

УДК 691.175.2

Анализ технологических режимов модификации композиционных материалов

Папич Александр^(*)

papich.sasha@gmail.com

SPIN-код: 3844-6850

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрены сущность и перспективы метода ультразвуковой технологии модификации композиционных материалов. Определен перечень технологических факторов, влияющих на эффективность данной технологии, а также определены диапазоны изменения данных факторов. На примере углепластика, модифицированного графеном, проведено исследование влияния времени обработки на свойства получаемого материала. Было получено, что введение графена в углепластик ультразвуковым методом позволяет увеличить теплопроводность материала в поперечном направлении, что доказывает необходимость продолжения исследовательских работ в данном направлении.

Ключевые слова: композиционный материал, углепластик, модификация, графен, теплопроводность, ультразвуковая технология

Analysis of Process Modes of Composite Materials Modification

Papich Alexander^(*)

papich.sasha@gmail.com

SPIN-code: 3844-6850

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. The idea and potential of ultra-jet technology for composite material modifying are considered in the article. A list of process factors influencing the effectiveness of this technology with the ranges of these factors variation are identified. Using the graphene-modified carbon composite as an example, the effect of processing time on the properties of material was studied. It was found that introducing graphene into carbon-fiber composite using ultra-jet technology increases the material's thermal conductivity in the transverse direction. This fact demonstrate the necessity for further research in this area.

Keywords: composite material, carbon, modification, graphene, thermal conductivity, ultra-jet technology

Введение. Широкое распространение композиционных материалов (КМ) — в том числе полимерных композитов (ПКМ) — в различных областях техники делает актуальной задачу повышения их механических, теплофизических и эксплуатационных свойств. Одним из возможных путей решения данной задачи является модификация композита наночастицами — изменение свойств материала путем введения в его состав наноразмерных модификаторов [1].

Главной проблемой при модификации композитов является склонность наночастиц к образованию агломератов, ухудшающих свойства полученного материала. Данная проблема решается с помощью диспергирования частиц — обеспечения равномерного распределения частиц модификатора по объему композита.

На кафедре СМ-12 МГТУ им. Н.Э. Баумана разрабатывается технология ультразвуковой модификации [2]. Суть данной технологии заключается в том, что частицы модификатора наносятся на поверхность армирующего компонента (например, углеткани) в составе наносодержащего спрея, образованного при столкновении суспензии, содержащей частицы модификатора, с твердой мишенью. Энергия удара при этом используется для разрушения агломератов.

Материалы и методы. В данной работе исследуются свойства углепластика, модифицированного графеном. Выбор графена как модифицирующего материала обусловлен высокими значениями тепло- и электропроводности данного материала, что делает его перспективным модификатором в задачах повышения теплофизических свойств композита.

В рассматриваемом композите армирующим компонентом является биаксиальная углеродная ткань АСМ С400В; в качестве связующего использовался компаунд Этал-Карбон Light ТУ 2257-001-18826195-01 изм.1. В качестве модифицирующего нанонаполнителя использовались графеновые нанопластины RG-S1.

Модификация материала проводилась ультразвуковым методом. Можно выделить следующие факторы, влияющие на эффективность процесса модификации [3]:

- концентрация частиц в суспензии;
- угол наклона мишени;
- расстояние от мишени до модифицируемой ткани;
- давление насоса установки для ультразвуковой модификации;
- время обработки.

Для определения диапазонов изменения концентрации наночастиц в суспензии проводился численный расчет свойств модифицированного композита методом конечных элементов. Диапазоны изменения остальных факторов ограничены технологическими возможностями оборудования, а также геометрией оснастки.

После модификации поверхности ткани графеном из полученного сырья были изготовлены композитные пластины методом вакуумной инфузии.

В качестве критерия эффективности технологии модификации принимались свойства полученного материала — теплопроводность в поперечном направлении. Измерение теплопроводности проводилось эталонным методом.

Результаты. В таблице приведены диапазоны изменения технологических факторов процесса ультразвуковой модификации.

Обсуждение. Согласно теории планирования эксперимента, для изучения влияния технологических факторов, представленных в таблице, с учетом диапазонов их изменения, необходимо провести не менее 32 экспериментов.

Диапазоны изменения факторов

№	Фактор	Значение фактора		
		Мин.	Средн.	Макс.
1	Концентрация частиц в суспензии, г/л	10	20	30
2	Угол наклона мишени, град	30	45	60
3	Расстояние до ткани, мм	0	100	200
4	Давление насоса установки, МПа	137,9	–	365,4
5	Время обработки, с	5	10	15

В рамках данной работы было проведено исследование влияния времени обработки на свойства композита. В результате данных исследований была доказана эффективность графена как модификатора композита в задачах повышения теплопроводности материала, а также подтверждена возможность применения ультразвуковой технологии наномодификации композиционных материалов.

Заключение. Итак, в данной работе была подтверждена возможность применения ультразвуковой технологии для модификации композиционных материалов наноразмерными частицами. Было проведено планирование эксперимента по изучению факторов, влияющих на эффективность данной технологии.

Композиты, модифицированные данным способом, могут применяться в изделиях различных областей промышленности: ракетно-космической, авиационной, нефтегазовой, судостроительной, автомобильной и так далее. Следовательно, необходимо проведение экспериментов для определения оптимального технологического режима обработки.

Список источников

- [1] Абрахманова Л.А., Хозин В.Г., Низамов Р.К. Наномодификация эпоксидных связующих. *Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал*, 2019, т. 11, № 6, с. 686–695.
- [2] Галиновский А.Л., Чжо М.Х., Проваторов А.С. К вопросу эффективности различных методов диспергирования наносодержащих суспензий. *Все материалы. Энциклопедический справочник*, 2019, № 11, с. 2–7.
- [3] Папич А. Выбор факторов оптимизации при решении технологической задачи ультразвуковой обработки. *Все материалы. Энциклопедический справочник*, 2024, № 9, с. 44–47.