

невой реакции на волокнистые матриксы, имплантированные в крысы семейства Wistar, показал высокую биосовместимость всех матриксов. Через 30 дней после имплантации формировалась рыхлая соединительнотканная капсула с образованием фиброзной ткани по всему участку имплантации.

Таким образом, магнитные матриксы с наночастицами магнетита являются наиболее перспективными, т. к. не оказывают токсического воздействия и улучшают пролиферативную активность кМСК. Полученные матриксы рекомендованы к использованию в тканевой инженерии.

Авторы выражают благодарность коллегам из МГУ им. М. В. Ломоносова (под руковод-

ством д.б.н., А. П. Бонарцева) за проведение биологических исследований. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-63-47096).

Таблица 1. Маркировка композитных матриксов

Обозначение	Образец
ПОБ	Матриксы на основе ПОБ
ПОБ/М1	Магнитные матриксы ПОБ с наночастицами Fe_3O_4 , покрытыми лимонной кислотой
ПОБ/М2	Магнитные матриксы ПОБ с наночастицами Fe_3O_4
ПОБ/М3	Магнитные матриксы ПОБ с субмикрочастицами Fe_3O_4

Список литературы

1. Ito A. et al. // *Journal of bioscience and bioengineering*, 2005. – V. 100. – № 1. – С. 1–11.

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ, КАК ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ БРОНЗЫ

Пэн Лижу

Научный руководитель – к.х.н., доцент Г. В. Лямина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, lizhu1@tpu.ru*

Наночастицы металлов и их оксидов широко стали применять в последние годы в качестве компонентов ингибиторов коррозии металлов [1–3]. За счет размера они легко заполняют поверхностные дефекты и существенно улучшают коррозионную устойчивость.

В настоящей работе мы оценили возможность использования наночастиц оксида титана в смеси с маслом пихты в качестве ингибиторов коррозии бронзы. Использование «зеленых ингибиторов» также является быстро развивающимся научным направлением [4].

Ингибитор готовили, смешивая масло пихты (Пенталис, РФ) и наночастицы оксида титана ($d_{cp} = 14$ нм, $C = 0,15$ %, масс.). Суспензию выдерживали в ультразвуковой ванне 15 минут и наносили на поверхность образцов бронзы (1×1 см) тканевым тампоном.

Коррозионную устойчивость металла оценивали методом гравиметрии в 50 %-м растворе азотной кислоты. Такой подход позволяет быстро оценить эффективность ингибитора, так

как не предполагает образование продуктов коррозии на поверхности металла. К тому же масло пихты неустойчиво в кислых средах.

Также были измерены потенциалы и токи коррозии образцов. Коррозионные диаграммы регистрировали на потенциостате CorrTest CS310 с трехэлектродной ячейкой. В качестве фонового электролита использовали 0,1 М H_2SO_4 ; рабочего электрода – бронзу ($d = 5 \times 5$ мм); вспомогательного и электрода сравнения – насыщенные хлоридсеребряные электроды.

На рис. 1 приведены кривые потери массы для бронзы без ингибитора, покрытой маслом пихты (МП) и суспензией масла пихты с оксидом титана (МП – НЧ TiO_2).

Видно, что масло без добавок значительно снижает скорость растворения металла. Добавление наночастиц к ингибитору позволяет еще больше замедлить данный процесс. Масло образует пленку, так как содержит большое количество органических соединений, а НЧ TiO_2 , заполняя поры и трещины, делают поверхность

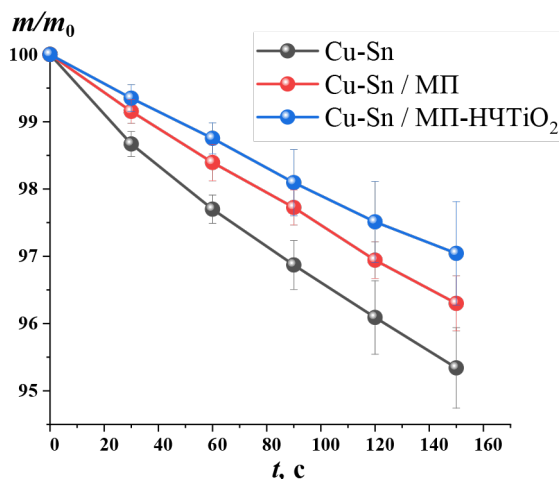


Рис. 1. Относительная потеря массы образцов бронзы в 50 %-м растворе HNO_3

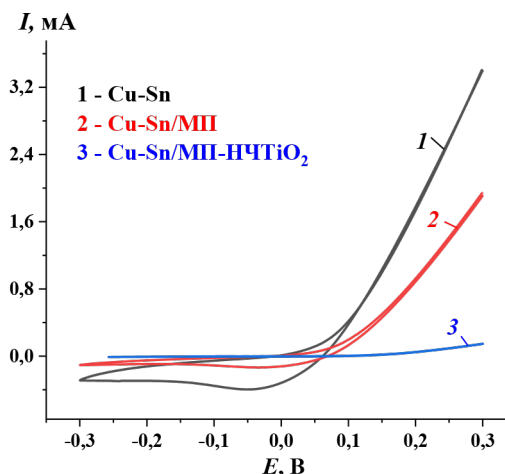


Рис. 2. Циклические вольтамперные кривые бронзы с ингибитором и без в $0,1 M H_2SO_4$

металла менее дефектной и, соответственно, более устойчивой к агрессивной среде.

Эффект ингибирования очень хорошо заметен при анализе коррозионных диаграмм, зарегистрированных в режиме циклической вольтамперометрии (рис. 2). При добавлении МП (кривая 2) участок анодной кривой становится значительно более пологим; а при добавлении наночастиц (кривая 3), величина тока практически не меняется в исследуемом диапазоне потенциалов.

Рассчитанные из вольтамперных кривых параметры (табл. 1) показывают, что применение

Таблица 1. Потенциалы и токи коррозии бронзы

Образец	E , В	I , мкА/см ²
Cu-Sn	$0,046 \pm 0,010$	215 ± 65
Cu-Sn/МП	$0,048 \pm 0,010$	112 ± 38
Cu-Sn/МП-НЧTiO ₂	$0,060 \pm 0,020$	3 ± 1

масла пихты снижает значение тока коррозии бронзы вдвое, а добавление наночастиц – в 66 раз по сравнению с поверхностью металла без ингибитора.

Предлагаемый нами в данной работе ингибитор можно применять для музейных экспонатов и городской скульптуры.

Список литературы

1. Nikhil, Gopal J., Rajiv P. // *Journal of Molecular Liquids*, 2019. – V. 280. – P. 160–172.
2. Cecilia M., Federica Z., Vincenzo G., Mahla S., Andrea B. // *Polymer-Based Multifunctional Coatings for Cultural Heritage Protection*, 2020. – V. 10. – P. 225.
3. Nitin K. A., Rajul S., A. V. Ullas, Gopal J. // *Materials today proceedings*, 2022. – P. 56–62.
4. Лямина Г. В., Шевченко И. Н., Данилова Т. В. // *Бутлеровские сообщения*, 2022. – Т. 71. – № 7. – С. 20–28.

АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ ВЫСШЕГО БОРИДА ВОЛЬФРАМА ИЗ ПЕРВЫХ ПРИНЦИПОВ

А. Д. Радина, А. Г. Квашнин

Сколковский институт науки и технологий
Москва

Национальный технический исследовательский университет
«Московский институт стали и сплавов»

В настоящее время катализаторы, используемые в ходе органического синтеза, изготавливаются в основном из благородных и редкоземель-

ных металлов, что существенно увеличивает стоимость производства многих изделий. Поэтому непрерывно ведётся поиск альтернативных