

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Поляковой Вероники Васильевны на тему «Особенности структуры и механические свойства ультрамелкозернистого сплава Ti-6Al-7Nb для медицинских применений», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность темы диссертации

Использование металлических материалов в медицине и, в том числе, для остеосинтеза, является одним из их важных практических применений уже длительное время. При этом необходимо обеспечение механической прочности конструкций и устройств, их устойчивости к усталостному разрушению и биомеханической совместимости имплантатов. К перспективным медицинским материалам последнего поколения относятся одни из наиболее инертных титановых сплавов типа Ti-6Al-7Nb.

Как известно, в последние годы большое внимание уделяется развитию методов мегапластической, в том числе интенсивной деформации, ИПД (равноканального углового прессования, РКУП, и ряда других), и их сочетаний с традиционными методами термической обработки и обработки металлов давлением для получения объемных материалов в высокопрочном состоянии с ультрамелкозернистой (УМЗ) структурой. Данный подход был использован в настоящей работе для получения длинномерных высокопрочных и пластичных полуфабрикатов из сплава Ti-6Al-7Nb. При этом в данных сплавах, были впервые изучены особенности структурообразования, механизмы формирования высокопрочных субмикро- и нанокристаллических УМЗ-состояний и механические свойства.

Таким образом, данная тема является актуальной научной проблемой металлостроения и ориентирована в практическом отношении на разработку комбинированных способов улучшения физико-механических свойств сплава

для его применения в качестве имплантатов. Актуальность темы диссертационной работы не вызывает сомнений и подтверждается поддержкой исследований в рамках ряда международных и российских программ.

Структура и основное содержание диссертации

Диссертация Поляковой В.В. состоит из введения, пяти глав, выводов, заключения и списка цитированной литературы из 178 источников, всего в диссертации 154 страницы текста, в том числе 59 рисунков и 9 таблиц. Во введении работы обоснована актуальность выбранной темы диссертации, определен объект изучения и сформулированы цель и задачи исследований, описаны научная новизна результатов, их практическая значимость, достоверность и обоснованность, личный вклад автора, а также представлены основные результаты и положения, выносимые на защиту.

В первой обзорной главе систематизированы данные об истории и современном состоянии исследований материалов медицинского назначения, их химического состава, конструкционных и функциональных свойств и структуры, основных методов их синтеза посредством ИПД в УМЗ состоянии. Проанализированы температурно-деформационные параметры оптимизации УМЗ-структуры в них, механизмы их упрочнения. Отмечено место и важность изучаемого сплава. Во второй методической главе приведено описание материала и методов внешних воздействий и исследований.

Оригинальные исследования формирования УМЗ-структуры в псевдо- α сплаве Ti-6Al-7Nb методом РКУП представлены в третьей главе. Четвертая глава посвящена получению УМЗ-структуры и высоких механических свойств в длинномерных прутковых полуфабрикатах сплава по технологии РКУП-конформ и теплого волочения. Наконец, в пятой главе исследовали функциональные свойства данного сплава для конкретных медицинских применений в остеосинтезе.

Достоверность и обоснованность положений, выводов и рекомендаций диссертации

Научные результаты, положения и выводы диссертации обоснованы, подтверждены экспериментально, апробированы и опубликованы. Достоверность результатов определяется применением комплекса методов исследований свойств и структуры высокого разрешения с использованием современных приборов, методов обработки результатов, и их соответствием данным, установленным другими экспериментальными методами на подобных материалах, и опубликованным в научной литературе.

Научная новизна результатов работы

Научную новизну имеют большинство результатов, полученных при выполнении экспериментальных исследований фундаментальных закономерностей изменения структуры и свойств исследуемого сплава в зависимости от исходного состояния, степени и температурно-скоростных параметров деформации при РКУП, РКУП-конформ, режимов термических обработок.

Так, впервые установлены основные особенности формирования при ИПД УМЗ-структуры с учетом морфологии, глобулярной и пластинчатой, образующихся фаз, выявлена эволюция зеренно-субзеренной структуры и ее параметры по мере увеличения степени ИПД, проанализирована их взаимосвязь с механическими свойствами.

Обнаружено повышение прочности УМЗ-сплава Ti-6Al-7Nb в результате постдеформационной термической обработки, связанное с его дисперсионным твердением.

Определены оптимальные режимы термической и деформационно-термической обработки, которые позволяют за счет формирования специальной регламентированной УМЗ-структуры достигать в сплаве высоких прочностных и повышенных пластических свойств, циклическую долговечность при необходимой биосовместимости.

Научная и практическая значимость результатов

Научная и практическая значимость результатов работы, выполненной Поляковой В.В., заключается в развитии физических представлений о механизмах формирования субструктуры высокопрочного сплава Ti-6Al-7Nb с высокой биомеханической совместимостью при применении интенсивных внешних воздействий, используя комбинации ИПД и термической обработки. В работе продемонстрирована эффективность использованного подхода для получения длинномерных полуфабрикатов в виде прутков с УМЗ-структурой и уникальным уровнем механических свойств, превышающем их уровни для других металлических материалов аналогичного медицинского назначения.

Развиваемые в диссертации физико-технические подходы представляют несомненный интерес для науки и производства. Результаты могут быть использованы в организациях и учреждениях, ведущих исследования в области физики конденсированных состояний, металловедения и термической обработки, прочности и пластичности металлов и сплавов, а также в области медицинского материаловедения, в частности, в ИФМ УрО РАН, НИТУ "Московский институт стали и сплавов", Уральском федеральном университете, национальных исследовательских Томском политехническом и Томском государственном университетах и в других предприятиях и организациях, включая медицинские. Их целесообразно использовать, в том числе, в учебных курсах.

Критические замечания

1. Несмотря на выполненные комплексные структурные исследования, остались не вполне понятными фазовый состав ($\alpha+\beta$)-сплава как в исходном состоянии (перед РКУП), так и его изменения при последующих внешних воздействиях. Эти данные могли бы быть получены, например, методом рентгеноструктурного фазового анализа. Также практически во многих случаях отсутствуют микроэлектронограммы, что затруднило анализ структурных

состояний по приведенным в диссертации изображениям, полученным при просвечивающей электронной микроскопии.

2. При отжиге после ИПД (стр. 85-86) действительно наблюдается дисперсионное твердение сплава, однако его природа осталась, на наш взгляд, не до конца выясненной. Почему упрочнение обусловлено не развитием процесса распада остаточной β -фазы с образованием УМЗ α -фазы, что также обсуждалось в диссертации, а атомным упорядочением с образованием α_2 (Ti₃Al)-фазы, хотя ее выделение и возможно?

3. Не описано, как определялась и с какой погрешностью плотность дислокаций в УМЗ-состояниях (рис. 3.20, 4.13).

4. Текстурные исследования подтверждают деформационную природу и механизм формируемой текстуры деформации простого сдвига при развитии УМЗ-структуры, а микроструктурные – свидетельствуют в основном о механизме динамической рекристаллизации в УМЗ-состоянии сплава. В какой мере эти результаты согласуются?

Указанные замечания не снижают ценность диссертационной работы и ее высокой положительной оценки.

Общая оценка диссертационной работы

В целом диссертационная работа Поляковой В.В. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой получены новые и важные экспериментальные результаты. Диссертация содержит все необходимые разделы от постановки задачи, обзора и методов решения задачи до результатов эксперимента, их анализа, выводов и рекомендаций. Материалы работы представлены в 12 научных статьях в рецензируемых журналах, в т.ч. в 9 статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ. Автореферат диссертации и публикации полно отражают содержание диссертационной работы. Диссертация Поляковой В.В. «Особенности структуры и механические свойства ультрамелкозернистого сплава Ti-6Al-7Nb для медицинских применений» соответствует формуле паспорта специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Заключение

Считаю, что диссертационная работа Поляковой В.В., в которой систематически и комплексно исследованы особенности формирования структурно-фазового состояния и механических свойств ультрамелкозернистого сплава Ti-6Al-7Nb для медицинских применений, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям Положением о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор Полякова В.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Владимир Григорьевич Пушин

Зав. лабораторией цветных сплавов ИФМ УрО РАН

доктор физ.-мат. наук, профессор



Адрес организации:

ФГБУН ИФМ УрО РАН

620990, г. Екатеринбург,

ул. С. Ковалевской, 18

physics@imp.uran.ru



| | |
|----------------------------|---------------|
| Подпись | <i>Пушина</i> |
| заверяю | |
| Руководитель общего отдела | |
| <i>Лямин</i> | Н.Ф.Лямина |
| "20" 11 | 20 15г. |