

УДК 539.216.2

МИКРОНАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ГУБЧАТОМ ТИТАНЕ

О. Д. КОЗЛОВА

Научный руководитель К. В. СТЕПАНОВА, канд. техн. наук, доц.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск, Россия

Весьма актуально создание новых композитных материалов с развитой поверхностью для решения прикладных задач катализа и фотокатализа, энергетики и медицины [1]. Перспективной матрицей-основой для нанесения покрытий различной функциональности являются пористые порошковые материалы из губчатого титана (ППМ ГТ), т. к. они исходно обладают высоким значением удельной поверхности. Показано [2, 3], что анодирование в особых условиях ППМ ГТ позволяет синтезировать на их поверхности анодные оксиды Ti как с нанотрубчатой/нанопористой морфологией, так и с иерархической микронаноструктурой, модификация которых наночастицами (НЧ) позволяет создать композит с уникальными характеристиками. Электрохимическое окрашивание (ЭХО) анодированных материалов – один из методов создания композитов с НЧ Cu/CuO, позволяющий контролировать размер, морфологию и количество осажденных НЧ, варьируя параметры процесса [4].

Целью работы является анодный синтез оксидного слоя на образцах ППМ ГТ марки ТПП-6 (рис. 1, а) в 10 % H_2SO_4 + 0,15 % HF и последующая модификация НЧ Cu/CuO. Анодирование выполнялось в течение 1 ч в гальваностатическом режиме – ГСР ($j_m = 202$ мА/г) и вольтстатическом режиме – ВСР ($U_a = 15$ В). Впервые выполнена модификация НЧ Cu/CuO кратковременным (100...300 с) электрохимическим окрашиванием на переменном токе при $U = 1,4...2$ В [5] в растворе 20 г/л $CuSO_4$ + 20 г/л $MgSO_4$ + 6 г/л H_2SO_4 [2].

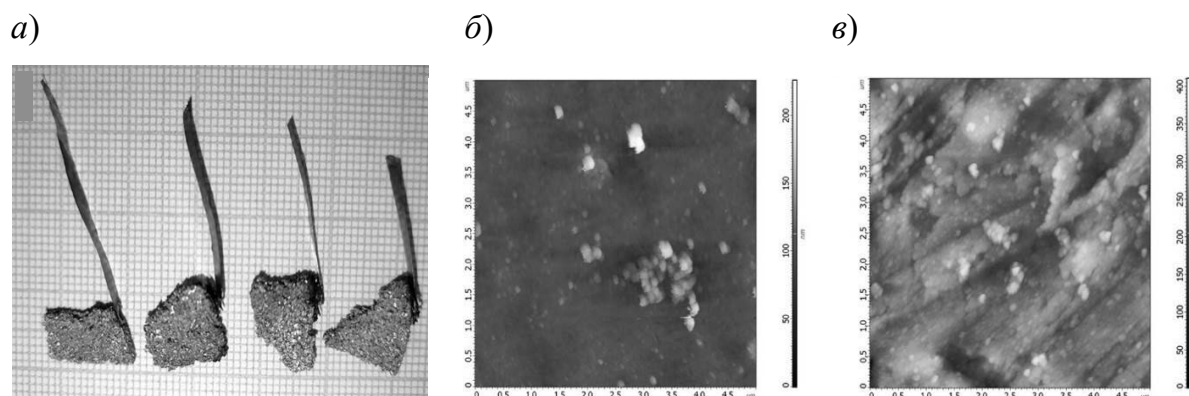


Рис. 1. Фото образцов ППМ ГТ до анодирования (а) и АСМ-изображения после анодирования в ГСР (б) и ВСР (в)

Методом АСМ обнаружено, что на поверхности анодированного ППМ ГТ наблюдается присутствие микронаноструктурированного оксидного слоя

(рис. 1, б, в): на фоне нанотрубчатого TiO_2 присутствуют кристаллические образования анатаза [3]. После модификации на поверхности дополнительно появляются многочисленные НЧ (рис. 2), скорее всего Cu/CuO [4] размером от 25 до 50 нм.

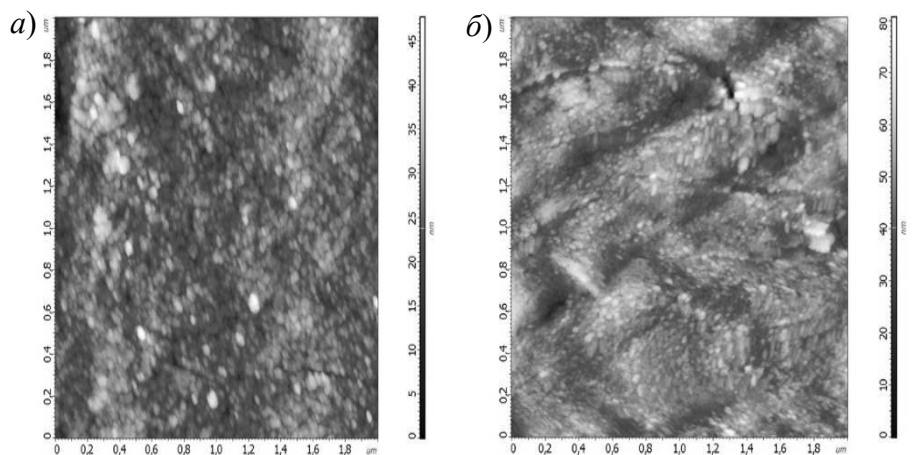


Рис. 2. АСМ-изображения поверхности образцов ППМ ГТ, анодированных в ГСР (а) и ВСР (б) после модификации Cu/CuO

Результаты оценки потенциала разомкнутой цепи и краевых углов смачивания свидетельствуют о хорошей коррозионной стойкости и супергидрофильности созданного нанокompозита, что говорит о необходимости продолжения исследований таких покрытий. Таким образом, показано, что ЭХО при особых условиях приводит к формированию нанокompозитного слоя $\text{Ti/TiO}_2/\text{Cu(CuO)}$ на поверхности ППМ ГТ, перспективного для фотокаталитической конверсии углекислого газа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Sengupta, J.** Advancements in Titanium Dioxide Nanotube-Based Sensors for Medical Diagnostics: A Two-Decade Review / J. Sengupta, C. M. Hussain // *Nanomaterials*. – 2025. – Vol. 15. – P. 1044–1065.
2. Самоорганизация биоактивного наноструктурированного оксидного слоя на поверхности спеченного порошка губчатого титана при электрохимическом анодировании / А. Н. Кокатев, К. В. Степанова, Н. М. Яковлева [и др.] // *Журнал технической физики*. – 2018. – Т. 88, вып. 9. – С. 1377–1383.
3. Анодно-оксидные покрытия с иерархической микронаноструктурой на спеченных порошках титана / Н. М. Яковлева, А. М. Шульга, И. В. Лукиянчук [и др.] // *Конденсированные среды и межфазные границы*. – 2022. – Т. 24 (4). – С. 572–583.
4. Исследование защитно-декоративных нанокompозитных анодных покрытий черного цвета на алюминиевом сплаве АМг5 / Н. М. Яковлева, А. Н. Кокатев, К. И. Оськин [и др.] // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. – 2023. – Т. 89, № 7. – С. 34–44.
5. CuO/Cu composite nanospheres on a TiO_2 nanotube array for amperometric sensing of glucose / Z. Zhou, Z. Zhu, F. Cui [et al.] // *Microchimica Acta*. – 2020. – Vol. 187, № 123. – P. 1–8.