

Научный журнал «Костюмология» / Journal of Clothing Science <https://kostumologiya.ru>

2022, №4, Том 7 / 2022, No 4, Vol 7 <https://kostumologiya.ru/issue-4-2022.html>

URL статьи: <https://kostumologiya.ru/PDF/01TLKL422.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Карноухов, А. Е. Технологические рекомендации для производства металлизированных текстильных материалов с экранирующими свойствами / А. Е. Карноухов, Э. Ф. Вознесенский, Ю. А. Тимошина, В. А. Сысоев, М. Ф. Шаехов // Костюмология. — 2022. — Т. 7. — № 4. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/01TLKL422.pdf>

For citation:

Karnoukhov A.E., Voznesensky E.F., Timoshina Yu.A., Sysoev V.A., Shaekhov M.F. Technological recommendations for the production of metallized textile materials with shielding properties. *Journal of Clothing Science*, 4(7): 01TLKL422. Available at: <https://kostumologiya.ru/PDF/01TLKL422.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

Исследование было 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

УДК 677

ГРНТИ 61.67.31

Карноухов Александр Евгеньевич

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия
Аспирант кафедры «Плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов»
E-mail: a.carnouhov@yandex.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=910984

Вознесенский Эмиль Фаатович

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия
Заведующий кафедрой «Плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов»
Доктор технических наук, доцент
E-mail: howrip@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=177545

Тимошина Юлия Александровна

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия
Доцент кафедры «Плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: ybuki@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=745370

Сысоев Владислав Александрович

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия
Профессор кафедры «Плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов»
Доктор технических наук, доцент
E-mail: vlad.sisoev2012@yandex.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=688839

Шаехов Марс Фаритович

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия
Профессор кафедры «Плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов»
Доктор технических наук
E-mail: mars_schaeh@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=130250

Технологические рекомендации для производства металлизированных текстильных материалов с экранирующими свойствами

Аннотация. Для защиты специалистов, которые в ходе своей деятельности находятся вблизи источников мощного электромагнитного излучения, используются индивидуальные экранирующие комплекты одежды. Для изготовления качественных защитных костюмов необходимы текстильные материалы, имеющие высокие показатели экранирования и эксплуатационных свойств. Данные материалы должны обеспечивать требуемый коэффициент экранирования во всем диапазоне требуемых частот, иметь низкое электрическое сопротивление, выдерживать высокую разрывную, раздирающую и истирающую нагрузки, иметь требуемые показатели воздухо- и паропроницаемости для достижения гигиенических свойств изготавливаемых средств индивидуальной защиты. Для получения экранирующих текстильных материалов могут использоваться различные методы, среди которых практический интерес представляют различные методы металлизации в вакууме. Метод магнетронного распыления характеризуется высокой производительностью и отсутствием деструктирующего воздействия на поверхность полимерных материалов, при этом в процесс вакуумного магнетронного распыления легко интегрируются различные методы предварительной ионно-плазменной активации поверхности, что обеспечивает повышение адгезионной прочности металлического покрытия. В статье представлены результаты разработки технологических рекомендаций с указанием технологических параметров для производства ламинированных текстильных материалов для защиты от электромагнитных излучений. Разработано оборудование для нанесения металлических покрытий на рулонные материалы методом магнетронного распыления с предварительной модификацией в плазме высокочастотного емкостного разряда пониженного давления в едином вакуумном цикле. Результаты испытаний опытных образцов металлизированных текстильных материалов показали, что материалы, полученные на основе разработанных технологических рекомендаций, обладают высокими экранирующими свойствами, характеризуются улучшенной адгезией металлического покрытия, а использование перфорированных полимерных пленок позволяет сохранить гигиенические свойства полученного материала, что позволяет использовать разработанные материалы, в том числе для изготовления защитной одежды. Представленные результаты являются частью диссертационного исследования автора.

Ключевые слова: экранирующий текстильный материал; метод магнетронного распыления; плазменная установка; вакуумная камера; магнетрон; технологические рекомендации

Введение

С развитием приборостроения возрастает актуальность задач по защите организма человека от пагубного влияния электромагнитного излучения (ЭМИ). Новые технологии сильно изменили окружающую среду рядового человека, приблизив к нему источники ЭМИ, такие как беспроводные сети и коммуникационные устройства. К естественным или фоновым источникам ЭМИ относят атмосферное электричество, космическое излучение (солнце, галактики и реликтовое излучение), электрическое и магнитное поле Земли. К техногенным источникам ЭМИ относят устройства, созданные для излучения электромагнитного поля (теле- и радиовещание, радиолокационные станции, разнообразные средства радиосвязи; электромагнитные поля (ЭМП) широко используются в промышленности для нагрева); остальные устройства, при работе которых используется электричество и происходит

«паразитное» излучение ЭМИ [1; 2]. В обязательной защите от ЭМИ нуждаются работники электростанций, радиолокационных станций и других предприятий, где используются мощные источники ЭМИ. ЭМИ даже низкой мощностью оказывает влияние на биологические структуры начиная с биомолекул [3; 4], заканчивая организмом в целом. Кроме того, в значительной мере от ЭМИ могут страдать высокочувствительные измерительные приборы, в элементах которых может возникать наведенная электродвижущая сила, что значительно снижает точность измерений [5].

Актуальность разработки текстильных материалов для защиты от электромагнитных излучений возрастает с каждым годом. Специалисты, которые в ходе своей деятельности находятся вблизи источников мощного ЭМИ (радиолокационные станции, электростанции, радиостанции, лабораторные стенды, промышленные генераторы, линии электропередач, физиотерапевтическое оборудование) должны иметь защиту в виде индивидуальных экранирующих комплектов. Для изготовления качественных защитных костюмов необходима защитная ткань, имеющая высокие показатели экранирования и эксплуатационных свойств. Согласно ГОСТ 12.4.305-2016 «Комплект экранирующий для защиты персонала от электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Общие технические требования» экранирующий материал должен обеспечивать требуемый коэффициент экранирования во всем диапазоне требуемых частот, иметь низкое электрическое сопротивление, выдерживать высокую разрывную, раздирающую и истирающую нагрузки. Материал должен иметь требуемые показатели воздухо- и паропроницаемости для достижения гигиенических свойств изготавливаемых средств индивидуальной защиты и устойчивость во время эксплуатации к не менее 10 циклам стирки.

Существуют различные методы получения текстильных экранирующих материалов, заключающиеся в придании текстильному материалу электропроводящих свойств, среди которых практический интерес представляют различные методы металлизации в вакууме. Широкий спектр данных методов позволяет наносить на поверхность различных материалов тонкие металлические покрытия. Метод магнетронного распыления характеризуется высокой производительностью и отсутствием деструктирующего воздействия на поверхность полимерных материалов [6–9], при этом в процесс вакуумного магнетронного распыления легко интегрируются различные методы предварительной ионно-плазменной активации поверхности, что обеспечивает повышение адгезионной прочности металлического покрытия [10; 11].

Целью данной работы является разработка технологических рекомендаций по производству текстильных материалов с экранирующими свойствами на основе комплекса проведенных экспериментальных исследований [12–14]¹. Представленные результаты являются частью диссертационного исследования автора.

Вакуумно-плазменное оборудование

Для промышленного производства ламинированных текстильных материалов, экранирующих электромагнитные излучения, совместно с технологическим отделом ООО «Ферри Ватт», г. Казань разработана вакуумная установка «ВАТТ 4000-ВЧ-2М», предназначенная для напыления металлических покрытий на рулонные материалы методом магнетронного распыления с предварительной модификацией в плазме высокочастотного емкостного (ВЧЕ) разряда пониженного давления в пределах одного технологического цикла.

¹ Пат. 2763379 РФ. Способ получения электропроводящего металлизированного текстильного материала / Э.Ф. Вознесенский, Ю.А. Тимошина, А.Е. Карноухов, Я.О. Желонкин. Заявл. 18.06.2021; опубл. 28.12.2021.

Установка «ВАТТ 4000-ВЧ-2М» является однокамерной установкой периодического действия. Процесс активации осуществляется при давлении в вакуумной камере от 5 до 50 Па. В процессе активации в камеру осуществляется подача плазмообразующего газа аргона, воздуха или их смеси. Процесс напыления осуществляется при давлении в вакуумной камере от 0,1 до 1 Па. В процессе напыления в камеру подается плазмообразующий газ аргон; с целью нанесения покрытий из соединений металлов (оксиды, нитриды и т. д.) возможна подача реакционного газа. Технические характеристики установки представлены в таблице 1, общий вид установки — на рисунке 1.

Таблица 1

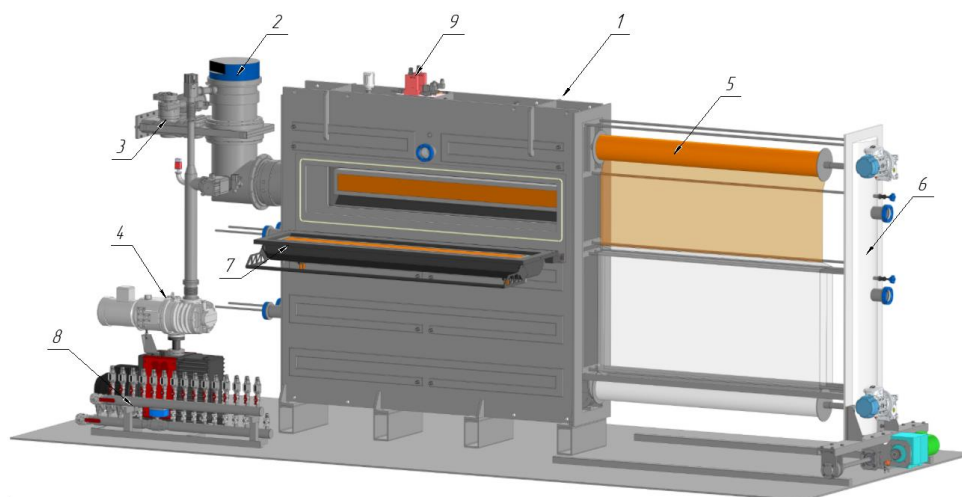
Основные технические характеристики установки «ВАТТ 4000-ВЧ-2М»

Наименование параметра и единица измерения	Величина
Предельное остаточное давление Па, не более (без оснастки и рулона)	1×10^{-4}
Рабочее давление, Па, в диапазоне	$1 \times 10^{-1} - 50$
Ширина рулона, мм, не более	1500
Максимальный диаметр рулона с тканью, мм	250
Максимальная масса рулона с тканью, кг	150
Диапазон регулирования скорости подачи ткани, мм/мин.	от 75 до 750
Величина натекания, л × мкм рт. ст./с, не более	3
Управление технологическим процессом	Автоматическое с возможностью перехода на ручное управление
Номинальная мощность, кВт, не более	140
Средняя потребляемая мощность, кВт, не более	60
Параметры электропитания	380/220 В, 50 Гц
Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	15
Давление охлаждающей воды, кгс/см ² , в диапазоне	от 4 до 6
Габаритные размеры установки (без учета стойки системы управления и чиллера) (Д×Ш×В), мм	3500×1500×2100
Масса установки, кг, не более	3500

Физическая сущность процесса нанесения покрытия методом магнетронного распыления заключается в следующем: над поверхностью мишени магнетрона зажигается тлеющий разряд, локализованный магнитной ловушкой, входящей в конструкцию магнетрона. Ионы аргона бомбардируют поверхность металлической мишени распыляя ее. Распыленные атомы металла осаждаются на подложке и образуют металлическое покрытие. Добавление в камеру реакционноспособного газа позволяет получать покрытия из соединений металлов (оксиды, нитриды и т. д.).

Корпус вакуумной камеры изготовлен из нержавеющей стали, и является сварным. С фронтальной части камеры расположен фланец для установки двери, которая перемещается на моторизированной тележке и позволяет производить загрузку/выгрузку рулона с материалом. На двери расположены два иллюминатора Ду70 с заслонкой и дополнительным стеклом для защиты от запыления. Дверь и корпус имеют внешние каналы охлаждения. Камера и дверь имеют легкоъемные листовые экраны для защиты стенок от запыления. Сзади камеры имеется патрубок для установки системы вакуумной откачки.

По бокам вакуумной камеры установлены откидные двери с закрепленными на них магнетронами (размер мишени 1600×70 мм). Конструкция дверей позволяет производить удобную смену мишеней магнетронов. Питание магнетронов осуществляется с помощью двух биполярных источников питания АРЕL-М-50ВР. Технические характеристики источника питания: выходная мощность: 0,5–50 кВт; выходное напряжение: 10–660 В; режим работы: постоянный ток (DC), импульсный биполярный (Pulse).

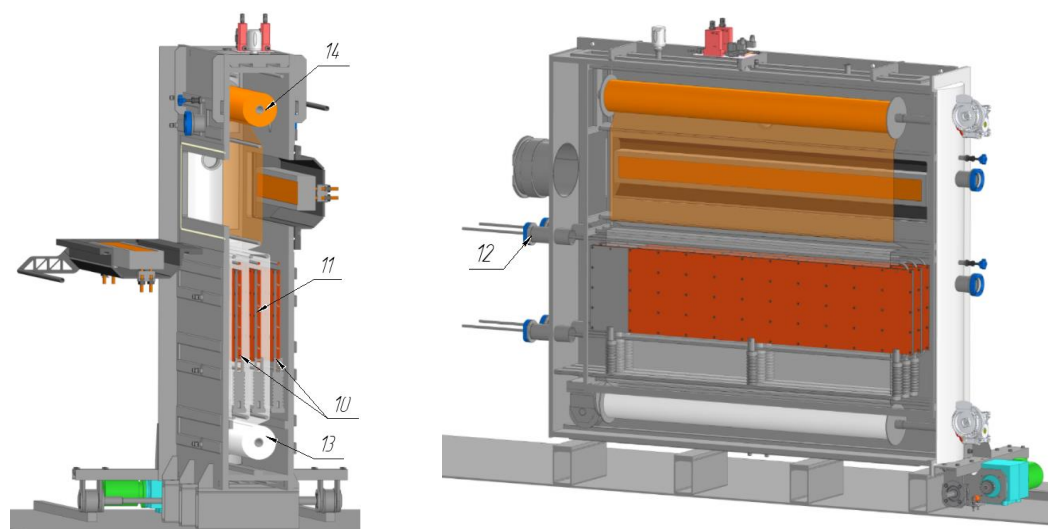


1 — вакуумная камера с внутрикамерной оснасткой; 2 — высоковакуумный насос; 3 — высоковакуумный затвор; 4 — форвакуумный агрегат; 5 — перематывающее устройство; 6 — дверь камеры; 7 — магнетрон в откидывающейся двери; 8 — система водяного охлаждения; 9 — система подачи газа

Рисунок 1. Общий вид установки «BATT 4000-VЧ-2М»

Внутри вакуумной камеры (рис. 2) установлены водоохлаждаемые электроды: два являются активными, а один заземлен на вакуумную камеру. Подача высокочастотного (13,56 МГц) напряжения и охлаждающей воды осуществляется по медным трубам через ВЧ-вводы в задней части камеры. Питание активных электродов осуществляется с помощью ВЧ генератора Advanced Energy Cesar 1350, 400V и согласующего устройства (СУ) Advanced Energy VM 5000W. Технические характеристики генератора: выходная мощность 0–5000 Вт; выходная частота 13,56 МГц; выходной импеданс 50 Ом.

Перематывающее устройство состоит из двух приводных валов, вращающихся при помощи асинхронных мотор-редукторов с частотным регулированием оборотов, а также системы опорных и измерительных роликов. Измерительные ролики определяют текущее натяжение полотна и позволяют регулировать его путем изменения частоты вращения приводных валов. Установка позволяет производить как отдельные, так и последовательные процессы плазменной активации и металлизации рулонных материалов.



10 — активные ВЧ электроды; 11 — заземленный электрод; 12 — ВЧ-ввод; 13, 14 — валы перематывающего устройства

Рисунок 2. Вакуумная камера с перематывающим устройством

Технологические рекомендации

На основе результатов экспериментальных исследований [12–14] для производства ламинированных текстильных материалов для защиты от электромагнитных излучений рекомендуется:

- закрепление на текстильном материале перфорированных термопластичных полимерных пленок методом термопрессования (в течении 40 сек., при температуре 120°C — для ПУ пленки; в течении 20 сек., при температуре 80°C — для ПЭ пленки). Перфорацию производить отверстиями диаметром не более 5 мм со степенью перфорации не более 50 %;
- для увеличения производительности и минимизации расходов на производство рекомендуется производить дальнейшую обработку материала в виде двух полотен, сложенных вместе ламинированной поверхностью наружу. При необходимости двухсторонней металлизации производить обработку одного полотна;
- обработка полученного ламинированного текстильного материала в плазме ВЧЕ разряде при пониженном давлении в режимах: $W_{rf} = 0,16 \text{ Вт/см}^2$; $\tau_{rf} = 4 \text{ мин.}$; $P_{rf} = 30 \text{ Па}$; плазмообразующий газ аргон/воздух (70/30) (для ПЭ пленки); $W_{rf} = 0,16 \text{ Вт/см}^2$; $\tau_{rf} = 2,5 \text{ мин.}$; $P_{rf} = 30 \text{ Па}$; плазмообразующий газ аргон/воздух (70/30) (для ПУ пленки);
- напыление, непосредственно после ВЧЕ плазменной обработки, на ламинированный текстильный материал металлического покрытия толщиной не менее 0,3 мкм с ламинированной стороны методом магнетронного распыления в режимах: $W_m = 25 \text{ Вт/см}^2$, $P_m = 0,5 \text{ Па}$, $\tau_m = 2,5 \text{ мин.}$ в плазмообразующем газе аргон (для ПЭ пленки); $W_m = 30 \text{ Вт/см}^2$, $P_m = 0,5 \text{ Па}$, $\tau_m = 2 \text{ мин.}$ в плазмообразующем газе аргон (для ПУ пленки); с целью экономии материала мишени напыление металла на неламинированную сторону текстильного материала производить при мощности $W_m = 5 \text{ Вт/см}^2$. В качестве мишени использовать бескислородную медь марки М0б.

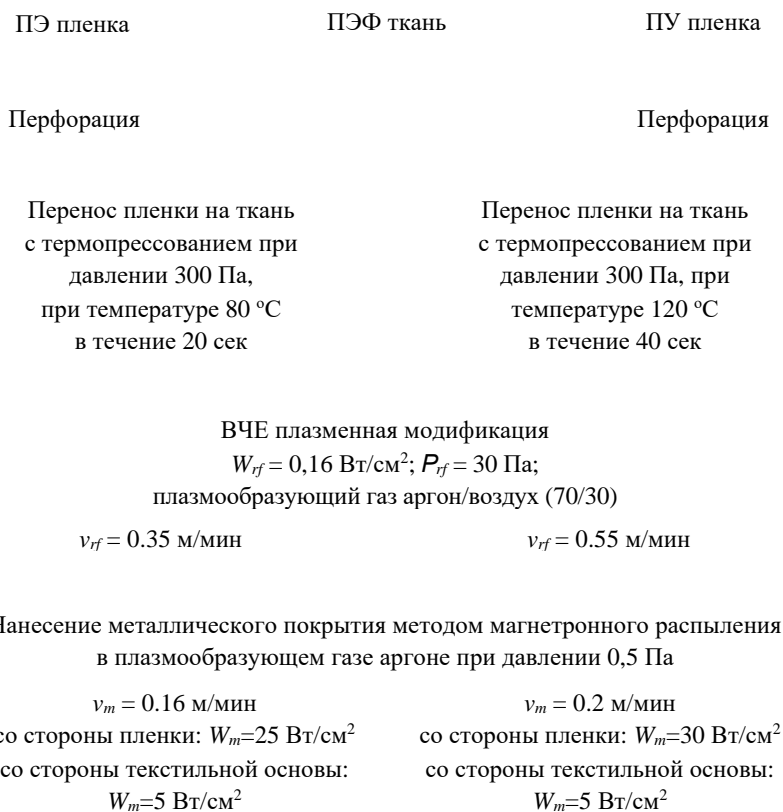
Использование ВЧЕ плазменной модификации в пределах одного технологического цикла позволяет повысить адгезию металлического покрытия к полимерным материалам, а также интенсифицировать процесс дегазации ламинированного текстильного материала с высокой удельной поверхностью.

Для перфорации полимерных пленок рекомендуется использовать станки лазерной резки с мощностью лазерного излучения от 50 до 100 Вт либо с целью исключения оплавления кромок полимерной пленки рекомендуется производить интенсивный обдув.

Перенос полимерных пленок на поверхность текстильного материала методом термопрессования производить на каландровых термопрессах с возможностью регулировки давления прижимного вала, автоматизированной системой контроля натяжения и температуры.

Для ВЧЕ плазменной модификации в условиях промышленного производства на поверхность ламинированных текстильных материалов в виде рулонов на установке «ВАТТ 4000-ВЧ-2М» с перематывающим устройством скорость перематки, соответствующая $\tau_{rf} = 4 \text{ мин.}$, равна $v_{rf} = 0,35 \text{ м/мин.}$; $\tau_{rf} = 2,5 \text{ мин.}$ — $v_{rf} = 0,55 \text{ м/мин.}$ При напылении металлического покрытия скорость перематки, соответствующая $\tau_m = 2,5 \text{ мин.}$, равна $v_m = 0,16 \text{ м/мин.}$; $\tau_m = 2 \text{ мин.}$ — $v_m = 0,2 \text{ м/мин.}$

Блок-схема технологического процесса производства ламинированных текстильных материалов для защиты от электромагнитных излучений представлена на рисунке 3.



Текстильный материал с экранирующими свойствами

Рисунок 3. Блок-схема технологического процесса производства ламинированных текстильных материалов для защиты от электромагнитных излучений

После нанесения металлического покрытия, для минимизации повреждений электропроводящего слоя и полимерной пленки, рекомендуется прокладывать готовый материал бумагой со стороны полимерной пленки.

На основе представленных технологических рекомендаций получены ламинированные текстильные материалы с экранирующими свойствами. Результаты испытаний опытных образцов экранирующих материалов представлены в таблице 2. В качестве контрольных образцов представлены материалы, полученные без ВЧЕ плазменной обработки.

Результаты испытаний опытных образцов металлизированных текстильных материалов показали, что материалы, полученные на основе разработанных технологических рекомендаций, обладают высокими экранирующими свойствами, характеризуются улучшенной адгезией металлического покрытия, что обеспечивает сохранение непрерывного электропроводящего слоя и стабильность защитных свойств материалов в процессе эксплуатации. Использование перфорированных полимерных пленок позволяет сохранить гигиенические свойства полученного материала, что позволяет использовать разработанные материалы, в том числе для изготовления защитной одежды.

Таблица 2

Результаты испытаний опытных образцов ламинированных текстильных материалов для защиты от электромагнитных излучений

Наименование показателя	Значение показателя			
	Экранирующий материал на основе ПЭФ ткани, ламинированной ПЭ пленкой		Экранирующий материал на основе ПЭФ ткани, ламинированной ПУ пленкой	
	без ВЧЕ плазменной обработки	с ВЧЕ плазменной обработкой	без ВЧЕ плазменной обработки	с ВЧЕ плазменной обработкой
Стойкость истиранию, циклов	22	180	120	235
Устойчивость к многократному изгибу, циклов	420	820	600	900
Коэффициент экранирования, дБ 800 МГц 2,4 ГГц	71	74	73	74
	74	72	72	71
Коэффициент экранирования после 10 циклов контрольной стирки, дБ 800 МГц 2,4 ГГц	32	66	52	70
	34	63	58	69
Паропроницаемость, мг/(см ² ×ч.)	24	25	23	24
Воздухопроницаемость, дм ³ /(м ² ×сек.),	42	40	43	42
Разрывная нагрузка, Н по основе по утку	785,7	792,3	783,2	799,6
	715,6	713,2	712,4	711,3
Раздирающая нагрузка, Н по основе по утку	135	141	137	144
	112	110	111	114
Прочность при отслаивании пленки от текстильной основы, Н/м	85	95	90	101

Выводы

Разработаны технологические рекомендации в виде принципиальных блок-схем с указанием технологических параметров для производства ламинированных текстильных материалов для защиты от электромагнитных излучений. Разработано оборудование для нанесения металлических покрытий на рулонные материалы методом магнетронного распыления с предварительной модификацией в плазме ВЧЕ разряда пониженного давления в едином вакуумном цикле.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куликов, А.А. Побочное электромагнитное излучение и наводки / А.А. Куликов, Г.В. Васильев, И.О. Недиков // Материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов «Научно-техническое творчество аспирантов и студентов». — Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2017. — С. 612–615.
2. Скоробогатов, П.К. Особенности воздействия электромагнитных излучений на интегральные схемы / П.К. Скоробогатов [и др.] // Микроэлектроника. — 2017. — Т. 46. — № 3. — С. 181–186.

3. Крылов, В.Н. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на электрофоретическую подвижность эритроцитов / В.Н. Крылов [и др.] // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 2000. — № 2(18). — С. 105–107.
4. Криницкая, А.Ю. Влияние когерентного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона нетепловой интенсивности на скорость роста *Bacillus subtilis* / А.Ю. Криницкая [и др.] // Биомедицинская электроника. — 2001. — № 2. — С. 49–53.
5. Овчинников, С.С. Влияние электромагнитных полей на точность показаний электронных геодезических приборов / С.С. Овчинников // Вестник СГГА. — 2010. — Вып. 2(13). — С. 18–23.
6. Соколов, Л.Е. Инновационные текстильные материалы и технологии: конспект лекций / Л.Е. Соколов — Витебск: УО «ВГТУ», 2020. — 83 с.
7. Иванов, А.Ю. Технология напыления тонких пленок / А.Ю. Иванов // Современная светотехника. — 2010. — Т. 1. — С. 45–48.
8. Панфилов, Ю.В. Нанесение тонких пленок в вакууме / Ю.В. Панфилов // Технологии в электронной промышленности. — 2007. — № 3(15). — С. 76–80.
9. Кисляков, П.П. Получение и применение полимерной пленки с прозрачным электропроводящим покрытием на основе оксида индия, легированного оловом / П.П. Кисляков, Ю.А. Хохлов, А.Г. Крынин, С.В. Кондратов // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. — 2013. — № 11. — С. 6.
10. Гаврилов, Н.В. Влияние режимов ионного облучения на адгезию медного покрытия к полиэтилену / Н.В. Гаврилов, Д.Р. Емлин, А.В. Кондюрин, В.Н. Мизгулин // Хим. физика и мезоскопия. — 1999. — Т. 1. — № 1. — С. 48–59.
11. Кравцова, В.Д. Получение и исследование новых металлсодержащих полимерных композиций на основе алициклического полиимида / В.Д. Кравцова [и др.] // Журнал прикладной химии. — 2017. — Т. 90. — № 11. — С. 1528–1534.
12. Карноухов, А.Е. Получение электропроводящих текстильных материалов, ламинированных полимерными пленками / А.Е. Карноухов, Ю.А. Тимошина, Э.Ф. Вознесенский // Технологии и качество. — 2022. — № 2(56). — С. 29–33.
13. Карноухов, А.Е. Металлизированные пленки и ткани с экранирующими свойствами / А.Е. Карноухов, Ю.А. Тимошина, Э.Ф. Вознесенский // II Международная научная конференция «Инновационные направления развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах»: сборник статей. — СПб.: ФГБОУ ВО «СПбГУПТД», 2021. — С. 83–84.
14. Карноухов, А.Е. Исследование параметров предварительной ВЧЕ плазменной модификации на износостойкость ламинированных текстильных материалов с металлическими покрытиями / А.Е. Карноухов, Ю.А. Тимошина, Э.Ф. Вознесенский // XVIII Всероссийская научно-практическая конференция с элементами научной школы для студентов и молодых ученых «Новые технологии и материалы легкой промышленности»: сборник статей. — Казань: КНИТУ — 2022. — С. 222–225.

Karnoukhov Alexandr Evgenyevich

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
E-mail: a.carnouhov@yandex.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=910984

Voznesensky Emil Faatovich

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
E-mail: howrip@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=177545

Timoshina Yuliya Alexandrovna

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
E-mail: ybuki@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=745370

Sysoev Vladislav Alexandrovich

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
E-mail: vlad.sisoev2012@yandex.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=688839

Shaekhov Mars Faritovich

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
E-mail: mars_schaeh@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=130250

Technological recommendations for the production of metallized textile materials with shielding properties

Abstract. To protect specialists who, in the course of their activities, are near sources of powerful electromagnetic radiation, individual shielding clothing sets are used. For the manufacture of high-quality protective suits, textile materials with high shielding and performance properties are required. These materials must provide the required shielding factor over the entire range of required frequencies, have low electrical resistance, withstand high breaking, tearing and abrasion loads, have the required air and vapor permeability to achieve the hygienic properties of the manufactured personal protective equipment. To obtain shielding textile materials, various methods can be used, among which various vacuum metallization methods are of practical interest. The magnetron sputtering method is characterized by high productivity and the absence of a destructive effect on the surface of polymeric materials, while various methods of preliminary ion-plasma surface activation are easily integrated into the process of vacuum magnetron sputtering, which ensures an increase in the adhesive strength of the metal coating. The article presents the results of the development of technological recommendations indicating the technological parameters for the production of laminated textile materials for protection against electromagnetic radiation. Equipment for deposition of metal coatings on rolled materials by magnetron sputtering with preliminary modification in low-pressure high-frequency capacitive discharge plasma in a single vacuum cycle has been developed. The results of testing prototypes of metallized textile materials showed that materials obtained on the basis of the developed technological recommendations have high shielding properties, are characterized by improved adhesion of the metal coating, and the use of perforated polymer films allows maintaining the hygienic properties of the resulting material, which makes it possible to use the developed materials, including for the manufacture of protective clothing. The presented results are part of the author's dissertation research.

Keywords: shielding textile material; magnetron sputtering method; plasma equipment; vacuum chamber; magnetron; technological recommendations