

УДК 677

**РАЗРАБОТКА НИТЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАЩИТНЫХ ТКАНЕЙ
ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

**DEVELOPMENT OF THREAD FOR THE ELECTROMAGNETIC
RADIATION PROTECTION FABRICS**

О.В. ФУКИНА, С.В. ХЕЙЛО

O.V. FUKINA, S.V. KHEYLO

(Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov,
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: fov14@mail.ru; sheilo@yandex.ru

В работе исследована технология получения комплексной электропроводящей нити с ферромагнитным микропроводом. Представлены схема формирования комплексной нити с хлопчатобумажной основой, характеристики микропровода и защитной ткани от электромагнитного излучения.

The technology of the complex electrically conductive thread with ferromagnetic microwire production has been researched. The formation scheme of the thread with a cotton base and microwires and the characteristics of the electromagnetic radiation protective fabric are presented.

Ключевые слова: тростильное оборудование, ферромагнитный микропровод, защитная ткань.

Keywords: twister, ferromagnetic microwire, protective fabric.

Современная окружающая среда пронизана высокочастотным электромагнитным излучением (СВЧ ЭМИ) мощных антенн спутниковой и сотовой связи, локационных, радио- и телепередающих станций. Многие виды технологического оборудования также имеют генераторы СВЧ-излучения. В силу производственной необходимости человек должен находиться в

зоне крайне вредного для него высокочастотного электромагнитного излучения ежедневно, в течение длительного времени. Разрушающему воздействию подвергаются все системы человека: нервная, иммунная, эндокринная, половая. Функциональные нарушения, накапливаются в организме, но остаются обратимыми, если воздействие излучения снижается. Воздействие на орга-

низм человека электромагнитного излучения радиочастот в дозах, превышающих допустимые, ведет к профессиональным заболеваниям [1], [2].

Эффективным методом защиты биосистем, включая человека, от СВЧ ЭМИ является применение средств индивидуальной и коллективной защиты, использующих эффект экранирования, отражения и поглощения излучения специальными материалами. Защитная спецодежда должна снижать воздействие СВЧ-излучения на организм до величин, предусмотренных Санитарными правилами и нормами СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" [3].

Эффективность любой защитной одежды определяется материалом, из которого она изготовлена, и конструкцией одежды.

Существующие материалы для защиты от СВЧ ЭМИ подразделяются на металлизированные материалы и ткани с микропроводом.

Эффективность экранирования излучения в СВЧ-диапазоне должна составлять не менее 15...20 дБ. Металлизированный материал, представляющий собой полиэфирную ткань с гальваническим покрытием, обеспечивает требуемое снижение излучения СВЧ-диапазона [4]. Но такая ткань имеет низкие гигиенические свойства, не допускает стирку, металлизированный слой истирается и опадает в процессе носки.

Принципиально другим является экранирующий материал из электропроводящих нитей с микропроводом, создающим сетку-экран с заданным шагом. Наиболее эффективным для защиты от излучения в СВЧ-диапазоне является микропровод из ферромагнитного материала – наноструктурный ферромагнитный микропровод. Совместно с ним используется также медный микропровод, усиливающий защиту в нижней части частотного диапазона.

Одним из вариантов создания такого материала является получения пряжи из натуральных волокон с вложением штапелированных металлических волокон [5], [6]. Распределение волокон в пряже носит случайный характер и часто не обеспечивает дос-

таточно равномерной защиты от излучения СВЧ.

Более перспективным является получение комплексной нити путем соединения нитей из натуральных волокон с микропроводом. Для получения таких нитей используют следующие технологии:

- к металлосодержавшему сердечнику, смазываемому с питающей катушки, в крутильном органе прикручивают уплотненную волокнистую мычку и наматывают готовую нить на бобину; с целью плотной сплошной обвивки сердечника волокнами и повышения стабильности процесса прядения и причучки применяют систему направителей и натяжителей, обеспечивающую подачу натянутого сердечника к поверхности крутильного органа под острым углом [7];

- углеродную нить в качестве стержня равномерно обкручивают двумя - четырьмя металлизированными нитями в различных направлениях с числом обкручиваний 5...20 витков на метр, дальнейшее обкручивание проводят высокопрочными малорастворимыми нитями Русар с помощью окрutoчного оборудования с числом обкручиваний от 260 до 370 витков на метр [8];

- тростильно-крутильную машину К-176-2 модернизируют установкой узла питания (питающие рамки) для подачи медной микропроволаки; в выпускную пару крутильной машины под определенным натяжением поступает медная микропроволака и полушерстяная пряжа с трех питающих паковок; огибая натяжной прут, микропроволака и пряжа поступают в зону кручения, где происходит скручивание трощеной пряжи с медной микропроволакой; готовая комбинированная электропроводящая пряжа наматывается на цилиндрическую паковку [9];

- термостойкую электропроводящую пряжу получают по кардной системе прядения хлопка с применением модернизированной пневмомеханической прядильной машины ППМ-120МС, с полым ротором и с дополнительно установленным узлом питания (питающие валики) медной микропроволаки линейной плотности 18 текс, диаметром 0,05 мм, которая с постоянной скоростью подается в рабочую зону прядильной камеры

и обкручивает формируемую в камере пряжу из арселенового волокна; структура комбинированной электропроводящей пряжи зависит от скорости подачи медной проволоки и ее натяжения; для такой пряжи 60 текс оптимальными является крутка 900...1000 кр/м и нагон медной проволоки 1,012...1,018 [10].

Анализ влияния свойств сердечника и обвивочного компонента на свойства получаемой нити представлен в [11], [12]. В [13] приведены основные закономерности для расчета прочности нитей, полученных соединением разнородных компонентов с помощью обвивки.

Получаемая по этим технологиям электропроводящая пряжа имеет линейную плотность 200...500 текс и используется в антистатических напольных покрытиях и технических тканях.

С точки зрения защитных свойств для СВЧ-защитных тканей эффективным является микропровод из ферромагнитных сплавов диаметром 15...30 мкм. Получить качественную электропроводящую нить с таким тонким и жестким микропроводом технологически сложно.

При использовании серийного тростильно-прядильного оборудования имеют место частые обрывы микропровода. Полученной из такой пряжи ткани присущи "провалы" по защитным свойствам.

Известна технология и оборудование для получения комплексных электропроводящих нитей технического назначения со стеклянной стержневой нитью. Применять такие электропроводящие нити для защитной одежды, тем более защитного белья, невозможно.

Предложено заменить стеклянную несущую нить хлопчатобумажной и исследовать возможность получения хлопчатобумажной электропроводящей нити на вышеупомянутом оборудовании. Схема формирования комплексной электропроводящей нити представлена на рис. 1.

В оборудовании реализуются две технологические операции – трощение несущей нити с жилами микропровода и закрепление полученного жгута обвивкой его полиамидной нитью 8...10 текс с числом обкручиваний 700...800 витков на метр. На данном

устройстве была наработана комплексная электропроводящая нить с микропроводом, из которой выработана СВЧ-защитная ткань. Для стержневой несущей нити использована 100%-ная хлопчатобумажная пряжа 25×2 текс, для закрепляющей нити – полиамидная нить, для электропроводящих жил – ферромагнитный микропровод диаметром 27...33 мкм, 1 жила, и 10...15 мкм, 2 жилы. Для жил использован сплав следующего химического состава, %: Fe – 5,7; CoV - 18,4; Co – 68,1; Si – 5,7; Cr – 2,1.

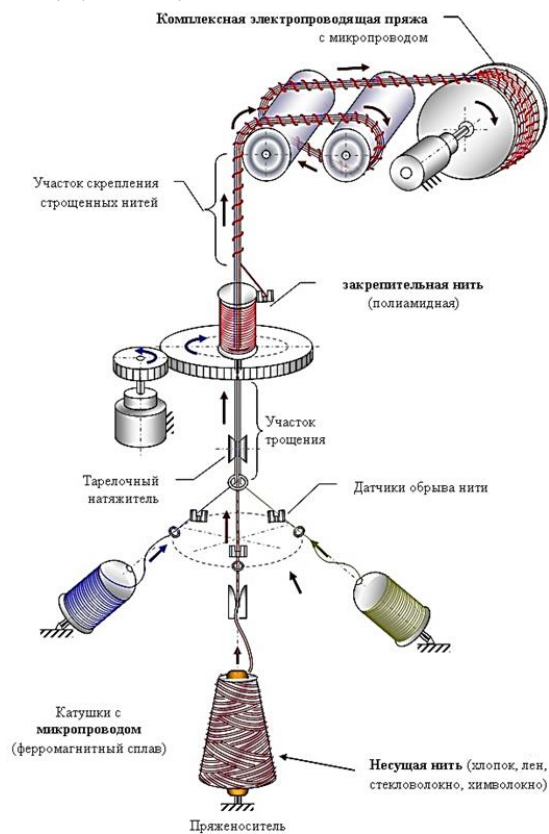


Рис. 1

Следует отметить, что сердечник вырабатываемой нити состоит из материалов, сильно отличающихся по физико-механическим свойствам, в частности по жесткости на растяжение, что может отрицательно сказаться на процессе ткачества. На рис. 2 приведена усредненная диаграмма растяжения такой нити. Она имеет вид, характерный для нитей, получаемых соединением некрученых компонентов [14].

Пик 1 на диаграмме соответствует обрыву микропровода, пик 2 – обрыву стержневой хлопчатобумажной нити, а пик 3 –

обрыву полиамидной обвивочной нити. Очевидно, что для нормального протекания процесса ткачества деформация основной нити не должна доходить до разрывного удлинения наиболее слабого компонента. С учетом необходимого запаса это составляет менее 3%. Небольшая деформация вызывает трудности получения ткани.

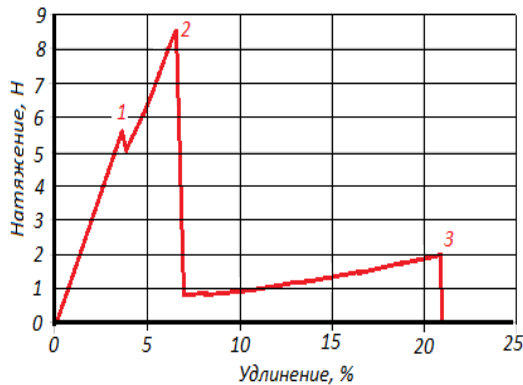


Рис. 2

Из полученной комплексной электропроводящей нити выработана СВЧ-защитная ткань саржевого переплетения с поверхностной плотностью 220 г/м². Ткань прошла окраску. Массовая доля волокон в ткани: хлопок — 88,5%; металлические нити — 7,8%; полиамид — 3,7%.

Изучение образцов ткани под микроскопом МБС 2, увеличение $\times 25$, выявило на поверхности готовой ткани по линиям основы небольшие петли микропровода, соразмерные с диаметром пряжи. По краям полотна наблюдаются значительно большие петли и обрывы микропровода. Отдельные петли есть и на уточной нити, но их мало.

В основе ткани чередуются одна комплексная нить с тремя жилами микропровода и три фоновые хлопчатобумажной нити 25 \times 2 текс, в утке — одна комплексная нить с тремя жилами микропровода и две или три фоновые. Основные и уточные комплексные нити с тремя жилами микропровода образуют электропроводящую защитную решетку с размером ячейки в основе 1,5 мм, в утке — 1,5...2 мм. Коэффициент экранирования образцов ткани на высоких частотах от 30 до 1000 МГц составил от 18 до 25 дБ, в зависимости от частоты.

1. Технология получения комплексной электропроводящей нити путем трощения стержневой нити с несколькими жилами ферромагнитного микропровода диаметром 10...30 мкм с последующим скреплением полученного жгута обвивкой тонкой полиамидной нитью позволяет получить пряжу с хлопчатобумажной стержневой нитью, а не только со стеклянной.

2. Комплексная хлопчатобумажная электропроводящая нить позволяет выработать из нее ткань с поверхностной плотностью 220 г/м², обладающую высокими физиолого-гигиеническими и СВЧ-защитными свойствами.

3. Для повышения качества ткани в части исключения петель микропровода на поверхности ткани необходимо продолжить работу в направлении совершенствования структуры комплексной электропроводящей нити путем доработки оборудования, определения оптимальных режимов изготовления и параметров стержневой несущей нити.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солодовников А.В. Действие электромагнитных полей и излучений на человека. — Уфа, 2011.
2. Ветошкин А.Г. Теоретические основы защиты окружающей среды. — М.: Абрис, 2012.
3. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах".
4. Воробьев А.Ю. Индивидуальные экранирующие комплекты для защиты от электромагнитных излучений радиочастотного диапазона. <http://energoform.ru/files/pdf/1.pdf>
5. Сильченко Е.В., Николаев С.Д. Новая ткань для защиты человека от воздействия электромагнитных полей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2015, № 6. С. 59...63.
6. Сильченко Е.В., Николаев С.Д. Металлизированные ткани для защитных костюмов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2016, № 1. С. 79...84.
7. Патент РФ № 2124596, 10.01.1999, Косульников А.В., Лаврентьева Е.П., Полякова Д.А., Помогаев И.И., Строев А.П. Способ получения армированной нити с металлосодержащим сердечником // Патент России № 97121462/12 от 04.12.1997.
8. Патент РФ № 2318931, 10.03.2008, Родионов В.А., Додонкин Ю.В., Курамшин А.Р., Артемов О.О. Способ получения комбинированной электропроводящей нити // Патент России №2006144112/04 от 13.12.2006, Бюл. № 7.

9. Костин П.А., Замостоцкий Е.Г., Коган А.Г. Технология получения комбинированной электропроводящей пряжи большой линейной плотности для ковровых изделий // Химические волокна. – 2010, № 1. С. 37...39.

10. Костин П.А., Замостоцкий Е.Г., Коган А.Г. Технология получения комбинированных термостойких электропроводящих пряжи и нитей для тканей специального назначения // Вестник Витебского гос. технолог. ун-та. – 2011. Вып. 20. С. 56...64.

11. Палочкин С.В., Гаврилова А.Б., Рудовский П.Н., Соркин А.П. Обоснование структуры и компонентов бескруточной ровницы, получаемой обвивкой волокнистого сердечника // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, № 3. С.35...40.

12. Рудовский П.Н., Смирнова С.Г. Влияние обвивочных волокон на прочность некрученной ровницы из льна // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2010, № 1 (23). С. 34...37.

13. Рудовский П.Н., Смирнова С.Г. Математическая модель прочности мокрой бескруточной ровницы из льна. Деponированная рукопись № 82-V2010 17.02.2010.

14. Киселев А.М., Рудовский П.Н., Киселев М.В., Ишматов А.Б. Моделирование разрывной нагрузки трощеных нитей натурального шелка численными методами // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 4. С. 38...41.

REFERENCES

1. Solodovnikov A.V. Deystvie elektromagnitnykh poley i izlucheniya na cheloveka. – Ufa, 2011.

2. Vetoshkin A.G. Teoreticheskie osnovy zashchity okruzhayushchey sredy. – M.: Abris, 2012.

3. SanPiN 2.2.4.3359-16 "Sanitarno epidemiologicheskie trebovaniya k fizicheskim faktoram na rabochikh mestakh".

4. Vorob'ev A.Yu. Individual'nye ekraniruyushchie komplekty dlya zashchity ot elektromagnitnykh izlucheniya radiochastotnogo diapazona. <http://energiform.ru/files/pdf/1.pdf>

5. Sil'chenko E.V., Nikolaev S.D. Novaya tkan' dlya zashchity cheloveka ot vozdeystviya elektromagnitnykh poley // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, № 6. С. 59...63.

6. Sil'chenko E.V., Nikolaev S.D. Metallizirovannye tkani dlya zashchitnykh kostyumov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 1. С. 79...84.

7. Patent RF № 2124596, 10.01.1999, Kosulnikov A.V., Lavrent'eva E.P., Polyakova D.A., Pomogaev I.I., Stroeв A.P. Sposob polucheniya armirovannoy niti s metallosoderzhashchim serdechnikom // Patent Rossii № 97121462/12 ot 04.12.1997.

8. Patent RF № 2318931, 10.03.2008, Rodionov V.A., Dodonkin Yu.V., Kuramshin A.R., Artemov O.O. Sposob polucheniya kombinirovannoy elektroprovodyashchey niti // Patent Rossii № 2006144112/04 ot 13.12.2006, Byul. № 7.

9. Kostin P.A., Zamostotskiy E.G., Kogan A.G. Tekhnologiya polucheniya kombinirovannoy elektroprovodyashchey pryazhi bol'shoy lineynoy plotnosti dlya kovrovyykh izdeliy // Khimicheskie volokna. – 2010, № 1. С. 37...39.

10. Kostin P.A., Zamostotskiy E.G., Kogan A.G. Tekhnologiya polucheniya kombinirovannykh termostoykikh elektroprovodyashchikh pryazhi i nitey dlya tkaney spetsial'nogo naznacheniya // Vestnik Vitebskogo gos. tekhnolog. un-ta. – 2011. Vyp. 20. С. 56...64.

11. Palochkin S.V., Gavrilova A.B., Rudovskiy P.N., Sorokin A.P. Obosnovanie struktury i komponentov beskrutochnoy rovnitsy, poluchaemoy obvivkoy voloknistogo serdechnika // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 1999, № 3. С. 35...40.

12. Rudovskiy P.N., Smirnova S.G. Vliyanie obvivochnykh volokon na prochnost' nekruchenoy rovnitsy iz l'na // Vestnik Kostromskogo gos. tekhnolog. un-ta. – 2010, № 1 (23). С. 34...37.

13. Rudovskiy P.N., Smirnova S.G. Matematicheskaya model' prochnosti mokroy beskrutochnoy rovnitsy iz l'na. Deponirovannaya rukopis' № 82-V2010 17.02.2010.

14. Kiselev A.M., Rudovskiy P.N., Kiselev M.V., Ishmatov A.B. Modelirovanie razryvnoy nagruzki troshchenykh nitey natural'nogo shelka chislennymi metodami // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2013, № 4. С. 38...41.

Рекомендована кафедрой теоретической и прикладной механики РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 12.04.19.