

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Иванова Ивана Владимировича
на тему: «Применение методов дифракции синхротронного излучения и
математического моделирования для анализа структуры титановых сплавов,
формируемой при деформационном, термическом и фрикционном
воздействии», представленный на соискание
ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.16.09 –«Материаловедение (в машиностроении)»**

Актуальность темы диссертации обусловлена необходимостью определения надежного метода контроля структуры, а значит и свойств металлических сплавов, на каждом этапе изготовления машиностроительных изделий ответственного назначения, эксплуатирующихся в тяжелых условиях внешнего нагружения. Традиционный рентгеноструктурный анализ является методом, обеспечивающим высокую точность результатов, но длительным в исполнении.

Методы дифракции синхротронного рентгеновского излучения являются перспективными для изучения структурных преобразований, происходящих в режиме реального времени при реализации технологических процессов получения материалов, их последующей обработке, а также при эксплуатации изделий, полученных из этих материалов. Эти методы обеспечивают высокую точность измерений, высокое временное и пространственное разрешение. Однако метод дифракции синхротронного рентгеновского излучения для изучения свойств конструкционных материалов применяется редко.

Целью работы является выявление закономерностей эволюции фазового состава и дислокационной структуры титановых сплавов при реализации различных схем пластической деформации, нагрева и сухого трения скольжения с применением методов дифракции синхротронного излучения.

Необходимо отметить, что методом дифракции рентгеновского синхротронного излучения в режимах *in-situ* были проведены исследования структурно-фазового состояния сплавов в различных условиях воздействия. Исследовались сплавы на основе титана, находящиеся в различном структурном состоянии (α -, α' -, β -, $\alpha + \beta$ -, ω -структурой). Выявлены особенности эволюции структуры: α -титана в процессах холодной прокатки, высокоскоростного соударения и индукционного нагрева; α' - титанового сплава в условиях кручения под высоким давлением; β - титанового сплава в условиях индукционного нагрева; $\alpha + \beta$ - титанового сплава в условиях сухого трения скольжения.

Ивановым И.В. разработана программа алгоритмов для расчета структурных параметров титановых сплавов, основанных на методах профильного анализа данных дифракции синхротронного излучения.

Полученные результаты исследований открывают широкие перспективы применения методов дифракционного профильного анализа и численного моделирования при проведении технологических процессов.

Диссертантом убедительно показано, что методами дифракции синхротронного рентгеновского излучения можно эффективно оценивать дислокационную структуру сплавов на стадии их обработки и последующей эксплуатации.

Предложенные Ивановым И.В. подходы позволяют с высокой точностью выявлять особенности дислокационных преобразований в титановом сплаве в процессе сухого трения скольжения, фиксировать стадии накопления дефектов, адгезионного срыва деформационно поверхностно упрочненных сплавов.

Экспериментально выявлены особенности преобразования и плотности дислокационной структуры и распределения фаз. Для объяснения результатов фазовых и дислокационных преобразований при различных внешних воздействиях предложены математические модели. Установлена корреляция механических свойств сплавов с параметрами структуры, рассчитанными методами мВХ и мУА. Моделирование методами конечных элементов и молекулярной динамики использовались при описании результатов, происходящих при высокоскоростном соударении и индукционном нагреве.

Практическая значимость результатов работы заключается так же в разработке диссертантом методических рекомендаций в виде методического пособия по использованию предложенных диссертантом методов исследования структур титановых сплавов в условиях деформационного и термического воздействий. Пособие для практического использования передано в АО «Институт прикладной физики», в ПАО «Компания Сухой» «Новосибирский авиационный завод имени В.П. Чкалова», ФГУП «Сибирский НИИ авиации им. С.А. Чаплыгина». Результаты исследований диссертанта используются также в Новосибирском государственном техническом университете.

Достоверность научных положений диссертанта подтверждается использованием современного технологического и аналитического оборудования и приборов, компьютерных технологий, апробацией работы на конференциях всероссийского и международного уровней, многочисленными публикациями. Эксперименты по исследованию микроструктуры, элементарного и фазового состава, физико-механических свойств были проведены с использованием современного оборудования и приборов, как в российских, так и в зарубежных научных центрах.

В ходе проведенных исследований поставленные задачи для достижения заявленной цели диссертантом были успешно решены.

Автореферат диссертанта иллюстрирован рисунками, графиками, диаграммами и таблицей.

Полученные диссертантом Ивановым И. В. результаты достоверны, выводы и заключения безупречны, лаконичны и научно обоснованы.

Диссертационная работа «Применение методов дифракции синхротронного излучения и математического моделирования для анализа структуры титановых сплавов, формируемой при деформационном, термическом и фрикционном воздействии» отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям ВАК России, а ее автор Иванов Иван Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (в машиностроении)».

Зав. кафедрой машиностроения и материаловедения
Поволжского государственного технологического
университета, д.т.н., профессор
Республика Марий Эл, г. Йошкар
kmim@volgatech.net Тел. +7(83
ФГБОУ ВО «ПГТУ» Алибек

С.Я. Алибеков

ЗАБЕРЯЮ
Начальник отдела
по работе с персоналом
ФГБОУ ВО «ПГТУ»

Иванов И.В. в целом 03.12.2020

Иванова С.И.
16.11.2020