

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ЗАДАННОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬЮ (“ЭЛЕКТРОТЕКСТИЛЬ”)

Акбаров Рустам Джамалович

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, заведующий кафедрой

akrust777@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В статье приведен подробный обзор научных исследований в области электропроводящих текстильных изделий – электротекстиля, рассмотрены потенциальные возможности разработки “интеллектуальных” тканых изделий, а также перспективы развития и применения данных изделий в различных областях техники и технологий. Также приведены результаты исследований, который автор данной статьи ведёт в этом направлении.

Ключевые слова: электропроводящее волокно, электротекстиль, защитная одежда, тканые электронагреватели, интеллектуальные ткани, смарт-текстиль.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF TEXTILE PRODUCTS WITH SPECIFIED ELECTRICAL CONDUCTIVITY (“ELECTROTEXTILES”)

Akbarov Rustam Djamalovich

Tashkent Institute of Textile and light industry, head of department

akrust777@gmail.com

ANNOTATION

The article provides a detailed overview of scientific research in the field of electrically conductive textile products - electrotiles, discusses the potential possibilities for the development of “intelligent” woven products, as well as prospects for the development and application of these products in various fields of engineering and technology. The results of research conducted by the author of this article in this direction are also presented.

Keywords: electrically conductive fiber, electrical textiles, protective clothing, woven electric heaters, intelligent fabrics, smart textiles.

ВВЕДЕНИЕ

Исследованиям в области электропроводящих текстильных изделий уделяется все возрастающее внимание ученых всего мира. В последние годы опубликовано большое количество статей, проведено много конференций и симпозиумов, посвященных этой быстро развивающейся области науки и технологии [1]. Причина такого интереса к “Электротекстилю”, как в последнее время называют подобные материалы, заключается в потенциальной возможности разработки “интеллектуальных” тканых изделий, которые могут измерять и регулировать давление, температуру или электрические заряды на теле человека. Сегодня уже коммерчески доступны обогреваемые изделия, такие как одеяла и жакеты, которые защищают людей и животных при холодной погоде, музыкальные жакеты, гибкие складывающиеся компьютерные клавиатуры и другие изделия [2-4]. Эти текстильные изделия представляют собой материалы, способные проводить электрический ток [5]. Они изготавливаются различными способами, например, с использованием проводящих волокон, нитей, покрытий, полимеров или чернил, с использованием наиболее распространенных технологий изготовления [6-8].

ЛИТЕРАТУРА И МЕТОДОЛОГИЯ

На рынке можно найти различных производителей токопроводящей пряжи, и их рост и развитие идут традиционным путем. По мере появления на рынке новых электропроводящих материалов производители находили различные способы разработки и улучшения свойств электропроводящих волокон и нитей [9-11].

Однако это только начало. Ученые материаловеды, инженеры и технологи текстильщики, учёные компьютерщики и инженеры электрики работают над комбинированием электронных и текстильных структур, с целью создания новых продуктов, которые являются гибкими, комфортабельными, лёгкими и потенциально могут вырабатываться со скоростями, с которыми получают традиционные текстильные изделия. Цель исследований - это гражданское и военное использование подобных конструкций, таких как тканые антенны, тканые переплетения, комбинированные с акустическими сенсорами, которые могут обнаружить источники звука, например ружейный выстрел или транспортные средства неприятеля, формирование транзисторов на гибкой основе, гибкие солнечные батареи для накопления и обеспечения электрической энергией электропроводящих текстильных изделий, гибкая текстильная электрическая цепь используемая для дизайна, например в тканях, которые

могут изменять цвет по требованию. Ожидается, что “Электротекстильные” изделия найдут пути на новые рынки в сфере медицины, развлечений, службах безопасности, охране, вычислительной технике, коммуникации, электрообогреве, защитной одежде, одежде содержащей электронику, для выработки и аккумуляции энергии и во многих других областях.

Они обладают такими ценными свойствами как: высокая однородность, высокая прочность, стойкость к истиранию и трению, хорошая воздухопроницаемость, размерная стабильность, долговечность, гибкость, комфортабельность, способность к восстановлению после относительно высоких напряжений и лёгкий вес.

Однако в целом смарт-текстиль можно описать как сложную систему, состоящую из двух основных компонентов. К ним относятся текстильные конструкции, выполняющие определенные функции, и соответствующие им электронные компоненты. Обычно система имеет многослойную структуру, в которую входят датчики, схемы, инфраструктура, защитный слой и другие соответствующие соединения. Текстильное машиностроение, информационные технологии и производство электроники значительно преуспели в попытке внедрить передовые электронные текстильные решения для самых разных применений.. Действительно, некоторые продукты, созданные в области интеллектуального текстиля, уже представлены на рынке. Тем не менее, многие идеи все еще находятся на начальной стадии исследования из-за множества технологических и социально-экономических барьеров. Одним из ключевых вопросов в разработке интеллектуального текстиля на основе электроники является исследование того, как объединить текстильные технологии с необходимой электроникой. Разработанный продукт должен включать в себя такие свойства, как гибкость и долговечность текстиля и интеллектуальность электроники. Еще одной проблемой для разработчиков интеллектуального текстиля является повышение эффективности и оптимизация процесса многоступенчатого производства. Все предлагаемые решения для этих целей связаны с типом используемой технологии соединения. Технология соединения имеет решающее значение в производстве интеллектуального текстиля, поскольку она включает в себя оба важнейших элемента: интеллектуальный текстильный компонент и соответствующую электронику. В настоящее время существует ряд различных концепций, которые обеспечивают функционально эффективное соединение текстиля с электроникой. Благодаря разнообразию электропроводящих материалов, включая моноволоконные металлические проволоки и токопроводящие нити, токопроводящие цепи могут быть

реализованы непосредственно в текстильной структуре с помощью таких технологий, как ткачество и вязание. [12]

Кроме того, в тканях могут быть созданы необходимые сложные переплетения, которые могут быть использованы в качестве электрических цепей. Эти переплетения могут содержать многочисленные электрические и не электрические компоненты. Ткань может быть сконструирована многослойной и иметь места для размещения электронных устройств. [13]

Например, твердые монтажные платы, которые изготавливаются с помощью медленного процесса фотолитографии, потенциально могут быть заменены гибкими, многослойными ткаными структурами. Скорость производства таких структур может быть от 50 до 100 м² в час, в зависимости от скорости ткацкого процесса, плотности ткани и ширины станка.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Новые достижения в технологии ткачества привели к созданию высокоскоростных и высоко автоматизированных ткацких станков. Эти достижения обеспечивают новые возможности для ткачества при производстве электропроводящих тканей, тканых электрических цепей и изделий из “электротекстиля”.

В настоящее время на рынке имеется ряд электропроводящих нитей или химических волокон покрытых металлом. Например, штапельные и непрерывные филаментные нити из стали, медные нити и покрытые серебром нейлоновые нити. Эти нити изготовлены из очень тонких волокон или филаментов и подобны текстильным нитям.

Текущие исследования показывают, что в ближайшем будущем усилия будут направлены на производство полимерных нитей с электропроводящей сердцевиной, нити для солнечных ячеек, нити для батарей, нити с субмикронной толщиной для электронных устройств. Кроме того, предполагается, что они будут производиться в больших количествах и поставляться на паковках, как и обычные текстильные нити. Когда эти продукты станут реальностью сложные multifunctionальные электронные структуры могут производиться с высокими скоростями. Прогресс в ткачестве (технология получения 3D-тканей и т.д.) будет определяющим, однако в этой области необходимо также осуществить ряд дополнительных разработок.

Формирование тканых электрических цепей требует соединения или пайки двух или более ортогональных нитей в определенных точках. Поскольку в ткани нити прокладываются от одного края к другому (уточная нить) или

располагаются вдоль ткани (основные нити), срезание ткани должно осуществляться в зависимости от конструкции цепи. В настоящее время соединение и разъединение, срезание тканых изделий, содержащих электрические цепи, проводится вручную, так как они достаточно простые. В будущем ткани будут содержать более сложные цепи. Для избежания ошибок, связанных с человеческим фактором при получении качественных изделий важным является создание автоматических способов соединения и разъединения элементов цепи.

Установлено, что некоторые методы соединения и разъединения могут быть автоматизированы. Из методов соединения можно назвать электросварку с использованием микро зонда и пневмосоединение, которое успешно используется при соединении двух концов пряжи при её перематке на мотальных автоматах.

Разъединительные методы – это срезание микро резаком, а также регулирование параметров электросварки с целью разделения или соединения концов нитей в одно и то же время.

Для осуществления автоматизированного соединения или разъединения ткацкие станки должны быть модернизированы и оснащены малыми робототехническими устройствами для управления воздушным соединением, микро резаком и электросварочным устройством или другими подобными механизмами.

Существующие точно-прокладывающие механизмы (рапира, микро прокладчик и т.д.) могут быть изменены и будут включать в себя соединительные или разъединительные устройства. Будут необходимы оптические датчики для определения места соединения или разъединения. При жаккардовом ткачестве потребности в оптических датчиках нет, так как каждое основное или уточное перекрытие идентифицировано и месторасположение каждого перекрытия известно.

Исследования показывают, что производители “электротекстиля” должны будут иметь дело с различными видами нитей и пряжи, включая такие как традиционные текстильные пряжи, электропроводящие металлические или смесевые полимерно-металлические нити, батарейная пряжа, пряжа имеющая встроенные электронные устройства. Эти нити и пряжи будут иметь различные физические и механические свойства. Кроме того нити с электронными устройствами могут быть в форме ленты и необходимо ориентироваться на работу с такими видами нитей. В этих случаях необходимо избегать скручивания ленточной нити в процессе тканеформирования на ткацком станке [14]

Последние достижения в технологии ткачества позволяют решить некоторые из этих проблем. Ткачество с переменной скоростью является обязательным требованием для прокладывания различных уточных нитей. В этом случае до тех пор, пока производство электротканой структуры требует высококачественного и точного расположения прочного утка, станок может работать при высоких скоростях. Скорость может быть замедлена при работе со слабой пряжей, чтобы избежать остановов станка из-за обрывов и потенциальных качественных проблем вызванных остановами. Существующие уточные накопители имеют возможность выбора до 12 и более цветов и могут быть с успехом использованы при выработке “электротканей”.

Выработка “электротканей” как ожидается потребует модификации существующих накопителей утка и разработку новых. Может потребоваться создать новые накопители утка с микропроцессорной системой управления работы и натяжения, чтобы сделать их подходящими для подачи и поддержания лентовидной нити. Требуется модернизировать или разработать новые иглы или зажимные устройства прокладывающего механизма (рапира, микро прокладчик и т.д.), для прокладывания нетрадиционной уточной нити (лентовидная нить). Создание новых видов “электронных” нитей потребует создания или развития новых типов накопителей утка.

Такие же рассуждения уместны, когда речь идёт об электропроводящих (“электронных”) нитей основы. Поскольку их физико-механические свойства будут отличаться от свойств традиционных основных нитей, естественно подача этих нитей в зону тканеформирования тоже будет различной в зависимости от переплетения, уработки и т.д. Это требует подачи таких нитей от отдельного шпулярика или отдельного ткацкого навоя. Шпулярики для вращающихся паковок должны иметь дополнительные устройства, предотвращающие скручивание основных электропроводящих нитей. Шпулярики должны оснащаться индивидуальными автоматическими устройствами для поддержания натяжения нити. Однако такой шпулярик на сегодняшний день пока не существует.

Электропроводящие ткани могут быть изготовлены с использованием не только ткачества, но и других традиционных техник, например. вязание, шитье и вышивание. Когда дело доходит до интеллектуального текстиля, который следит за жизненно важными функциями человека, за его жизнедеятельностью, и для этого должен контактировать с телом, быть как вторая кожа, то для формирования такого материала больше подходит технология вязания [15-17]. Последний может обеспечить текстильную структуру, которая может

соответствовать форме нашего тела, обеспечивая максимальный контакт, создавая владельцу при этом комфортные ощущения при движении.

Таким образом, электро-трикотаж в процессе эксплуатации может растягиваться при движении под воздействием различных сил, при этом оставаясь в непосредственном контакте с телом человека выполняя при этом свое основное назначение. [18]

ОБСУЖДЕНИЕ

Группой ученых Ташкентского института текстильной и легкой промышленности была разработана технология производства металлизированного электропроводящего волокна нитрон (ЭПВН) Технология внедрена в производство. На заводе “Нитрон” Производственного объединения Навоиазот создана опытно-промышленная линия по производству электропроводящего волокна ЭПВН.

Волокно ЭПВН получается путём металлизации промышленно-выпускаемого на ПО “Навоиазот” штапельного синтетического волокна нитрон. Свежесформованное, отмытое от химических реагентов волокно нитрон, отбирается с основного потока и подвергается на специально разработанной установке двухступенчатой химико-гальванической металлизации. В результате этого на волокно осаждается около 17% металлического никеля, и оно приобретает достаточно высокую электропроводность (объемное удельное электрическое сопротивление $2 \cdot 10^{-5}$ Ом·м), приближающуюся к электропроводности металлов. Сравнение свойств исходного и металлизированного волокна нитрон позволило установить, что волокно полностью сохраняет свои физико-механические показатели (прочность и удлинение) благодаря чему может легко перерабатываться на серийном текстильном оборудовании в смеси с другими волокнами. На основе этого волокна получены различные смесевые электропроводящие пряжи и изделия из них различного назначения (антистатическая одежда и ткани, специальные костюмы защищающие от электромагнитных излучений, экранирующие ткани, тканевые обогреватели и др.) [19-21]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный выше обзор научных исследований позволяет сделать выводы о том, что производство электропроводящих текстильных материалов и “электротекстиля” является одной из перспективных направлений текстильной

науки, которому в последние годы уделяется все возрастающее внимание ученых всего мира. Можно надеяться, что в ближайшем будущем на рынке появится достаточно большой ассортимент изделий сочетающих в себе ценные свойства текстиля и электроники.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Abdelfattah M. Seyam. Electrifying Opportunities. Journal of Textile World, June 19, 2003.
2. Lozano C., “Steam-grown carbon fiber composites: processing and electrostatic dissipative applications”, Journal of the Society for Minerals, Metals and Materials, vol. 52, no. 11, 2000 , pp. 34-36.
3. Гордеев В.А., Дудко Д.А., Мокаеев Н.М. Тканый монтаж. Москва, ЛП, 1989, 192 с
4. WWW.CEN.EU, CEN/TC 248/WG 31. Technical Report, Textiles and textile products-Smart textiles - Definitions, categorisation, applications and standardisation needs
5. XUE, Pu. TAO, Xiaoming. LEUNG, Mei Yi. and ZHANG, Hui. Electromechanical properties of conductive fibres, yarns and fabrics, in Wearable Electronics and Photonics. Elsevier, 2005, p. 81–104.
6. SCHWARZ, Anne et al. Gold coated para-aramid yarns through electroless deposition, Surface and Coatings Technology, 204(9–10), p. 1412– 1418, 2010, doi: 10.1016/j.surfcoat.2009.09.038.
7. BANASZCZYK, Jędrzej. MEY, Gilbert De. and SCHWARZ, Anne. Current Distribution Modelling in Electroconductive Fabrics 1), FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, 17(2), 2009.p. 28–33,
8. BAEKAERT. Conductive fibres and yarns for smart textiles - Bekaert.com, Conductive fibres and yarns for smart textiles, 2017. <https://www.bekaert.com/en/products/basic-materials/textile/conductive-fibres-and-yarns-for-smart-textiles>
9. TIBTECH. Heating or conductive metallic yarns and fabrics for energy transfer within flexible structures or composite parts. <https://www.tibtech.com/>
10. SHIELDEX. Yarns/Threads, Shieldex Trading, Inc. https://www.shieldex.de/en/products_categories/fibres-yarns/
11. Мечника К. Scheulen K. Scheulen Ch. Anderson C. Breckenfelde “Joining technologies for electronic textiles” December 2015 DOI: 10.1016/B978-0-08-100201-8.00008-4

12. Stanley J., John A. Hunt, Ph. Kunovski, Yang Wei «A review of connectors and joining technologies for electronic textiles» First published: 23 December 2021 doi.org/10.1002/eng2.12491
13. Xiaoming Tao. Smart fibers, fabrics and clothing. Wood head publishing limited, 336 pages, October 2001
14. GUO Li. PETERSON J. QURESHI W. MEHRJERDI A.K. BERGLIN L. and SKRIFVARS M. Knitted Wearable Stretch Sensor for Breathing Monitoring Application, in Ambience, 2011,
15. FREIRE R. HONNET C. and STROHMEIER P. Second skin: An exploration of e-textile stretch circuits on the body, TEI 2017 - Proceedings of the 11th International Embodied Interaction, p. 653–658, 2017, doi:10.1145/3024969.3025054.
16. FAN, Wenjing et al. Machine-knitted washable sensor array textile for precise epidermal physiological signal monitoring, Science Advances, 6(11), 2020 , p. 1–10, doi: 10.1126/sciadv.aay2840.
17. PACELLI M., LORIGA G., TACCINI N., and PARADISO R., Sensing fabrics for monitoring physiological and biomechanical variables: E-textile solutions, Proceedings of the 3rd IEEE-EMBS International Summer School and Symposium on Medical Devices and Biosensors, ISSS-MDBS 2006, p. 1–4, doi: 10.1109/ISSMDBS.2006.360082
18. Акбаров Р. Д., Баймуратов Б. Х., Экранирующие ткани. Advances in Science and Technology. Сборник статей XXIII международной научно-практической конференции Москва: «Научно-издательский центр «Актуальность. РФ» 2019
19. Акбаров Р.Д., Жилисбаева Р.О., Ташпулатов С.Ш. Применение композиционных материалов для защитной одежды от воздействия электрических полей Известия высших учебных заведений. Технология 2018
20. Akbarov R.D, Akbarov D.N, Baymuratov B.H Ilhamova M. «Investigation of the electrical characteristics of electrically conducting yarns and fabrics» 7th World Textile Conference AUTEX 2017- Textiles - Shaping the Future, Greece. 2017 , стр 2-8