

Методика исследования смачиваемости и адсорбционной способности титановых имплантатов

Киселев М.Г., Савич В.В., Павич Т.П.

Белорусский национальный технический университет
ИПМ НАН Беларуси

Введение. Титановые сплавы – материалы XXI века. С середины прошлого столетия они широко применяются в авиационной и космической технике, судостроении, а также в медицине – для изготовления имплантатов. Титановые сплавы обладают рядом уникальных свойств. Они имеют значительно большую удельную прочность по сравнению со сталями, высокую коррозионную стойкость и сопротивление усталости [1]. Приведенные характеристики титановых сплавов позволяют сделать вывод о том, что эти материалы являются перспективными для конструирования имплантатов, так как выдерживают высокие циклические нагрузки, возникающие при ходьбе и других движениях человека, а также являются биоинертными к тканям и жидкостям организма.

Одной из актуальных задач в области разработки современных и эффективных имплантатов является поиск способов обработки материалов, из которых они производятся. Не менее важной задачей является разработка методик оценки физических свойств поверхности имплантатов, таких как удельная поверхность, шероховатость, топология работы выхода электрона, краевой угол смачивания.

Цель работы – исследование влияния методов обработки поверхности титанового сплава на ее смачиваемость и адсорбционную способность.

Методика эксперимента. Для проведения экспериментов были изготовлены образцы (пластины размерами 20×20×4 мм) из титанового сплава ВТ1-0. Данный сплав был выбран в связи с тем, что он широко используется в производстве дентальных и ортопедических имплантатов, и содержит легирующие компоненты и примеси в минимальных количествах – менее 0,5 % [2].

Образцы подвергались следующим видам обработки:

1. электрохимической полировке – для данного вида обработки использовался водный раствор солей низкой концентра-

ции (3-6%), а также импульсы электрического тока определенной частоты, длительности и формы, оптимальные для титанового сплава ВТ1-0 и описанные в работе [3];

2. струйно-абразивной обработке корундом и стальной колотой дробью с двумя характерными размерами частиц $\varnothing 0,1-0,2$ и $\varnothing 0,5-1$ мм соответственно.

Исследование зависимости краевого угла смачивания от вида обработки поверхности образца проводилось по методу лежащей капли[4]:

- на предварительно очищенную поверхность титанового образца при помощи шприца наносились капли физраствора;
- капли фотографировались цифровой камерой;
- по фотографии с использованием анализатора изображения МОР-АМОЗ определялись параметры капли (рис. 1), необходимые для расчета краевого угла смачивания (h – высота сегмента круга, l – длина хорды).

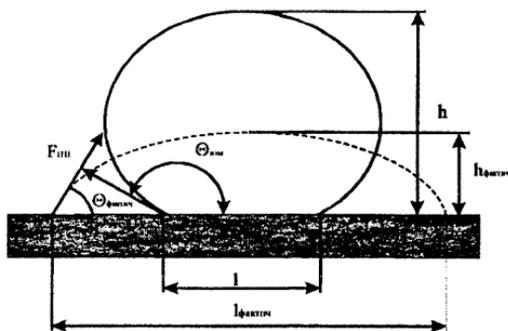


Рис. 1 Геометрические параметры капли

Результаты исследования.

Для измерения параметров шероховатости поверхности R_a и R_z использовался профилограф-профилометр модели 252.

Результаты измерений приведены в таблице 1.

Параметры шероховатости

Таблица 1

Вид обработки поверхности	R_a , мкм	R_z , мкм
Исходный образец	1,3	6,22
Полирование	0,7	4,55
Пескоструйная обработка	2,67	18,72
Дробеструйная обработка	7,69	27,94

Результаты прямых измерений краевого угла смачивания представлены на диаграмме (рис. 2).

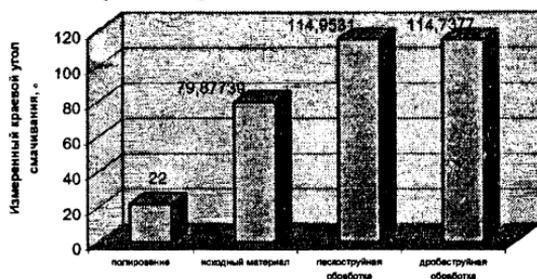


Рис. 2 Диаграмма зависимости измеренного краевого угла смачивания от вида обработки исследуемой поверхности

Из представленных результатов видно, что с увеличением шероховатости ухудшается смачивание, что, в свою очередь, противоречит основным законам физической химии. Еще в 40-е годы XX века теоретически и экспериментально было подтверждено уравнение Венцеля-Дерягина, которое показывает, что смачивание зависит от физической шероховатости и структурной неоднородности поверхности [5] и с увеличением различий по этим параметрам от идеальной однородной поверхности твердого тела косинус краевого угла смачивания стремится к 1, а сам угол – к 0 градусов.

На основании вышеуказанной закономерности нами сделано предположение, что истинный периметр смачивания можно определить, учитывая эмпирический коэффициент, определяемый из отношения параметров шероховатости исследуемой и поли-

рованной поверхностей $R_{a(шер)}/R_{a(полир)}$. При этом изображение капли с учетом этого коэффициента существенно будет отличаться от видимого и зафиксированного. Периметр (диаметр контактной окружности) капли увеличивается, а высота уменьшается.

На рис. 3 представлены уточненные таким образом значения краевых углов. Данные краевые углы уже коррелируют с известными закономерностями (см. рис. 3), что свидетельствует об обоснованности и косвенной достоверности проведенной корректировки.



Рис. 3 Диаграмма зависимости фактического краевого угла смачивания от вида обработки исследуемой поверхности

Для измерения удельной поверхности использовался анализатор удельной поверхности Акусорб-2100.

Удельная поверхность – характеризует свободную поверхностную энергию, определяет кинетику и динамику ряда физико-химических процессов на этой поверхности, среди которых для данного исследования наибольший интерес представляет смачивание и адсорбция. Удельная поверхность образца, подвергнутого дробеструйной обработке по сравнению с полированным образцом на 2 порядка выше, что дает предпосылки для ожидания дополнительного улучшения смачивания обработанного данным методом образца.

Выводы:

Как видно из экспериментальных данных, проведенная обработка поверхности образцов существенно изменяет параметры поверхности. Так, установлено влияние методов обработки поверхности образцов на значение краевого угла смачивания, удельную поверхность, а следовательно и на смачиваемость образцов физиологическим раствором. Экспериментально показано, что с ростом отклонения параметров исследуемой поверхности от полированной, краевой угол уменьшается от 22-24 градусов до 2-2,5, а удельная поверхность образца, подвергнутого дробеструйной обработке по сравнению с полированным образцом на 2 порядка выше. Вследствие этого ожидается существенное влияние этих методов и на другие физико-химические параметры поверхности.

Литература

1. Технология производства титановых самолетных конструкций/ А.Г. Братухин, Б.А. Колачев, В.В. Садков и др. М.: Машиностроение, 1995г. – 448с.
2. Савич В.В., Киселев М.Г., Воронович А.И. Современные материалы хирургических имплантатов и инструментов. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 119с.
3. И.С. Куликов, С.В. Ващенко, В.Л. Ермаков. Основные закономерности полировки металлических изделий плазменно-электролитным методом. Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии: Тез. Докл. 5-й Междун. Науч.-техн. конф./ под ред. А.И. Свириденка, А.А. Михалевича. – Гродно: ГрГУ 2002. – с. 110-111.
4. Справочник. Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества./Под ред. А.А. Абрамзона, Е.Д. Щукина – Ленинград: Химия, 1984. – 392с.
5. А. Адамсон Физическая химия поверхности. – М.: Мир, 1979. – 568с.