

О СОВМЕСТИМОСТИ БИОРЕЗОРБИРУЕМЫХ МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ С МЕДИЦИНСКИМИ ТИТАНОВЫМИ ИЗДЕЛИЯМИ

М.Э. Бегун, П.Н. Мягих, Д.Л. Мерсон

Тольяттинский государственный университет, Тольятти, Россия

Обоснование. Магниевого биорезорбируемые сплавы на данный момент представляют собой одни из наиболее перспективных материалов для создания саморастворяющихся хирургических имплантатов. За годы исследований были изучены их механические и усталостные свойства, определены основные коррозионные характеристики, а также подтверждена биосовместимость путем экспериментов на клеточных культурах и животных [1, 2]. Однако при этом некоторые практические аспекты применения магниевых имплантатов остались без должного внимания. В частности, вопрос о совместном использовании имплантатов из магниевых сплавов и традиционных материалов, таких как титан, остается неизученным. Известно, что магний интенсивно разрушается в коррозионной среде при присутствии веществ, имеющих более положительный электродный потенциал, — на этом основан принцип действия электрохимической коррозии [3]. Это означает, что присутствие в непосредственной близости от магниевого имплантата изделий из титановых сплавов может значительно ускорить скорость его растворения и привести к выходу из строя до завершения процесса заживления. Чтобы свести подобные риски к минимуму, необходимо знать, на каком расстоянии между магнием и титаном способен проявляться этот эффект.

Цель — определение расстояния, на котором электрохимический эффект между магниевыми сплавами и сплавами на основе титана будет минимизирован.

Методы. В данном исследовании решено было использовать сплав $\text{Mg}-1\% \text{Zn}-0,15\% \text{Ca}$ с ультрамелкозернистой структурой, как показавший ранее хорошие коррозионные свойства [4]. Для коррозионных испытаний были изготовлены прямоугольные пластины $12 \times 7 \times 2$ мм с отверстием $\varnothing 1$ мм в верхней части образца. Перед испытаниями образцы шлифовались на наждачной бумаге #2500, промывались в этаноле и взвешивались с точностью до 0,0001 г. Испытания проводились помещением образца в раствор 0,9 % NaCl, имитирующий плазму крови человека. Были воссозданы и другие условия человеческого тела: в течение всего эксперимента поддерживались температура 37 ± 1 °C и постоянное перемешивание раствора. Образцы подвешивались вертикально на нити из стекловолна, титановый имплантат располагался вертикально на расстоянии 3, 6 или 12 см от образца, также был проведен эксперимент без титанового имплантата для определения собственной скорости коррозии сплава. Скорость коррозии определялась двумя методами: по выделению водорода аналогично работе [5], а также гравиметрически — по потере массы образца.

Результаты. Были получены значения скорости коррозии, представленные на рис. 1, а также кривые выхода водорода, показанные на рис. 2.

Скорость коррозии образцов, находящихся в 3 см от титанового имплантата, существенно выше, чем у остальных. На расстоянии 6 и 12 см скорость коррозии не отличается от контрольной группы.

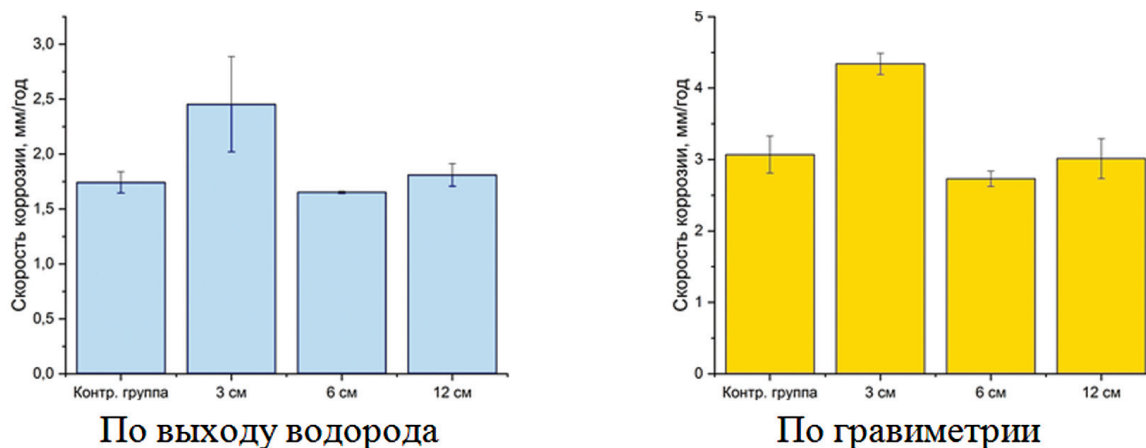


Рис. 1. Скорость коррозии образцов, измеренная по выходу водорода и гравиметрическим методом

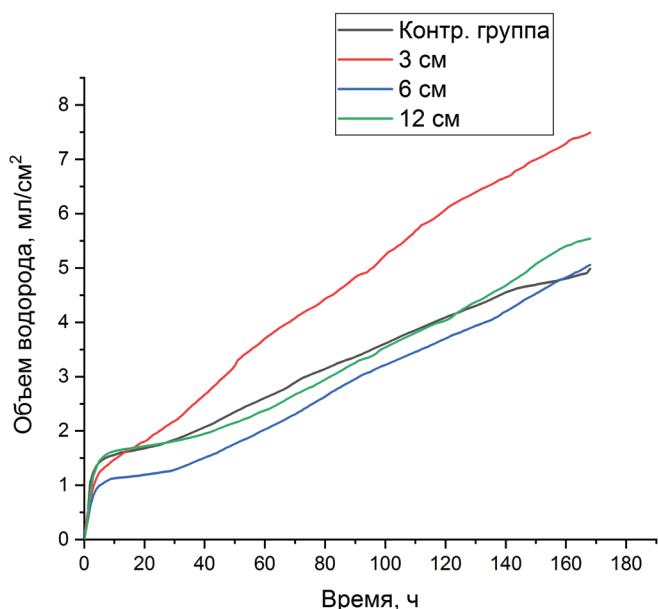


Рис. 2. Кривые выхода водорода

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90073.

Ключевые слова: магниевые сплавы; биорезорбируемые материалы; скорость коррозии; электрохимическая коррозия.

Список литературы

1. Merson D., Brilevsky A., Myagkikh P., et al. The functional properties of Mg-Zn-X biodegradable magnesium alloys // *Materials* (Basel). 2020. Vol. 13, No. 3. P. 544. DOI: 10.3390/ma13030544
2. Makkar P., Sarkar S.K., Padalhin A.R., et al. In vitro and *in vivo* assessment of biomedical Mg-Ca alloys for bone implant applications // *J Appl Biomater Funct Mater*. 2018. Vol. 16, No. 3. P. 126–136. DOI: 10.1177/2280800017750359
3. Parfenov E.V., Kulyasova O.B., Mukaeva V.R., et al. Influence of ultra-fine grain structure on corrosion behaviour of biodegradable Mg-1Ca alloy // *Corros Sci*. 2020. Vol. 163. ID 108303. DOI: 10.1016/j.corsci.2019.108303
4. Merson D.L., Brilevsky A.I., Myagkikh P.N., et al. Effect of deformation processing of the dilute Mg-1Zn-0.2Ca alloy on the mechanical properties and corrosion rate in a simulated body fluid // *Lett Mater*. 2020. Vol. 10, No. 2. P. 217–222. DOI: 10.22226/2410-3535-2020-2-217-222
5. Мягких П.Н., Мерсон Е.Д., Полуянов В.А., Мерсон Д.Л. In-situ исследование процесса коррозии магниевых биорезорбируемых сплавов // *Вектор науки Тольяттинского государственного университета*. 2021. № 2. С. 18–25. DOI: 10.18323/2073-5073-2021-2-18-25

Сведения об авторах:

Марина Эдуардовна Бегун — студентка, группа МТМ6-1803а, Институт машиностроения; Тольяттинский государственный университет, Тольятти, Россия. E-mail: mariana.begun@gmail.com

Павел Николаевич Мягких — научный руководитель, младший научный сотрудник Научно-исследовательского института прогрессивных технологий, Тольяттинский государственный университет, Тольятти, Россия. E-mail: feanorhao@gmail.com

Дмитрий Львович Мерсон — научный руководитель, доктор физико-математических наук, профессор; директор Научно-исследовательского института прогрессивных технологий, Тольяттинский государственный университет, Тольятти, Россия. E-mail: d.merson@tltsu.ru