

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Смирновой Анастасии Сергеевны «Структурно-масштабные
уровни пластической деформации и разрушения сварных
соединений высокопрочных титановых сплавов», представленную
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.16.01 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность темы диссертации

На сегодняшний день научно-техническая проблема увеличения ресурса эксплуатации опасных высоконагруженных объектов является одной из приоритетных и наиболее важных задач. В современной авиации большое значение уделяют следующим проблемам: повышению летных характеристик авиатранспорта, увеличению срока службы, экономичности и весовой эффективности, которые во многом зависят от удельной прочности элементов конструкции. Эти и другие параметры в самолетостроении определяют возрастающую потребность в высокопрочных легких сплавах, в частности в сплавах на основе титана. Конструкционные титановые сплавы обладают хорошей технологичностью, хорошей свариваемостью, при этом отношение предела прочности сварного соединения к пределу прочности основного материала 0,9–0,95. Заменяя традиционные материалы титановыми сплавами, можно добиться значительного увеличения усталостной долговечности деталей и сэкономить в весе конструкции. Сварной шов и прилегающие к нему области термического влияния являются зонами структурной и фазовой неоднородности. Неоднородность структурного состава различных участков сварного соединения существенно сказывается на его механических свойствах и сопротивлению хрупкому разрушению, приводя в большинстве случаев к их существенному снижению по отношению к основному материалу. Вследствие этого сварное соединение всегда является опасным концентратором напряжений. Поиск путей снижения структурной неоднородности неразъемных соединений является важнейшим направлением современного материаловедения. На сегодняшний день остается актуальной задача формирования с помощью ультразвукового пластического деформирования высокодисперсного слоя с повышенными физико-механическими характеристиками, который обеспечивает высокий ресурс работы массивных сварных конструкций.

В связи с этим, тематика диссертационной работы Смирновой А.С., посвященная исследованию влияния ультразвуковойковки и ультразвуковойковки в сочетании с высокочастотным электроимпульсным воздействием на структуру, механические и усталостные свойства, развитие пластической деформации и разрушение на различных структурно-масштабных уровнях сварных соединений среднелегированных титановых сплавов авиационного назначения, является безусловно актуальной.

Анализ содержания диссертации.

Диссертация Смирновой А.С. изложена на 160 листах, состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы из 178 наименований и двух приложений. Содержит 57 рисунков и 16 таблиц.

Во введении приведено обоснование темы диссертации, степень ее разработанности, обоснована актуальность, научная новизна, практическая и теоретическая значимость исследования. Сформулированы цель и задачи, основные положения работы, выносимые на защиту, представлены методология и методы исследования, апробация работы. Приведены данные о личном вкладе автора, описаны структура и объем диссертации.

В первой главе представлен обзор литературы по теме диссертации. Приведены сведения о типах и структуре фаз образующихся при нагреве и охлаждении титановых сплавах, структуре и свойствах сварных соединений, полученных методом плавления, особое внимание уделено усталостной долговечности сварных соединений сплавов титана и методах ее повышения.

«25»	ИФПМ СО РАН	12 2018 г.
вх. №	6.	
индекс		

Во второй главе описаны объекты исследования, методы экспериментального исследования, технологические параметры ультразвуковойковки сварных соединений исследуемых титановых сплавов в соответствии с целью и задачами диссертации.

В третьей главе приведены результаты исследования влияния ультразвуковойковки поверхностных слоев на структуру, механические свойства и усталостные характеристики сварных соединений титанового сплава BT18Y. Сделано заключение о том, что в результате ультразвуковойковки в поверхностном слое сварного соединения происходит фрагментация исходных крупных зерен с образованием многочисленных малоугловых границ и формированием градиентной субструктуры с уменьшением плотности дефектов при увеличении расстояния от поверхности. Установлено, что ультразвуковаяковка сварных соединений BT18Y приводит к повышению числа циклов до разрушения в 4.6 раза.

В четвертой главе представлены результаты исследования влияния ультразвуковойковки поверхностных слоев на структуру, механические свойства и усталостные характеристики сварного соединения титанового сплава BT8-1, выполненного методом линейной сварки трением. Показано, что в результате ультразвуковойковки сварного соединения BT8-1 количество циклов до разрушения как минимум в ~ 5,7 раза превышает усталостную долговечность сварных соединений в исходном состоянии.

В пятой главе описывает результаты влияния ультразвуковойковки и ультразвуковойковки с высокочастотным электроимпульсным воздействием на структуру, механические свойства и усталостные характеристики сварных соединений титанового сплава BT23, выполненных методом электронно-лучевой и лазерной сварки. С использованием методов высокоразрешающей просвечивающей электронной микроскопии обнаружено формирование высоконеравновесных насоструктурных состояний в тонком поверхностном слое. Показано, формирование наноструктурированного поверхностного слоя обеспечило повышение усталостной долговечности сварных соединений. Проведен анализ особенностей разрушения в сварных соединениях с наноструктурированным поверхностным слоем. Методом корреляции цифровых изображений показано, что трещина в сварном соединении с наноструктурированным поверхностным слоем зарождается при большем числе циклов и распространяется с существенно меньшей скоростью.

В общих выводах представлены основные результаты по итогам выполненной работы.

В приложении представлен акт внедрения результатов диссертации и справка об участии в выполнении проектов и грантов по теме диссертации.

Обоснованность научных положений и выводов. Защищаемые положения и выводы, сформулированные в диссертации, вытекают из полученного в работе экспериментального материала. Они обоснованы корректностью постановки цели и задач исследования по актуальной теме. Состоятельность выдвинутых автором положений проверена в ходе проведения научных исследований. Полученные экспериментальные данные согласованы с результатами, полученными другими авторами и не противоречат уже известным научным фактам.

Автореферат и опубликованные статьи отражают положения, выносимые на защиту, и соответствуют содержанию диссертации.

Достоверность полученных результатов обеспечена применением современных методов исследования и подтверждается большим объемом экспериментальных данных, корректностью постановки задач исследования и формулировки выводов. Также достоверность подтверждается апробацией материалов диссертации на конференциях и семинарах. Все основные результаты работы опубликованы в 6-ти печатных работах, из них 2 статьи в рецензируемых журналах, из перечня ВАК, 4 статьи в рецензируемых зарубежных изданиях, включенных в библиографическую базу данных Scopus и Web of Science.

Научная новизна исследования

В работе получены новые и весьма важные результаты:

Установлено, что в поверхностном слое сварных соединений титановых сплавов под воздействием УЗК формируется градиентная дефектная структура с плотностью дефектов уменьшающейся с увеличением расстояния от поверхности. Непосредственно у поверхности формируется высоконеравновесная нанокристаллическая структура с размерами зерен менее 100 нм в поверхностном слое толщиной 7–15 мкм.

Установлено влияния ультразвуковойковки и ультразвуковойковки в сочетании с высокочастотным электроимпульсным воздействием на прочностные характеристики, кинетику усталостного разрушения, макро- и микростроение изломов сварных соединений высокопрочных титановых сплавов.

Методом корреляции цифровых изображений и растровой электронной микроскопии выявлены особенности зарождения и распространения трещины в обработанном сварном соединении сплава ВТ23, выполненном лазерной сваркой.

Показано, что УЗК эффективно повышает усталостную долговечность сварных соединений псевдо- α сплава ВТ18У.

Предложено проводить УЗК в условиях высокочастотного электроимпульсного воздействия для увеличения эффективности воздействия УЗК на усталостную долговечность сварного соединения сплава ВТ23.

Выявлены особенности зарождения и распространения трещины в обработанном сварном соединении сплава ВТ23 методами корреляции цифровых изображений и растровой электронной микроскопии. Экспериментально количественно и качественно проиллюстрированы причины снижения скорости распространения трещины в обработанном сварном соединении.

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы.

Теоретическая значимость диссертации заключается в обнаружении важной роли активации наномасштабного структурного уровня при пластическом деформировании и разрушении сварных соединений титановых сплавов и развитии представлений о механизмах формирования неравновесных структур при высокоинтенсивном внешнем воздействии.

Полученные результаты могут быть использованы при внедрении технологии комбинированной ультразвуковойковки в сочетании с высокочастотным электрофизическим воздействием сварных соединений титановых сплавов.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.16.01 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов пунктам:

3. «Теоретические и экспериментальные исследования влияния структуры (типа, количества и характера распределения дефектов кристаллического строения) на физические, химические, механические, технологические и эксплуатационные свойства металлов и сплавов»;

6. «Разработка новых и совершенствование существующих технологических процессов объемной и поверхностной термической, химико-термической, термомеханической и других видов обработок, связанных с термическим воздействием, а также специализированного оборудования».

Замечания по диссертационной работе и автореферату

1. В соответствии с ГОСТ 2601-84 «СВАРКА МЕТАЛЛОВ. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ» следует применять термин: «Аргонодуговая сварка» или преимущественно используется сокращение - АрДС. Кроме того, данный вид обработки металла следует маркировать как «способ», а не «метод», как указывается в тексте диссертации.

2. В диссертационной работе минимально отражена информация о технологии проведения ультразвуковойковки и высокочастотной электроимпульсной обработки (нет

схем установок, параметров режима и т.д.), а также не в полной мере раскрыт механизм совместного воздействия используемых способов обработки.

3. На рис.3.10. (а),(в) - отмечено как - состояние поставки, хотя показаны сварные швы без обработки (б/о).

4. На рис.3.9 и 4.5 значение оси - расстояния по толщине образца, мм - имеет отрицательное значение.

5. На рис.5.18. указано: (б) – образец сварного соединения сплава ВТ23, выполненного ЛС, в состоянии поставки, после испытания на растяжение, хотя в данном случае следует указывать – без обработки (б/о).

6. На рис.5.25. пропущено наименование марки материала – ВТ23.

Заключение

Диссертационная работа Смирновой А.С. «Структурно-масштабные уровни пластической деформации и разрушения сварных соединений высокопрочных титановых сплавов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые, научно обоснованные представления о фундаментальной роли наномасштабного структурного уровня в иерархии масштабов пластической деформации и разрушения сварных соединений титановых сплавов и содержится решение задачи повышения усталостной долговечности сварных соединений высокопрочных титановых сплавов авиационного назначения, имеющей важное значение для развития отечественной транспортной промышленности.

По совокупности проведенных исследований и полученных результатов, их актуальности, научной новизне и практической значимости диссертационная работа Смирновой Анастасии Сергеевны удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 года, №842, а ее автор заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент,

доцент кафедры естественнонаучных дисциплин имени профессора В.М. Финкеля
Сибирского государственного индустриального университета

Райков Сергей Валентинович

На обработку персональных данных согласен.

Райков Сергей Валентинович – доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (г. Новокузнецк), доцент кафедры естественнонаучных дисциплин имени профессора В.М. Финкеля, 654006, г. Новокузнецк, Кемеровская обл., улица Кирова, д. 42., тел. 89609200345, raykov_s_v@mail.ru, www.sibsiu.ru

Подпись Райкова С.В. удостоверяю:

Проректор по НРИИ ФГБОУ ВО СибГИУ

Д.т.н., профессор Темлянец М.В.



Дата подписания отзыва 19 декабря 2018 г.