

Отзыв
официального оппонента

на диссертационную работу Лиджиева Арсланга Алексеевича
«Использование водородных технологий для управления структурой,
технологическими и эксплуатационными свойствами высокомодульного
титанового сплава медицинского назначения», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1
«Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Актуальность темы диссертации

Развитие и расширяющееся внедрение передовых медицинских методов хирургической ортопедии сопровождается повышением требований к эксплуатационным свойствам специализированных инструментов для проведения операций, в частности по эндопротезированию крупных суставов. К крупногабаритным инструментам для обработки плотных костных структур предъявляются требования по коррозионной стойкости, прочности, жесткости конструкций. Такие инструменты (рашпили, сверла, долота) изготавливают из нержавеющей сталей. Титановые сплавы для этого применения не рассматривались, несмотря на высокую удельную прочность и коррозионную стойкость, в том числе из-за более низкого модуля упругости (почти в 2 раза меньшего, чем у сталей), не позволяющего обеспечить жесткость конструкции при действии интенсивных механических нагрузок изгибающего и ударного характера. Кроме того, титановые сплавы имеют недостаточную износостойкость при воздействии фрикционных нагрузок. В то же время замена сталей на титановые сплавы позволит почти в 2 раза снизить вес инструментов, тем самым облегчить физические нагрузки хирурга, учитывая продолжительность его непрерывной работы и требования к высокой точности обработки костных структур.

Для использования преимуществ титановых сплавов как перспективных материалов инструментов необходимо решить целый ряд

материаловедческих и технологических проблем: рационально выбрать состав сплава, разработать научно-обоснованные технологии обработки и производства инструмента, которые нивелируют недостатки титановых сплавов, обеспечат требуемый комплекс эксплуатационных свойств, повысят эргономичность инструмента.

Решению этих задач и посвящена диссертационная работа Лиджиева А.А., что определяет ее несомненную актуальность с научной, практической и социальной сторон.

Общая характеристика работы

Цель и задачи работы сформулированы автором достаточно четко, логично и рационально: на основе результатов комплексных экспериментальных материаловедческих исследований установить влияние различных технологий, в том числе оригинальных водородных и ионно-плазменных, на структуру и комплекс технологических и эксплуатационных свойств изделия – рашпиля, необходимых для высокой работоспособности и надежности.

Следует отметить оригинальный выбор опытного титанового сплава с повышенным (9 масс. %) содержанием алюминия, которое обеспечивает повышенный по сравнению со всеми промышленными сплавами модуль упругости и, соответственно, жесткость инструмента.

Автор последовательно и подробно исследовал влияние термобарических и концентрационных параметров термоводородной обработки на структуру сплава, получив целый ряд новых научных результатов. Оригинальной и перспективной представляется идея использования водородного пластифицирования для повышения технологической пластичности этого труднодеформируемого сплава при изотермической штамповке заготовок. Используя метод математического компьютерного моделирования, автор показал возможность штамповки заготовок рашпиля по режимам, используемым при массовой штамповке ножек эндопротеза тазобедренного сустава из сплава ВТ6 (Ti-6Al-4V). Так

как геометрия обоих изделий весьма близка, то возможно использование того же штампового инструмента, что важно с точки зрения рациональной организации производства.

В работе показана возможность улучшения обрабатываемости резанием выбранного сплава путем использования механоводородной обработки, что имеет важное практическое значение, учитывая достаточно большой объем этой обработки при изготовлении рашпилей.

В качестве заключительной операции предложено вакуумное ионно-плазменное азотирование, обеспечивающее высокую твердость и износостойкость инструмента.

Выводы по работе достаточно подробны и подчеркивают достижение цели и выполнение всех поставленных задач. Работа в целом выполнена на высоком научном уровне, изложена технически грамотным языком, достаточно подробно и аккуратно иллюстрирована.

Характеристика научной новизны

В диссертационной работе Лиджиева А.А. получен целый ряд новых научных результатов, представляющих интерес для развития металловедения титана и создания эффективных технологий обработки.

Так, впервые подробно исследован эффект влияния термобарических параметров наводороживающего отжига на формирование необычной градиентной структуры сплава, вызванное экзотермической реакцией сорбции водорода. Также установлено влияние температурно-кинетических параметров вакуумного отжига водородосодержащего сплава на формирование градиентной структуры вследствие эндотермического характера процесса десорбции водорода.

Проведение математического компьютерного моделирования позволило определить основные температурные и деформационно-силовые параметры изотермической штамповки заготовок рашпиля из наводороженного до 0,6 масс.% сплава Ti-8,7Al-1,5Zr-2Mo. Установлено, что

эти параметры практически совпадают с параметрами штамповки заготовок ножек эндопротеза, что имеет большое практическое значение.

Впервые исследовано влияние водорода (механоводородной обработки) и термоводородной обработки на характеристики обрабатываемости резанием сплава с повышенным содержанием алюминия. Установлены причины снижения силы резания, связанные со структурными изменениями под влиянием водорода.

Практическая значимость работы

заключается в разработке научно-обоснованных схем и режимов термоводородной обработки, изотермической штамповки заготовок, их обработки резанием. Вакуумное ионно-плазменное азотирование изделий обеспечивает высокий уровень их эксплуатационных свойств. Разработанные технологии могут быть использованы и в других машиностроительных отраслях, где требуется высокая жесткость и износостойкость титановых изделий. Практическая значимость подтверждена Актом использования технологий на предприятии, производящем изделия медицинского назначения.

Достоверность полученных результатов подтверждена использованием комплекса современных методов физического материаловедения, поверенного испытательного и измерительного оборудования, стандартизованных методик испытаний, лицензированного программного обеспечения.

Замечания

1. В литературном обзоре автор приводит примеры влияния различных технологий на разные титановые сплавы с повышенным содержанием алюминия: Ti-9Al, Ti-9Al-1Mo-3Zr-4Sn, Ti-8,7Al-1,5Zr-2Mo и др. Не ясно, почему для исследований был выбран именно сплав Ti-8,7Al-1,5Zr-2Mo.

2. В главе I автором работы отмечена инертность титановых сплавов по отношению к среде организма. Однако эксплуатация

медицинских инструментов также подразумевает регулярный контакт с более агрессивными для титановых сплавов средами, применяемыми в процессе бактерицидной обработки, стерилизации (например, раствор перекиси водорода). Поэтому представляет интерес оценка устойчивости исследуемого сплава к дезинфекции, предстерилизационной очистке и стерилизации.

3. Известно, что ко всем медицинским инструментам предъявляются высокие требования к качеству их поверхности. В связи с этим в исследовании на обрабатываемость сплава резанием при фрезеровании стоило оценить шероховатость обработанных поверхностей.

4. Недостаточно подробно исследован износ режущих кромок фрез, использованных в экспериментах по резанию (с. 104, рис. 4.22). В то же время характер износа и стойкость инструмента являются важными критериями обрабатываемости резанием.

5. Повышение износостойкости изделий из титановых сплавов при модифицировании поверхности и формировании покрытий, в том числе на основе нитридных фаз – факт давно известный. Однако с точки зрения подтверждения пригодности исследованного сплава для указанных изделий и эффективности разработанных технологий необходимо было провести испытания на износ в парах трения, имитирующих костные структуры по твердости.

6. Из текста диссертации не совсем ясна природа снижения ударной вязкости образцов после ионно-плазменного азотирования (табл. 5.2).

Сделанные замечания носят дискуссионный или рекомендательный характер и не снижают научной и практической значимости диссертации и ее высокой оценки оппонентом.

Диссертационная работа Лиджиева А.А. представляет собой законченную самостоятельную научную квалификационную работу, в которой изложены научно-обоснованные технологические решения по применению водородных и ионно-плазменных технологий для управления структурой, технологическими и эксплуатационными свойствами


ортопедического хирургического инструмента из высокомолекулярного титанового сплава Ti-8,7Al-1,5Zr-2Mo.

Результаты работы доложены на 10 научно-технических конференциях, опубликованы в 20 статьях, в том числе в 10 в журналах, входящих в перечень ВАК, и в трех, входящих в международные системы цитирования.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению 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 Лиджиев Арсланг Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой, профессор
Калужского филиала МГТУ
им. Н.Э. Баумана
д.т.н, профессор


21.11.24

Шаталов
Валерий Константинович

Подпись Шаталова В.К.
удостоверяю,



Адрес организации: Калужский филиал МГТУ
им. Н.Э. Баумана
248000, г. Калуга, ул. Университетский Городок, 1/2
vkshatalov@yandex.ru
+7(910)910-4877