

В диссертационный совет Д 212.125.15 при  
ФГБОУ ВО «Московский авиационный  
институт (национальный исследовательский  
университет)»

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бердина Николая Валерьевича  
«Формирование микрокристаллической структуры в титановом сплаве ВТ5-1  
при горячей деформационной обработке», представленный к защите на  
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
05.16.01 – **Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.**

В качестве авиационных материалов для двигателей 5-го поколения большие перспективы получают современные конструкционные титановые сплавы со специальным типом исходной микроструктуры. Они сочетают в себе высокие жаропрочные свойства, а также высокую удельную прочность и хорошую технологичность.

При конструировании современных ГТД одним из основных требований к применяемым материалам является повышение температуры работы, долговечность и надежность деталей установок, работающих в условиях динамического контакта с различными средами. Наиболее остро стоит вопрос о долговечности турбинных лопаток, работоспособность которых в основном определяет срок службы двигателя. За свойства деталей в этом случае отвечают множество факторов, начиная с выбора системы легирования сплавов и кончая режимами их деформационной и термической обработки, что и определяет получение требуемого типа микроструктурного состояния и механических характеристик. Однако ввиду особых физических свойств титана и его сплавов, получение такой структуры в заготовках промышленного масштаба достаточно сложно. Поэтому поиск новых научно обоснованных технологических решений, направленных на получение заготовок с регламентированным типом микроструктуры с одновременным снижением их стоимости является актуальной и важной научной и производственной задачей.

В представленном автореферате изложены результаты исследования преобразования крупнокристаллической структуры в микрокристаллическую в однофазном  $\alpha$ - титановом сплаве ВТ5-1 при горячей пластической деформации образцов в однофазной  $\alpha$ - области с применением различных видов простого однокомпонентного и двухкомпонентного нагружения.

В работе показано, что наряду с традиционным подходом – разработка оптимальных температурно-скоростных режимов горячего изотермического деформирования, особое внимание следует уделять видам нагружения. С использованием разработанных автором оригинальных экспериментальных

методик установлено, что виды горячего нагружения и соответствующее им напряженное и деформированное состояния непосредственно влияют на формирование дислокационной структуры, развитие процессов рекристаллизации, структуру границ зерен, интенсивность образования микрокристаллической структуры и превращенный объем в рабочей зоне деформируемых объектов.

Достоверность полученных результатов работы подтверждается комплексным подходом к исследованиям, а. и. применением современных методов механических и металлографических исследований, конечно-элементным анализом для определения полей распределения напряжений и деформаций в рабочей зоне при деформационной обработке заготовок, современных методов качественной и количественной, оптической металлографии и электронно-микроскопических исследований, а также методов рентгеноструктурных исследований, исследования тонкой структуры и EBSD – анализа.

Научная значимость работы и достоверность результатов исследований подтверждается патентами и опубликованными работами в рецензируемых журналах и апробирована при выступлении на международных и национальных конференциях.

Практическая значимость работы отражена в разработке нового метода получения микрокристаллической структуры в заготовках из титанового сплава BT5-1 и BT6 в основе которого лежит схема «механического перемешивания» материала, что повышает однородность формирования микрокристаллической структуры при 2-х компонентном (кручение + растяжение) горячем деформировании. Необходимо также отметить, что данный метод был применен при получении заготовок для изготовления полноразмерного фрагмента моноколеса центробежного насоса и полый лопатки первой ступени компрессора низкого давления газотурбинного двигателя 5-го поколения. В дополнении можно подчеркнуть практическую направленность работы, а. и. то, что при выполнении исследований также было создано уникальное оборудование и передано на предприятие отрасли для выполнения операции «сушка», которая определяет технологию получения полых широкохордных лопаток двигателя ПД14.

Вместе с тем, по автореферату диссертации имеется ряд замечаний.

1. Не совсем ясно, какую роль исследования на сплаве BT5-1 играют в разработке технологии получения крупногабаритных заготовок из сплава BT6 с микрокристаллической структурой.

2. Поскольку приведенная в главе 6 технологическая схема является многостадийной, в отличие от исследований, результаты которых приведены в главах 3, 4 и 5, следует в автореферате также привести итоговые физико-механические характеристики и фотографии микроструктуры полученных заготовок из титановых сплавов


3. В главе 4 автореферата указано, что для исследования использовались образцы высотой 4 мм, 8 мм и 15 мм. Однако на рисунках 5 и 6 указаны образцы высотой 16 мм.

Однако указанные замечания не снижают высокой научной и прикладной оценки диссертационной работы.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа Бердина Николая Валерьевича является законченной научной работой, полностью отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Бердин Николай Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Должность

Заведующий кафедрой Термообработки и физики  
Металлов Уральского федерального университета  
Имени первого Президента России Б.Н.Ельцина  
Профессор, доктор технических наук

 Попов Артемий Александрович

Подпись Попова А.А. удостоверяю,

Учредитель секретарь УрФУ

 Ф.И.О. Зверев Н.Н.

Печать организации



Адрес организации: 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Наименование организации: Уральский федеральный университет

Электронный адрес: a.a.popov@urfu.ru

Телефон: +7(343) 3745964