

А.Ю. Бровин, доц., канд. техн. наук;
А.И. Фесенко, асп.; В.И. Тычина, магистрант
(НТУ «ХПИ», г. Харьков)

НАНЕСЕНИЕ ГИДРОКСИАПАТИТА НА СПЛАВЫ ТИТАНА КАТАФОРЕТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Синтетический аналог неорганической составляющей костной и зубной тканей гидроксиапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ – способен стимулировать репаративный остеогенез и восстанавливать травмированную кость, не вызывая реакции иммунного отторжения [1,2]. Поэтому задача получения равномерных гидроксиапатитных покрытий на поверхности сплавов титана в настоящее время актуальна, а ее решение востребована производителями имплантатов. Большинство предложенных способов получения покрытий на основе гидроксиапатита имеют существенные недостатки: золь-гель, плазменное, электролитическое осаждение, не обеспечивают достаточную воспроизводимость элементного и фазового состава, его однородность, существует проблема загрязнения покрытий компонентами растворов, недостаточной адгезии покрытий вследствие загрязнения подложек [2].

Известные способы электрофоретического нанесения дисперсного гидроксиапатита на металлическую основу из водных электролитов обеспечивают осаждение однородных покрытий на металлические поверхности достаточно сложного профиля. В данной работе, для улучшения равномерности покрытий гидроксиапатитом, предлагается использование неводного электролита на основе низших алканов с протондонорными добавками.

Известно, что низшие алканы в присутствии оснований ведут себя как слабые кислоты и проявляют протондонорные свойства. Таким образом, они могут диссоциировать с образованием протона и алкоксид-аниона. Частицы гидроксиапатита по своей природе являются основаниями и в среде низших алканов адсорбируют на своей поверхности недиссоциированные молекулы спирта. Адсорбированные молекулы диссоциируют с образованием протона и алкоксид-аниона. Затем происходит десорбция алкоксид-аниона и поверхность частицы гидроксиапатита получает положительный заряд [3]. Схема вероятного механизма процесса заряжания поверхности приведена на рис. 1. Косвенным доказательством такого механизма является тот факт, что свежеприготовленная гетерогенная система гидроксиапатит-алкан не позволяет вести осаждение с достаточной для практического применения скоростью. Это объясняется замедленностью описанных выше химических и адсорбционных процессов. Для образования достаточ-

ного количества заряженных частиц необходима длительная выдержка системы. Введение небольшого количества активной протондонорной добавки действует подобным образом и вероятный механизм процесса так же имеет три основных этапа. На первом этапе молекула добавки адсорбируется на участке частицы гидроксиапатита, который имеет основные свойства. На втором этапе происходит диссоциация молекулы, на третьем анион десорбируется, а протон остается, обеспечивая положительный заряд поверхности.

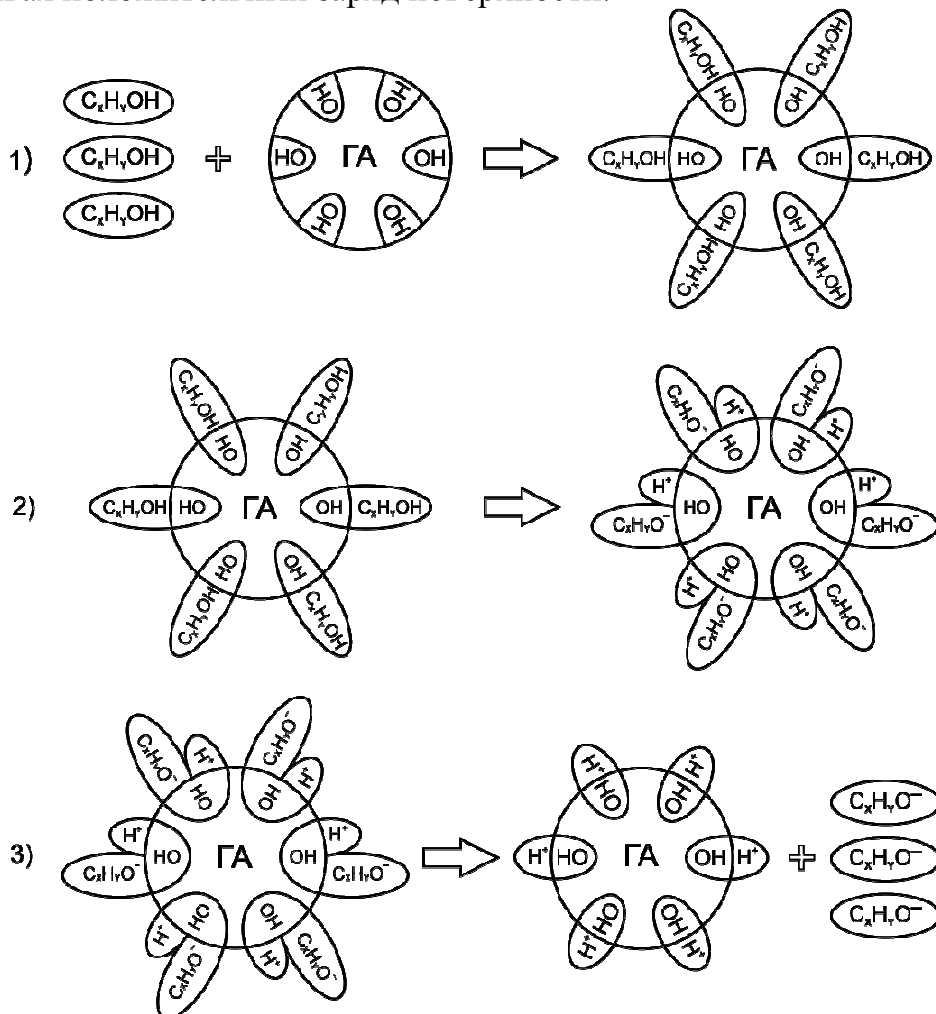


Рисунок 1 - Схема вероятного механизма процесса зарядки поверхности частиц гидроксиапатита

Дисперсный гидроксиапатит получали по методике, описанной в [2]. Конечный размер частиц в электролите не превышал 25 мкм. Катодная плотность тока изменялась в пределах от 0,1 до 0,6 мА/см², температура от 293 до 323К.

Известно, что напряжение является основной движущей силой электрофоретического переноса. Поэтому повышение напряжения и,

соответственно, напряженности электрического поля это один из путей интенсификации процесса. Для изучения влияния напряженности электрического поля на скорость процесса осаждения была выполнена серия измерений, в которых напряженность менялась в диапазоне от 20 до 150 В/см. В качестве электролита использовалась суспензия с содержанием твердой фазы гидроксиапатита в количестве 15 г/дм³. Вторая серия измерений проводилась в присутствии протондонорной добавки в количестве 0,75 ммоль/дм³.

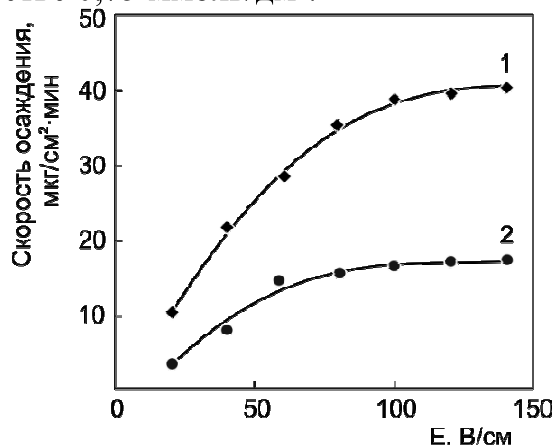


Рисунок 2 - Зависимость скорости электрофоретического осаждения гидроксиапатита от напряженности электрического поля E с протондонорной добавкой (1) и без нее (2)

Экспериментальные данные, приведенные на рис. 2 показывают, что, влияние напряженности электрического поля в обоих случаях сходно. Графические зависимости можно условно разделить на две части. Первая часть соответствует диапазону E от 20 до 70 В/см и характеризуется резким увеличением скорости осаждения с ростом напряженности поля. На второй части зависимости рост скорости осаждения замедляется и при величинах превышающих 120 В/см скорость осаждения стабилизируется. Так же напряженность поля оказывала значительное влияние на однородность и равномерность полученных покрытий на образцах имплантатов сложной геометрической формы. При напряженности поля более 70 В/см наблюдалась неравномерность на резьбах. Характер неравномерности заключался в том, что на витках резьбы осаждалось избыточное количество покрытия, тогда как на заглубленных участках покрытие имело недостаточную толщину или отсутствовало вовсе. Так же при напряженности поля более 100 В/см покрытия получались грубыми, с видимой неравномерностью рельефа. Таким образом можно сделать вывод о том, что для получения равномерных покрытий на образцах имплантатов сложной формы целесообразно использовать напряжения, обеспечивающие напряженность электрического поля в пределах от 35 до 70 В/см.

В результате проведенной работы на металлической основе (сплав ВТ-6) были получены равномерные осадки гидроксиапатита различной толщины. Последующий обжиг осадка в атмосфере азота при 1150К позволил получить сплошное покрытие, представляющее собой кристаллическую фазу состава Ca/P \approx 1,67.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sam Zhang. Hydroxyapatite Coatings for Biomedical Applications. Series: Advances in Materials Science and Engineering. CRC Press, 2013. 463 p.
2. Синтез нанокристаллических пленок гидроксиапатита / В.М. Иевлев, Э.П. Домашевская, В.А. Терехов, В.М. Кашкаров, В.М. Вахтель, Ю.Д. Третьяков, В.И. Путляев, С.М. Баринов, В.В. Смирнов, Е.К. Белоногов, А.В. Костюченко // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2007. – Т.9. – №3. – С. 209-215.
3. Zude FENG, Qishen SU, Zuochen LI. Electrophoretic Deposition of Hydroxyapatite Coating. J Mater Sci Technol, 2003, 19(01): 30-32/

УДК 621.35

В.М. Артеменко¹, доц. канд. техн. наук;
А.А. Майзелис¹, канд. техн. наук;
Л.П. Шевченко², В.И. Сендецкая²
(¹НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина,
²ТЦ «Полимер-механика», г. Харьков, Украина)

АСПЕКТЫ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОЛИТОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ЦИНКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Введение. Цинковые покрытия занимают ведущее место среди гальванических покрытий благодаря обеспечению надежной защиты стальной основы от коррозионного разрушения.

На основании обзора электролитов цинкования можно констатировать, что из многих сотен запатентованных электролитов (на основе как простых гидратированных, так и комплексных ионов цинка) лишь некоторые прошли испытание временем и условиями производства и используются в промышленности. В настоящее время получили распространение высокоэффективные современные технологии, в которых наибольшее применение нашли три основные группы электролитов: электролиты на основе простых гидратированных ионов цинка, аммиакатные электролиты и электролиты, содержащие гидроксокомплексы цинка.

Методика. Для проведения сравнительной оценки из каждой группы выбраны электролиты, которые хорошо зарекомендовали себя