3D-печатные фотополимеры с добавками малослойного графена, полученного в условиях СВС

Титова С.И. [1] , *Возняковский А.А.* [1] , *Возняковский А.П.* [2] , *Кидалов С.В.* [1]

sofia.titova@internet.ru
[1] ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия
[2] ФГБП НИИСК, Санкт-Петербург, Россия

DIGITAL LIGHT PROCESSING (DLP) – метод 3D-печати, основанный на послойном отверждении фотополимерной смолы (ФС) под воздействием УФ-света. Этот метод отличается высокой детализацией и гладкостью поверхности изделий, высокой скоростью печати. Тем не менее изделия из ФС характеризуются низкими значениями прочностных, теплофизических и триботехнических характеристик, что ограничивает их применение. Для улучшения свойств 3D-печатных изделий исследователи добавляют в ФС графеновые наноструктуры, что обусловлено их рекордными характеристиками.

Целью работы является изучение влияния добавок малослойного графена (МГ), полученного в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), на прочностные, теплофизические и триботехнические характеристики фотополимерных изделий. В качестве наполнителя использовали МГ, полученный в условиях СВС из крахмала и окислителя нитрата аммония в соотношении 1:1 [1]. Важным преимуществом этого наполнителя являются: отсутствие дефектов Стоуна-Уэйлса, практически неизбежных при синтезе другими методами, поэтому использование этого наполнителя позволяет значительно улучшить комплекс свойств композитов [2]; возможность легко синтезировать наполнитель в большом объеме.

Модифицирование прозрачной фотополимерной смолы марки Anycubic проводили путем последовательного добавления равномерных порций МГ в чистую ФС, нагретую до 50 °С, при постоянном перемешивании верхнеприводной мешалки (500 об/мин). Концентрация добавок составляла от 0,25 до 4 масс. %, что соответствовало от 0,475 до 7,6 об. %. Полученную суспензию выдерживали в ультразвуковом поле (22 кГц) в течение 1 ч при температуре 50 °С до получения стабильной суспензии, после чего модифицированную ФС охлаждали, помещали в DLP-принтер Anycubic Photon S (Китай) и изготавливали образцы необходимых размеров для измерений по ГОСТ.

В результате модифицирования фотополимерной смолы малослойным графеном, 3D-печати DLP методом и постобработки полимерных композитов в УФ-камере в течение 1 ч удалось повысить твердость по Бринеллю и прочность на изгиб в 2 раза, теплопроводность по методу лазерной вспышки при 25 °С в 6 раз при концентрации МГ 2 масс. %. При дальнейшем увеличении концентрации МГ до 4 масс. % происходит ухудшение перечисленных характеристик. Коэффициент сухого трения в паре стальной стержень-полимерный диск при нагрузке 60 Н практически не зависит от концентрации МГ. Введение добавок МГ уменьшает краевой угол смачивания водой в 1,2 раза, поверхность становится более гидрофобной.

Таким образом, частицы МГ, полученные в условиях СВС-процесса, являются эффективными наполнителями, способными значительно повысить комплекс свойств фотополимерных изделий. Полученные результаты позволяют рассчитывать на расширение спектра применения фотополимерных изделий, например, в приборостроении.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 23-79-10254.

Ссылки

1. A.P. Voznyakovskii, A.A. Vozniakovskii, S V. Kidalov, Nanomaterials (2022), **12(4)**, 657.
2. A.P. Voznyakovskii, A.A. Neverovskaya, A.A. Vozniakovskii, S.V. Kidalov, Nanomaterials (2022), **12(5)**, 883.