

УДК 677.027.4.677.027

**ТРИКОТАЖНЫЕ ИЗДЕЛИЯ
С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ**

**KNITTED PRODUCTS
WITH ANTI-BACTERIAL PROPERTIES**

А.К. БЕКТУРСУНОВА, Д.С. НАБИЕВ, Н.Е. БОТАБАЕВ
A.K. BEKTURSUNOVA, D.S. NABIEV, N.E. BOTABAYEV

(Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан)
(M. Auezov South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan)
E-mail: Bektursunova7979@mail.ru

В статье приведены результаты исследований обработанных образцов, осуществленных с помощью просвечивающей электронной микроскопии. Установлено, что наиболее эффективное закрепление наночастиц серебра наблюдается в случае использования натрий карбоксиметилкрахмала концентрацией 0,5...1,0% в растворе с интенсификацией УФ-облучением. УФ-облучение инициирует образование наночастиц с наименьшим средним размером и более равномерное их распределение. Возможно, это связано с тем, что УФ-лучи препятствуют агрегации частиц серебра на поверхности носочных изделий.

*Антимикробные серебросодержащие чулочные изделия, получаемые по предлагаемому способу, по функциональным свойствам соответствуют требованиям, предъявляемым к материалам для изделий гигиенического назначения, и обеспечивают активность по отношению к грамположительной тест-культуре *Staphylococcus aureus*, грамотрицательной культуре *Escherichia coli* M-17 и дрожжеподобной грибковой культуре *Candida albicans*.*

Оценка физико-механических свойств опытных образцов носочных изделий по показателям: растяжимость при нагрузках меньше разрывных и устойчивость к истиранию позволила установить соответствие их допускаемым значениям данной ассортиментной группы.

The microscopic studies of the processed samples are presented by using of the transmission electron microscopy, it has been established that the most effective fixing of silver nanoparticles is observed when sodium carboxymethyl starch in solution of a concentration of 0.5...1.0% with intensification of UV irradiation is used. UV irradiation initiates the formation of nanoparticles with the smallest average size and a more uniform distribution. Perhaps, it is due to the UV rays interfering with the aggregation of silver particles on the surface of the toe products. Antimicrobial

silver-containing hosiery products obtained by the proposed method and functional properties meet to the requirements for materials for hygienic products and provide activity against the Gram-positive test culture of Staphylococcus aureus, gram-negative culture of Escherichia coli M-17 and yeast-like fungal culture of Candida albicans. Evaluation of physico-mechanical properties of prototypes of socks in terms of indices: tensile strength at less tensile loads and resistance to abrasion made it possible to establish compliance with their tolerable values of this assortment group.

Ключевые слова: трикотажный материал, наночастицы серебра, антибактериальная обработка.

Keywords: knitted material, silver nanoparticles, antibacterial treatment.

В настоящее время неблагоприятное состояние окружающей среды способствует активному проявлению инфекционных и кожно-аллергических заболеваний. Для улучшения качества жизни важное место отводится трикотажным изделиям, обладающим антимикробными свойствами, позволяющими снизить риск возникновения или смягчить протекание инфекционного процесса. Трикотажные изделия могут быть в готовом виде обработаны бактерицидными композициями или изготовлены из текстильных материалов, предварительно модифицированных бактерицидными композициями. В последнее время в качестве бактерицидных веществ очень часто начали применять наночастицы серебра.

Доказано, что серебро в наноразмерном состоянии обладает более высоким бактерицидным, противовирусным, выраженным противогрибковым и антисептическим действием и служит высокоэффективным обеззараживающим средством в отношении патогенных микроорганизмов, вызывающих острые инфекции [1], [2].

На сегодняшний день существует множество методов синтеза наночастиц серебра, однако большинство из них используют в своей основе токсичные реагенты, используемые либо для стабилизации получаемых наночастиц, либо для восстановления ионов серебра. В то же время для использования наночастиц, обеспечивающих безопасность для потребителя, необходимо исключить использование токсичных веществ на каком-либо этапе синтеза [3], [4].

Сейчас в текстильной промышленности внедряются два вида нанотехнологий: про-

изводство нановолокон и заключительная отделка текстильных изделий с использованием нанотехнологий. При заключительной отделке используют наночастицы различных веществ в виде наноэмульсий и нанодисперсий [5].

Нанотехнологическое воздействие не затрагивает макроструктуры, и принципиально новые свойства возникают на микроуровне. Нами исследована возможность получения биоразлагаемой бактерицидной композиции, содержащей наночастицы серебра, методом восстановления ионов серебра с применением карбоксиметилкрахмала и УФ-облучения, а также обработка трикотажных изделий полученной композицией с целью придания им бактерицидных свойств.

Объектом исследований являются носки мужские. В работе использован метод восстановления ионов серебра с применением органических веществ и УФ-облучения. Восстановление осуществляли в присутствии карбоксиметилкрахмала (NaКМК) в качестве стабилизатора и восстановителя.

Выбор NaКМК обусловлен тем, что она широко применяется в текстильной промышленности и благодаря способности к биodeградации обладает гелеобразующими, сорбционными и другими биологическими свойствами [6].

Для получения водного композиционного раствора, содержащего NaКМК и наночастицы серебра, в емкость наливают расчетное количество воды, добавляют туда NaКМК и механической мешалкой перемешивают в течение 10 мин, затем в этот раствор добавляют раствор нитрата серебра и продолжают перемешивание до получения однород-

ного раствора. Полученный раствор подвергают ультразвуковому диспергированию в течение 15 мин. Далее на трикотажный материал аэрозольным методом наносят расчетное количество полученного раствора наночастиц серебра (нанесение 100%), после чего материал передают к отлежке, а затем УФ-облучению и сушке. При этом использованный раствор $\text{Ag}^+\text{КМК}^-$ играет роль связующего между материалом и наночастицами серебра. В то же время сам $\text{Ag}^+\text{КМК}^-$ также обладает бактерицидными свойствами, что позволяет использовать его в двух направлениях: как стабилизатор наночастиц серебра и как полимер – носитель с собственной биологической активностью [7].

При обработке трикотажных материалов раствором $\text{Ag}^+\text{КМК}^-$ образуются сетча-

тые структуры, так называемые "ловушки" для ионов серебра, за счет образования связей между карбоксиметильными группами КМК. При аэрозольном нанесении раствора они фиксируются в структуре трикотажных материалов, после УФ-облучения обработанных материалов происходит восстановление ионов серебра до наночастиц серебра, находящихся в структуре стабилизированных растворов $\text{Ag}^+\text{КМК}^-$, которые после сушки переходят в нерастворимое состояние.

Условия осуществления способа получения антимикробного серебросодержащего целлюлозного трикотажного материала и качественные показатели обработанных целлюлозных материалов приведены в табл. 1 и 2 соответственно.

Т а б л и ц а 1

Условия осуществления способа получения				
№	Целлюлозный материал	Концентрация NaКМК в растворе, мас. %	Концентрация соли серебра в растворе, мас. %	Концентрация наночастиц серебра на материале, мас. %
1	Трикотаж	0,400	-	-
2	Трикотаж	0,400	0,10	0,060
3	Трикотаж	0,400	0,25	0,150

На рис. 1 и 2 показаны фотографии трикотажных материалов после обработки растворами КМК и $\text{Ag}^+\text{КМК}^-$, УФ-облучения и сушки (рис. 1 – цветной трикотаж после обработки: а) – раствором КМК; б) – в растворе

NaКМК – 0,4%, AgNO_3 – 0,1%; в) – в растворе NaКМК – 0,4%, AgNO_3 – 0,25%; рис. 2 – отбеленный трикотаж после обработки: а) – в растворе NaКМК – 0,4%; б) – в растворе NaКМК – 0,4%, AgNO_3 – 0,1%; в) – в растворе NaКМК – 0,4%, AgNO_3 – 0,25%).



а) б) в)

Рис. 1



а) б) в)

Рис. 2

Из рисунков видно, что при использовании цветного трикотажа цвет меняется незначительно, а при использовании отбеленного трикотажа материал приобретает сероватый цвет, что может ограничивать применение данной технологии для производства антибактериальных текстильных материалов светлых оттенков.

Диагностику и тестирование антимикробных целлюлозных материалов, содержащих наночастицы серебра, проводили в соответствии с Межгосударственным стандартом ГОСТ Р ИСО 20743–2012. Материалы текстильные. Определение антибактериальной активности изделий с антибактериальной обработкой.

Активность антимикробных серебросодержащих образцов трикотажных материалов оценивали по зоне задержки роста бактериальных и грибковой культур под воздействием веществ, диффундировавших из образца в агаризованную питательную среду. Тест-культуры *Escherichia coli* М-17, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, выращенные на питательной среде, засеивали методом "газона" на питательных средах в чашках Петри, и после подсыхания поверхности чашки методом аппликации с соблюдением условий асептики наносили на поверхность среды образцы испытуемых материалов размером 10×10 мм. Чашки помещали на инкубацию при температуре 37°C.

Устойчивость антимикробных свойств материалов многократного использования доказывали неизменностью цвета и наличием бактериостатических свойств после их многократных промывок.

Представленные результаты показывают, что антимикробные целлюлозные трикотажные материалы обладают высокой антимикробной активностью в отношении грамотрицательных *E. coli* (4...5 мм), грамположительных *St. aureus* (4...6 мм) и грибковых культур *Candida* (5...7 мм) и соответствуют требованиям, предъявляемым к целлюлозным материалам, направляемым на изготовление изделий санитарно-гигиенического и технического назначения.

Т а б л и ц а 2

Качественные показатели обработанных целлюлозных материалов			
№ примера	Зона задержки роста культуры, мм		
	<i>Escherichia coli</i> М-17	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Candida albicans</i>
1	-	-	-
2	5	6	7
3	4	4	5

Примечание. "-" – зона задержки роста культуры отсутствует.

ВЫВОДЫ

1. Оценка физико-механических свойств опытных образцов носочных изделий по показателям: растяжимость при нагрузках меньше разрывных и устойчивость к истиранию позволила установить соответствие их допускаемым значениям данной ассортиментной группы.

2. Технология аэрозольной обработки носочных изделий с антибактериальным композиционным раствором, содержащем NaКМК и наночастицы серебра, может быть использована на чулочно-носочных предприятиях для изготовления промышленных образцов мужских носков.

3. Данный метод производства является экологичным за счет использования аэрозольного нанесения раствора наночастиц серебра на материал, который не требует дополнительных затрат на очистку сточных вод, вырабатываемых в процессе производства.

4. Следует отметить, что в состав композиции входят натуральные экологически чистые

компоненты, не вызывающие раздражающего воздействия на кожу человека, что позволяет рекомендовать новую антибактериальную биоразлагаемую композицию на основе наночастиц серебра для изделий санитарно-гигиенического назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вегера А.В., Зимон А.Д. Синтез и физико-химические свойства наночастиц серебра // Московский государственный университет технологии и управления. – 2006. С. 5...12.
2. Михиенкова А.И., Муха Ю.П. Наночастицы серебра: характеристика и стабильность антимикробного действия коллоидных растворов // *Environment & health*. – 2011, № 1. С. 55...59.
3. Zolotuhina E.V., Kravchenko T.A., Peshkov S.V. Sposob polucheniya nanochastic serebra. Patent na izobretenie no. 2385293 Rossijskaja Federacija. C01G 5/00, B82B 3/00. 27.03.2010. В.9. 7 р.
4. Parsaev A.A., Abhalimov E.V., Jakimova E.E., Ershov B.G. Poluchenie nanochastic serebra v vodnyh rastvorah, sodержashhih karbonationy // *Vestnik MITHT*. – V. 5, №5, 2010. P. 24...26.

5. Seitmagzimova G., Kural U., Seitmagzimov A. Research of processing karatau substandard natural phosphates by nitric-acid decomposition // *Industrial Technology and Engineering*. – №1 (22), 2017, P. 5...10.

6. Таусарова Б.Р. и др. Антибактериальные свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы. Алматы технологиялық университетінің хабаршысы. – 2014, №1.

7. Жушман А.И. Модифицированные крахмалы // *Пищепромиздат*. – 2007.

8. Юнусов Х.Э. и др. Антимикробный эффект ионов и наночастиц серебра, сформированных на полимерных матрицах различного характера // Сб. тез. Республиканской науч.-практ. конф.: Актуальные проблемы химии, физики и технологии полимеров, 9-10 ноября – 2009, Ташкент, ИХФП АН РУ. С.78...80.

REFERENCES

1. Vegera A.V., Zimon A.D. Sintez i fiziko-khimiicheskie svoystva nanochastits serebra // *Moskovskiy gosudarstvennyy universitet tekhnologii i upravleniya*. – 2006. S. 5....12.

2. Mikhienkova A.I., Mukha Yu.P. Nanochastitsy serebra: kharakteristika i stabil'nost' antimikrobnogo deystviya kolloidnykh rastvorov // *Environment & health*. – 2011, № 1. S. 55...59.

3. Zolotuhina E.V., Kravchenko T.A., Peshkov S.V. Sposob polucheniya nanochastits serebra. Patent na izobretenie no. 2385293 Rossijskaja Federacija. C01G 5/00, B82B 3/00. 27.03.2010. B.9. 7 p.

4. Parsaev A.A., Abhalimov E.V., Jakimova E.E., Ershov B.G. Poluchenie nanochastits serebra v vodnyh rastvorah, soderzhashhih karbonatnyy // *Vestnik MITHT*. – V. 5, №5, 2010. P. 24...26.

5. Seitmagzimova G., Kural U., Seitmagzimov A. Research of processing karatau substandard natural phosphates by nitric-acid decomposition // *Industrial Technology and Engineering*. – №1 (22), 2017, P. 5...10.

6. Tausarova B.R. i dr. Antibakterial'nye svoystva nanochastits serebra: dostizheniya i perspektivy. Almaty tekhnologiyalyq universitetiniñ khabarshysy. – 2014, №1.

7. Zhushman A.I. Modifitsirovannye krakhmaly // *Pishchepromizdat*. – 2007.

8. Yunusov Kh.E. i dr. Antimikrobnyy effekt ionov i nanochastits serebra, sformirovannykh na polimernykh matritsakh razlichnogo kharaktera // *Sb. tez. Respublikanskoy nauch.-prakt. konf.: Aktual'nye problemy khimii, fiziki i tekhnologii polimerov, 9-10 noyabrya – 2009, Tashkent, IKhFP AN RU. S.78...80.*

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования текстильных материалов. Поступила 20.10.18.