

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СПЕЦОДЕЖДЫ  
ИЗ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ОДЕЖНЫХ КОЖЕВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ\***

**IMPROVING THE QUALITY OF WORKWEAR  
MADE OF NANOSTRUCTURED CLOTHING LEATHER MATERIALS**

*Р.Ф. ГАЙНУТДИНОВ, В.В. ХАММАТОВА*

*R.F. GAINUTDINOV, V.V. KHAMMATOVA*

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: venerabb@mail.ru

*Представлены результаты научного исследования, ориентированного на решение проблем повышения качества одежных кожевенных материалов для специальной одежды. Цель работы заключалась в разработке способа получения наноструктурированной одежной кожи из овчины для специальной одежды, который позволит повысить предел прочности при растяжении, удлинение при напряжении 10 МПа и стойкость к истиранию опытных образцов. Объектом исследования выбран одежный кожевенный материал из шкур овчины. Для экспериментальных исследований контрольных и наноструктурированных образцов использовали разрывную машину МТ110-5, а также прибор марки UGT-7034-RUB для определения стойкости к истиранию образцов. Наноструктурирование одежных кожевенных материалов для спецодежды проводили электрофизическим методом модификации с применением потока неравновесной низкотемпературной плазмы пониженного давления с использованием уникальной промышленной плазменной установки периодического действия на базе Центра коллективного пользования "Наноматериалы и нанотехнологии" КНИТУ. Наноструктурирование одежного кожевенного материала из овчины на основе применения потока ННТП пониженного давления привело к повышению предела прочности при растяжении на 32,3%; в определенном режиме наноструктурирования экспериментальных образцов ( $W_p = 1,3$  кВт,  $\tau = 9$  мин) удлинение при напряжении 10 МПа составило 45%; при этом стойкость к истиранию увеличилась на 26,2% относительно контрольных образцов. Одежный кожевенный материал из овчины достигает максимальных значений показателей механических свойств при следующих параметрах воздействия потока ННТП пониженного давления: рабочем давлении в вакуумной камере  $P_k = 26,6$  Па, времени воздействия  $\tau = 9$  мин, мощности разряда  $W_p = 1,3$  кВт и расходе плазмообразующего газа  $G_{аргон} = 0,04$  г/с.*

*The results of a scientific study focused on solving the problems of improving the quality of clothing leather materials for special clothing are presented. The aim*

---

\*Исследование проведено с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Наноматериалы и нанотехнологии» Казанского национального исследовательского технологического университета при финансовой поддержке проекта Минобрнауки России в рамках гранта № 075-15-2021-699.

*of the work was to develop a method for producing nanostructured sheepskin clothing leather for special clothing, which will increase the tensile strength of 10 MPa, elongation at 10 Mpa stress and abrasion resistance of prototypes. The object of the study which was clothing leather material from sheepskin was selected. For experimental studies of control and nanostructured samples, an MT110-5 bursting machine as well as a UGT-7034-RUB device for determining the abrasion resistance of samples were used. Nanostructuring of clothing leather materials for workwear was carried out by an electrophysical modification method using a nonequilibrium low-temperature plasma of reduced pressure using a unique industrial plasma installation of periodic action on the basis of the Center for Collective Use "Nanomaterials and Nanotechnology" KNITU. The resulting nanostructured sheepskin leather material based on the application of a low-pressure flow of NNTP increased the tensile strength of 10 MPa by 32.3%; in a certain nanostructuring mode of experimental samples  $W_p = 1,3 \text{ kW}$ ,  $\tau = 9 \text{ min}$ , elongation at a voltage of 10MPa was 45 %; at the same time, the abrasion resistance increased by 26.2%, relative to the control samples. At the same time, the sheepskin leather clothing material maximally achieves mechanical properties at the following parameters of the impact of the low-pressure flow of the NNTP: operating pressure in the vacuum chamber  $P_k = 26,6 \text{ Pa}$ , exposure time  $\tau = 9 \text{ min}$ , discharge power  $W_p = 1,3 \text{ kW}$  and plasma-forming gas consumption  $G_{\text{argon}} = 0.04 \text{ g/s}$ .*

**Ключевые слова:** одежный коженый материал, овчина, неравновесная низкотемпературная плазма, механические свойства, наноструктурирование, специальная одежда.

**Keywords:** clothing leather, sheepskin, non-equilibrium low-temperature plasma, mechanical properties, nanostructuring, special clothing.

Качество специальной одежды оценивается соответствием комплекса свойств требованиям потребителей. В последние годы проблема повышения качества коженых материалов для специальной одежды носит сложный комплексный характер и включает в себя множество различных требований, из которых прежде всего выделяют технологические и эксплуатационные требования, определяющие соответствие специальной одежды своему назначению. При этом необходим достаточный ресурс защитных свойств, гарантирующий надежность изделий в эксплуатации [1]. Причем качество коженых материалов во многом определяет срок эксплуатации спецодежды [2].

Спецодежда из коженых материалов (кожи и спилка), предназначенная для проведения сварочных работ, известна и представлена на российском рынке. Коженые материалы ограниченно справляются с защитой от продуктов сварки, термиче-

ского и ультрафиолетового воздействия сварочной дуги, и некоторые производители творчески подходят к переосмыслению этого традиционного типа спецодежды [3].

Известные способы управления микроструктурой натуральных материалов легкой промышленности отличаются высокой трудоемкостью, требуют наличия специальных химических активаторов, оборудования и дополнительных производственных площадей, а в ряде случаев токсичны и экологически небезопасны. Их использование сопровождается трудностями, вызванными особенностями соединения композиционных материалов с полимерными покрытиями [4...6].

Для спецодежды из коженых материалов особо выделяют группу показателей надежности. Эта группа объединяет физико-механические свойства (разрывную нагрузку, относительное разрывное удлинение, стойкость к истиранию и т.д.) [7].

Повышение качества кожевенных материалов для спецодежды является нелегкой задачей, решение которой основывается на применении нанотехнологий, связанных с воздействием потока неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП) пониженного давления для улучшения их механических свойств.

Кожевенный материал используется для пошива костюмов сварщиков, сталеваров, металлургов, специалистов химической промышленности, которые подвергаются в процессе их эксплуатации воздействию высокой температуры, капель раскаленного металла и различных агрессивных сред. Поэтому качественная специальная одежда из кожевенных материалов должна полностью выдерживать механические нагрузки и деформации, материал должен отлично выдерживать резкие скачки температуры и другие негативные воздействия погодных условий, обладать повышенной износостойкостью, отличаться высоким уровнем огнестойкости.

Наиболее важным направлением улучшения качества одежного кожевенного материала из шкур овчины является повышение его прочности, разрывного удлинения и износостойкости, так как механические свойства увеличивают срок службы специальной одежды. В связи с изложенным повышение механических свойств кожевенных материалов для спецодежды является актуальным и представляет научный и практический интерес.

В данной работе приведены результаты исследования влияния потока ННТП пониженного давления на механические свойства кожевенных материалов для специальной одежды, которое проводилось на контрольных и наноструктурированных образцах.

В качестве объекта исследования выбран ассортимент одежного кожевенного материала из шкур овчины, применяемый для изготовления спецодежды, характеристики которого представлены в табл. 1.

Наноструктурирование опытных образцов одежного кожевенного материала из овчины осуществлялось на уникальной полупромышленной прецизионной плаз-

менной установке периодического действия. Специфической частью комплекса являлась непрерывная подача кожи в камеру в межэлектродное пространство.

Т а б л и ц а 1

Наименование материала	Площадь, дм <sup>2</sup>	Толщина в стандартной точке Н, мм	Масса в парном состоянии, кг
Одежный кожевенный материал из овчины	60...100	1,0...3,0	1,5...3,5

В камере создавалось пониженное давление и происходило наноструктурирование в потоке ННТП при температуре, не превышающей 120 градусов, в сети переменного тока напряжением 380/220 В ± 5%, частотой 50 Гц. В качестве плазмообразующего газа использовали аргон.

Варьирование входных параметров плазменной установки осуществлялось в диапазоне: мощность разряда  $W_p$  от 1,1 до 1,6 кВт, расход плазмообразующего газа  $G$  от 0 до 0,06 г/с, давление в вакуумной камере  $P_k$  от 13 до 53 Па и время обработки  $\tau$  от 5 до 11 мин.

После плазменного наноструктурирования одежного кожевенного материала из овчины проводились последующие красильно-жировальные технологические процессы нейтрализации для проведения равномерного крашения, где эмульсия жира лучше поглощалась кожей и жир равномернее распределялся в толще дермы. Для этого образцы одежного кожевенного материала пропитывали химическим составом – щавелевой кислотой и ПАВ в зависимости от их функционального назначения, поскольку полученные опытные образцы одежных кожевенных материалов для спецодежды прежде всего должны соответствовать требованиям безопасности труда ГОСТ Р ЕН 340-210 (ЕН 340:2003).

Для обеспечения комфортной работы и защиты от опасных факторов на металлургических и химических производствах спецодежда должна обладать не только водоупорностью и огнестойкостью, но и

необходимыми механическими свойствами. При этом одежный кожевенный материал для спецодежды не должен разрушаться. Сведения о безопасности опытных образцов спецодежды из разрабатываемых материалов подлежали проверке. Для этого осуществлялась оценка их качественных характеристик после наноструктурирования в потоке ННТП пониженного давления, в результате которой определялся уровень сохранения механических свойств опытных образцов спецодежды из разрабатываемого материала.

Основными показателями, определяющими механические свойства наноструктурированного одежного кожевенного материала для специальной одежды, являлись предел прочности при растяжении, удлинение при напряжении 10 МПа и стойкость к истиранию. Определение предела прочности и удлинения при напряжении 10 МПа в контрольных и наноструктурированных опытных образцах одежного кожевенного материала проводили при одноосном растяжении материалов согласно ГОСТ 938.11-69 [8], а стойкости к истиранию – на примере ГОСТ 9913-90 [9].

Проведено исследование предела прочности при растяжении, удлинения при напряжении 10 МПа и стойкости к истиранию наноструктурированных опытных образцов одежного кожевенного материала для спецодежды после воздействия потока ННТП пониженного давления.

Максимальный предел прочности при растяжении и удлинение при напряжении 10 МПа опытных контрольных и наноструктурированных образцов одежного кожевенного материала для спецодежды определяли на разрывной машине МТ110-5. Испытания проводили до разрушения на пяти опытных образцах, затем определяли среднее значение полученных результатов.

На рис. 1 представлены зависимости изменения прочности при растяжении исследуемых образцов одежного кожевенного материала из шкур овец от времени воздействия плазмы и мощности разряда. Экспериментальные исследования образцов

показали, что для улучшения прочности кожи при растяжении более чем на 30% требуется обработка в режиме: давление в вакуумной камере  $P_k = 26,6$  Па; мощность разряда  $W_p = 1,3$  кВт; время воздействия плазмой  $\tau = 7$  мин; расход плазмообразующего газа  $G_{\text{аргон}} = 0,04$  г/с.

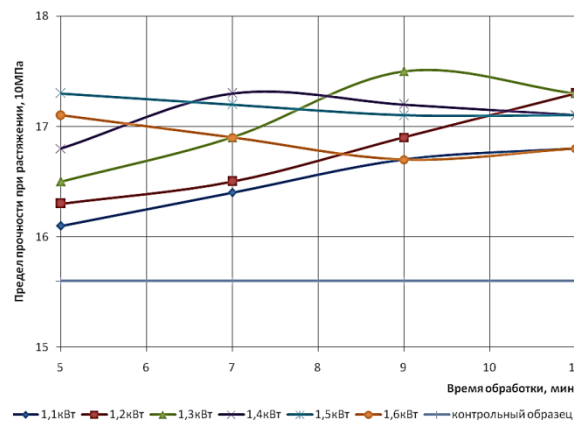


Рис. 1

Как видно из рис. 1, в опытных образцах одежного кожевенного материала из шкур овец для спецодежды предел прочности при растяжении увеличился на 32,3% относительно контрольных образцов.

Данный показатель позволяет косвенно оценить качественный состав кожаной ткани образцов мехового полуфабриката, так как кожаная ткань меховой овчины, имеющая высокое удлинение при напряжении, обладает хорошей эластичностью, что немаловажно для меховых изделий специального назначения. Полученные результаты влияния параметров ННТП на удлинение при напряжении 10 МПа образцов натуральных одежных кожевенных материалов для спецодежды представлены в табл. 2.

Исследования одежных кожевенных материалов для спецодежды из овчины (табл. 2) показали, что в определенном режиме наноструктурирования экспериментальных образцов ( $W_p = 1,3$  кВт,  $\tau = 7$  мин) удлинение при напряжении 10 МПа составило 45 %, что соответствует требованиям ГОСТ 12.4.280-2014.

Таблица 2

Мощность разряда $W_p$ , кВт	Удлинение при напряжении 10 МПа, %, при времени обработки, мин			
	$\tau = 5$	$\tau = 7$	$\tau = 9$	$\tau = 11$
1,1	47	46,8	46,7	45,2
1,2	46,8	46,6	46,4	45,4
1,3	46,4	45,0	44,4	44,2
1,4	45,5	45,2	44,6	44,5
1,5	45,2	44,7	44,3	44
1,6	45,1	44,5	43,7	43

Чтобы полностью оценить надежность материалов при эксплуатации спецодежды, проведены исследования стойкости к истиранию. Стойкость к истиранию образцов одежных кожевенных материалов опреде-

ляли с помощью прибора UGT-7034-RUB на контрольных образцах и образцах, прошедших плазменное наноструктурирование в потоке ННТП. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Мощность разряда $W_p$ , кВт	Стойкость к истиранию, циклы, при времени обработки, мин			
	$\tau = 5$	$\tau = 7$	$\tau = 9$	$\tau = 11$
1,1	7350	7400	7500	7600
1,2	7400	7450	7600	7650
1,3	7600	7700	7650	7450
1,4	7650	7650	7650	7400
1,5	7600	7650	7500	7400
1,6	7550	7550	7400	7300
Контрольный образец	6100			

Если проанализируем результаты исследований образцов одежных кожевенных материалов для спецодежды по стойкости к истиранию (табл. 3), получим ее увеличение в определенном режиме наноструктурирования ( $W_p = 1,3$  кВт,  $\tau = 7$  мин), что составляет 7700 циклов. При этом стойкость к истиранию контрольного образца одежного кожевенного материала из шкур овчины составляет 6100 циклов, что ниже на 26,2% показателя образца, наноструктурированного ННТП.

Таким образом, механические свойства в наноструктурированных экспериментальных образцах одежных кожевенных материалов для спецодежды повышаются за счет применения плазменной обработки и управления их микроструктурой, вследствие чего происходит взаимодействие между молекулами, не приводящее к образованию химических связей.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, полученные опытные образцы одежного кожевенного материала

из овчины прежде всего обладают повышенной износостойкостью, особенно это важно для рабочих металлургических и сталеплавильных организаций, нефтяников и тех, кто работает на взрыво- и пожароопасном производстве.

В одежном кожевенном материале из овчины, полученном на основе применения метода наноструктурирования потоком ННТП пониженного давления, предел прочности при растяжении 10 МПа увеличился на 32,3% относительно контрольных образцов; в определенном режиме наноструктурирования экспериментальных образцов ( $W_p = 1,3$  кВт,  $\tau = 7$  мин) удлинение при напряжении 10 МПа составило 45%; при этом стойкость к истиранию увеличилась на 26,2% относительно контрольных образцов.

При этом одежный кожевенный материал из овчины достигает максимальных значений механических показателей при следующих параметрах воздействия потока ННТП пониженного давления: рабочем давлении в вакуумной камере  $P_k = 26,6$  Па, времени воздействия  $\tau = 9$  мин, мощности

разряда  $W_p = 1,3$  кВт и расходе плазмообразующего газа  $G_{\text{аргон}} = 0,04$  г/с.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хамматова Э.А., Абуталипова Л.Н. Сохранение качества наноструктурированных текстильных материалов после эксплуатационной носки специальной одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 5 (395). С. 83...88.

2. Рахматуллина Г.Р., Панкова Е.А. Инновационные, экологически безопасные технологии получения высококачественных кож // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 1 (397). С. 192...196.

3. Новые идеи и решения СИЗ для сварщика [Электронный ресурс] URL: <https://getsiz.ru/novye-idei-i-resheniya-siz-dlya-svarshchika.html> (дата обращения: 11.12.22).

4. Хамматова В.В., Гайнутдинов Р.Ф. Влияние потока плазмы на повышение физико-механических свойств технических материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. № 6. С. 56...62.

5. Бигеева К.Р. Влияние неравновесной низкотемпературной плазмы на пористую структуру кож из шкур рыб различных видов дубления // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 5(401). С. 113...117.

6. Вознесенский Э.Ф., Дресвянников А.Ф., Красина И.В., Кулецов Г.Н. Структурные изменения кожевенных материалов под воздействием высокочастотной плазмы пониженного давления // Вестник Казанского государственного технологического университета. 2005. № 2. Ч. 2. С. 265...269.

7. Зурабян К.М., Краснов Б.Я., Пустыльник Я.И. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности. М.: Изд. центр "Академия", 2003.

8. ГОСТ 938.11-69. Кожа. Метод испытания на растяжение. Введено 01.01.1970. М.: Изд-во стандартов, 1970.

9. ГОСТ 9913-90 (СТ СЭВ 5784-86). Материалы текстильные. Методы определения стойкости к истиранию. М.: Изд-во стандартов, 1990.

#### REFERENCES

1. Khammatova E.A., Abutalipova L.N. Preservation of the quality of nanostructured textile materials after operational wear of special clothing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021, No. 5 (395). P. 83...88.

2. Rakhmatullina G.R., Pankova E.A. Innovative, environmentally safe technologies of high-quality leather production // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022, No. 1 (397). Pp. 192...196.

3. New ideas and solutions of PPE for welder [Electronic resource] URL: <https://getsiz.ru/novye-idei-i-resheniya-siz-dlya-svarshchika.html> (date of notification: 11.12.22).

4. Khammatova V.V., Gainutdinov R.F. Effect of plasma flow on improving the physical and mechanical properties of technical materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2020. No. 6. P. 56 ... 62.

5. Bigeeva K.R. Influence of nonequilibrium low-temperature plasma on the porous structure of skins from fish skins of various types of tanning // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 5(401). P. 113...117.

6. Voznesensky E.F., Dresvyannikov A.F., Krasina I.V., Kulevtsov G.N. Structural changes of leather materials under the influence of high-temperature plasma of low pressure // Bulletin of Kazan State Technological University. 2005. No. 2. Part 2. P. 265...269.

7. Zurabyan K.M., Krasnov B.Ya., Pustynnik Ya.I. Material science in the production of light industry products. M.: Publishing center "Academy", 2003.

8. GOST 938.11-69. Leather. The method of tensile testing. Introduced 01.01.1970. M.: Publishing House of Standards, 1970.

9. GOST 9913-90 (ST SEV 5784-86). Textile materials. Methods for determining abrasion resistance. M.: Publishing House of Standards, 1990.

Рекомендована кафедрой дизайна КНИТУ. Поступила 20.02.23.