

Полученные результаты показывают, что электронные пушки с плазменным катодом могут быть использованы для трехмерной модификации поверхности металлов и сплавов и имеют хороший потенциал в различных значимых отраслях науки и техники.

Список литературы

1. Bruce. G. I. Dance, International Patent WO 2002/094497 A3 (2002).
2. Buxton A. L., Dance B.G.I. Proc. of 4th International Surface Engineering Congress(ISEC2005), Minnesota, USA, Aug. 2005.

НАНЕСЕНИЕ БИОАКТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ НА БИОРЕЗОРБИРУЕМЫЕ СКАФФОЛДЫ ИЗ ПОЛИКАПРОЛАТОНА

В.С. БОЧАРОВ, Г.Е. ДУБИНЕНКО, С.И. ТВЕРДОХЛЕБОВ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Лаборатория плазменных гибридных систем
E-mail: vsb27@tpu.ru

По данным исследований, среди ключевых факторов приобретения инвалидности в мире, заболевания опорно-двигательного аппарата занимают второе место [1]. Хирургическая реконструкция, трансплантация и медикаментозная терапия являются текущими основными вариантами лечения различных ортопедических нарушений, включая политравмы и врожденные заболевания [2]. Однако, нередко современные методы лечения в ортопедии и травматологии сопровождаются болевым синдромом, риском инфекций, воспалением окружающих имплантат тканей, риском иммунного отторжения, передачей вирусных и прионных белков при трансплантации [3]. При внедрении имплантата в организм важную роль для его успешной интеграции оказывает поверхностный слой, так как именно поверхность соприкасается с окружающими тканями. Исходя из этого, функционализация поверхности биоактивными и иммуномодулирующими субстанциями является крайне актуальным подходом в разработке новых имплантируемых медицинских изделий для остеосинтеза.

Основной целью данной работы являлась разработка метода нанесения остеостимулирующих покрытий на поверхность пористых трёхмерных тканеинженерных конструкций (скаффолдов), изготовленных из биорезорбируемого полимера поликапролактона (ПКЛ). Несмотря на перспективность и широкие возможности применения скаффолдов на основе биоразлагаемых полимеров, часто данные материалы не обладают свойствами, необходимыми для конкретного применения (механическими характеристиками, гидрофильностью, биологической активностью, и др.). В работе был предложен метод нанесения высокодисперсного порошка гидроксиапатита (ГАП) на поверхность скаффолдов из ПКЛ в среде «плохого» растворителя для повышения биоактивности полимерных скаффолдов. Согласно методу Design of experiments (DOE) были подобраны оптимальные параметры нанесения покрытия, а также исследованы влияние метода нанесения на потерю массы образца и морфология поверхности образца скаффолда с покрытием.

Экспериментальная часть. Из ПКЛ (Sigma-Aldrich, США; M_n 80000 г/моль) был изготовлен филамент для 3D печати и напечатаны опытные образцы пористых скаффолдов. Остеостимулирующее покрытие наносили окунанием ПКЛ скаффолдов в суспензию ГАП (Fluidinova, Португалия) в ацетоне (ЭКОС-1, Россия) при воздействии ультразвука. Для оптимизации параметров нанесения ГАП из суспензии в ацетоне, согласно DOE был

запланирован двухуровневый полнофакторный эксперимент с тремя повторениями и четырьмя центральными точками. В качестве факторов были выбраны массовая концентрация ГАП в ацетоне в диапазоне 5–10 масс.%, температура суспензии ГАП в ацетоне в диапазоне 25-35 °С и время окунания образцов в суспензию в диапазоне 3-7 сек. Образцы после нанесения покрытия оценивали визуально и гравиметрически. Визуально оценивали нарушение пористости образцов, заполнение пор агломератами ГАП. Гравиметрически оценивали изменение массы сухих образцов после нанесения покрытия.

Потерю массы скаффолдов после обработки в суспензии ГАП в ацетоне оценивали гравиметрически. Обработка скаффолдов из ПКЛ в ацетоне при воздействии ультразвука приводит к набуханию приповерхностного слоя и отделению от поверхности скаффолдов частично растворенного полимера. Как показали результаты эксперимента согласно DOE, среднее значение потери массы скаффолдов увеличивается с увеличением температуры и времени обработки (рисунок 2). При этом, было отмечено, что потеря массы после обработки при 35 °С в диапазоне временных интервалов 3-7 сек. статистически не отличается.

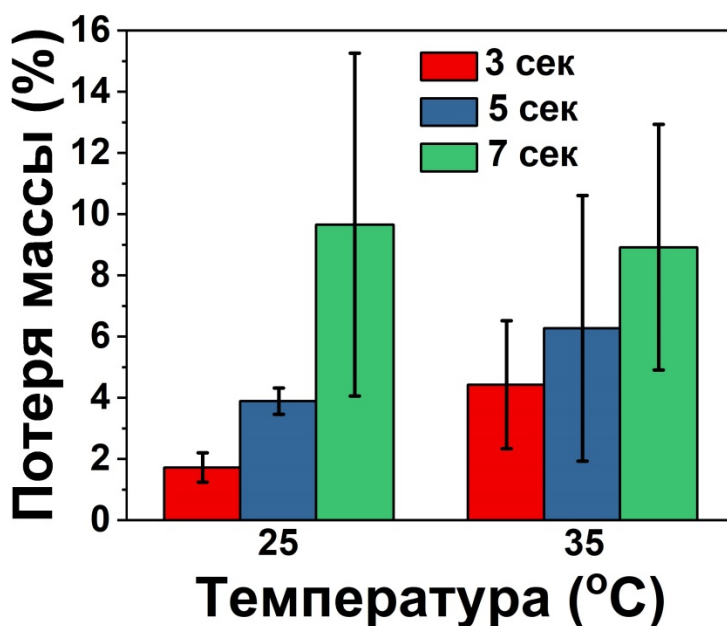


Рисунок 1 – Потеря массы скаффолда при взаимодействии с ацетоном

Целостность скаффолдов, морфологию поверхности и присутствие на поверхности частиц ГАП после нанесения покрытия оценивали по результатам сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) (рисунок 2.). Наблюдение поверхности модифицированных скаффолдов методом СЭМ показал присутствие частиц ГАП на поверхности скаффолдов всех групп. Структура скаффолда в результате обработки в растворителе была сохранена, на поверхности наблюдается нитевидные хлопья полимера с включениями гидроксиапатита. Морфология поверхности скаффолдов изменилась – после обработки в растворителе изначально гладкая поверхность стала шероховатой.

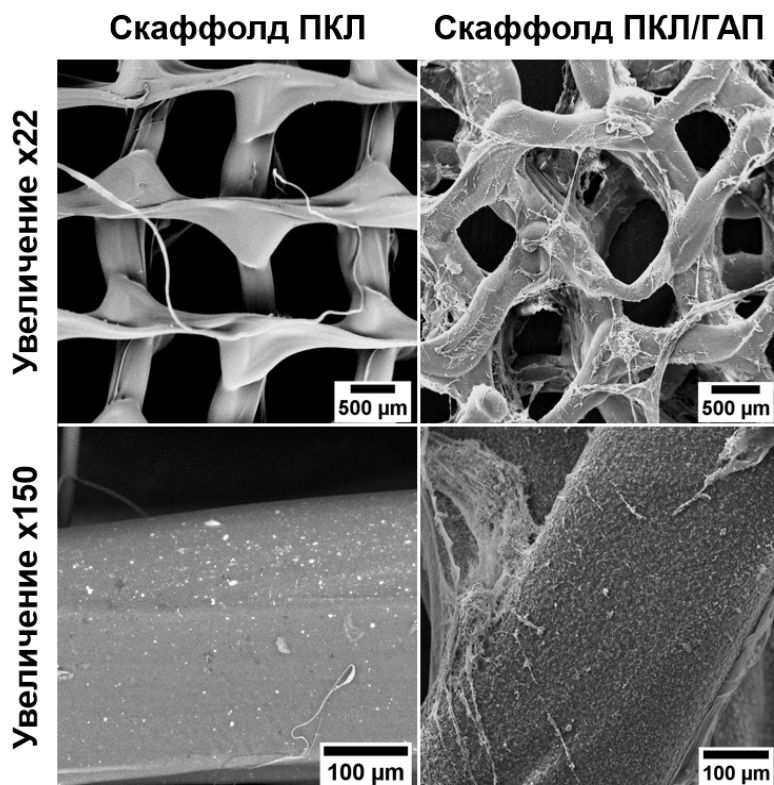


Рисунок 2 – Поверхность образца до и после нанесения гидроксиапатита

Заключение. По результатам исследования была показана возможность нанесения высокодисперсного ГАП на поверхность пористых ПКЛ скаффолдов методом окунания скаффолдов с суспензией ГАП в ацетоне при воздействии ультразвука. Согласно DOE была проведена серия экспериментов и выбраны оптимальные параметры нанесения покрытия. Обработка пористых ПКЛ скаффолдов в суспензии ГАП в ацетоне при температуре 25 °C во временном интервале 3-5 сек приводит к наименьшей потере массы скаффолда и позволяет успешно закрепить на поверхности частицы ГАП.

Работа выполнена при поддержке программы развития ТПУ «Приоритет-2030» (проект № «Приоритет-2030-НИП/ИЗ-011-0000-2022»).

Список литературы

1. Briggs A.M. et al. Musculoskeletal Health Conditions Represent a Global Threat to Healthy Aging: A Report for the 2015 World Health Organization World Report on Ageing and Health // Gerontologist. 2016. Vol. 56. P. S243–S255.
2. Zhang M. et al. Recent developments in biomaterials for long-bone segmental defect reconstruction: A narrative overview // Journal of Orthopaedic Translation. Elsevier (Singapore) Pte Ltd, 2020. Vol. 22. P. 26–33.
3. Keren C.L. et al. Incidence, costs and predictors of non-union, delayed union and mal-union following long bone fracture // Int. J. Environ. Res. Public Health. MDPI AG, 2018. Vol. 15, № 12. P. 2845.