

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Калиенко Максима Сергеевича «Влияние окисления на механические свойства сплавов титана при статических и циклических нагрузках», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Диссертационная работа Калиенко Максима Сергеевича посвящена актуальной проблеме современного металловедения, связанной с повышением сопротивления длительному высокотемпературному окислению жаропрочных титановых сплавов. Исследование направлено на выявление закономерностей, связывающих, эволюцию структуры и фазового состава оксидного слоя с изменением механических и усталостных свойств указанных сплавов. Практическая значимость работы определяется как широким спектром применения титановых сплавов в авиационной и двигателестроительной технике, так и необходимостью повышения надежности и долговечности деталей, работающих в условиях воздействия повышенных температур и атмосферы воздуха. В этой связи, закономерности формирования оксидного слоя и газонасыщенной области при длительном отжиге приобретают принципиальное значение, поскольку именно они во многом определяют ресурс трещиностойкости и усталостной долговечности конструкционных материалов.

В целом, содержание автореферата показывает, что диссертация выполнена на высоком научном уровне и характеризуется хорошо выстроенной внутренней логикой. Автором последовательно рассмотрены вопросы формирования оксидного и газонасыщенного слоя на поверхности жаропрочных титановых сплавов BT18Y, BT20, Ti6242S, BT8 и BT25Y после длительных изотермических выдержек, исследованы изменения их механических характеристик при растяжении и усталостных испытаниях, а также предложены объяснения наблюдаемых различий между сплавами. Существенным достоинством работы является то, что исследование охватывает не только характеристики оксидной пленки, но и поведение системы «оксид - газонасыщенный слой - металлическая подложка» как единого структурно-механического объекта.

Следует также положительно оценить методический уровень диссертации, в которой для решения поставленных задач применен широкий комплекс современных аналитических методов структурных исследований, включающих оптическую и растровую электронную микроскопию, дифракцию обратно-рассеянных электронов, рентгеноструктурный анализ, а также рамановскую спектроскопию. Изучение механических свойств было проведено с использованием измерения микротвердости, испытаний на растяжение и усталость. Такой набор методов является адекватным поставленной цели и позволяет получать взаимно дополняющие данные о фазовом составе оксидного слоя, состоянии приповерхностной зоны и механическом отклике исследуемых титановых сплавов. Достоверность результатов дополнительно подтверждается сопоставлением с известными литературными данными, статистической обработкой и апробацией выводов на нескольких сплавах.

В качестве наиболее важных научных результатов диссертационной работы, также определяющих ее новизну, можно отметить то, что как было установлено, барьерные свойства оксидного слоя связаны не только с его толщиной, но и со структурно-фазовым состоянием. Показано, что увеличение доли рутила, увеличение размеров кристаллитов и изменение параметров кристаллической решетки оксида соотносятся с изменением концентрации кислорода на границе оксид/металл и, следовательно, с характером формирования газонасыщенного слоя. Существенное значение имеет также вывод о том, что различия в пластичности окисленных сплавов определяются не только степенью поверхностного охрупчивания, но и способностью металлической матрицы тормозить развитие трещин за счет локальной релаксации напряжений путем двойникования.

Теоретическая значимость диссертации состоит в развитии автором представлений о связи между фазовым составом оксидного слоя и контролируемым диффузией кислорода формированием газонасыщенного слоя с механизмами разрушения жаропрочных титановых сплавов в условиях статического и циклического нагружения. Практическая значимость исследования связана с получением автором новых данных об эксплуатационных свойствах и термической стабильности листов жаропрочных титановых сплавов широко используемых в промышленности, а сами результаты могут использоваться при выборе материалов, оценке ресурса изделий и их работоспособности в условиях атмосферы воздуха и повышенных температур.

В качестве замечаний к автореферату диссертации можно отметить следующие:

1. Положение на защиту 3, о зависимости сопротивления усталости от фазового состава оксидного слоя, требует дополнительной верификации исключаяющей влияние на зарождение усталостной трещины топологических характеристик и неоднородности химического состава.
2. На Рис.3а приведены данные, свидетельствующие о том, что в сплаве BT8 в отличие от остальных, наблюдается снижение доли рутила с увеличением температуры отжига. Однако, никакого объяснения этого интересного результата в автореферате нет.

Несмотря на сделанные замечания, диссертационная работа Калиенко Максима Сергеевича, судя по автореферату, является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и содержащей новые научные результаты, обладающие теоретической и практической значимостью. По своему уровню диссертация соответствует специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» и требованиям пункта 9 Положения о присуждении учёных степеней в УрФУ, а ее автор Калиенко Максим Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Доктор физико-математических наук,
Главный научный сотрудник Лаборатории физического
материаловедения сталей и сплавов
ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения
им. В.Е. Панина Сибирского отделения
Российской академии наук

Найденкин Евгений Владимирович

Подпись Найденкина Е.В. заверяю
Ученый секретарь ИФПМ СО РАН
кандидат физико-математических наук

Матольгина Н.Ю.

634055, г. Томск, просп. Академический, 2/4
Телефон: +7 (3822) 49-12-45
Адрес эл. почты: nev@ispms.tsc.ru

14.05.2026