

## **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.**

Состояние микроструктуры технически чистого титана в значительной степени определяет уровень его механических и эксплуатационных свойств. Уменьшение среднего размера зерна от крупнокристаллического до субмикро- и наноструктурного размеров позволяет увеличить прочность материала в 2-2.5 раза, усталостную долговечность в 1.2-1.5 раза при одновременном снижении пластичности и трещиностойкости. Достижимый уровень свойств заготовок технически чистого титана обуславливает его практическую востребованность для изготовления изделий медицинского назначения, в которых повышенное содержание токсичных для человека элементов (V, Sn, Al, Mo и др), применяемых для упрочнения титана, ограничивается. Ограниченность возможности увеличения массовой доли легирующих элементов в заготовках медицинского назначения, направленных на повышение эксплуатационных характеристик материала, требует применение альтернативных путей повышения прочности и усталостной долговечности технически чистого титана. К таким методам относятся термомеханическая обработка с применением деформационных методов, включая схемы деформации простого сдвига (РКУ прессование). Существенным недостатком процесса РКУ прессования является ограничения по длине обрабатываемой заготовки. Получение РКУ прессованием заготовок промышленной длины затруднительно, с целью

расширения технологических возможностей схемы простого сдвига Авторами (В.М. Сегал, В.И. Резников, В.И. Копылов и др) была предложена модификация метода - РКУП-Конформ. Данный метод позволяет получить необходимые для промышленности длинномерные заготовки из технически чистого титана. Практическое освоение метода РКУП-Конформ выявило необходимость в проведении систематических исследований посвященных изучению закономерностей формирования УМЗ структуры в технически чистом титане Grade 4 в зависимости от температуры и степени деформации, данных об особенностях эволюции микроструктуры и механических свойств после волочения. Таким образом, диссертационная работа Полякова А. В., направленная на решение выше приведенных задач, является актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Обоснованность научных положений и выводов начинается с постановки цели и задач исследования, которые сформулированы на основании критического обзора научно-технической литературы (глава 1). В главе 1 обоснован выбор материала исследования, представлен обзор методов интенсивной пластической деформации, рассмотрено влияние режимов ИПД на эволюцию структуры в чистом титане, отражены результаты работ по влиянию структуры на механические свойства титана, представлены особенности применения технически чистого титана для изделий медицинского назначения.

Во второй главе описан материал для проведения исследований, описаны методики и оборудование, используемые при решении поставленных задач, в том числе для обработки и исследования структуры, механических и других свойств. Содержание этой главы подтверждает высокую степень обоснованности и достоверности полученных результатов, поскольку применяются апробированные методики, реализуемые на сертифицированном оборудовании. К ним, в частности, относятся: испытательная машина Instron; оптический микроскоп "OLYMPUS GX51",



растровый электронный микроскоп «JSM-6390», просвечивающий электронный микроскоп “ JEOL JEM-2100” и др.

Основные научные положения, сформулированные в диссертации, обоснованы конкретными результатами анализа, исследований и расчетов, изложенными в последующих главах. В третьей главе изучено влияние температуры нагрева заготовки под деформацию и интенсивности накопленной пластической деформации с применением РКУП-Конформ на структуру и механические свойства Ti Grade 4. Предложена закономерность определяющая величину условного предела текучести от структурного состояния материала после проведенной деформационной обработки.

Глава четыре посвящена изучению влияния предварительной деформации РКУП-Конформ на структуру и свойства прутков Ti Grade 4 после волочения с различным суммарным коэффициентом вытяжки.

В пятой главе представлены результаты исследования биомедицинских свойств титана Grade 4 с УМЗ структурой и опытных изделий из получаемых прутков.

Научные положения и выводы, сделанные по диссертационной работе А. В. Полякова, обоснованы и опираются на достоверные экспериментальные результаты. Все полученные результаты соответствуют положениям диссертации. Результаты также были апробированы на российских и зарубежных конференциях и опубликованы в 16 статьях журналов, 10 из которых являются рецензируемыми ВАК.

К наиболее значимым результатам диссертационной работы, составляющим её научную новизну относятся:

1. Представленные результаты исследований и закономерности формирования УМЗ структуры в технически чистом титане Grade 4 в зависимости от температуры и степени деформации при РКУП-Конформ.
2. Обоснованные режимы обработки, обеспечивающие получение УМЗ структуры и повышенных механических свойств в прутках, полученных методом РКУП-Конформ с последующим волочением.

3. Особенности эволюции УМЗ структуры и механических свойств в прутках титана Grade 4 после волочения, в зависимости от степени накопленной деформации в процессе предварительного РКУП- Конформ.

Практическая значимость работы подтверждена актом внедрения результатов диссертационной работы в технологический процесс изготовления наноструктурных прутков-полуфабрикатов из титана Grade 4 на предприятии ООО «НаноMeT».

Несмотря на достаточно высокий уровень работы, следует отметить ряд замечаний:

1. В диссертации на странице 41, 103 допущены опечатки (двойной союз «и» и дополнительный символ в описании формулы).
2. Величины плотности дислокаций представлены в виде среднего значения, без указания разброса величин.
3. На странице 81 указано, что температура деформации 200 °С однако по тексту следует, что фактически указана температура нагрева под деформацию, а температура деформации не измерялась.
4. Выводы о эволюции микроструктуры в диссертационной работе сделаны по отношению к температуре нагрева под деформацию, без учета деформационного разогрева.
5. В работе представлены результаты по технологической пластичности титана Grade 4, однако нет диаграммы технологической пластичности, которая применяется для анализа и выбора режимов пластической деформации на практике.
6. Автор делает вывод о динамической рекристаллизации при волочении, однако при этом не учитывает долю динамически рекристаллизованной структуры при РКУП-К. Представленные фотографии говорят о слабом развитии динамической рекристаллизации при волочении и о высокой доле динамической рекристаллизации при РКУП-К.



7. Автор вводит термин коэффициент вытянутости, который не является общепризнанным. Правильнее использовать термин - коэффициент вытяжки.

Отмеченные отдельные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертационной работы и не снижают ее научной и практической ценности. Представленная работа, по моему мнению, отвечает критериям, установленным в «Положении о порядке присуждения степеней» для кандидатских диссертаций, а ее автор Поляков А. В. заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Официальный оппонент,  
начальник отдела проектирования  
технологических процессов  
кузнечно-штамповочного  
производства и гранульной  
металлургии ОАО «Ступинская  
металлургическая компания», к.т.н.



Лопатин Н.В.

142800, Московская обл, г Ступино, ул Пристанционная, владение 2  
[lopatinnv@yandex.ru](mailto:lopatinnv@yandex.ru), тел.: +7 916 7625100

Подпись Лопатина Н.В. заверяю:

и.о. Директор по персоналу и общим вопросам -  
начальник отдела управления персоналом

