

НЕКОТОРЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕДИЦИНСКИХ ИМПЛАНТАТОВ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

*А.А. Ильин, чл.-кор. РАН, А.М. Мамонов, докт. техн. наук,
С.В. Скворцова, канд. техн. наук, Л.М. Петров, докт. техн. наук,
В.С. Мамаев, канд. техн. наук (МАТИ–РГТУ им. К.Э. Циолковского)*

Некоторые инновационные технологии в производстве медицинских имплантатов из титановых сплавов А.А. Ильин, А.М. Мамонов, С.В. Скворцова, Л.М. Петров, В.С. Мамаев.

Показаны возможности комплексных инновационных технологий производства медицинских имплантатов – эндопротезов крупных суставов из титановых сплавов, функционирующих в условиях интенсивного трения при высоких контактных нагрузках. Обоснованы требования к структуре и физико-механическим свойствам поверхности и объема материала компонентов эндопротезов, выполнение которых обеспечивает высокую износостойкость и сопротивление усталости. Показана эффективность вакуумного ионно-плазменного азотирования для обеспечения высокой износостойкости изделий. Обосновано применение в комплексных технологиях термоводородной обработки, позволяющей сформировать субмикрористаллическую структуру в изделиях независимо от структуры исходных полуфабрикатов. Приведены примеры использования комплексных технологий в серийном производстве высококачественных компонентов эндопротезов.

Some Innovative Technologies in Production of Titanium Alloy Medical Implants.
A.A. Ilyin, A.M. Mamonov, S.V. Scvortsova, L.M. Petrov, V.S. Mamaev.

Possibilities of complex innovative technologies for production of titanium alloy endoprostheses for replacement of large human joints are shown. The endoprostheses function in conditions of intensive friction at high contact stresses. Requirements to a structure and physico-mechanical properties of surface and endoprosthesis component material volume are substantiated. Satisfaction of these requirements provides high wear and fatigue resistance. Effectiveness of vacuum ion-plasma nitriding for providing of high wear resistance of the implants is shown. Application of thermohydrogen treatment (THT), which allows one to create a submicrocrystalline structure in the implants irrespective of a structure of initial semiproducts, in the complex technologies is substantiated. Examples of application of the complex technologies in full-scale production of high-quality endoprosthesis components are given.

В настоящее время общепризнано, что титан и титановые сплавы являются наилучшими из всех металлических материалов для изготовления медицинских имплантатов. Этот приоритет основан в первую очередь на полной биологической совместимости, коррозионной стойкости в биологических средах организма, высокой удельной прочности при

сравнительно низком модуле упругости [1–3]. Однако эти преимущества могут быть успешно реализованы далеко не во всех имплантируемых конструкциях. Так, многие попытки использовать титановые сплавы для изготовления некоторых компонентов эндопротезов тазобедренного сустава часто приводили к весьма раннему выходу из строя этих имплан-

татов. В частности, в шарнирном соединении искусственного тазобедренного сустава металлическая головка бедренного компонента работает в паре трения с компонентом из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). Ножки бедренных компонентов находятся в подвижном контакте либо с цементной (полиметилметакрилат) мантией (цементная фиксация), либо с твердой кортикальной костью (бесцементная фиксация). Ввиду многоциклового характера фрикционной нагрузки процессы износа и фреттинг-коррозии этих компонентов из-за потери механической связи оксидной пленки с поверхностью становились основными причинами большинства неудач в применении имплантатов из титановых сплавов. В частности, этим обусловлен износ обоих компонентов в системе головка – вкладыш шарнирного соединения искусственного сустава [4] или интенсивное разрушение поверхности титановой ножки бедренного компонента при цементной фиксации [5]. Кроме того, нарушение целостности оксидной пленки на поверхности имплантата при его постоянном трении о кортикальную кость является причиной более интенсивного выделения ионов легирующих элементов в организм человека, обнаруженного в ряде работ [6].

Таким образом, способность к самопассивации титана и его сплавов в биологических средах, сделавшая их одними из самых перспективных для имплантации, не исключает серьезных проблем при их применении в конструкциях, работающих в условиях трения и фреттинг-коррозии.

Такая ситуация, на наш взгляд, отнюдь не ставит под сомнение целесообразность применения титановых сплавов для изготовления имплантатов, подвергающихся интенсивным фрикционным нагрузкам или сочетанию таковых с усталостными нагрузками (последнее характерно, например, для ножек бедренных компонентов эндопротезов тазобедренного сустава). Она свидетельствует лишь об отсутствии научно обоснованного подхода к выбору технологий изготовления и обработки изделий. Причем такой подход должен учитывать структуру и свойства исходного материала (сплава), особенности конструк-

ции изделия, условия его эксплуатации и многие другие факторы, т.е. быть комплексным. В данной работе продемонстрирован такой подход при создании новых комплексных технологий обработки головки ножки цементной фиксации эндопротеза тазобедренного сустава «Имплант-Ц» из титанового сплава ВТ20 (конструкция разработана в инженерно-медицинском центре «МАТИ – Медтех» Российского государственного технологического университета им. К.Э. Циолковского) (рис. 1).

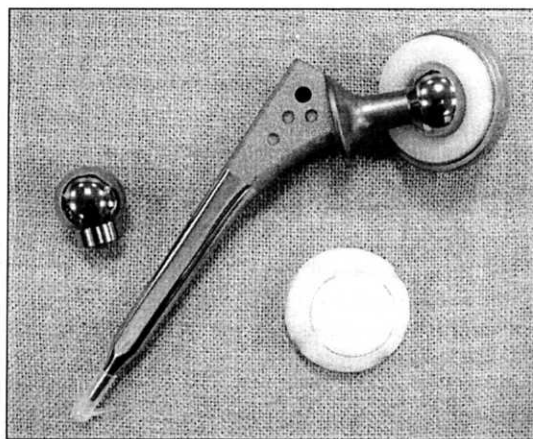


Рис. 1. Головка и ножка бедренного компонента цементной фиксации «Имплант-Ц»

Анализ условий эксплуатации компонентов эндопротезов из титановых сплавов, работающих в условиях интенсивного трения и фреттинг-коррозии, позволяет сформулировать следующие требования к их конструктивным параметрам, структуре и свойствам поверхности и объема материала.

С целью минимизации коэффициента трения и соответственно работы фрикционных сил необходима максимальная чистота поверхности компонента (головки и части ножки, испытывающей циклические смещения большой амплитуды). Однако механическая полировка изделий из титановых сплавов весьма трудоемка вследствие высокой вязкости материала, приводящей к «налипанию» титана на частички абразива и «наволакиванию» его на полируемую поверхность. По нашим данным на прутках из титановых сплавов ВТ20 и ВТ6 с хорошо проработанной глобулярной структурой не удается достичь

