

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗДИРАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПЕЦОДЕЖДЫ***

**INVESTIGATION OF THE TEARING LOAD
OF NANOSTRUCTURED MATERIALS
FOR MANUFACTURING WORKWEAR**

Э.А.ХАММАТОВА

E.A. KHAMMATOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: elm.kzn@mail.ru

Рассматриваются вопросы, связанные с решением проблем повышения стойкости текстильных материалов к раздирающей нагрузке. Цель работы заключалась в разработке способа получения наноструктурированных многофункциональных текстильных материалов для спецодежды, который позволяет получить уплотненные образцы. Объектами исследования выбраны текстильные материалы с содержанием хлопковых волокон и волокон полиэстера. Исследование раздирающей нагрузки проводили на контрольных и наноструктурированных образцах с использованием разрывной машины МТ110-5. Наноструктурирование тканей осуществляли потоком "холодной" плазмы пониженного давления на полупромышленной плазменной установке периодического действия "ВАТТ 4000 ПТ ПЛАЗМА 3" в Центре коллективного пользования "Наноматериалы и нанотехнологии" КНИТУ. При этом многофункциональные текстильные материалы достигли максимальных значений показателей раздирающей нагрузки при оптимальных параметрах воздействия потока "холодной" плазмы пониженного давления. Установлено, что в наноструктурированных образцах после плазменной обработки раздирающая нагрузка уменьшается в 2 раза, в отличие от контрольных образцов многофункциональных текстильных материалов.

The issues related to solving the problems of increasing the resistance of textile materials to tearing load, which are used in overalls, are considered. The aim of the work was to develop a method for obtaining nanostructured multifunctional textile materials for workwear, which allows to obtain compacted samples. Textile materials containing cotton fibers and polyester fibers were selected as the objects of the study. The study of the tearing load was carried out on control and nanostructured samples using the MT110-5 bursting machine. Nanostructuring of tissues was carried out by a flow of "cold" plasma of reduced pressure on a semi-industrial plasma installation of periodic action "WATT 4000 PT PLASMA 3",

*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.

which is used in the Center for Collective Use "Nanomaterials and Nanotechnology" KNITU. At the same time, multifunctional textile materials have maximally achieved the indicators of tearing load with optimal parameters of the impact of the flow of "cold" plasma of reduced pressure. It was found that in nanostructured samples after plasma treatment, the tearing load decreases by 2 times, unlike control samples of multifunctional textile materials.

Ключевые слова: текстильный материал, стойкость, раздирающая нагрузка, многофункциональный материал, холодная плазма, наноструктурирование, специальная одежда.

Keywords: textile material, durability, tearing load, multifunctional material, cold plasma, nanostructuring, special clothing.

Предел прочности ткани при раздирании является показателем, характеризующим качество структуры ткани. Он также зависит от линейной плотности пряжи и качества волокнистого материала. Исследуемый показатель применяется при разработке тканей новых структур и оценивается путём раздираания образца ткани на разрывной машине. Наименьшим пределом прочности к раздиранию обладают ткани жёсткие, малорастягивающиеся и малой плотности, в этом случае раздирающая нагрузка падает исключительно на первую нить. Подобные нагрузки испытывают нити ткани в одежде – по концам карманов или петель [1].

Раздирающая нагрузка ткани является показателем, характеризующим способность ткани выдерживать усилие, которое концентрируется на сравнительно небольшом ее участке и определяется в соответствии с ГОСТ 3813-72 [2].

Показатель раздирающей нагрузки очень важен при прогнозировании работоспособности тканей для спецодежды, так как может быть слабым местом в текстильных материалах с водоотталкивающей или нефтемаслоотталкивающей пропитками. Малейшее нарушение целостности пропитанного материала, находящегося в напряженном состоянии, за счет прокола, разреза или иного повреждения может привести к разрушению конструкции тканей для спецодежды. Помимо прочности на разрыв для всесторонней оценки прочностных свойств текстильных материалов применяют ряд других характери-

стик, в частности испытание на раздир с использованием крыловидного метода.

Крыловидный метод признан универсальным, достаточно полно отражающим реальный процесс раздираания тканей. Он пригоден для испытаний различных материалов и не требует каких-либо приспособлений к разрывной машине. В настоящее время крыловидный способ также стандартизирован в России [3].

Испытания тканей на раздирание свидетельствуют о том, что структура материала оказывает существенное влияние на показатели раздирающей нагрузки. При увеличении в переплетении длины перекрытий, уменьшении числа нитей на 100 мм ткани прочность ткани при раздирании возрастает [4].

Показатели раздирающей нагрузки во многом зависят от коэффициента уплотнённости ткани: чем меньше коэффициент, тем выше раздирающая нагрузка. Коэффициент наполнения ткани также существенно влияет на раздирающую нагрузку. Для тканей из полиэфирных и вискозных нитей оптимальное значение раздирающей нагрузки отмечается при коэффициенте наполнения 0,7...0,8 [5].

Традиционно для выработки тканей, обладающих высокой прочностью при раздирании, следует увеличивать число нитей на 100 мм разрываемой системы нитей или уменьшать число нитей на 100 мм противоположной системы, применять в разрываемой системе нити повышенной прочности, использовать гладкие нити с малым коэффициентом сопротивления в

направлении, поперечном приложенной нагрузке.

В данной работе приведены результаты исследования влияния потока "холодной" плазмы пониженного давления на раздирающую нагрузку текстильных материалов для спецодежды. Одним из способов повышения раздирающей нагрузки текстильных материалов для спецодежды является наноструктурирование потоком "холодной" плазмы пониженного давления.

Исследование раздирающей нагрузки текстильных материалов проводили в экспериментальных условиях носок спецодежды путем многократных механических напряжений при ее эксплуатации. Поэтому на основе применения метода испытания с одним продольным разрезом определили факторы, влияющие на повышение раздирающей нагрузки до и после наноструктурирования текстильных материалов потоком "холодной" плазмы пониженного давления. Определение раздирающей нагрузки контрольных и наноструктурированных опытных образцов тек-

стильных материалов проводилось при заправке в зажимы разрывной машины МТ110-5, где элементарные пробы складывали пополам по линии надреза, а затем закрепляли один "язычок" пробы в верхнем зажиме машины, другой – в нижнем. При этом перекручивание "язычков" не допускалось. Раздирание элементарной пробы проводили на длине 50 мм, не доводя до полного разделения пробы на две части, согласно ГОСТ 3813-72 [2].

Ткань для спецодежды считается стойкой к раздирающей нагрузке, если изменяется ее структура и увеличивается плотность материалов. Испытания различных тканей на раздирание свидетельствуют о том, что структура материалов оказывает существенное влияние на показатели раздирающей нагрузки.

В качестве объектов исследования выбран ассортимент текстильных материалов для спецодежды, характеристики которых представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ образца	Наименование тканей	Артикул	Состав волокон, %		Вес, г/м ²	Переплетение	Пропитка
			хлопок	полиэстер			
1	"Премьер Комфорт-250"	18422 Х	80	20 (ангистатическая нить)	255	Саржевое 3/1	StopOil + нефтемасловодоотталкивающая (НМВО)
2	"Cotton Rich 180"	18444	60	40	180	Саржевое 2/1	Bio Repellent (водоотталкивающая анти-москитная отделка)
3	"Премьер Cotton 300"	10408	100	-	300	Саржевое 3/1	МВО

Обработку опытных образцов текстильных материалов для спецодежды осуществляли с использованием уникальной полупромышленной плазменной установки периодического действия "ВАТТ 4000 ПТ ПЛАЗМА 3". В камере при пониженном давлении происходила обработка в потоке "холодной" плазмы при температуре, не превышающей 50-60 °С, и частоте генератора 50 Гц. В качестве плазмообразующего газа использовали воздух [6].

Входные параметры плазменной установки устанавливали в пределах: мощность разряда W_p от 2,0 до 4,5 кВт, расход плазмообразующего газа G от 0,02 до 0,05 г/с, давление в вакуумной камере P_k от 26 до 52 Па и время обработки τ от 1 до 3 м/мин.

Исследования текстильных материалов проводили на пяти опытных образцах до разрушения, затем определяли среднее значение полученных результатов. Резуль-

таты исследований раздирающей нагрузки $\Delta Q_{п.н}$ относительно контрольных текстильных материалов "Премьер Cotton 300", "Премьер Комфорт-250", а также "Cotton

Rich 180" с одним продольным надрезом после опытных носок и стирок представлены на рис. 1...3.

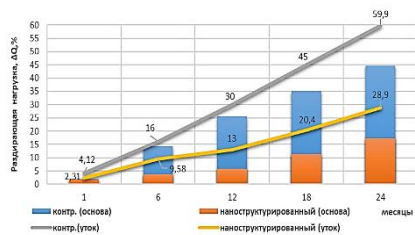


Рис. 1

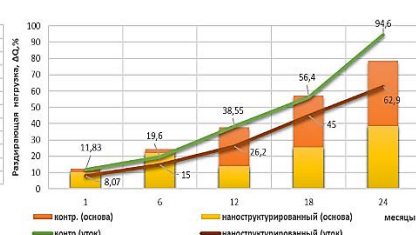


Рис. 2

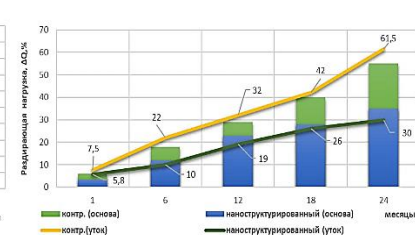


Рис. 3

Результаты исследований экспериментальных образцов показали, что раздирающая нагрузка зависит от природы волокон, вида образцов входного контроля и продолжительности опытных носок и стирок многофункциональных текстильных материалов (МТМ). Отмечено, что с увеличением продолжительности опытных носок МТМ раздирающая нагрузка максимально увеличивается в контрольных образцах и имеет экстремум после 24 месяцев эксплуатации спецодежды.

Как видно из рис. 1...3, наноструктурированные образцы после плазменной обработки обладают меньшей раздирающей нагрузкой, в отличие от контрольных образцов МТМ, почти в 2,0 раза, по-видимому, за счет волокнистого состава, уплотнения и упорядочения структуры волокон. В спецодежде из наноструктурированных МТМ "Премьер Cotton 300" с содержанием 100 % хлопка после 24 месяцев опытных носок и 96 стирок относительная раздирающая нагрузка уменьшилась по основе на 15,5% и по утку на 28,9%, в МТМ "Премьер Комфорт-250" (состав хл. 80% и п/э 20%) $\Delta Q_{п.н}$ уменьшилась по основе на 38% и по утку на 62,9%, а в МТМ "Cotton Rich 180" (состав хл. 60% и п/э 40%) $\Delta Q_{п.н}$ снизилась по основе на 35% и по утку на 30,0%. В ходе данного эксперимента установлено, что в образцах МТМ при испытании пробных полосок происходит больше разрыв хлопчатобумажных нитей, расположенных вдоль направления действующей нагрузки, чем синтетических

волокон, которые расположены перпендикулярно направлению прикладываемой нагрузки.

Испытания различных МТМ на раздирание свидетельствуют о том, что структура материала оказывает существенное влияние на показатели раздирающей нагрузки. Показатели раздирающей нагрузки во многом зависят от коэффициента уплотнённости ткани. Чем меньше коэффициент, тем выше раздирающая нагрузка. Уменьшение раздирающей нагрузки в спецодежде наноструктурированных МТМ как по основе, так и по утку может быть обусловлено увеличением степени кристалличности и снижением подвижности цепей макромолекул за счет уплотнения структуры разрываемой системы нитей, а также применения гладких нитей полиэстер в направлении, поперечном приложенной нагрузке.

В процессе опытных носок и стирки спецодежда подвергалась многократно повторяющимся растяжениям и изгибам, которые несмотря на их незначительную величину приводили к расшатыванию структуры ткани, то есть к явлению усталости (нарушению структуры волокон, появлению микротрещин, нарушению связей между фибриллами) при многократных деформациях. Однако изнашивается спецодежда преимущественно от истирания поверхности тканей, особенно на локтях, коленях, по шаговым швам, внизу брюк, по краям карманов и низу рукавов. В результате неравномерного износа поверх-

ности изделий, большая часть которых находится в хорошем состоянии, спецодежда приходит в негодность.

ВЫВОДЫ

Таким образом, по результатам экспериментального исследования раздирающей нагрузки многофункциональных текстильных материалов можно сделать вывод, что наноструктурирование в потоке "холодной" плазмы пониженного давления позволяет получить уплотненные образцы.

Установлено, что в наноструктурированных образцах после плазменной обработки раздирающая нагрузка меньше, в отличие от контрольных образцов МТМ, почти в 2,0 раза.

Определено, что после 24 месяцев опытных носок и 96 стирок относительная раздирающая нагрузка уменьшилась по основе на 15,5% и по утку на 28,9% в "Премьер Cotton 300", а в МТМ "Премьер Комфорт-250" уменьшилась по основе на 38% и по утку на 62,9%, при этом в "Cotton Rich 180" снизилась по основе на 35% и по утку на 30,0%.

Установлены параметры воздействия потока "холодной" плазмы пониженного давления: рабочее давление в вакуумной камере $P_k = 21-22$ Па, время воздействия $\tau = 1$ м/мин, мощность разряда $W_p = 3,0-3,5$ кВт и расход плазмообразующего газа – воздух $G_{возд} = 0,04$ г/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Механические свойства тканей [Электронный ресурс] <https://infourok.ru/teoriya-mehanicheskie-svoystva-tkanej-ponyatiya-predela-prochnosti-tkanej-pri-razdiranii-i-prodavlivanii-factory-vliyayushie-na-4329705.html> (дата обращения: 17.02.23).

2. ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82). Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении (с Изменениями N 1, 2, 3). Введ. 01.01.1973, переутв. 01.01.1982, 01.09.1990, 01.06.1992 (ИУС 4-82, 12-90, 9-92). М.: Изд-во стандартов, 1973. 6 с.

3. 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.

4. Шустов Ю.С., Костомаров С.А., Валуев В.С. Исследование разрывных характеристик тканей специального назначения после воздействия кислоты и щелочи // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (Инновации – 2015). М., 2015. Ч. 2. С. 137...144.

5. Додонкин, Ю.В., Кирюхин С.М. Ассортимент, свойства и оценка качества тканей. М.: Легкая индустрия, 1979.

6. Хамматова Э.А. Сохранение качества наноструктурированных текстильных материалов после эксплуатационной носки специальной одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 5. С. 83...88.

REFERENCES

1. Mechanical properties of fabrics [Electronic resource] <https://infourok.ru/teoriya-mehanicheskie-svoystva-tkanej-ponyatiya-predela-prochnosti-tkanej-pri-razdiranii-i-prodavlivanii-factory-vliyayushie-na-4329705.html> (accessed: 17.02.23)

2. GOST 3813-72 (ISO 5081-77, ISO 5082-82) Textile materials. Fabrics and piece goods. Methods for determination of tensile breaking characteristics (with amendments N 1, 2, 3). Entered on 01.01.1973, reapproved 01.01.1982, 01.09.1990, 01.06.1992 (IUS 4-82, 12-90, 9-92). М.: Publishing house of standards, 1973. 6 p.

3. 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.

4. Shustov Yu.S., Kostomarov S.A., Valuev V.S. Investigation of discontinuous characteristics of special purpose tissues after exposure to acid and alkali // Collection of materials "Design, technologies and innovations in textile and light industry (Innovations – 2015). Part 2. М., 2015. Pp. 137...144.

5. Dodonkin, Yu.V., Kiryukhin S.M. Assortment, properties and quality assessment of fabrics. М.: Light Industry, 1979.

6. Khammatova E.A. 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. P. 83 ... 88.

Рекомендована кафедрой дизайна КНИТУ. Поступила 20.02.23.