

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ БИОКОМПОЗИТАМИ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА – ГИДРОКСИАПАТИТА

Н.Е. Торопков, Н.С. Антонкин, Т.С. Петровская, В.И. Верещагин

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Т.С. Петровская, профессор, д.т.н. В.И. Верещагин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: zerogooff@gmail.com

В настоящее время в ортопедии и травматологии используются, главным образом имплантаты, в основе которых лежат металлы, сплавы, а также биоинертная керамика (алюмо-циркониевая, циркониевая) [1]. Однако имеются области регенеративной медицины, где незаменимой является кальциево-фосфатная керамика и изделия на ее основе. При этом невысокая прочность кальциево-фосфатной керамики не позволяет ее использовать в качестве объемных элементов способных нести поддерживающую функцию, поэтому кальций-фосфатная керамика находит широкое применение в качестве покрытий на металлические и керамические имплантаты, снижая риск отторжения в первые периоды приживания [2, 3]. В стремлении повысить прочность, в кальций-фосфатную керамику вводят добавки, повышающие плотность и прочность, однако при это снижается ее способность к остеоинтеграции [3].

Обширные дефекты костей (например, при онкологии) требуют использования имплантатов со сложной геометрией, что остается труднорешаемой задачей. Отсутствие полной геометрической конгруэнтности имплантата с окружающими тканями приводит к локальному отторжению эндопротеза в зонах с недостаточной интеграцией, к объёмным образованиям фиброзной ткани [4]. Вместе с тем совмещение комплекса рентгеновской томографии, моделирования и 3D-печати открывает перспективы создания индивидуальных имплантатов любой формы.

Целью данного исследования являлась разработка композиционных материалов для 3d-печати (3D-FDM) биоизделий, обладающих физико-химическими свойствами, сопоставимыми со свойствами естественной кости.

Исследуемые композиты на основе ПЛА содержат ГАП в диапазоне от 5 до 30%, и добавки пластификатора от 1 до 4%. Известно, что ГАП сравнительно легко распределяется в растворе ПЛА при введении в количестве до 10% [4]. В результате образуется однородный полидисперсный раствор. Увеличение содержания ГАП до 30% оказывает влияние на эволюцию дисперсной системы, при этом имеет место агрегация частиц ГАП. Формирование агрегатов со средним размером более 50мкм приводит к их седиментации, которая тем более активна, чем большее количество ГАП вводится в полимер.

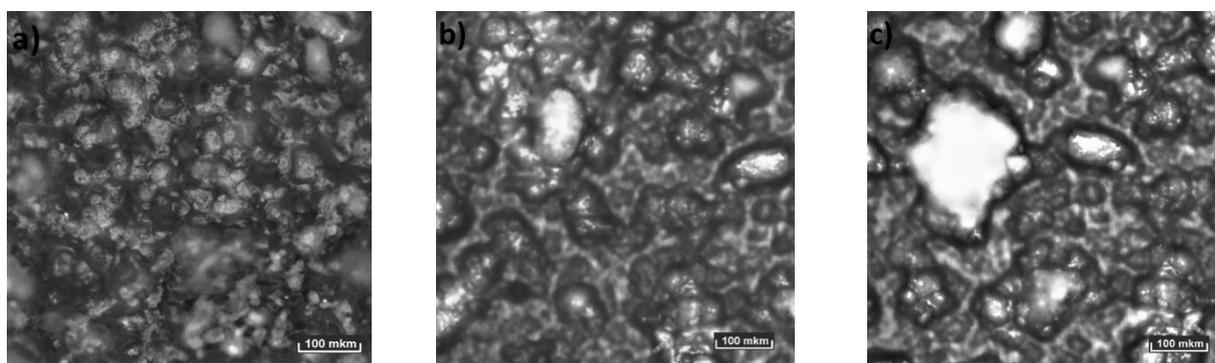


Рис. 1. Микрофотографии пленок композитов, содержащие ГАП: а) – 5%, б) – 15%, с) – 30%

На рисунке 1 приведены микрофотографии композитов исследуемых составов. Агрегация наиболее выражена в составе с содержанием 30%. Введение пластификатора в количестве до 4% позволяет исключить седиментацию и обеспечить однородность композитов, что является важным условием качественной печати.

Другим важным условием точной печати является постоянство диаметра филамента. Известно, что под воздействием адсорбированной воды ПЛА подвергается деградации в интервале температур плавления [5]. На рисунке 2 приведены кривые синхронного термического анализа композита с содержанием ГАП 15%. На кривой ДТА имеются 3 эффекта. При нагревании ПЛА до 50°C (1) происходит его стеклование, в интервале 140-147°C (2) наблюдается конденсация L-лактида, а при 152-156°C (3) разложение мономера L-лактида с образованием летучих продуктов [5]. Кривая ТГ показывает потери веса в 10%, которые обусловлены удалением продуктов разложения (до 5%) и воды.

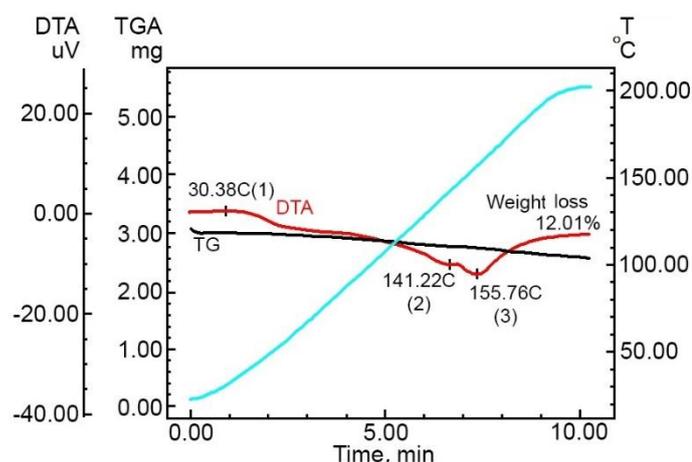


Рис. 2. Результаты синхронного термического анализа композита, содержащего 15% ГАП

Заключение:

Полученные данные показывают, что сочетание ГАП и ПЛА в одном материале, обеспечивают синергию физико-химических свойств исходных материалов и, обеспечивают синергию физико-химических свойств, открывая перспективу их использования в восстановительной медицине.

Для разработанных составов композитов ГАП-ПЛА, содержащих от 5 до 30% ГАП, определены условия получения филамента $d=1,75\pm 0,01$ мм (температура экструзии 140-146°C) и определены параметры печати (температура печати 178-190°C, скорость печати 50-80 мм/с)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Biomaterials science: an introduction to materials in medicine. 2nd edition / Eds. B.D. Ratner, A.S. Hoffman, F.J. Schoen, & J.E. Lemons. San Diego: Elsevier Academic Press, 2004; 851 p.
2. Petrovskaya T.S., Vereschagin V.I., EFFECTIVENESS OF THE TECHNOLOGIES OF TITANIUM IMPLANTS COVERING, Key Engineering Materials. 2015. T. 670. p. 183-188.
3. Sheikh, Z.; Sima, C.; Glogauer, M. Bone Replacement Materials and Techniques Used for Achieving Vertical Alveolar Bone Augmentation. Materials 2015, 8, 2953-2993.
4. Загородний Н.В., Королев А.В., Ахпашев А.А., Гнелица Н.Н., Ильин Д.О., Хасаншин М.М., Лягин А.С. Поведение имплантатов в костной ткани в различные сроки согласно МРТ-исследованию //Режим доступа: http://www.lechenie-sustavov.ru/patient/articles/povedenie_implantatov-v-kostnoj-tkani-v-razlichnye-sroki-soglasno-mrt-issledovaniyu/.
5. E. Jabbari, E. Xuezhong, "Synthesis and Characterization of Bioresorbable in Situ Crosslinkable Ultra Low Molecular Weight Poly(Lactide) Macromere," Journal of Materials Science: Materials in Medicine, Vol. 19, No. 1, 2008, pp. 311-317. doi:10.1007/s10856-006-0020-2.