

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Орлова Алексея Алексеевича

«Влияние термической и вакуумной ионно-плазменной обработок на структуру и свойства полуфабрикатов и изделий из сплавов медицинского назначения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Актуальность работы

Титан и сплавы на его основе благодаря высокой удельной прочности и коррозионной стойкости широко применяются в различных отраслях промышленности, в том числе и в медицине. Они становятся основными конструкционными материалами для изготовления имплантируемых изделий.

Однако основным их недостатком является низкая износостойкость при работе, например, в узлах движения. В настоящее время для элементов, работающих в парах трения, используют в основном кобальтовые сплавы, обладающие меньшей биосовместимостью с тканями организма человека. А использование двух разнородных материалов всегда приводит к возникновению контактной коррозии.

Поэтому решение вопроса по повышению износостойкости титановых сплавов и возможности создания полностью титанового эндопротеза является одной из приоритетных задач разработчиков и производителей медицинских изделий.

С целью повышения износостойкости титана в настоящее время ведутся разработки по созданию на его поверхности оксидных или нитридных покрытий, а также модифицированию поверхности. Поэтому работа Орлова А.А., посвященная изучению вопросов надёжности изделий с азотированным поверхностным слоем при длительной эксплуатации, а также возможности применения этой технологии для сплавов на основе кобальта с целью повышения их коррозионной стойкости и снижения выхода ионов канцерогенных элементов в среду организма несомненно является актуальной.

Общая характеристика работы

Автором рассмотрены основные медицинские сплавы, применяемые для изготовления имплантируемых изделий, показаны их преимущества и недостатки. Рассмотрено влияние различных видов обработки, а также

методов поверхностного упрочнения на изменение структуры, фазового состава и механические свойства медицинских сплавов.

Автором рассмотрено влияние режимов вакуумной ионно-плазменной обработки на изменение структуры и свойств поверхности сплава ВТ6. Показано, что данный вид обработки позволяет повысить твердость головок винтов и снизить крутящий момент при их выкручивании из титановой пластины, тем самым уменьшить возможность возникновения эффекта «холодной сварки».

Показано, что вакуумное ионно-плазменное азотирование повышает износостойкость шаровой головки эндопротеза тазобедренного сустава из титанового сплава ВТ6. При этом происходит изменение только поверхностной структуры без ее изменения в объеме и, соответственно, сохранения заданных свойств. Установлено, что износостойкость шаровой головки придает модифицированный слой, состоящий из δ -нитрида титана (TiN) нанометрической толщины и ϵ -фазы (Ti₂N).

Автором установлено, что длительная эксплуатация в организме человека в биологической активной среде приводит к изменению химического состава модифицированного поверхностного слоя: снижению содержания азота в поверхности до 7,8 масс. % и увеличению содержания кислорода до 4,2 масс. %. Было доказано, что это не приводит к снижению надежности работы шаровой головки.

Проведенные исследования по изучению влияния структуры поверхности на коррозионную стойкость сплавов на основе титана и кобальта, а также нержавеющей стали показали, что вакуумное ионно-плазменное азотирование образцов из кобальтового сплава снижает коррозионную стойкость, почти на два порядка увеличивая плотность тока пассивного состояния, а нержавеющей стали после азотирования полностью теряет коррозионную стойкость. И только для титановых сплавов наблюдается положительный эффект от данного вида обработки.

На заключительном этапе работы установлена зависимость твердости после изотермической обработки от твердости в закаленном состоянии, что позволило разработать экспресс-метод определения температуры изотермической обработки, обеспечивающий получение в полуфабрикате требуемой твердости. Данный метод был внедрен на предприятиях АО «Имплант МТ» и ФГУП «ЦИТО» для производства шаровых головок эндопротеза тазобедренного сустава.

Научная новизна диссертационной работы Орлова А. А. не вызывает сомнения и заключается в следующем:

-показано, что формирование модифицированного слоя при вакуумном ионно-плазменном азотировании титанового сплава ВТ6 позволяет повысить его износостойкость;

- установлено, что в процессе длительной эксплуатации в биологически активной среде организма человека на поверхности шаровых головок из сплава ВТ6 происходит преобразование нитридного слоя в оксинитридный, который обладает такими же высокими показателями износостойкости;

- разработан экспресс-метод выбора оптимальной температуры изотермической обработки сплава ВТ6, обеспечивающий получение требуемых значений твердости независимо от изменений химического состава сплава в рамках паспортных значений.

Рекомендации по практическому использованию основных результатов работы

Разработанная технология вакуумной ионно-плазменной обработки сплава ВТ6 была использована ФГУП «ЦИТО» для обработки головок винтов из сплава ВТ6, что позволило исключить их «холодную сварку» при выкручивании из титановых пластин.

Технология термической обработки прутковых заготовок из сплава ВТ6, обеспечивающая получение твердости 37-39 ед. НРС, была внедрена на предприятиях АО «Имплант МТ» и ФГУП «ЦИТО» для производства шаровых головок эндопротеза тазобедренного сустава.

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием современного поверенного оборудования с лицензионным программным обеспечением, проведением испытаний в соответствии с ГОСТ.

Замечания

1. При обосновании актуальности темы исследований автор утверждает, что для изготовления медицинских изделий, предназначенных для имплантации в организм человека, допущено три сплава на основе титана, два сплава на основе кобальта и два сплава на основе железа. На самом деле это сплавы зарубежного производства, разрешенные ГОСТ Р ИСО 5832. Сплавы отечественного производства, отвечающие соответствующим ГОСТам, также используются для изготовления имплантируемых медицинских изделий.
2. В главе 2 диссертации, посвященной объектам и методам исследования, не указаны погрешности измерений содержания азота и кислорода, объемной доли фаз, микротвердости, расстояния от

поверхности и др., на основе измерения которых автор делает заключения. Так на рис. 3.17 диссертации и рис. 3 автореферата приведено содержание кислорода и азота с точностью до 0,001%, что вызывает сомнения при содержании этих элементов в количестве до 20% по массе.

3. При разработке режимов термической обработки прутков из сплава ВТ6 автор исследовал влияние температуры изотермической выдержки на твердость материала. При этом для каждой температуры обработки была назначена конкретная выдержка. Является ли эта выдержка оптимальной с точки зрения получения требуемой твердости из текста диссертации не ясно.
4. На страницах 132-136 диссертации автор приводит результаты влияния температуры нагрева под закалку на структуру, объемную долю и твердость прутков из сплава ВТ6. При этом на рисунках 5.4 и 5.5 приводит результаты для объемной доли и твердости по отдельности, а затем на рисунке 5.6 вместе. На странице 136 он утверждает, что по замеру твердости закаленного с любой температуры образца сплава ВТ6 можно с точностью $\pm 5^\circ\text{C}$ определить температуру полиморфного превращения сплава ВТ6, но как это сделать в диссертации не говорится. Нужно ли учитывать объемную долю α -фазы, тоже не ясно.
5. В пункте 2 научной новизны автор утверждает, что в процессе эксплуатации шаровой головки эндопротеза из сплава ВТ6 происходит изменение химического состава модифицированного поверхностного слоя: растворение нитрида (TiN) и образование оксинитрида титана (TiN_xO_y). Однако прямых наблюдений частиц оксинитрида титана металлографическим, электронномикроскопическим и рентгеноструктурным методами нет.

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации и общей высокой оценки работы.


Диссертационная работа Орлова Алексея Алексеевича выполнена на высоком научно-техническом уровне. Она представляет собой самостоятельную законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно-обоснованные технические и технологические решения по термической обработке и модифицированию поверхности титанового сплава ВТ6, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства изделий за счет формирования в них заданной поверхностной и объемной структуры.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 15 научно-технических конференциях, опубликованы в 26 печатных работах, из них 1 в изданиях, входящих в перечень ВАК и 6 в журналах, включенных в международные системы цитирования.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-16 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Орлов Алексей Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой
«Материаловедение»
федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский политехнический университет»


28.11.2022

Овчинников Виктор Васильевич

Подпись Овчинникова В.В. удостоверяю

Специалист по кадровому
делопроизводству

Гирякова И.



Тел.: +7-968-626-1461

E-mail: vikov1956@mail.ru

Адрес организации: 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38