

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы **Килиной Полины Николаевны** «*Формирование периодической структуры армирующего каркаса костной ткани на основе порошкового титанового сплава селективным лазерным плавлением*», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.16.06 - «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

Использование в биомедицинских целях титановых сплавов, обладающих необходимыми биомеханическими свойствами, биосовместимостью и коррозионной стойкостью, представляет собой одно из актуальных, перспективных и наукоемких направлений развития технологий селективного лазерного плавления (СЛП). Изготовление ячеистых имплантатов с регулируемой и прогнозируемой структурой и геометрией методом СЛП является сложной, но и перспективной задачей современной реконструктивной стоматологии. Их использование позволяет решить ряд задач, представляющих значительный интерес для биомедицинских приложений. Поэтому научное обоснование оптимальных технологических параметров изготовления ячеистых имплантатов на основе порошкового титанового сплава Ti6Al4V с использованием технологии СЛП и соответствующей им микроструктуры является актуальной научной и прикладной задачей.

Исследования, выполненные в диссертации, направлены на разработку ячеистых имплантатов на основе порошкового титанового сплава, анализ структур, образовавшихся в процессе СЛП, и, в конечном счете, на изготовление опытных образцов имплантатов для замещения дефектов костной ткани.

Для достижения поставленной в диссертационной работе цели автором решен ряд научных металлофизических, металлургических и технологических задач, наиболее значимыми из которых являются:

- 3D-моделирование единичной ячейки структуры каркаса костной ткани и проектирование на ее основе модели ячеистого материала с регулируемой макропористостью;
- на основе анализа закономерностей структурообразования выбор и обоснование режимов СЛП, обеспечивающих требуемые характеристики конструируемого ячеистого материала;
- разработка методики прогнозирования прочностных и упругих свойств металлических высокопористых материалов с регулируемой макроструктурой и обоснование диапазона структурных параметров, обеспечивающих соответствие физико-механических свойств проектируемых изделий свойствам костной ткани;
- создание опытных образцов имплантатов с ячеистой структурой из порошкового титанового сплава Ti6Al4V, анализ возможности их применения для замещения дефектов костной ткани и исследование процессов регенерации костных структур после внедрения имплантатов в костные ткани животных.

Научную новизну диссертационной работы определяют:

- разработанная модель макроструктуры для создания порошковых ячеистых имплантатов, учитывающая архитектуру костной ткани челюстно-лицевой области и обеспечивающая ее максимальное заполнение;

- разработанная методика прогнозирования упругих и прочностных свойств ячеистых материалов из порошка Ti6Al4V, полученных методом СЛП, обеспечивающая регулируемость структуры и заданные механические свойства;

- установленная и доказанная возможность изготовления ячеистых конструкций с заданной геометрией и микропористостью с физико-механическими свойствам, соответствующими костной ткани челюстно-лицевой области.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке и апробации технологического процесса изготовления сложнопрофильных имплантатов с ячеистой макроструктурой из титанового сплава Ti6Al4V; разработке конструкций имплантатов для замещения дефектов костных структур (патенты на изобретение №2581263 и 2612123). Практическую значимость результатов работы подтверждают результаты применения имплантатов, свидетельствующие о сокращении сроков регенерации костной ткани в 2-2,5 раза.

Обоснованность научных положений и достоверность результатов диссертационной работы подтверждаются грамотным использованием основных положений порошковой металлургии, теории планирования эксперимента; применением современных диагностических средств и испытательного оборудования, согласованием с известными литературными данными.

По автореферату имеются следующие замечания и вопросы:

1. Результаты, представленные в третьей главе, сравниваются с данными 3D-модели. При этом данные о самой модели и результатах, полученных на модели, в автореферате не приведены, хотя среди основных задач работы задача 3D-моделирования названа в числе основных. Почему в качестве базовой принята модель на основе ячеек Вигнера-Зейтца, а не полиэдров Вороного-Дирихле?

2. Об определении каких упругих и прочностных характеристиках идет речь в 3-ей главе (стр. 8, 2-ой абзац сверху)? Здесь же (стр. 8) утверждается, что установлены режимы СЛП, при которых шероховатость поверхности достаточна для адгезии клеток костной ткани с поверхностью перемычек имплантата. Вопрос: как определяется требуемая величина шероховатости, ее численное значение?

3. Проводилась ли оценка значимости коэффициентов регрессии в уравнениях (1)-(6)? В виду малости вызывает сомнение значимость коэффициентов при тройных взаимодействиях в этих уравнениях. Как правило, тройные взаимодействия не оказывают значимого влияния на параметр оптимизации. Здесь ситуация обратная. Почему?

4. Является ли анализируемая геометрия ячейки (стр. 12) с диаметром 3 мм и размером перемычки 0,3 мм – оптимальной с точки зрения обеспечения прочности конструкции? Проводились ли аналогичные исследования, в том числе испытания на сжатие и фрактография, для ячеек с другими размерами?

5. По тексту автореферата и в п.3 Выводов (стр. 16): о какой мощности лазерно-

