

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
ГАТИНОЙ СВЕТЛАНЫ АЗАТОВНЫ

«Фазовые превращения и механические свойства псевдо- β -сплава Ti-15Mo, подвергнутого интенсивной пластической деформации»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Актуальность темы диссертационной работы

Среди металлических сплавов, используемых в качестве ортопедических и дентальных имплантатов, важное место на сегодняшний день занимают сплавы на основе титана благодаря комбинации низкого модуля упругости, высокой удельной прочности и хорошей биосовместимости. Чтобы повысить прочность без ухудшения биосовместимости, титановые сплавы медицинского назначения легируются безвредными для организма человека элементами. При этом фиксация оцк β -фазы в сплаве за счет добавления достаточно большого количества β -стабилизатора не только улучшает прочностные свойства, но и значительно снижает его модуль упругости, уменьшая разницу между модулями упругости материала имплантата и кости. Этот фактор является чрезвычайно важным для имплантатов постоянного применения, поскольку большая разница между упругими модулями материала имплантата и кости может привести к неправильному распределению нагрузки из-за «жесткости» конструкции, расшатыванию имплантата, и дополнительному хирургическому вмешательству. Недостаточно высокая статическая и циклическая прочность β - и псевдо- β сплавов медицинского назначения может быть повышена термической или термомеханической обработкой, однако это ведет к выделению второй фазы, что негативно влияет на модуль упругости. В этой связи обеспечение баланса высоких прочностных характеристик псевдо- β сплавов и относительно низкого модуля упругости является актуальной проблемой в области создания биомедицинских материалов и искусственных суставов постоянного применения и представляет несомненный научный и практический интерес.

В диссертационной работе Гатиной С.А. эта задача решалась путем формирования ультрамелкозернистой (УМЗ) структуры с использованием методов интенсивной пластической деформации. В качестве объекта исследования использовался известный сплав медицинского применения Ti-15Mo, который в однофазном состоянии имеет очень низкий модуль упругости.

Целью работы являлось установление закономерностей структурообразования и фазовых превращений в псевдо- β сплаве Ti-15Mo при интенсивной пластической деформации и повышение его прочности и сопротивления усталости с сохранением низкого модуля упругости за счет формирования УМЗ структуры.

Содержание диссертационной работы

Работа изложена на 135 страницах машинописного текста, включает введение, 5 глав, основные результаты и выводы, список сокращений и условных обозначений, список литературы из 179 наименований и 3 приложения.

В первой главе обобщены требования к металлическим материалам для изготовления имплантатов временного и постоянного применения и рассмотрено применение титановых сплавов в медицине; показано влияние термической и термомеханической обработки псевдо- β -титановых сплавов на их структурно-фазовые параметры и механические свойства; проанализирован эффект интенсивной пластической деформации на структурные и прочностные изменения псевдо- β -титановых сплавов. Заканчивается глава постановкой задач исследования диссертационной работы.

Во второй главе описаны материал, методы и методики исследования.

Третья глава посвящена результатам экспериментального изучения микроструктуры и фазовых превращений в крупнозернистом (КЗ) сплаве Ti-15Mo после обработки на β -твердый раствор и последующего старения. Рассмотрены механизмы $\beta \rightarrow \omega$ и $\beta \rightarrow \alpha$ превращений, форма, размеры и объемная доля выделяющихся из β -матрицы вторичных ω - и α -фаз. Исследовано влияние сдвига под давлением на особенности фазовых превращений и формирования в сплавеnanoструктурного (НС) состояния.

В четвертой главе выполнено исследование кинетики старения сплава Ti-15Mo в КЗ и НС состояниях. Установлено влияние nanoструктуры на форму и размеры выделяющихся частиц α -фазы, ее объемную долю, и микротвердость сплава в зависимости от температуры и продолжительности нагрева.

В пятой главе представлены результаты формирования УМЗ структуры и повышение механических свойств в объемных заготовках из сплава Ti-15Mo методом равноканального углового прессования (РКУП). Определены режимы РКУП сплава Ti-15Mo, обеспечивающие формирование УМЗ структуры с минимально возможным содержанием ω -фазы. Показано повышение статической и циклической прочности сплава, подвергнутого РКУП.

Степень обоснованности научных положений и выводов, их достоверность и новизна

В диссертации получен ряд новых научно значимых результатов, среди которых стоит выделить влияние интенсивной пластической деформации на кинетику выделения и форму α -фазы при последующем отжиге. Автором также было показано, что деформация сплава Ti-15Mo сдвигом под давлением приводит к существенному измельчению структуры, сопровождающемуся фазовым $\beta \leftrightarrow \omega$ превращением и немонотонным изменением объемной доли ω -фазы. Научные положения, выносимые на защиту, представляются обоснованными, поскольку они базируются на применении современных взаимодополняющих апробированных методов исследований и испытаний структуры и свойств УМЗ материалов, прошли обсуждения на российских и международных научных конференциях, а также опубликованы в рецензируемых научных журналах.

Практическая значимость диссертационной работы

Практическая значимость работы заключается в определении условий РКУП псевдо- β сплава Ti-15Mo, обеспечивающие повышение статической и циклической прочности при сохранении низкого модуля упругости (менее 100 ГПа). Полученные результаты были использованы для получения опытных прутков-полуфабрикатов на производственной базе ООО Наномет (г.Уфа). Были предложены режимы деформационно-термической обработки, включающие термообработку, РКУП по схеме «Конформ» и волочение. Результаты диссертационной работы были использованы в учебном процессе.

Замечания по работе:

Несмотря на общее положительное впечатление от диссертационной работы, которая в целом логично структурирована и ясно изложена с использованием современной научной терминологии, к работе имеется несколько вопросов и замечаний.

1. Во введении (с. 5) говорится, что: «Традиционные методы повышения прочности псевдо- β -титановых сплавов термической или термомеханической обработкой, включающей прокатку или волочение в сочетании со старением, обычно приводят к снижению пластичности, неизбежному повышению модуля упругости за счет выделения вторых фаз, а также к формированию острой текстуры и, как следствие, сильной анизотропии свойств.» На каком основании автор ожидает, что РКУП при 250°C и последующий отжиг не будет приводить к этим же эффектам? И почему в работе не рассмотрено влияние формирующейся в ходе РКУП текстуры на механические свойства?

2. Четыре прохода РКУП с пересечением 135° дает степень деформации $\epsilon \sim 2$, что соответствует, например, прокатке на $\sim 70\%$. Структура, которая формируется после такой обработки, очевидно, не зеренная (судя по Рис. 5.8 она полосовая, субзереная). Насколько можно называть такую деформацию интенсивной и как связать результаты, полученные в первой (обработка сдвигом под давлением, Главы 3 и 4) и второй (РКУП, Глава 5) частях работы?
3. Не вполне понятна интерпретация результатов ДСК. Например, проверялась ли температура, соответствующая переходу в однофазную бета область методом пробных закалок?

4. Одной из основных проблем сильнодеформированных металлов является их низкая трещиностойкость (косвенно на это указывает ранняя локализация деформации при испытаниях на растяжение, Рис. 5.7). В случае с материалами медицинского назначения трещиностойкость - это ключевая характеристика. Поэтому, во-первых, следовало бы больше внимания уделить этому вопросу в исследовании и, во-вторых, более уместно было бы определить сопротивление усталости и на образцах с надрезом, а не только на гладких образцах.

Отмеченные отдельные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертационной работы и не снижают ее научной и практической ценности.

Заключение

Диссертационная работа Гатиной С.А. представляет собой законченное исследование. Автореферат полностью соответствует тексту диссертации. Материалы диссертационной работы достаточно полно опубликованы в статьях в журналах из списка ВАК и представлены в материалах конференций. Результаты работы докладывались на многих международных и всероссийских конференциях и семинарах. Представленная работа соответствует паспорту специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» в пунктах 2 и 3 (технические науки). Диссертационная работа Гатиной С.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной, имеющей значение для металловедения, задачи повышения прочностных и усталостных свойств в титановом псевдо- β -сплаве Ti-15Mo при сохранении низкого модуля упругости за счет формирования УМЗ структуры методом интенсивной пластической деформации.

Таким образом, по актуальности и объему выполненных исследований, новизне, достоверности, научной и практической значимости полученных результатов и выводов диссертационная работа Гатиной С.А. «Фазовые превращения и механические свойства псевдо- β -сплава Ti-15Mo,

подвергнутого интенсивной пластической деформации» соответствует критериям (в том числе п. 9), установленным «Положением о присуждении ученых степеней», и требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Гатина Светлана Азатовна заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой «Материаловедение
и нанотехнологии» ФГАОУ ВО НИУ «БелГУ»
доктор технических наук, Жеребцов Сергей Валерьевич



308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85, тел: +7(4722) 58-54-16
zherebtsov@bsu.edu.ru