

Нагрев коробки передач считается нормальным, если рука выдерживает продолжительное прикосновение к корпусу коробки передач. Причиной повышенного нагрева коробки передач чаще всего является пониженный уровень масла в картере коробки. Следует проверить уровень масла и долить масло, если необходимо, до нижней кромки заливного отверстия. Если уровень масла нормальный, то причинами нагрева коробки может быть наличие металлических частиц или стружки в масле. Необходимо проверить качество масла, пропустив его через контрольную магнитную пробку или по стационарным магнитным пробкам. Обнаружив в масле крупные металлические частицы, нужно выяснить причину их появления.

УДК 621.793:677.017:677.077

## СВОЙСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С НАНОСТРУКТУРНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ ИЗ МЕДИ И ТИТАНА

В.Н. Кохнюк<sup>1</sup>, А.А. Арашкова<sup>2</sup>, А.А. Казека<sup>3</sup>,  
И.Л. Поболь<sup>1</sup>, И.А. Гончарова<sup>2</sup>, А.М. Прудник<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск

<sup>2</sup>Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск

<sup>3</sup>Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники, Минск

*Рассматриваются перспективы применения наноструктурных медных и титановых покрытий для придания текстильным материалам антистатических, радиоэкранирующих и антифунгальных свойств.*

**Введение.** Текстильные материалы с металлическими покрытиями находят все более широкое применение. Интенсивное развитие имеет производство синтетических волокон, наполненных наночастицами оксидов металлов [1]. Важнейшая функция так называемого «умного» (англ. – smart) текстиля – защитная. Защита требуется от различных воздействий: экранирование и поглощение электромагнитного излучения, термо- и электрозащита (накопление статического электричества, снижение напряжённости электрических полей). Полимерный состав волокон предопределяет их повышенную электризуемость, которая определяется теми участками электропроводящих волокон, которые находятся непосредственно на поверхности тканей. Электростатический заряд и разряд может нарушить работу электронного оборудования, привести к материальным потерям, оказать негативное влияние на здоровье человека [2].

В настоящее время значительно возросло количество антропогенных источников радиоизлучения и расширяется используемый ими частотный диапазон. Актуальность разработки экранирующих материалов обусловливается не только проблемами воздействия радиоизлучения на биологические объекты, но также усовершенствованием радиоэлектронной аппаратуры, устройств защиты информации и военной техники.

Целью данного исследования было изучение антистатических, радиоэкранирующих и фунгитоксичных свойств текстильных материалов с наноструктурными металлическими покрытиями.

**Материалы, оборудование и методики.** Наноструктурные металлические покрытия наносили на ткани, изготовленные из синтетических и полусинтетических волокон (полиамид, полиэфир, полиамид-полиэфир, хлопополиэфир) различной линейной плотности и переплетения. Осаждение осуществляли на установке вакуумного напыления УВНИПА-1-001, оборудованной источником плазмы стационарного катодно-дугового разряда с металлическим катодом и сепарацией плазменного потока. При осаждении выдерживали следующие основные параметры процесса: ток дуги 55–90 А, давление остаточных газов в вакуумной камере  $5 \times 10^{-3}$ – $3 \times 10^{-1}$  Па, время нанесения от 10 до 40 мин.

Для характеристики антистатических свойств образцов определяли удельное поверхностное электрическое сопротивление и уровень напряжённости электростатического поля согласно ГОСТ 19616–74 на приборах ИЭСП–2 и ИПЭП-1.

Изучение экранирующих свойств проводили с помощью панорамного измерителя коэффициентов передачи и отражения ЭМИ SNA0,01-18 в диапазоне от 0,01 до 18 ГГц.

Фунгитоксичность образцов определяли по степени развития вегетативного мицелия микроскопических грибов рода *Aspergillus* на металлизированной поверхности текстильных материалов. Колонизирующую способность грибов оценивали через 10 суток по интенсивности роста мицелия и наличию спороношения. За фунгицидный эффект считали полное ингибирование роста и спорообразования на материале и отсутствие жизнеспособности после перемещения на питательную среду.

**Результаты исследований.** При изучении уровня напряжённости электростатического поля металлизированных текстильных материалов установлено, что нанесение наноструктурного медного покрытия в течение 30 минут снижает электризуемость волокон в 2–4 раза по сравнению с текстилем без покрытия. О появлении антистатических свойств также свидетельствует снижение удельного поверхностного электрического сопротивления до значений  $10^4$ – $10^7$  Ом, что не превышает предельно допустимых норм по ГОСТ 12.4.124-83 ССБТ «Средства защиты от статического элек-

тричества. Общие технические требования». Полученный эффект сохраняется после 20 машинных стирок.

Одним из способов ослабления электромагнитных волн является повышение эффективности экранов электромагнитного излучения. Исследования радиоэкранирующих свойств текстильных полотен, как однослойных экранов электромагнитного излучения со временем нанесения покрытий 40 минут, показали, что в диапазоне радиочастот 2–17 ГГц коэффициент передачи снижается до –2,0 дБ и –2,2 дБ соответственно для образцов с покрытием из меди и титана. При уменьшении величины давления реакционно-способного газа с  $4,0 \times 10^{-1}$  Па до  $1,0 \times 10^{-1}$  Па величина ослабления электромагнитного излучения снижается в среднем на 0,3 дБ.

Соединение слоев текстильных материалов со временем нанесения покрытий 10 и 30 минут повышало эффективность экранирования электромагнитного излучения в 1,8 раза, по сравнению с однослойными полотнами со временем нанесения нанопокровтий 40 минут. Коэффициент передачи полотен из двух слоев снижался до –3,5 дБ для текстильных материалов с нанопокровтием из меди и до –4,0 дБ – из титана.

Одним из важных свойств тканей технического назначения является стойкость к микробному поражению [3]. Изучение фунгитоксичности наноструктурных металлических покрытий текстильных материалов показало, что титановые нанопокровтия обладают более выраженной грибостойкостью, чем медные. Характер развития грибов рода *Aspergillus* на текстильных материалах с медным нанопокровтием зависел от типа ткани. На полиамидной ткани активный рост мицелия не наблюдался, однако медное покрытие частично или полностью исчезало, а сам мицелий сорбировал частицы меди. Эффект накопления металла присутствовал и на тканях с полиэфирными волокнами, но в сочетании с интенсивным спороношением, что приводило к дальнейшему распространению грибной колонизации и повышало опасность контаминирования ткани для здоровья людей. Наличие спороношения в отсутствие роста мицелия наблюдалось и на полиамид-полиэфирной ткани. Избежать утраты функций тканями с наноструктурным металлическим покрытием при эксплуатации во влажных условиях позволит предварительная оценка их биостойкости в модельных экспериментах.

**Выводы.** Проведенные исследования показали перспективность применения наноструктурных покрытий из меди для получения текстильных материалов с высокими антистатическими свойствами. Установлено, что с точки зрения эффективности защиты объектов от воздействия электромагнитного излучения более пригодными являются текстильные материалы с титановыми нанопокровтиями, которые также

обеспечивают более высокий уровень грибостойкости и снижают риск интоксикации человека спорами, насыщенными металлическими частицами.

### Литература

1. Бондарева, Т.П. Разработка ткани с экранирующим эффектом и исследование её свойств / Т.П. Бондарева, Е.Г. Замостоцкий, В.В. Невских // Вест. Витебс. госуд. техн. ун-та. – 2013. – № 25. – С. 13 – 18.
2. Антистатические свойства тканей для технологической одежды и электростатическая безопасность чистых производственных помещений / В.И. Власенко [и др.] // Фармацевтическая отрасль. – 2010. – № 6 (23). – С. 78 – 81.
3. Joshi M., Bhattacharyya A. Nanotechnology: a new route to high performance and functional textiles // Textile Progress. – 2011. – 43 (3). – P. 155 – 233.

**УДК 620.172:620.178**

## **РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЕЧНЫХ ЗМЕЕВИКОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ АУСТЕНИТНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ**

**А.В. Крыленко**

Полоцкий государственный университет, Новополоцк

*Рассмотрены факторы, вызывающие образование трещин в сварных соединениях печных змеевиков, выполненных аустенитными электродами.*

Сварка трубных элементов печных змеевиков из хромомолибденовой стали 15X5М осуществляется по перлитному или аустенитному вариантам. При перлитном варианте сварки электродами типа Э-10X5М (с предварительным подогревом кромок и последующей термообработкой стыков) металл шва идентичен основному металлу. Однако соблюдение режимов подогрева и термообработки перлитных сварных стыков в условиях монтажа и ремонта печного оборудования на открытой площадке весьма затруднено, а уже незначительное отклонение от оптимальной технологии сварки, как правило, приводит к появлению холодных трещин в сварных соединениях.

Применение для сварки хромомолибденовых сталей электродов аустенитного класса гарантирует отсутствие холодных трещин и исключает необходимость в термообработке, что значительно упрощает и ускоряет монтаж и ремонт, но в этом случае в электрохимическом отношении шов резко отличается от основного металла и поведение такого сварного стыка при длительной эксплуатации нуждается в тщательной проверке.