

*И. А. Костяев, В. В. Попов, Д. А. Порфирьев**

СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА И ГИБРИДНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ

Полимеры, наполненные электропроводящими частицами, являются перспективным материалом для получения принципиально новых композитов, обеспечивающих снижение воздействия электромагнитных полей на электронные компоненты вычислительной техники и биологические объекты. Высокая стойкость к внешним воздействиям позволяет применять их в качестве деталей бытовых приборов, конструкционных блоков и узлов в аппаратуре воздушного, морского и наземного применения.

Одним из наиболее перспективных наполнителей электропроводящих композиционных полимеров являются углеродные наноматериалы благодаря высокой электропроводности, химической стойкости и эффективности.

Согласно анализу литературных источников, результаты исследования электропроводности полимерных композитных систем, армированных УНТ и ГНП могут быть обобщены следующим образом:

– на порог образования перколяционного контура в полимерных нанокompозитах оказывают большое влияние тип полимерной матрицы и ее взаимодействие с наполнителем, функционализация наполнителя, равномерность распределения наполнителя и его склонность к агломерации;

– синергетический эффект в электропроводности возникает только при использовании оптимального соотношения УНТ:ГНП. В результате композиция, содержащая гибридный наполнитель, приобретает лучшие электрические характеристики по сравнению с другими нанокompозитами с таким же содержанием одного типа нанонаполнителя;

– на электрические свойства композитов, наполненных углеродными нанотрубками и графеном, также оказывают влияние способы их получения;

* Работа выполнена под руководством преподавателя цикла боевой подготовки Ф. Н. Третьякова, Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ (учебный и испытательный).

– потенциальные возможности нативных МУНТ по повышению электропроводности композитов исчерпаны.

В настоящей работе в качестве полимерной матрицы был выбран сверхвысокомолекулярный полиэтилен.

Таким образом, в настоящем исследовании цель работы заключалась в разработке методики создания, проектирования технологической схемы получения функциональных антистатических композитов на основе СВМПЭ, содержащих гибридные наполнители МУНТ/ГНП и МУНТ + И/ГНП с повышенной электропроводностью.

Технологическая линия производства нанокompозитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена и гибридного наполнителя

В общем виде процесс производства нанокompозитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена и гибридного наполнителя, содержащего графеновые нанопластины и йодированные углеродные нанотрубки, состоит из следующих основных операций (рис. 1):

- 1) смешивание МУНТ с кристаллизированным йодом;
- 2) сушка полученной смеси;
- 3) смешение смеси МУНТ и кристаллизованного йода с СВМПЭ, ГНП и изопропиловым спиртом;
- 4) прессование готовой смеси;
- 5) отправка на упаковку.

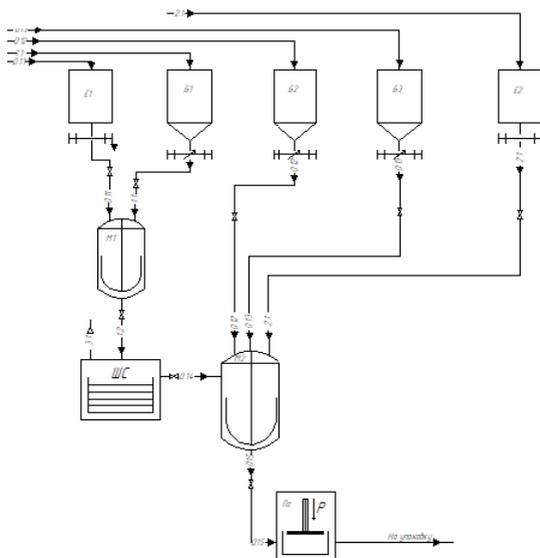


Рис. 1. Функциональная схема линии приготовления нанокompозита

Условные обозначения материальных потоков функциональной схемы представлены на рис. 2, а перечень технологического оборудования – на рис. 3.

<i>Условное обозначение</i>	<i>Наименование среды в трубопроводе</i>
— 0.11 — 0.11 —	Водная паста МУНТ
— 11 — 11 —	Кристаллический йод
— 0.13 — 0.13 —	СВМПЭ
— 0.12 — 0.12 —	ГНП
— 2.1 — 2.1 —	Изопропиловый спирт
— 0.14 — 0.14 —	Смесь Водная паста МУНТ и кристаллический йод
— 0.15 — 0.15 —	Смесь водная паста МУНТ+ кристаллический йод+СВМПЭ+ГНП
— 3.1 — 3.1 —	Пар

Рис. 2. Обозначение и наименование материальных потоков

<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>
<i>E1</i>	Емкость водная паста МУНТ	1
<i>E2</i>	Емкость изопр спирт	1
<i>B1</i>	Бункер йод	1
<i>B2</i>	Бункер ГНП	1
<i>B3</i>	Бункер СВМПЭ	1
<i>M1</i>	Аппарат с мешалкой	1
<i>M2</i>	Аппарат с мешалкой	1
<i>Пс</i>	Прес	1
<i>Шс</i>	Шкаф сушильный	1

Рис. 3. Перечень технологического оборудования линии получения наномодифицированной эпоксидной смолы

В аппарате с мешалкой (поз. М1) производится смешивание МУНТ с кристаллизованным йодом при непрерывном перемешивании. Полученную смесь отправляют на сушку в сушильный шкаф (поз. ШС). Продолжительность операции 120 мин. Температура смеси поддерживается в пределах 120 °С охлаждением далее в аппарате с мешалкой (поз. М2) производится смешивание смеси МУНТ и кристаллизованного йода с СВМПЭ, ГНП и изопропиловым спиртом. Полученную смесь прессуют при 170 °С (поз. Пс). После проведения процесса пресования (поз. Пс) производится отправка на упаковку.

*Измерение электропроводности нанокompозитов на основе
сверхвысокомолекулярного полиэтилена и гибридного наполнителя*

Для измерения электропроводности использовалась система RMS-EL/RMS-EL-Z, разработанная для измерения сопротивления полупроводниковых пластин, слитков и напыленных пленок на различные подложки по технологии четырех точек.

Система имеет источник постоянного тока, вырабатывающий постоянный ток между 10 нА и 99,99 мА и цифровой вольтметр RM3000+, измеряющий напряжения от 0,01 до 1250 милливольт.

Диапазоны измерения:

1 МОм/□ до 500 МОм/□ (поверхностное сопротивление), где □ – площадь пленочного резистора квадратной формы любых размеров.

1 МОм·см до 1 Мом·см (объемное удельное сопротивление).

Единицы измерения: мВ, Ом/площадь, Ом·см.

Ток: обратимый для проверки хороших контактов и измерений.

Точность: 0,3%, самая высокая точность 0,1%.

Возможность введения данных по толщине подложки и интервал измерений.

Также электрическую проводимость нанокompозитов измеряли по ГОСТ P50499–93 с помощью тераомметра Е6-13А.

Величину электрической проводимости рассчитывали по формуле

$$\sigma = 4h/\pi d^2 R,$$

где h , d – толщина и диаметр образца соответственно; R – электрическое сопротивление.

Таким образом, разработана оригинальная методика создания и спроектирована технологическая схема получения нанокompозитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена и гибридного наполнителя, содержащего графеновые нанопластины и йодированные углеродные нанотрубки. Реализация разработанной технологии приводит к более раннему формированию перколяционного контура у нанокompозитов по сравнению с контрольными образцами. Получены зависимости электропроводности нанокompозитов на основе СВМПЭ от концентрации и состава гибридного наполнителя. Из анализа зависимостей электропроводности впервые определены значения объемной доли наполнителя, соответствующей порогу перколяции и критического показателя электрической проводимости для нанокompозитов на основе СВМПЭ, содержащих углеродные нанотрубки и графен с различным соотношением компонент.

*Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ
(учебный и испытательный)*