

*Д. В. Разинькова, Д. И. Волокитина\**

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА И ШУНГИТА**

В настоящее время очень широко используется технология производства нанокompозита. Композиционные материалы имеют комплекс свойств и особенностей, которые отличают их от традиционных материалов.

Полипропилен на данный момент является одним из распространенных полимеров. Для устранения существенного недостатка данного материала, а конкретнее его низкой морозостойкости и ударных характеристик, модифицируют существующие и разрабатывают новые композиционные материалы на основе полипропилена.

Что касается вторичного полипропилена, то он практически не отличается по своим физическим и химическим свойствам от первичного. Вторичный материал имеет больше свободных связей, которые являются определяющим фактором при введении наночастиц. Следует, что свойства нанокompозита на основе вторичного сырья совпадает со свойствами первичного сырья, и иногда и превосходит их. Но кроме этого использование вторичных полимерных материалов может поправить экологическую ситуацию в стране, так как количество полимерных отходов растёт, что создает угрозу окружающей среды. Наиболее эффективным методом является вторичная переработка отходов в изделия. Так же это сокращает количество использования сырья.

Существуют разные методы модификации вторичного полимерного сырья, такие как: химические, физико-химические, физические и технологические. Введение наноразмерных частиц наполнителя в полимерную матрицу образует нанокompозит. В нанокompозитах происходит взаимодействие с полимерной матрицей на молекулярном уровне, вследствие чего происходит повышение адгезионной прочности полимерной матрицы к наночастицам образованном композиционном материале.

Наполнители можно разделить на инертные (простые) и активные (функциональные) наполнители. В первых адгезионная прочность ниже, чем у вторых. Использование инертных наполнителей позволяет

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГПТУ» А. С. Клинкава.

уменьшить затраты. Функциональные наполнители изменяют свойства так, что композиция в значительной степени соответствует предъявляемым к ней требованиям. Но в действительности полностью инертного наполнителя не бывает, который только уменьшает затраты.

При переработке вторичного полимерного сырья его свойства стараются улучшить, для этого используют функциональные наполнители. Важнейшей характеристикой наполнителей является их морфология и удельная поверхность, от которой зависит эффективность взаимодействия с полимерной матрицей. Это особенно важно в том случае, когда полимерные материалы подвергаются обработке поверхностно активными веществами, модификаторами и другими добавками.

Существуют разные модификации композиционного материала на основе полипропилена. Исходя из потентного поиска, самыми распространенными наполнителями являются: сажа, углеродные нанотрубки (УНТ) «Таунит», шунгит (ШН), органобентонит (ОБТ).

Введение в состав полимера иных наполнителей и модифицирующих добавок позволяет получить изделия с характеристиками и свойствами, отличными от получаемых при применении чистого полипропилена. Это могут быть красящие пигменты, декоративные наполнители, свето- и термостабилизаторы, антистатики, антифрикционные добавки.

Шунгит – это минерал, содержащий большое количество элементов, но основой является его углеродистая основа.

Физические свойства: плотность – 2,25...2,84 г/см<sup>3</sup>; пористость – 0,5...5%; прочность на сжатие 100...276 МПа; модуль упругости (E) – 0,31·105 МПа. Электропроводен, электропроводность – (1...3)×10<sup>3</sup> См/м; теплопроводность – 3,8 Вт/м·К. Среднее значение коэффициента теплового расширения в интервале температур от +20 до +600 °С – 12×10<sup>-6</sup> К<sup>-1</sup>. Теплотворная способность 7500 ккал/кг.

Материал обладает сорбционными и каталитическими свойствами.

Шунгитовое вещество не является просто аморфным углеродом, а представляет собой смесь разнообразных углеродных аллотропов, чьи небольшие решетки соединены аморфным углеродом.

Характерным свойством шунгита является хорошая совместимость как с полярными, так и с неполярными полимерами, что позволяет получать композиции с высокими степенями наполнения.

Шунгит – активный наполнитель со специфическим взаимодействием с полимерной матрицей и другими компонентами композитного материала. Его влияние на композит зависит от типа полимера, рецептуры смесей и технологических приемов получения. Подход к оценке целесообразности введения шунгита в полимерные композиты и его количества должен учитывать эти обстоятельства.

Результаты проведенных научных исследований, литературного обзора и потентного поиска позволили разработать экспериментальную установку на основе пластографа Брабендера, для реализации процесса введения шунгита во вторичный полипропилен.

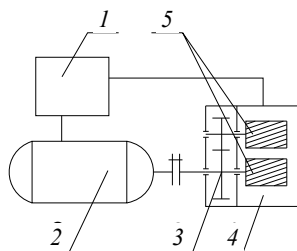
Конструкция пластографа Брабендера представлена на рис. 1.

Экспериментальная установка на основе смесителя Брабендера, как устройство, позволяющее оценивать и прогнозировать показатели качества получаемого композита, и позволяющая изменять в широком диапазоне режимные и конструктивные параметры.

Установка (рис. 1) состоит из смесительной камеры 4, станины с приводом 2, 3 и электрооборудования 1. Два ротора 5 специального профиля, вращающиеся в противоположные стороны являются смесительными органами. Вращение роторов осуществляет мотор-редуктор 2; второй ротор получает вращение от приводного через зубчатую передачу 3 с передаточным отношением 1,5. Частота вращения рабочих органов регулируется в диапазоне от 30 до 90 об/мин. Камера обогревается шестью трубчатыми электронагревателями.

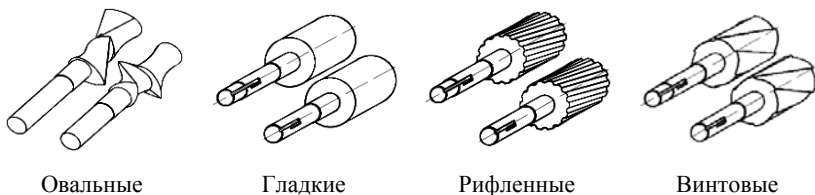
Щит управления 1 (рис. 1) предназначен для управления электроприводом смесителя и поддержанием температуры в рабочей зоне.

Разработаны рабочие органы с различной геометрической частью для интенсификации процесса диспергирования и изучения влияния различных конструктивных параметров на качество получаемого материала (рис. 2). Минимальный зазор при использовании любой из предложенных конфигураций составляет  $h_0 = 0,15$  мм, что обеспечивает высокую сдвиговую деформацию.



**Рис. 1** Схема устройства:

- 1 – шкаф управления;
- 2 – электродвигатель;
- 3 – фрикционные шестерни;
- 4 – смесительная камера;
- 5 – смесительные органы



**Рис. 2.** Исследуемые различные фигурные части рабочих органов

Конфигурация гладких рабочих органов за короткий промежуток времени позволяет достичь максимальной деформации сдвига. Это происходит благодаря тому, что зона с минимальным зазором составляет 70% общей траектории, которую проходит материал за один оборот ротора. Но данная конфигурация фигурной части ротора не обеспечивает продольного перемещения материала вдоль оси ротора. В результате чего происходит неравномерное распределение вводимого наполнителя.

Для обеспечения продольного перемещения материала разработаны рабочие органы с наклонной нарезкой фигурной части: рифленые (фигурная часть в виде рифленых валков) и винтовые многозаходные (фигурная часть в виде многозаходной винтовой нарезки) (рис. 2).

Геометрия фигурной части овальных рабочих органов (рис. 2) представляет собой наиболее распространенную в полимерной промышленности конфигурацию двухлопастных роторов, что позволяет исследовать процесс смещения и диспергирования на оборудовании наиболее приближенным к промышленному.

Проведенные пробные испытания показали работоспособность установки и возможность получения различных композиционных материалов.

### Список литературы

1. *Утилизация* и вторичная переработка тары и упаковки из полимерных материалов : учебное пособие / А. С. Клинков и др. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 103 с.
2. *Ресурсосберегающая* технология переработки отходов полимерных материалов / А. С. Клинков и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – Тамбов, 2013. – № 3(47).
3. *Клинков, А. С.* Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов / А. С. Клинков, П. С. Беляев, М. В. Соколов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 80 с.
4. *Инженерная* оптимизация оборудования для переработки полимерных материалов : учебное пособие / А. С. Клинков, М. А. Шерышев, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 320 с.

*Кафедра «Переработка полимеров и  
упаковочное производство» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*