

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНОГО ГЕЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОРРОЗИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Ю.А. Зыкова

Научный руководитель: доцент, к. х. н. Г.В. Лямина
 Национальный исследовательский Томский политехнический университет
 E-mail: zykova_j@mail.ru

Условия реальной эксплуатации медицинских материалов предполагают их контакт с жидкой средой, мышечной тканью, костной тканью и пр. В простейшем случае, такую среду можно представить как гель [1, 2]. В связи с этим целесообразно коррозионные испытания медицинских металлов и сплавов проводить, в том числе в среде гелей, помимо растворов [3, 4].

Целью данной работы является оценка коррозионной устойчивости титановых сплавов с использованием полимерного геля в режиме циклической вольтамперометрии (ЦВА).

Для работы использовали полимерный гель на основе метакриловых сополимеров с добавлением трифторуксусной кислоты, полученный методом радикальной полимеризации по методике, описанной в [1]. В качестве объектов исследования использовали титановые сплавы ВТ6, ВТ1-0 с покрытиями TiB₂, SiC, ZrO₂, полученными с помощью электровзрывного легирования [5].

Коррозионную устойчивость исследуемых сплавов оценивали по значениям потенциалов и токов коррозии, рассчитанным по циклическим вольтамперным кривым. В качестве электролита использовали полимерную пленку толщиной около 1 мм и размером 21×11 мм; индикаторного (рабочего) электрода – исследуемый титановый сплав (площадью $S=165 \text{ мм}^2$); вспомогательного электрода – никелевый диск (площадью $S=572 \text{ мм}^2$). Кривые регистрировали в режиме циклической вольтамперометрии при помощи полярографа ПУ-1 с интерфейсным блоком «Graft». Катодную развертку потенциалов осуществляли в диапазоне от 0,5 до –1,5 мВ, анодную от –1,5 до 0,5 мВ со скоростью развертки потенциалов 10 мВ/с. Наклон Тафеля (b , В) рассчитывали по катодным кривым на участке –800 до –1000 мВ.

Таблица 1. Значения токов и потенциалов коррозии, тафельский наклон для титановых сплавов

Сплав	№	$I_{корр}$, мкА	$E_{корр}$, мВ	b , В
ВТ1-0	1	16,8±0,2	–196±7	0,675
	4	17,5±0,5	–226±2	0,778
ВТ1-0 + SiC	1	12,3±0,4	–109±3	0,419
	4	14,3±0,5	–121±2	0,417
ВТ1-0 + ZrO ₂	1	24,1±0,6	–233±2	0,454
	4	29,1±0,9	–240,2±0,3	0,456
ВТ1-0 + TiB ₂	1	143±2	–772±2	0,476
	4	156±1	–784,3±0,5	0,465
ВТ6	1	17,8±0,8	–388,6±0,7	0,689
	4	24,6±0,3	–573,2±0,4	0,683
ВТ6 + SiC	1	11,8±0,4	–443,8±0,3	0,475
	4	29±1	–613±2	0,454
ВТ6 + TiB ₂	1	22,5±0,8	–286±2	0,587
	4	37,1±0,7	–556±1	0,526
ВТ6 + ZrO ₂	1	103,9±0,8	–731,3±0,7	0,513
	4	128,1±0,8	–767,2±0,5	0,500

Результаты расчетов приведены в таблице 1. Здесь приведены значения токов и потенциалов, рассчитанных по кривым при первой регистрации и четвертой. При таком подходе появляется возможность, помимо значения тока коррозии, оценить изменение коррозионной устойчивости в процессе ускоренных испытаний. Согласно данным таблицы металлы можно разделить на две группы:

К первой группе относятся образцы, для которых потенциалы и токи коррозии не меняются в процессе последовательной регистрации нескольких кривых. Более того, значения токов коррозии для этой группы значительно меньше, чем для остальных сплавов. Это сплавы, ВТ1-0, ВТ1-0+SiC, ВТ1-0+ZrO₂, которые являются наименее электрохимически активным и более стойким к коррозии.

Ко второй группе относятся образцы, для которых значение силы тока коррозии растет, и потенциал коррозии сдвигается в область более электроотрицательных значений после каждой регистрации ЦВА кривых. Таким образом, сплавы ВТ1-0+TiB₂, ВТ6, ВТ6+SiC, ВТ6+TiB₂, ВТ6+ZrO₂ являются наиболее электрохимически активными.

В процессе поляризации меняется также механизм восстановления окислителя на поверхности сплава. Наглядно это изменение представлено на рисунке 1. Кривые, полученные для сплава VT1-0 + SiC при первой и четвертой поляризации не отличаются друг от друга. В то время как для VT6 + SiC наклон катодной кривой становится более пологим, что свидетельствует о пассивации поверхности в процессе поляризации. Более точный вывод о смене механизма дает коэффициент Тафеля (табл. 1). Видно, для некоторых сплавов, у которых коэффициент b не изменяется, восстановление окислителя протекает по одному механизму, несмотря на увеличение значения тока коррозии, например VT6. Для сплава VT1-0 значение наклона Тафеля b увеличивается, а значение тока коррозии остается неизменным. Возрастание значения коэффициента Тафеля свидетельствует об увеличении доли металлической составляющей на поверхности материала. Соответственно, восстановление окислителя протекает по другому механизму.

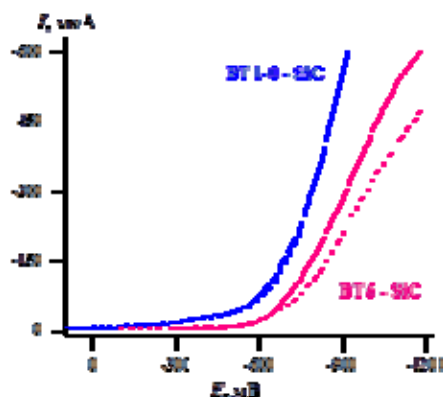


Рис. 1. ЦВА кривые сплавов, полученные в среде полимерного геля при первой (сплошные кривые) и четвертой (пунктирные кривые) регистрации.

На основании полученных результатов, можно предложить основу для создания методики тестирования сплавов, использующихся в медицинских целях. Гель в своем составе имеет функциональные группы, подобно тем, что находятся в организме человека. За счет присутствия жидкой среды в матрице состав геля можно менять, добавляя или убирая определенные компоненты, в зависимости от реальных условий эксплуатации.

Список литературы

1. Изаак Т.И., Лямина Г.В., Мокроусов Г.М. Структура и свойства гель-электролитов на основе метакрилового сополимера // Высокомолекулярные соединения. – 2005. – Т. 47, № 11. – С. 56–61
2. Dubinina O.V., Mokrousov G.M., Lyamina G.V. Application of polymer gel-electrolytes for cleaning and restoration of steel objects // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 1040. – P. 8–12.
3. Mathew M.T., Jacobs J.J., Wimmer M.A. Wear-corrosion synergism in a CoCrMo hip bearing alloy is influenced by proteins // Clinical Orthopedics Related Research. – 2012. – Vol. 470, No. 11. – P. 3109–3117
4. Manaranche C., Hornberger H. A proposal for the classification of dental alloys according to their resistance to corrosion // Dental Materials. – 2007. – Vol. 23, No. 11. – P. 1428–1437
5. Иванов Ю.Ф., Карпий С.В., Морозов М.М. и др. Структура, фазовый состав и свойства титана после электровзрывного легирования и электронно-пучковой обработки. – Новокузнецк : НПК, 2010. – 173 с.