

УДК 678.7

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ФОТОПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ МАЛОСЛОЙНЫМ ГРАФЕНОМА. А. ВОЗНЯКОВСКИЙ¹, В. Э. СМИРНОВА¹, А. П. ВОЗНЯКОВСКИЙ²,
С. В. КИДАЛОВ¹, Е. В. ОВЧИННИКОВ³, Е. И. ЭЙСЫМОНТ³¹Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН

Санкт-Петербург, Россия

²Научно-исследовательский институт синтетического каучука

им. академика С. В. Лебедева

Санкт-Петербург, Россия

³Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

Гродно, Беларусь

Фотополимерные смолы (ФС) представляют из себя полимерные материалы в жидкой форме, способные к полимеризации под воздействием обработки ультрафиолетом, лазером и т. д. Новый виток интереса к данному классу полимеров начался с ростом популярности DLP-метода 3D-печати, где в качестве основного материала используются фотополимерные смолы. Однако по сравнению с изделиями, получаемыми из других полимеров (ABS-пластик и т. д.), изделия из ФС хоть и являются более детальными, но проигрывают по комплексу прочностных свойств. Для повышения свойств конечных изделий исследователи часто используют подход создания композиционных материалов путем добавления к исходной полимерной матрице различных добавок. Часто в качестве добавок используются углеродные наноматериалы, в том числе графеновые наноструктуры, которые за счет своих свойств могут кардинально изменять свойства конечных изделий. Так, теплопроводность однослойного графена составляет 5000 Вт/(м·К), а модуль Юнга составляет 1 ТПа. Однако применения на практике полимерных композитов с графеновыми наноструктурами до сих пор не произошло из-за их высокой себестоимости, обусловленной несовершенством методик синтеза как по подходу «снизу-вверх», так и по подходу «сверху-вниз».

Целью работы было исследование влияния малослойного графена (МГ), синтезированного из целлюлозы в условиях СВЧ процесса [1], на конечные прочностные и теплофизические свойства изделий из ФС, полученных DLP-методом 3D-печати. Разработанный метод синтеза МГ позволяет синтезировать его в больших объемах (тонны и более) при себестоимости в 40 тыс. р./кг.

В качестве исходного материала использовались фотополимерная смола марки Anycubic (405 нм, Китай). К заранее нагретой исходной до 60 °С ФС добавлялся порошок МГ при постоянной УЗ-обработке (22 кГц) и выдерживался в течение 30 мин. Концентрация МГ составляла не более 2 масс. %. Затем полученная суспензия МГ в ФС использовалась в качестве материала для печати изделий методом DLP на 3D-принтере Anycubic photons, Китай.

На рис. 1 и 2 соответственно представлены результаты измерения твердости образцов методом Бринелля (твердомер ИТБ-3000-АМ, ГОСТ РФ 9012–59)

и прочности на изгиб (пресс испытательный ПГМ-100МГ4, ГОСТ РФ 4648–2014). Погрешность измерений твердости составила $\pm 5\%$. Погрешность измерений прочности на изгиб – $\pm 6\%$.

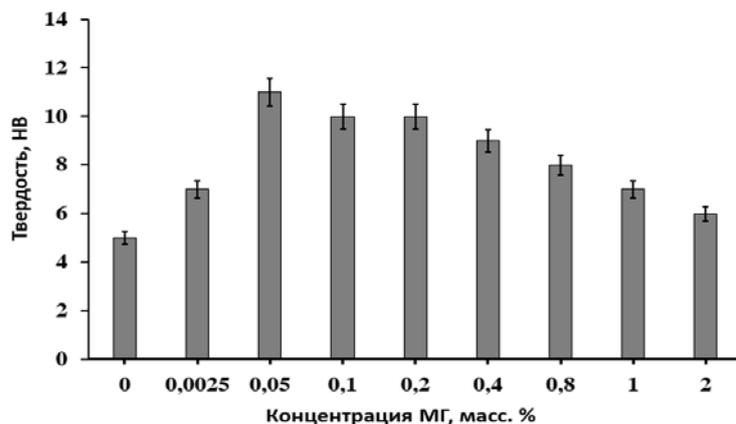


Рис. 1. Зависимость твердости по композитов от концентрации МГ

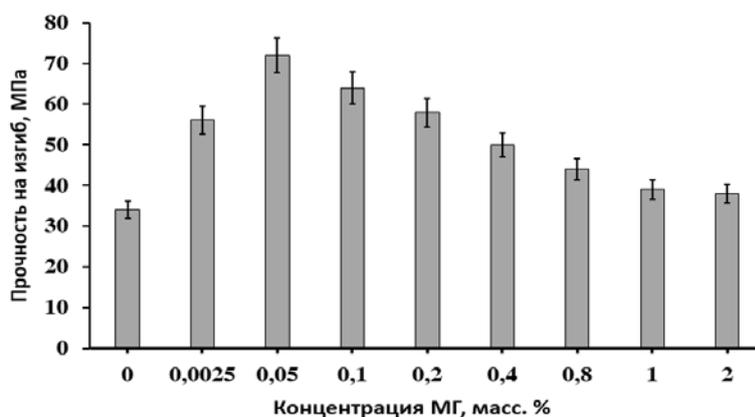


Рис. 2. Зависимость прочности на изгиб композитов от концентрации МГ

Как видно из рис. 1 и 2, введение МГ в концентрации не более 0,05 масс. % приводит к значительному (рост твердости до 57 % и рост прочности на изгиб до 2 раз) росту прочностных свойств. При дальнейшем увеличении концентрации МГ дальнейшего роста свойств не происходит, что может быть связано с невозможностью распределения больших объемов МГ без их агрегирования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и БРФФИ № 20-53-04026.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Structure and Paramagnetic Properties of Graphene Nanoplatelets Prepared from Biopolymers Using Self-Propagating High-Temperature Synthesis / A. A. Vozniakovski [et al.]. – J. Struct. Chem, 2020. – P. 826–834.