

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Полякова Александра Вадимовича «Эволюция микроструктуры и механических свойств технически чистого титана при равноканальном угловом прессовании по схеме «Конформ»», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Полякова А. В. посвящена детальным исследованиям эволюции микроструктуры и механических свойств титановых прутков при формировании ультрамелкозернистой (УМЗ) структуры новым методом непрерывного равноканального углового прессования по схеме «Конформ» (РКУП-К) с последующим волочением. Установлено влияние режимов обработки технически чистого титана Grade 4 на его кратковременные и усталостные свойства, на этой основе модернизирована технология получения длинномерных прутков, пригодных для изготовления медицинских имплантатов в промышленных условиях. Метод РКУП-К, как более производительная модификация метода РКУП, в сочетании с волочением позволяет получать длинномерные прутки, востребованные промышленностью. В связи с этим научная и прикладная **актуальность** темы диссертации не вызывает сомнений.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Во введении показана актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и основные задачи исследования, новизна и практическая значимость работы, также представлены положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертационной работы представлен литературный обзор, где обосновывается выбор материала исследования. Рассмотрены методы интенсивной пластической деформации для получения УМЗ структуры в технически чистом титане, влияние УМЗ структуры на механические свойства титана. Отражены преимущества метода РКУП-К для получения прутков-полуфабрикатов УМЗ титана.

Вторая глава посвящена описанию исследуемого материала, методов его обработки и методик исследований структуры, механических характеристик и функциональных свойств.

В третьей главе представлены результаты исследования влияния условий деформации (температуры и степени) методом РКУП-К на микроструктуру и

механические свойства титана. Рассмотрено влияние субструктурного и зернограницного упрочнения титана в ходе РКУП-К.

В четвертой главе исследована зависимость механических свойств прутков титана Grade 4 при растяжении от микроструктуры титана, полученной методом РКУП-К и последующем волочении при температуре 200 °С на всех стадиях. Показано влияние числа проходов при РКУП-К на микроструктуру и механические свойства прутков титана Grade 4 после волочения. Представлены результаты испытаний по однородности распределения механических свойств в поперечном и продольном сечениях прутка. Показано влияние УМЗ структуры на усталостные свойства титана Grade 4 и особенности разрушения при циклических нагрузках. Обоснованы режимы РКУП-К с последующим волочением для получения прутков и проволоки УМЗ титана Grade 4 с высокими свойствами: $\sigma_b = 1290$ МПа, $\delta = 14$ %, предел выносливости 620 МПа на базе 10^7 циклов при симметричном цикле нагружения.

В пятой главе исследованы биомедицинские свойства УМЗ титана Grade 4 и описаны опытные изделия из получаемых прутков, представлены результаты их аттестации.

Большое количество экспериментальных результатов и использование диссертантом взаимно дополняемых экспериментальных методов исследования (оптическая металлография, просвечивающая электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, растровая электронная микроскопия, кратковременные и циклические испытания) с применением современного оборудования и программного обеспечения определяет **достоверность и надежность полученных результатов**, а также аргументированность сформулированных заключений и выводов диссертации.

Результаты полно представлены на российских и зарубежных конференциях, отражены в достаточном количестве публикаций в журналах высокого уровня. Другим подтверждением обоснованности и достоверности научных выводов является успешное применение предложенных в работе режимов обработки в производстве прутков УМЗ титана и изделий из них.

Оценка новизны полученных результатов и выводов

Новизна результатов определена тем, что:

1. Выявлены закономерности формирования УМЗ структуры в технически чистом титане Grade 4 в зависимости от условий деформирования (температуры и степени деформации) в процессе РКУП по схеме «Конформ».
2. Определены режимы деформации титана Grade 4, обеспечивающие получение изотропной УМЗ структуры и повышенных механических свойств при обработке,

включающей РКУП-К и последующее волочение, а также представлено их физическое обоснование.

3. Впервые установлены особенности эволюции УМЗ структуры и механических свойств в титане Grade 4, подвергнутом волочению, в зависимости от степени накопленной деформации в процессе предварительного РКУП-К.
4. Впервые получена нанокристаллическая структура (средний размер зерен менее 80 нм) в прутках титана Grade 4, обеспечивающая рекордные значения прочности и пластичности ($\sigma_b = 1365$ МПа и $\delta = 15$ %) для технически чистого титана.

Практическая значимость работы заключается в обосновании предлагаемого метода РКУП-К и последующего волочения при 200°C для получения длинномерных прутков из УМЗ титана Grade 4 с высокой прочностью и пределом выносливости. На основе выполненных исследований в ООО «НаноMeT» создана технология, применяемая при производстве прутков УМЗ титана для российских и зарубежных заказчиков.

К работе имеются следующие замечания и комментарии:

Глава 1.

- Для объективности оценки разных методов получения УМЗ структуры в титане, необходимо было сравнить эффективность (производительность и стоимость) альтернативных технологий без предварительного РКУП-К, например, поперечно-винтовой прокатки.

Глава 2.

- Судя по рис.2.1.1 в исходном Grade-4 в большом количестве имеются частицы второй фазы, какой? Почему они отсутствуют после РКУП-К и волочения?

- По данным табл.2.1.1 исходный материал имел прочностные характеристики ниже требований сертификата, с чем это связано и почему такой материал использовался в работе?

- Если размер и форма каналов (квадрат, 11x11) в установке РКУП-К отличались от таковых для исходного прутка (круглая, Ø12мм), то почему не указана дополнительная операция обработки, по-видимому, заострения конца? Такая же операция должна быть указана и при подготовке к волочению. В связи с этим, не рассматривается ли создание РКУП-К для круглого сечения заготовки.

- Указано, что в процессе РКУП-К и волочения заготовки покрывали смазкой, а в главе 4, стр.81 упоминается, что «производилось многократное сухое волочение».

Глава 4. Необычным является видимый из распределений на рис.4.2.3 факт, что в продольном сечении вытянутость и наиболее вероятный размер зерен/субзерен меньше, чем в поперечном. С чем это связано?

- Остается не ясным основной алгоритм, по которому выбраны методы и оптимальные режимы получения прутков. Был ли заранее определен необходимый (рекордный) для практики уровень функциональных свойств или автор стремился к получению оптимального сочетания различных характеристик? Многочисленность и разнонаправленность технических характеристик в прутках требует определенного критерия выбора режимов, на чем он был основан?

- Учитывая неравновесность наноструктуры, желательно было выполнить исследование термостабильности материала прутков. Кроме того, в деформационных технологиях используется отжиг для снятия напряжений и перевода материала в более равновесное состояние. С чем связано отсутствие такой операции?

- Для статистической оценки отсутствия в материале микротрещин после волочения полезно было бы выполнить исследование методом ультразвукового контроля. Такая операция является традиционной для изделий ответственного назначения, полученных с применением деформации.

В целом, отмеченные замечания не снижают положительной оценки диссертации. Считаю, что представленная работа отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения степеней», и автор Поляков Александр Вадимович заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01–Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Официальный оппонент,
главный научный сотрудник ФГБУН
«Институт машиноведения им. А.А.
Благонравова» РАН,
доктор технических наук, профессор

Столяров Владимир Владимирович

101990, Москва, Малый Харитоньевский переулок, д.4
vlstol@mail.ru, тел.: 8-495-623-42-37

Подпись Столярова В.В. заверяю:
Ученый секретарь, к.т.н.



Бозров Виктор Маирович