

Механические характеристики сердечно-сосудистых стентов на основе Co-Cr после электрохимической обработки

Луцник П.Е., Рафальский И.В., Заблоцкий А.В.
Белорусский национальный технический университет

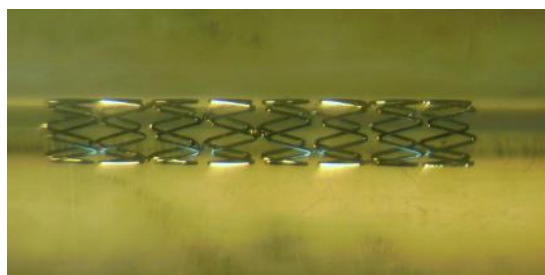
Сердечно-сосудистые стенты представляют собой искусственные биоимплантаты, которые обеспечивает восстановление функций сердечно-сосудистой системы у больных с заболеваниями коронарных артерий. Надежность и долговечность имплантата определяется показателями физико-механических, химических свойств и биологической совместимости материалов. В случае частичной или полной потери работоспособности имплантата для восстановления функциональности сердечно-сосудистой системы у больных требуется повторное хирургическое вмешательство.

Сплавы медицинского применения на основе системы кобальт-хром являются одними из наиболее широко используемых металлических материалов для изготовления имплантатов благодаря уникальному сочетанию вышеуказанных свойств. Высокая коррозионная стойкость достигается благодаря тонкому поверхностному оксидному слою, состоящему в основном из оксида хрома. Значения предела прочности при растяжении в кобальт-хромовых сплавах существенно увеличиваются с ростом значений относительной деформации, что позволяет при малых размерах стента обеспечить требуемые механические свойства конструкции.

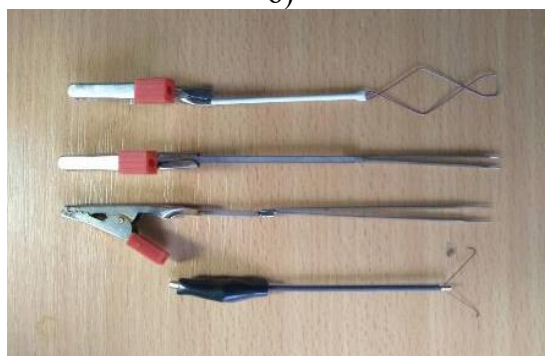
Исследование влияния режимов электрохимической обработки (ЭХО) материалов на основе Co-Cr на механические характеристики сердечно-сосудистых имплантатов проводили с использованием малоразмерных имплантатов сложной геометрии, изготовленных из легированного Co-Cr сплава (% мас.: Cr 20,9; W 14,8; Ni 10,5; Mn 1,2; Fe 0,63; Si 0,24; C 0,07; Co – остальное). Электрохимическую обработку Co-Cr стентов (рис. 1) осуществляли в химически активной среде (раствор соляной и серной кислот, этиленгликоль) при температуре около 40 °С, задавая установленные параметры ЭХО (силу тока, количество поворотов/погружений, время выдержки).



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Общий вид установки (а) для электрохимической обработки малоразмерных Co-Cr сердечно-сосудистых имплантатов (б) и комплект приспособлений (подвесов) для их фиксации (в)

Изображения структуры Co-Cr стентов после электрохимической обработки, полученное с использованием оптического и сканирующего электронного микроскопа (SEM-изображения), представлены на рис. 2.

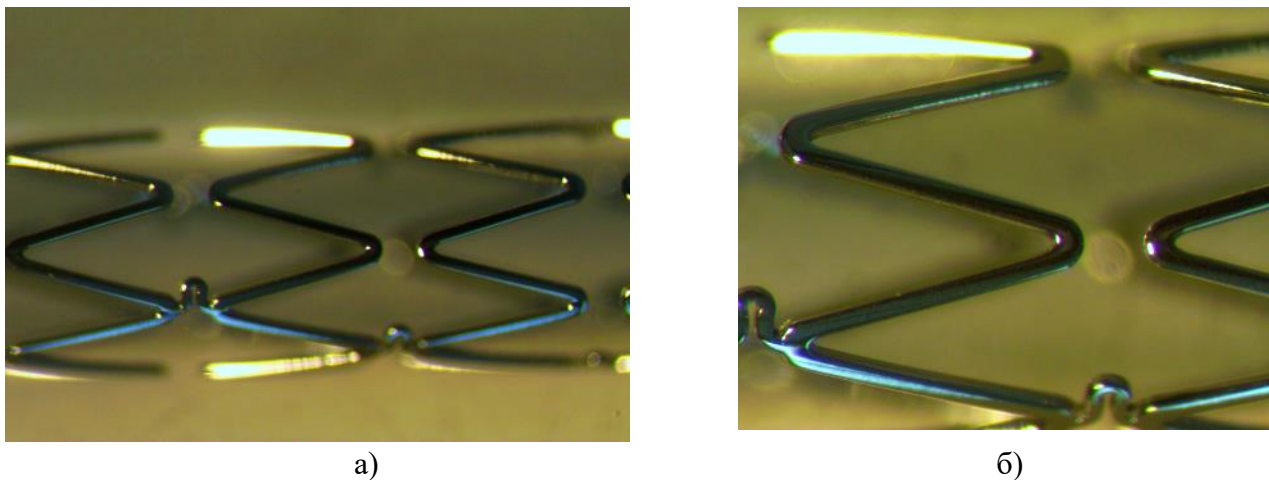


Рисунок 2 – Результаты оптической микроскопии малоразмерных Co-Cr сердечно-стентов после электрохимической обработки

В процессе исследования влияния параметров ЭХО на степень удаления материала Co-Cr стентов было выявлено изменение вольт-амперных характеристик процесса в начальный момент времени и в установившемся режиме (рис. 3). Установлено, что возможность получения равномерного съема материала стентов обеспечивается при условии проведения процесса обработки в диапазоне параметров ЭХО, соответствующих области их средних значений.

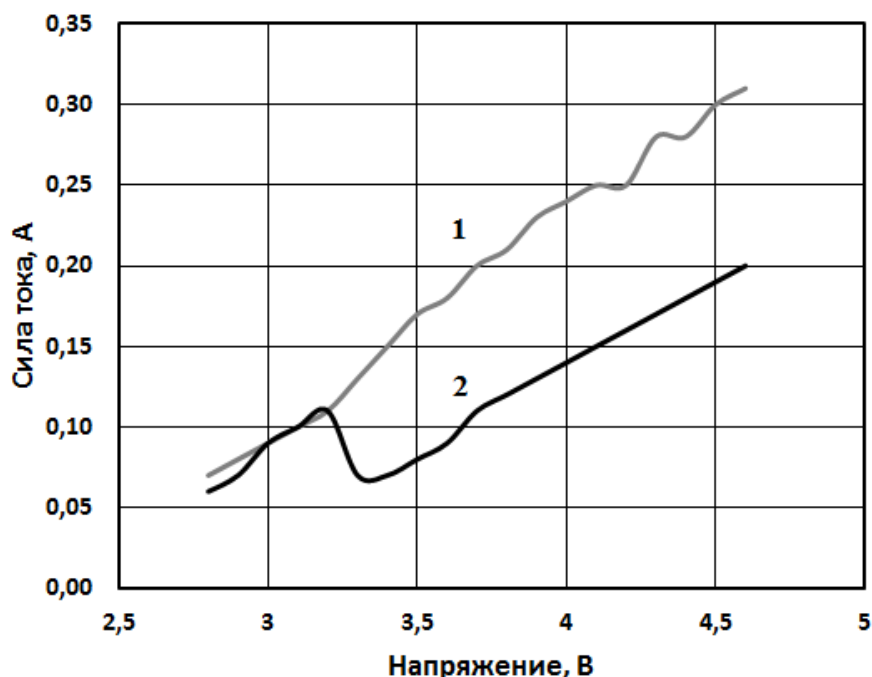


Рисунок 3 – Типовая вольт-амперная характеристика процесса ЭХО Co-Cr стентов: 1 – начальный момент обработки; 2 – установившийся режим обработки

Влияние ЭХО, связанное с уменьшением размеров структурных элементов Co-Cr имплантатов, на изменение их механических характеристик, выражается, в основном, в снижении предельных значений модуля упругости при испытаниях стентов на сжатие (рис. 4). Характер зависимостей модуля упругости от диаметра сжатия Co-Cr сердечно-сосудистых стентов после ЭХО, обеспечивающей различную степень удаления Co-Cr сплава, при этом не

изменяется (рис. 4, 5).

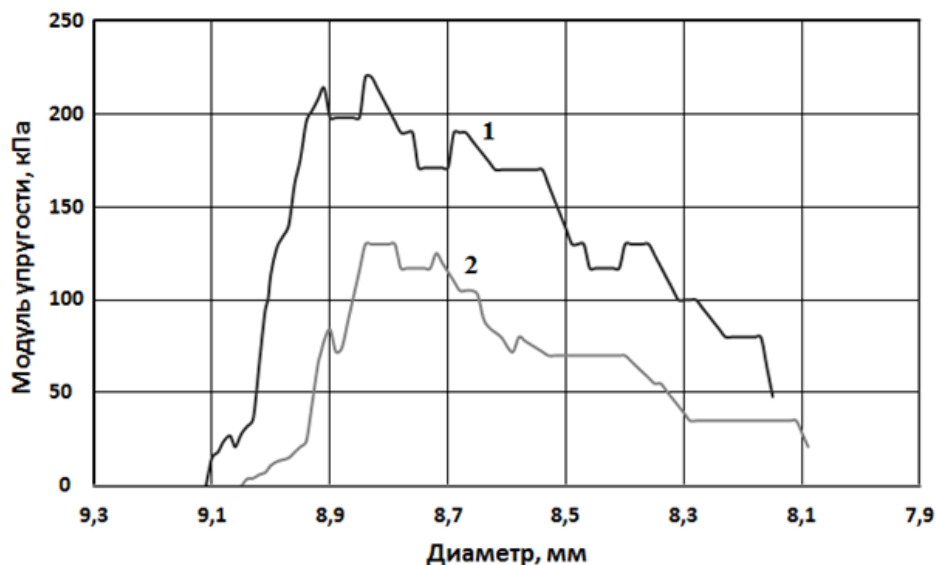


Рисунок 4 – Зависимости модуля упругости от диаметра сжатия Co-Cr стентов после ЭХО (сила тока $I=0,6$ А): 1 – средняя толщина Co-Cr проволоки после ЭХО 189,1 мкм (время обработки 10 мин., температура 40-41 °С); 2 – средняя толщина Co-Cr проволоки после ЭХО 168,2 мкм (время обработки 16 мин., температура 41-42 °С)

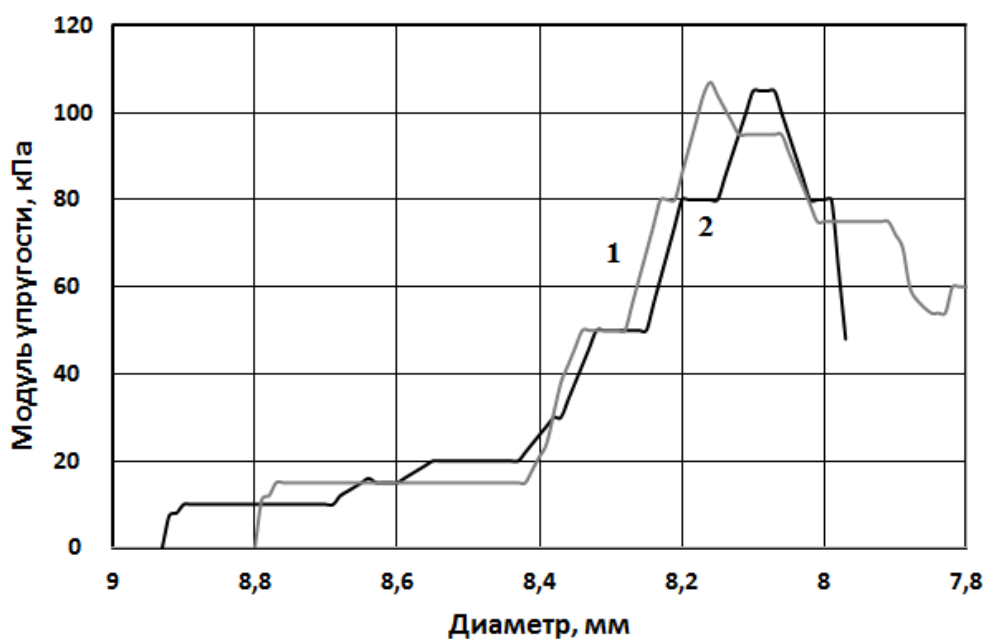


Рисунок 5 – Зависимости модуля упругости от диаметра сжатия Co-Cr стентов после ЭХО (сила тока $I=0,6$ А, время обработки 16 мин.): 1 – средняя толщина Co-Cr проволоки после ЭХО 173,2 мкм (температура обработки 39-41 °С); 2 – средняя толщина Co-Cr проволоки после ЭХО 168,9 мкм (температура обработки 40 °С)

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, проект Т21УЗБГ-008 «Исследование механических свойств и биологической совместимости медицинских материалов на основе CoCr после термической и электрохимической обработки».