора) использовали метод окунания.

Краевые углы смачивания определяли методом проецирования капли на экран. Смачивание количественно характеризовали краевым углом  $\theta$  или  $\cos \theta$ . Краевой угол определяли как угол между касательной, проведенной к поверхности смачивающей жидкости, и смачиваемой поверхностью твердого тела, при этом его отсчитывали от

касательной в сторону жидкой фазы. Касательную проводили через точку соприкосновения трех фаз.

Для оценки гидрофобных свойств поверхности текстильного материала использовали экспресс-метод, заключающийся в определении времени впитывания капли. Каплю воды наносили на обработанный текстильный материал и по секундомеру определяли время впитывания. Появление ореола вокруг капли считали за окончание испытания. Проведение испытаний более 30 мин. считали нецелесообразным в связи с потерей массы капли из-за испарения.

Водопоглощение тканей определяли в соответствии с ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81). Водопоглощение характеризует количество поглощенной материалом воды при непосредственном и полном погружении его в воду в течение 60 мин.

Факт осаждения теломеров на поверхности ПЭ волокнистого материала подтвержден методом ИК-спектроскопии МНПВО, энергодисперсионным анализом в работах, опубликованных ранее [7,8].

Комплексные характеристики водоотталкивающих свойств образцов полиэфирной костюмной ткани, обработанных 1,5%-ным раствором теломеров тетрафторэтилена в ацетоне представлены в таблице 1.

Краевой угол смачивания полиэфирной ткани, обладающей, за счет сложной структуры, макро- и микрошероховатостью, после обработки раствором теломеров тетрафторэтилена имеет практически те же значения, что и при использовании гидрофобизатора Nuva ТТН (фирма «Клариант»). Истирающее воздействие на ткань, подвергнутую однократной или двукратной обработке теломерами, приводит к дополнительному и весьма существенному (на 10 – 16 град.) повышению краевого угла смачивания. Краевой угол смачивания подвергнутой истиранию ткани с защитной покрытием на основе препарата «Черфлон» достигает значений краевого угла смачивания ткани, обработанной используемым в промышленности эффективным гидрофобизатором Nuva ТТН (фирма «Клариант»).

Поскольку за счет истирания происходит удаление с ткани избыточного количества теломеров, и сформированное после истирания теломерное покрытие становится очень тонким, а также приобретает нанощероховатость, следует предположить, что дополнительное повышение краевого угла смачивания проявляется за счет совместного влияния на смачивание макро- и микрошероховатости рельефа ткани, который повторяет пленка гидрофобизатора за счет своей малой толщины, и собственной нанощероховатости теломерного покрытия.

Таблица 1

Комплексные характеристики водоотталкивающих свойств образцов полиэфирной костюмной ткани, обработанных 1,5%-ным раствором теломеров тетрафторэтилена в ацетоне

Вид обработки	Удельное поверхностное содержание препарата, г/м <sup>2</sup>	θ, град.		Время впитывания водяной капли, мин.	
		до истирания	после истирания	до истирания	после истирания
Исходная ткань	-	-	-	-	-
Однократная	0,278	127±5	143± 5	5	15
Двукратная	0,445	127±5	137± 5	5	>30
Трехкратная	1,259	129±4	129± 4	>30	>30
Четырехкратная	1,308	129±4	130±4	>30	>30
Пятикратная	1,442	129±4	129± 4	>30	>30

Дисперсия препарата Nuva ТТН (30 г/л)	1,55	132±4	129±4	>30	>30
---------------------------------------	------	-------	-------	-----	-----

Зависимость водопоглощения модифицированной ПЭФ ткани и удельного содержания модификатора на ее поверхности от кратности нанесения модификатора представлено на рис 1. Для сравнения приведены данные по препарату Nuva.

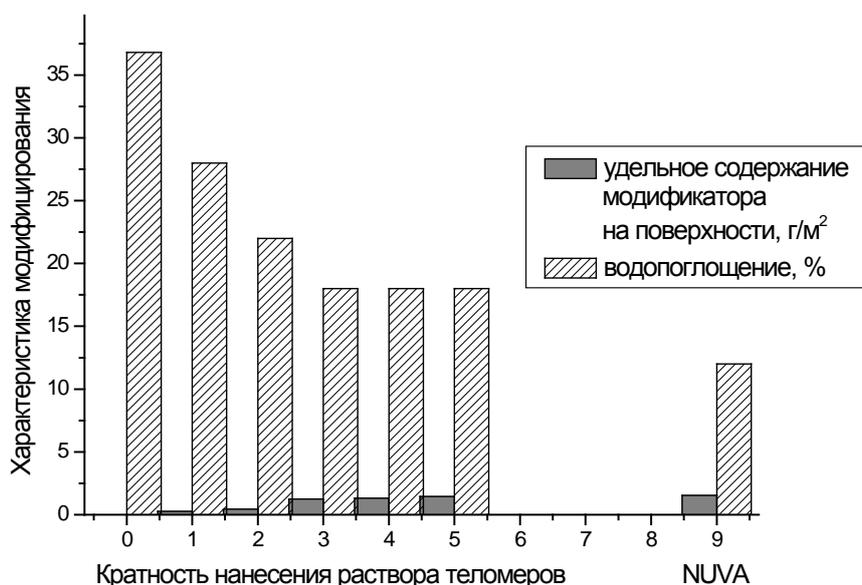


Рис.1. Зависимость водопоглощения модифицированной ПЭФ ткани от количества модификатора

В таблице 2 представлены данные по изменению водопоглощения ПЭФ ткани, обработанной растворами теломеров ТФЭ, синтезированных в ацетоне, в зависимости от удельного содержания теломеров и от интенсивности процедуры истирания. Испытания истиранием представляют сложно – напряженное деформирование покрытия.

Таблица 2

Влияние на водопоглощение полиэфирной ткани, обработанной растворами теломеров ТФЭ, синтезированных в ацетоне, удельного поверхностного содержания теломеров ТФЭ и сложно – напряженного деформирования (истирания) различной интенсивности

Вид обработки ткани	Водопоглощение (%) при удельном поверхностном содержании препарата, г/м <sup>2</sup>				
	0,38	0,99	1,40	3,12	6,40
Покрытие без деформирования	25,2 ± 0,2	22,8 ± 0,2	19,5 ± 0,2	20,8 ± 0,2	22,8 ± 0,2
Покрытие, подвергнутое деформированию, в циклах:					
10х	22,8 ± 0,2	20,7 ± 0,2	19,3 ± 0,2	20,6 ± 0,2	22,6 ± 0,2
20х	21,6 ± 0,2	18,9 ± 0,2	19,1 ± 0,2	20,6 ± 0,2	22,2 ± 0,2
30х	17,8 ± 0,2	16,7 ± 0,2	18,4 ± 0,2	20,3 ± 0,2	21,9 ± 0,2
40х	20,3 ± 0,2	17,5 ± 0,2	18,7 ± 0,2	20,3 ± 0,2	22,5 ± 0,2
50х	22,4 ± 0,2	19,3 ± 0,2	18,9 ± 0,2	20,5 ± 0,2	23,1 ± 0,2

Из таблицы следует, что водопоглощение образцов обработанной теломерами ТФЭ ПЭФ ткани зависит от их удельного поверхностного содержания, причем минимальное значение водопоглощения достигается при средних значениях удельного поверхностного содержания препарата ( $1,4 \text{ г/м}^2$ ), которое, по – видимому, является необходимым и достаточным для формирования сплошного покрытия на каждой нити, образующей ткань.

Истирание покрытия способствует снижению количества препарата, которое требуется для формирования непрерывного покрытия. Как видно из таблицы, наиболее низкие значения водопоглощения достигаются при нанесении на ткань малого количества теломеров ( $0,38 - 0,99 \text{ г/м}^2$ ) с последующим тридцатицикловым деформированием. Увеличение интенсивности деформирования, по – видимому, приводит к снижению равномерности и качества покрытия, следствием чего является возрастание водопоглощения образца. Следует отметить, что происходящие изменения не связаны с удалением теломеров ТФЭ при сложно – напряженном деформировании, т.к. изменение массы образца в процессе эксперимента составляло  $\pm 0,01\%$ .

В практическом аспекте интерес представляют хлопкополиэфирные ткани с гидрофобными свойствами. Их эстетические свойства определяют использование этих тканей для аксессуаров, декора и пр., поэтому в отдельных случаях гидрофобная отделка становится целесообразной. В таблице 3 представлены характеристики гидрофобности полиэфирной и хлопкополиэфирной тканей, обработанных растворами теломеров. Выбранные ткани имеют разное соотношение волокнистых составляющих и разное переплетение.

Таблица 3

Характеристики гидрофобности тканей полиэфирной и смесовой, обработанных растворами теломеров

Вид ткани	Краевой угол смачивания, град		Время впитывания капли, мин	
	Ткань обработанная	Ткань обработанная (с истиранием)	Ткань обработанная	Ткань обработанная (с истиранием)
Полиэфирная, костюмная, полотняное переплетение	$128 \pm 4$	$128 \pm 4$	>30	>30
Хлопкополиэфирная, сорочечная (50/50), полотняное переплетение	$92 \pm 4$	$92 \pm 3$	5	5
Хлопкополиэфирная, сорочечная (67/33), полотняное переплетение	$96 \pm 4$	$96 \pm 4$	1	1,25
Хлопкополиэфирная, плащевая (67/33), сатиновое переплетение	$132 \pm 3$	$128 \pm 3$	1,75	1,25
Хлопкополиэфирная, плащевая (20/80), сатиновое переплетение, полиэфир на лицевой стороне	$135 \pm 3$	$136 \pm 4$	24	29

Из данных таблицы следует, что придание устойчивой гидрофобности хлопкополиэфирным тканям с использованием растворов теломеров, синтезированных в ацетоне, достаточно проблематично [7,9]. Без дополнительных обработок можно повысить их гидрофобные свойства лишь незначительно [7,10].

Применение теломеров тетрафторэтилена может обеспечить хорошие результаты гидрофобизации тканей, однако для их продуктивного использования необходимо учитывать состав и структуру текстильного материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бойнович Л.Б., Емельяненко А.М. // Успехи химии, 2008. т.77. № 7. С. 619 – 638.
2. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов. Т.3. М.: РосЗИТЛП, 2001. 298 с.
3. Кирюхин Д.П., Ким И.П., Бузник В.М. Патент РФ 2381237 С2. Фтортеломеры алкилкетонов, способы их получения (варианты) и способ получения функциональных покрытий на их основе. Оpubл.2010.
4. Большаков А.И., Кичигина Г.А., Кирюхин Д.П. // Химия высоких энергий. 2009. Т. 43, №6. С. 512-515.
5. Кирюхин Д.П., Ким И.П., Бузник В.М., Игнатъева Л.Н., Курявый В.Г., Сахаров С.Г. Российский химич химич. журнал, 2008, т. LI, № 3, с. 66 –72.
6. Кирюхин Д.П., Ким И.П., Бузник В.М. Химия высоких энергий, 2008, т. 42, №5, с. 393-400.
7. Prorokova N.P., Kumeeva T.Yu., Kiryukhin D.P., Buznik V.M. // Russian Journal of Applied Chemistry. 2013. Т. 86. № 1. С. 69-75.
8. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кирюхин Д.П., Никитин Л.Н., Бузник В.М. // Российский химический журнал. 2011. Т. LV. № 3. - С. 14-23. (Prorokova N.P., Kumeeva T.Y., Kiryukhin D.P., Nikitin L.N., Buznik V.M. // Russian Journal of General Chemistry. 2012. Т. 82. № 13. - С. 2259-2269).
9. Кумеева Т.Ю., Пророкова Н.П., Кичигина Г.А. // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2015. Т. 51. № 4. С. 428-435. (Kumeeva T.Y., Prorokova N.P., Kichigina G.A. // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. 2015. Т. 51. № 4. С. 579-586).
10. Кирюхин Д.П., Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кичигина Г.А., Большаков А.И., Куш П.П., Бузник В.М.// Перспективные материалы. 2013. № 7. С. 73-79