

**ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИИ КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ К ИМПЛАНТАТУ В
ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ**

М.А.Мещерякова, Е.А.Харапудченко, Е.Н.Больбасов

Научный руководитель: доцент, к.ф-м.н. С.И.Твердохлебов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: mariameseryakova@gmail.com

**STUDY OF ADHESION OF COMPOSITE COATINGS TO THE IMPLANT DEPENDING ON THE
METHOD OF SURFACE PREPARATION**

M.A. Meshcheryakova, E.A.Kharapudchenko, E.N.Bol'basov

Scientific Supervisor: Associate Professor S.I.Tverdokhlebov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: mariameseryakova@gmail.com

Abstract. *In the study the coatings were obtained on titanium substrates using four different methods: etching of substrates in an aqueous solution of nitric and hydrofluoric acids; forming of the oxide layer on the surface using electrochemical oxidation of the surface; forming of the calcium phosphate coating on the surface using micro-arc oxidation; forming of the titanium layer on the surface using arc evaporation of titanium target. The polymer layer was formed from a 1% solution of polylactic acid (PURASORB PL 38) and trichloromethane. The study of adhesion was carried out in accordance with the requirements of GOST R 52641-2006 "Implants for surgery. Standard test method for shear testing of calcium phosphate coatings and metallic coatings." The study of morphology of coatings was performed using scanning electron microscopy.*

Введение. В современной медицине широко используются металлы и сплавы в качестве материала для изготовления имплантатов в травматологии, ортопедии, челюстно-лицевой хирургии, стоматологии и т.д. Самыми популярным и применяемым в медицине металлическим материалом является титан и его сплавы. Несмотря на то, что титан относительно давно нашёл применение в имплантологии, он нуждается в улучшении своих механических, химических и биологических свойств. С целью сокращения сроков лечения, на поверхности титановых имплантатов формируют различные биопокрывтия, которые должны сочетать биологическую активность и высокую механическую прочность.

Адгезионная прочность покрытий к металлической поверхности имплантата - один из важнейших параметров биопокровтий. Это определяющий фактор, от которого зависит долговечность имплантата и эффективность лечения в целом. Разработка эффективных имплантатов для регенерации костной ткани, содержащих металлический каркас, интегрированный с биорезорбируемым полимерным композитным материалом, невозможна без создания хорошего адгезионного слоя между металлической подложкой и композитным материалом. Кроме этого, успех имплантата определяется прочностью адгезионных соединений между биорезорбируемым композитом и неорганическим биологически активным наполнителем, распределённым в полимерной матрице. Удельная работа разрушения адгезионной связи

является количественной характеристикой соединения. Таким образом, количественно об адгезии судят по работе, затраченной на разрушение адгезионного соединения.

Материалы и методы исследования. Для исследования были использованы образцы, из титанового сплава марки ВТ1-0 размерами 40×20×3 мм.

Поверхности модельных имплантатов были подготовлены четырьмя различными способами: травлением заготовки в водном растворе азотной и плавиковой кислот; формированием на поверхности оксидного слоя, методом электрохимического оксидирования поверхности в 10% растворе H_3PO_4 ; формированием на поверхности кальций фосфатного покрытия методом микродугового оксидирования в растворе электролит на основе ортофосфорной кислоты (H_3PO_4); формированием на поверхности титанового слоя методом дугового испарения титановой мишени.

Исследование морфологии материалов проводили с использованием электронного микроскопа JCM-6000 (JEOL, Japan).

Шероховатость поверхности исследовали с применением контактного профилометра Talysurf 5-120 (Taylor-Hobson, Англия) в двух перпендикулярных направлениях.

Полимерный слой покрытия сформирован из 1 % раствора полимолочной кислоты марки PURASORB PL 38 в трихлорметане.

Результаты. Результаты измерения шероховатости покрытий полученными различными методами представлены в таблице 1. Значение показателей прочности и относительного удлинения композитных покрытий к поверхности к поверхности модельных имплантатов представлены в таблице 2. Изображения поверхностей модельных имплантатов, полученные методом электронной микроскопии представлены на рисунке 1.

Таблица 1

Шероховатость поверхности имплантатов полученными различными методами.

Тип поверхности	Травление	Электрохимическое оксидирование	Микродуговое оксидирование	Дуговое испарение
Ra, мкм	0,98	1,08	1,37	1,48

Таблица 2

Зависимость адгезионной прочности композитного покрытия к модельному имплантату в зависимости от типа покрытия

Тип поверхности	Адгезионная прочность композитного покрытия, МПа
Травление	16,2 ± 2,4
Электрохимическое оксидирование	22,3 ± 1,8
Микродуговое оксидирование	15,2 ± 2,2
Дуговое испарение	18,4 ± 3,2

Проведённые исследования показывают, что наибольшими значениями адгезионной прочности композитного материала наблюдается к поверхности модельного имплантата полученного

методом электрохимического оксидирования. Это, с одной стороны, связано с развитой структурой поверхности, а, с другой стороны, объясняется высокими значениями показателей адгезионной и когезионной прочности тонкой плёнки диоксида титана сформированной на поверхности.

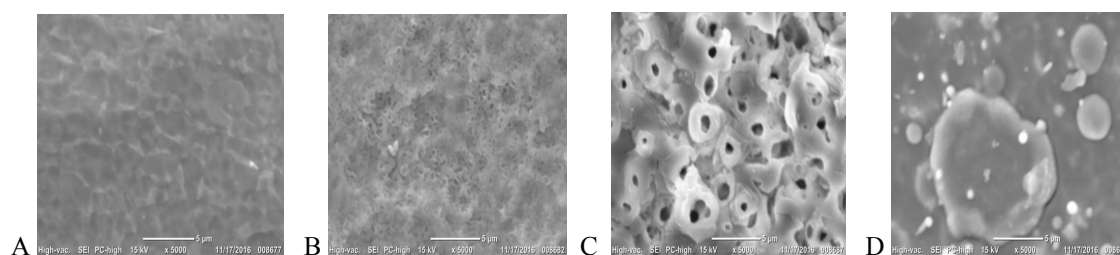


Рис. 1. Поверхность модельных титановых имплантатов подготовленных для изучения влияния типа покрытия на адгезию композитного покрытия. А – поверхность полученная травлением, В – поверхность полученная электрохимическим оксидированием, С – поверхность полученная микродуговым оксидированием, D – поверхность полученная методом дугового испарения титановой мишени

Развитый рельеф поверхности покрытия, полученного методом микродугового оксидирования, в меньшей степени стимулирует адгезию полимерного композита к своей поверхности. Вероятно, это обусловлено особенностями их внутренней структуры. Так как оксидирование в микродуговом режиме связано с процессом резкого охлаждения высокотемпературной плазмы водным электролитом, то это приводит к формированию керамических структур с высокими внутренними напряжениями и высокой дефектностью, что существенно снижает их способность противостоять растягивающим деформациям в тесте измерения адгезии. Таким образом, адгезия полимерных композитов с таким покрытием ограничена низкой когезионной прочностью последних.

Сопоставимые параметры адгезионной прочности, наблюдаемые к имплантатам, поверхность которых получена травлением в растворе минеральных кислот и дуговым испарением титановой мишени обусловлены схожестью химического состава их поверхности. При этом большие значения этого параметра у покрытий, полученных методом дугового испарения, связаны с более высокими значениями параметра шероховатости этих покрытий.

Авторы выражают признательность заведующему лаборатории Кафедры технологии силикатов и наноматериалов Игнатову В.П. за помощь в получении покрытий методами электрохимического оксидирования и микродугового оксидирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян В.В., Твердохлебов С.И., Большасов Е.Н., Игнатов В.П., Шестериков Е.В. Остеоиндуктивные покрытия на основе фосфатов кальция и перспективы их применения при лечении политравм // Политравма. – 2011 – №. 3 – С. 5–13.
2. ГОСТ Р 52641-2006 Имплантаты для хирургии. Стандартный метод испытаний для проверки на сдвиг фосфатно-кальциевых и металлических покрытий – Москва: Стандартформ, 2007.
3. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики – Москва: Стандартформ, 2006.