

ОТЗЫВ

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

Диссертационная работа Иванова И.В., посвященная применению метода дифракции синхротронного излучения для исследования структуры титановых сплавов, представляется актуальной, как с точки зрения методологии исследований, так и фактически полученных результатов исследования титановых сплавов различных классов. Наибольшее внимание автор уделил вопросам, связанным с изучением «in-situ» структурных и фазовых превращений, протекающих при физико-механических воздействиях на титановые сплавы различных классов методом дифракции синхротронного излучения и разработке методики обработки полученных результатов. Задачи диссертации заключаются в выявлении рациональных методов исследования структуры титановых сплавов с применением методов рентгеновской дифракции, разработке программного обеспечения для анализ данных дифракции синхротронного излучения, изучения особенностей эволюции титановых сплавов в процессе воздействия физико-механического воздействия, установления связи между зафиксированным дифракционным методом, структурными параметрами и механическими свойствами титановых сплавов.

Рассмотренная в диссертационной работе тематика представляет интерес для специалистов, занимающихся изучением структурно-фазовых превращений в титановых сплавах, а также прикладными исследованиями, связанными с трибологическими характеристиками титановых сплавов. Объектом исследования выступают не столько титановые сплавы, сколько метод разрабатываемый автором, титановые сплавы под воздействием

физико-механических воздействий представляют предмет исследования. В первой главе автор анализирует известные методы дифракционного профильного анализа, а также структуру и фазовый состав титановых сплавов. Во второй главе дана характеристика предмета исследования – титановых сплавов различных классов, описано экспериментальное оборудование и применяемые методы исследования и применяемые теоретические модели для анализа экспериментальных данных. В третьей главе представлены экспериментальные результаты исследований сплава VT1-0, в том числе, с применением двух методов профильного анализа – классического Вильямсона-Холла и модифицированного Уоррен-Авербаха. К практически значимым результатам исследования следует отнести обнаруженный автором факт о достижении максимальной плотности дислокаций ($37 \cdot 10^{-14} \text{ м}^{-2}$) при степени деформации в 51 %. Интересные данные получены по исследованию двухфазного сплава Ti-13Nb-13Zr, закаленного из β - области на мартенсит α' . Автором показано, что при воздействии напряжений мартенсит может распадаться с выделением β фазы, и образованием участков материала с ω -состоянием. Исследования поведения материала в процессе высокоскоростной пластической деформации соударением по методу Тэйлора раскрывают возможности способа исследования дифракции синхротронного излучения при наблюдении «in-situ» за дислокационной структурой материала. В совокупности с результатами моделирования процесса соударения в специальном программном обеспечении, полученные результаты позволяют надеяться на развитие предложенного автором подхода при решении прикладных задач, например, зарождение повреждений в процессе усталостного нагружения, повышение эффективности технологических операций поверхностного упрочнения и т.п. В четвертой главе изложены результаты исследований структурных изменений в процессе нагревов. Рост плотности дислокаций, отмечаемый автором для предварительно деформированного сплава VT1-0 при нагреве в интервале температур от 25

до 300 °С, вероятно, требует корректировки. На соответствующих кривых (рисунок 6а) в районе ≈ 100 °С имеется экстремум, поэтому устойчивый рост плотности дислокаций происходит в интервале $\approx 100-300$ °С. Это можно подтвердить значительным практическим опытом - титановые сплавы не склонны к «естественному старению» при относительно низких температурах, близких к комнатной. Практический интерес представляют результаты наблюдения за процессом старения β - титанового сплава Ti-45Nb, представленные в 4 главе. Резкое увеличение радиуса области упругих искажений вокруг дислокаций Re в интервале температур нагрева от 400 до 495 °С соотносится с типовыми температурами старения большого числа β -сплавов применяемыми при необходимости получения максимальных прочностных характеристик материала. Пятая глава посвящена исследованию процессов сухого трения скольжения образца из двухфазного титанового сплава Ti-3Fe посредством «наблюдения» с применением метода дифракции синхротронного излучения. Можно вполне согласиться с автором, что предложенная методика эксперимента отличается высокой эффективностью, позволяя оценивать трибологический процесс не только по классическим параметрам трибометрии, но и с точки зрения изменения дислокационной структуры материала в паре трения, причем количественным показателем – плотностью дислокаций, определенным для α - фазы. При этом, автор никоим образом не описал процессы, происходящие в β -фазе (или не указал причины, по которым достоверная оценка не возможна). В шестой главе автором представлены результаты прикладного характера – в виде рекомендаций по использованию разработанного автором подхода и метода, разработке методического пособия, описания конструктивных особенностей экспериментальной установки и т.п.

Достоинства работы заключаются в комплексном подходе к исследованию влияния различных физико-механических процессов на фазовое и дислокационное состояние титановых сплавов различных классов,

особый интерес представляет возможность «наблюдения» за динамическими процессами и их описание в количественных показателях. Замечания, указанные выше, не снижают научно-технический уровень работы.

Актуальность, научная новизна и практическая значимость работы – не вызывают сомнений и выражаются, соответственно, в наблюдении за изменением состояния титановых сплавов различных классов в процессе физико-механического воздействия посредством нестандартного метода дифракции. Работа соответствует требованиям ВАК и кандидатским диссертациям по специальности 05.16.09 - материаловедение (в машиностроении), а её автор Иванов Иван Владимирович – достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Кандидат технических наук (05.16.01),

начальник сектора ФГУП «ВИАМ»

Кашапов Олег Салаватович

25.11.2020

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов»
Государственный научный центр Российской Федерации

Адрес: 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 17. Телефон:(499)-263-85-41

E-mail: admin@viam.ru

Подпись к.х.н. Кашапова
удостоверяю.

Ученый секретарь ученого
к.т.н., доцент

Свириденко

Данила Сергеевич

Проставил в свет 09.12.2020