

Ф.А. Горенский, К.А. Егорова, В.В. Сауткин**Научный руководитель – к.т.н., научный сотрудник, Д.А. Синев.**

Введение. Установка титановых костных имплантатов является сложной и дорогостоящей операцией. Помимо ряда послеоперационных осложнений связанных с зарастанием ран и риском заражения, существует еще одна значительная проблема отторжения имплантата из-за воспалительных процессов в мягких тканях вокруг детали. Воспалительные процессы могут начаться ввиду высокого содержания отделившихся частиц титана, которые, находясь в мягких тканях, не могут быть выведены из организма и вызывают реакцию иммунной системы [1]. Такие воспалительные процессы могут стать причиной развития патологической резорбции кости и привести к полному отторжению имплантата. Отделившиеся частицы титана появляются вследствие естественного постепенного растворения поверхности титана, а также откола частиц из-за механических воздействий в процессе эксплуатации [1-2]. Для того, чтобы сократить риск попадания титана в мягкие ткани, необходимо повышать скорость обрастания имплантата костными тканями, которые будут выступать в роли буферного и защитного слоя, а также повышать параметры механической износостойкости для сокращения риска откола частиц. И на сегодняшний день основными методами повышения скорости биообрастания имплантатов костными тканями являются технологии обработки, позволяющие создать поверхностный рельеф особой шероховатости, которая обеспечит лучшую остеоинтеграцию [3]. Еще одним перспективным направлением является формирование поверхностного слоя на титановом имплантате с повышенными пьезоэлектрическими свойствами [4-5]. Такая поверхность стимулирует биообрастание под воздействием ультразвуковых волн, которые генерируются приборами для физиотерапии, применяющимися в процессе реабилитации после операций. Исследования *in vitro* подтверждают, что под воздействием ультразвуковых волн подложка с пьезоэлектрическим покрытием обрастает большим количеством тканей за равные промежутки времени в сравнении с обычной поверхностью медицинского имплантата [5]. Однако, на данный момент не существует комбинированной технологии нанесения пьезоэлектрических покрытий с особым рельефом и увеличением износостойкости поверхности имплантатов с помощью лазерного воздействия.

Основная часть. Разработанная методика аддитивной лазерной обработки титана с использованием порошка графита [6] позволяет модифицировать поверхностный слой титановой подложки для достижения значительного увеличения твердости и износостойкости поверхностного слоя с сохранением всех упругих и пластичных характеристик детали. На основе вышеуказанной методики был разработан новый эксперимент по спеканию двухкомпонентной системы из порошков SrCO_3 и TiO_2 импульсным лазерным воздействием в ближнем ИК-диапазоне для создания поверхностной структуры на титане с повышенными пьезоэлектрическими свойствами. Данная методика позволяет использовать механизм ударной закалки титана для повышения твердости поверхностного слоя, на поверхность титана наплавляется покрытие с повышенными пьезоэлектрическими свойствами, которое должно обеспечить повышенную скорость обрастания поверхности костными тканями для снижения риска отторжения имплантата.

Выводы. В ходе проведенной экспериментальной работы были получены следующие основные результаты:

1. В настоящей работе были исследованы пьезоэлектрические свойства модифицированной поверхности титана, после спекания на поверхности двухкомпонентной

системы из порошков SrCO_3 и TiO_2 импульсным лазерным воздействием в ближнем ИК-диапазоне.

2. Для модифицированной поверхности и бокового скола структуры была произведена оценка твердости и износостойкости, а также произведен сравнительный анализ с характеристиками исходной титановой подложки.

3. Разработанная методика представляет интерес в качестве уникальной технологии обработки титановых имплантатов с использованием порошков SrCO_3 и TiO_2 и импульсного лазерного воздействия в ближнем ИК-диапазоне для создания функциональных поверхностных структур.

Финансирование исследования выполнено за счет НИРСИИ Университета ИТМО (проект №640114 Метод синтеза параметров обработки материалов на основе строгих (математических) и нестрогих (машинных) предсказаний).

Список использованных источников:

1. Apaza-Bedoya K. et al. Synergistic interactions between corrosion and wear at titanium-based dental implant connections: A scoping review //Journal of Periodontal Research. – 2017. – Т. 52. – №. 6. – С. 946-954.

2. Bianco P. D., Ducheyne P., Cuckler J. M. Local accumulation of titanium released from a titanium implant in the absence of wear //Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials and The Japanese Society for Biomaterials. – 1996. – Т. 31. – №. 2. – С. 227-234.

3. Wang C. et al. Enhanced osseointegration of titanium alloy implants with laser microgrooved surfaces and graphene oxide coating //ACS applied materials & interfaces. – 2019. – Т. 11. – №. 43. – С. 39470-39483.

4. Tandon B., Blaker J. J., Cartmell S. H. Piezoelectric materials as stimulatory biomedical materials and scaffolds for bone repair //Acta biomaterialia. – 2018. – Т. 73. – С. 1-20.

5. Wu C. et al. A novel structure design of barium strontium titanate piezoelectric coating on titanium surface enhanced its response to low-intensity pulsed ultrasound //Surface and Coatings Technology. – 2024. – Т. 479. – С. 130497.

6. Egorova X. A. et al. Hardness enhancement by laser modification of titanium under an auxiliary graphite layer //Applied Physics A. – 2023. – Т. 129. – №. 12. – С. 855.