

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МИКРОДУГОВЫХ СИЛИКАТНЫХ ПОКРЫТИЙ

А.В. Угодчикова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

Биокomпозитные материалы являются наиболее используемыми и перспективными материалами медицинского назначения, особенно в травматологии, ортопедии и дентальной хирургии. Благодаря высоким физико-механическим свойствам металлы и сплавы имеют огромное преимущество использования в качестве имплантата в сравнении с керамикой и полимерными материалами [1]. Магний и его сплавы демонстрируют отличную биосовместимость, соответствующие биомеханические свойства и способность к био-резорбции в организме человека [2]. Основным недостатком магния и его сплавов является низкая коррозионная стойкость. Модифицирование поверхности магниевых сплавов позволяет улучшить коррозионные свойства и уменьшить скорость разрушения имплантата [3]. Известно, что покрытия системы CaO-MgO-SiO₂ показывают высокую биоактивность и способствует росту костной ткани без образования фиброзного (промежуточного) слоя [4-5]. Силикатные покрытия, с одной стороны, выполняют защитную функцию, уменьшая скорость коррозии магниевых сплавов, и, с другой стороны, способствует ускорению процессов остеоинтеграции [6].

Для эксперимента были подготовлены пластинки из магниевых сплавов Mg-0.8мас.%Ca (Mg-0.8Ca). Микро-дуговые покрытия были сформированы в электролите-суспензии, представленном следующими компонентами: CaSiO₃ (волластонит), NaOH and Na₂SiO₃. Осаждение покрытий осуществлялось в анодном потенциостатическом режиме при варьировании напряжения процесса в диапазоне 350-500 В. Частота следования и длительность импульсов составила 50 Гц и 100 мкс, соответственно. Длительность нанесения покрытий методом микро-дугового оксидирования составила 5 минут.

С помощью растровой электронной микроскопии (SEM, LEO EVO 50) исследовали морфологию поверхности покрытий и элементный состав. Множество кристаллов удлиненной формы, схожей с частицами волластонита, распределены по всей поверхности покрытия (рис. 1а)

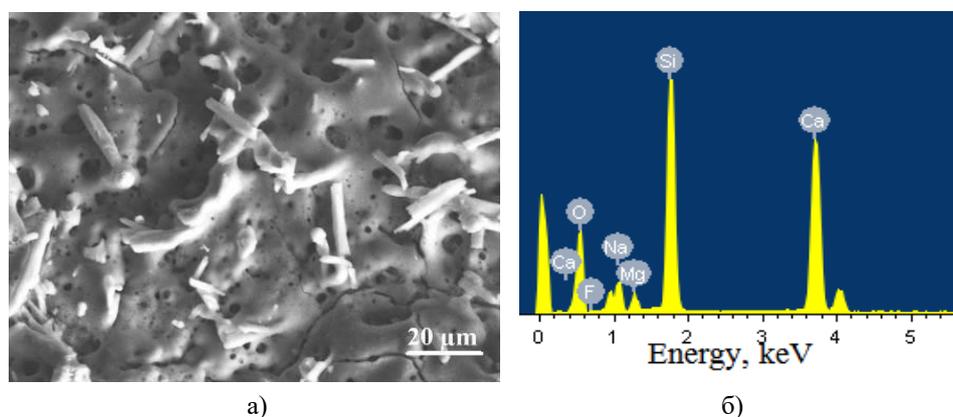


Рисунок 1 – РЭМ изображение морфологии поверхности (а) покрытия на Mg-0.8Ca сплаве при напряжении процесса 450 В и элементный состав (б) силикатных покрытий

Количественный элементный анализ осажденных покрытий при напряжении 450 В показал наличие элементов: O – 63.5 ± 0.5 ; Mg – 1.8 ± 0.7 ; Si – 16.5 ± 0.3 ; Ca – 14.3 ± 0.8 ; F – 1.6 ± 0.2 ; Na – 2.5 ± 0.7 . Повышенное содержание магния и кислорода наблюдается во внутреннем слое покрытий, возле магниевой подложки. Содержание кремния и кальция наблюдается преимущественно во внешнем слое биопокрытий из-за осаждения частиц волластонита из электролита на поверхность.

Толщина силикатных покрытий увеличивается от 40 до 150 мкм с ростом напряжения процесса МДО от 350-500 В. Шероховатость осажденных покрытий (Ra), полученных при напряжении процесса 350 В составила 2-3 мкм, в то время как, при напряжении 500 В шероховатость покрытий увеличивается до 10 мкм. Таким образом, были сформированы силикатные покрытия на Mg–0.8Ca сплаве методом микродугового оксидирования с напряжением процесса 350 – 500 В. На поверхности покрытий обнаружены кристаллы продолговатой формы, соответствующие частицам волластонита. Результаты элементного анализа подтвердили высокое содержание кремния и кальция в покрытии. Также с ростом напряжения процесса наблюдается заметное увеличение толщины и шероховатости покрытий от 40 до 150 мкм и от 2 до 10 мкм, соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tian P., Liu X. Surface modification of biodegradable magnesium and its alloys for biomedical applications // *Regener. Biomater.* – 2015. – №2. – С. 135–151.
2. Wan P., Tan L., Yang. Ke. Surface Modification on Biodegradable Magnesium Alloys as Orthopedic Implant Materials to Improve the Bio-adaptability: A Review // *J. Mater. Sci. Tech.* – 2016. – №32, С. 827-834.
3. Johnston S., Shi Z., Dargusch M. S., Atrens A. Influence of surface condition on the corrosion of ultra-high-purity Mg alloy wire // *Corr. Sci.* – 2016. - № 108. – С.66–75.
4. Zhai W., Lu H., Wu Ch., Chen L., Lin X., Naoki K., Chen G., Chang J. Stimulatory effects of the ionic products from Ca–Mg–Si bioceramics on both osteogenesis and angiogenesis in vitro // *Acta Biomater.* – 2013. – №9. С.8004–8014.
5. Razavi M., Fathi M., Savabi O., Hashemi Beni B., Vashae D., Tayebi L. Surface microstructure and in vitro analysis of nanostructured akermanite ($\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$) coating on biodegradable magnesium alloy for biomedical applications // *Colloids Surf.* – 2014. – №117 В. – С.432-440.
6. Sainz M. A., Pena P., Serena S., Caballero A. Influence of design on bioactivity of novel CaSiO_3 – $\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$ bioceramics: In vitro simulated body fluid test and thermodynamic simulation // *Acta Biomater.* – 2010. – №6. – 2797.