

Литература

1. В.А. Клемин, А.А. Ворожко. Современное состояние вопроса выбора материала для ортопедического лечения больных, нуждающихся в съемном протезировании // Дальневосточный медицинский журнал, 2015, 1, 41-46.
2. J.H. Park, S.H. Lee, K.H. Choi, H.S. Noh, J.W. Lee, S.J. Pearton. Comparison of dry etching of PMMA and polycarbonate in diffusion pump-based O₂ capacitively coupled plasma and inductively coupled plasma // Thin Solid Films, 2010, 518, 6465-6468.
3. A. Bettencourt, A.J. Almeida. Poly(methyl methacrylate) particulate carriers in drug delivery // J. Microencapsul., 2012, 29, 353-367.
4. A.M.S. Hamouda. The influence of humidity on the deformation and fracture behavior of PMMA // J. Mater. Process. Technol., 2002, 124, 238-243.
5. В.В. Карасева. Особенности адаптации к съемным протезам на верхней челюсти у больных со сложночелюстной патологией // Проблемы стоматологии, 2012, 5, 42-48.
6. R.E. Baier. The role of surface energy in thrombogenesis // Bull. NY. Acad. Med., 1972, 48, 257-272.
7. A.S. Hoffman. A general classification scheme for "hydrophilic" and "hydrophobic" biomaterial surfaces // J Biomed. Mater. Res., 1986, 20, ix-xi.
8. H.E. Kaufman, J. Katz, J. Valenti, J.W. Sheets, E.P. Goldberg. Corneal endothelium damage with intraocular lenses: contact adhesion between surgical materials and tissue // Science, 1977, 198, 525-527.
9. В.В. Рыбкин. Низкотемпературная плазма как инструмент модификации поверхности полимерных материалов // Соросовский образовательный журнал, 2000, 6, 58-63.
10. Т.М. Васильева, Д.В. Баяндина. Экспериментальный комплекс для исследования рабочих процессов в пучково-плазменных реакторах биомедицинского назначения // Приборы и техника эксперимента, 2010, 53, 142-150.

**Структурно-морфологические характеристики
плазмонапыленных наноструктурированных 3d покрытий
«титан - замещенные кальцийфосфаты», пригодных для
остеорепарации**

*А.В. Лясникова, О.А. Дударева, О.А. Маркелова, И.П. Гришина, В.Н. Лясников
410054 Россия, Саратов, ул. Политехническая, 77, Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.
e-mail:kafbma2011@yandex.ru*

Приведены результаты исследования структурно-морфологических характеристик покрытий на основе порошковмагний-, цинк-, серебро- и медьзамещенных трикальцийфосфатов. Особое внимание уделено изучению наноструктур в составе плазменного покрытия, определены размеры образований и их локализация.

Structural-morphological characteristics of plasma sprayed nanostructured 3d coatings "titan - substituted calcium phosphates" for osteoreparation. A.V. Lyasnikova, O.A.Dudareva, O.A.Markelova, I.P. Grishina, V.N. Lyasnikov. Investigation results of the structural and morphological characteristics of coatings based on magnesium-, zinc-, silver- and copper substituted tri-calcium phosphate powders are presented. The nanostructure in the plasma coating was studied, the dimensions of the formations and their localization were determined.

Технология электроплазменного нанесения покрытий достаточно давно и с успехом применяется в качестве метода формирования биосовместимых покрытий медицинского назначения, в частности нанесения пористых слоистых покрытий на внутрикостную часть

имплантатов [1]. Применение технологии плазменного напыления особенно актуально при создании объемных 3Dпокрытий, т.к. она позволяет формировать слои достаточно большой толщины, а покрытие при этом представляет собой структуру, состоящую из плотно упакованных сферических и плоских частиц, между которыми имеются пустоты – поры различной конфигурации [2]. Применяют различные технологические схемы напыления в зависимости от необходимых характеристик формируемых покрытий, так напыление можно производить как в атмосфере в присутствии инертного газа (аргон), так и в вакууме [2].

Одной из важнейших характеристик имплантатов является остеоинтеграция, т.е. срастание поверхности имплантата и костной ткани [1]. Одним из путей повышения данного показателя является получение наноструктурированного покрытия. Перспективность применения нанотехнологий при формировании поверхности имплантатов обосновано способностью клеток к взаимодействию с нанометрическим рельефом посредством интегринов, специальных трансмембранных гетеродимерных клеточных рецепторов, взаимодействующих с внеклеточным матриксом и передающих различные межклеточные сигналы [3]. Также доказано [4], что кальцийфосфатные покрытия обеспечивают остеокондуктивные свойства поверхности имплантата. После имплантации кальцийфосфатные соединения подвергаются растворению в перимплантатной области, что увеличивает силу ионных взаимодействий в области имплантации и стимулирует осаждение биологических нанокристаллов апатита на поверхности имплантата, за счет чего обеспечивается формирование матрикса костной ткани[4].

Изучение наноструктур производилось на покрытиях, сформированных на основе порошков магний-, цинк-, серебро- и медьзамещенных трикальцийфосфатов на цилиндрических титановых образцах высотой 1,5 мм и диаметром 6,5 мм. Для подготовки поверхности образцов к напылению проводились их очистка и обезжиривание в установке ультразвуковой очистки, а также воздушно-абразивная обработка поверхности порошком электрокорунда.

Плазменное напыление порошков замещенных трикальцийфосфатов осуществляли при помощи полуавтоматической установки УПН-28 при одинаковых режимах напыления: ток дуги плазматрона – 350 ± 5 А, дистанция напыления порошков до 50 мм, дисперсность порошков до 90 мкм, расход плазмообразующего газа (аргон) – 20 ± 2 л/мин, расход транспортирующего газа (аргон) – 5 ± 2 л/мин, время напыления – 15-20 с.

Результаты сканирующей электронной микроскопии сформированных покрытий показывают, что покрытие на основе магнийзамещенного трикальцийфосфата (Mg-ТКФ) представлено плотноупакованными частицами преимущественно округлой формы размерами 10-20 мкм, на поверхности крупных частиц достаточно хаотично располагаются наночастицы размером до 100 нм. Покрытие на основе цинкзамещенного трикальцийфосфата (Zn-ТКФ) состоит из наложения как плоских расплавленных частиц размером до 90 мкм, так и округлых малопротравленных частиц порошка, на всей поверхности обнаруживается наличие наночастиц порошка размером 30-100 нм. Напыленное покрытие на основе сереброзамещенного трикальцийфосфата (Ag-ТКФ) также имеет в своем составе наночастицы размером от 10 нм, равномерно распределенных по поверхности крупных частиц. Медьзамещенное трикальцийфосфатное (Cu-ТКФ) покрытие представлено наночастицами размером 20-100 нм, расположенных чаще и плотнее на поверхности крупных частиц, чем на предыдущих образцах (рис.1).

Проведенные микроскопические исследование структуры плазменных покрытий на основе замещенных трикальцийфосфатов показывают наличие наночастиц порошка во всех представленных типах покрытий. Причем плотность расположения частиц и их величина зависит от типа замещающего элемента. Можно предположить, что наличие в покрытии наночастиц позволит повысить остеоинтеграционные характеристики внутрикостных имплантатов. Дальнейшим направлением исследования будет проведение комплексных медико-биологических испытаний полученных наноструктурированных покрытий[3, 5].

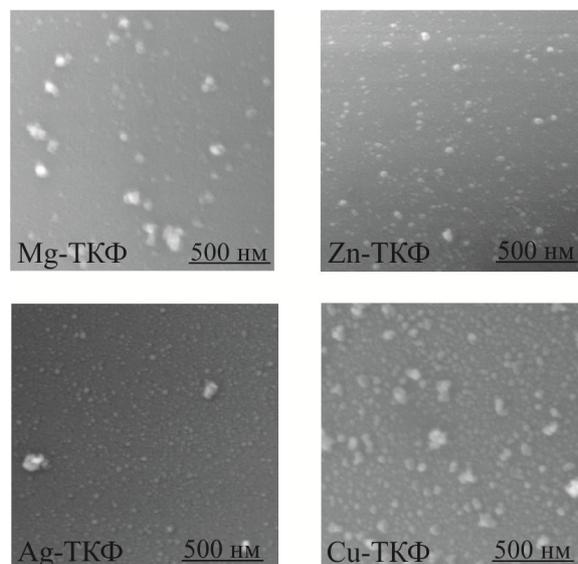


Рис.1. СЭМ изображения наноструктур плазменных покрытий на основе замещенных трикальцийфосфатов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке грантов РФФИ в рамках научных проектов № 16-08-01250 а, № 15-03-02767 а, а также гранта Президента для государственной поддержки молодых российских ученых РФ – докторов наук МД-1403.2017.8 и стипендии Президента РФ для молодых ученых и аспирантов СП-289.2015.4.

Литература

1. Лясников В.Н. Биосовместимые материалы и покрытия медицинского назначения : учеб.пособие / В.Н. Лясников, А.В. Лясникова, Г.П. Фетисов. –Москва: Спецкнига, 2015. – 519 с.
2. Кудинов В.В., Бобров Г.В. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование / М.: Металлургия, 1992. – 432 с.
3. Current Status of Nanotechnology Methods Applied For Dental Implants / Suryakant C. Deogad, GunjanDube, Sumathi K, PrashantDube, UtkarshKatare , DivyaKatare, ShreyanshDamade// International Journal of Pharmaceutical Science Invention, 2015, Vol. 4 Is.7. – PP.32-43.
4. Leeuwenburgh S, Layrolle P, Barre F et al. —Osteoclasticresorption of biomimetic calcium phosphate coatings in vitro // J Biomed Mater Res, 2001, Vol. 56(2). – PP.208-215.
5. Lavenus S., Ricquier J.C., Louarn G., Layrolle P. Cell interaction with nanopatterned surface of implants //Nanomedicine, 2010. – Vol. 5(6). – PP.937-947.