

Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ
Уральского отделения
Российской академии наук
(ИМАШ УрО РАН)

Комсомольская ул., 34, г. Екатеринбург, 620049
Тел.: (343) 374-47-25, факс: (343) 374-53-30
E-mail: ges@imach.uran.ru; http://www.imach.uran.ru
ОКПО 04538044, ОГРН 1036603482992
ИНН/КПП 6660005260/667001001

14.12.2018 г.

№ 16344/01-2181-195

на № 15329-15/1225 от 23.11.2018 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИМАШ УрО РАН

доктор технических наук

С.В. Смирнов



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

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 выполненной диссертации

Для повышения служебных характеристик сварных соединений обычно применяют дополнительные технологические приемы: термическую и механическую обработку, ковку, дробеструйную обработку или их комбинации. Однако для сварных конструкций из титановых сплавов, которые имеют высокую активность к элементам газовой среды, проведение термообработки или модификации химического состава поверхностного слоя требует габаритного дорогостоящего оборудования. Анализ методов и способов дополнительной технологической обработки показывает, что высокой технологичностью, возможностью обрабатывать локальные области сварного соединения и зоны термического влияния, высокой производительностью при приемлемой стоимости оборудования обладает ультразвуковая механическая ковка. Впервые предложено при ультразвуковой ковке сварных соединений использовать высокочастотное электроимпульсное воздействие, которое способствует диспергированию неравновесных фаз в сварных соединениях и



возникновению эффекта демпфирования в иерархии структурно-масштабных уровней, включая наномасштабные структурные уровни.

Таким образом, результаты исследований, представленные в диссертации Смирновой А.С., являются актуальными и представляют как научный, так и практический интерес.

Структура и содержание диссертации

Диссертация Смирновой А.С. включает в себя введение, пять глав, общие выводы, список литературы из 178 наименований и два приложения. Изложена на 160 листах и содержит 57 рисунков и 16 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, научная новизна, практическая и теоретическая значимость исследования, в связи с чем сформулированы цель и задачи, основные положения работы, выносимые на защиту, приведены данные о личном вкладе автора.

В первой главе приведен обзор литературы по теме диссертации. Приводятся сведения о фазовых превращениях, структуре и свойствах при нагреве и охлаждении титановых сплавов и их сварных соединений, методах повышения долговечности сварных соединений.

Во второй главе в соответствии с целью и задачами диссертации содержится описание объектов и методов экспериментального исследования, параметров и режимов процесса ультразвуковойковки поверхностных слоев и ультразвуковойковки в сочетании с высокочастотным электроимпульсным воздействием.

В третьей главе проведено исследование влияния ультразвуковойковки поверхностных слоев на структуру, механические свойства и усталостные характеристики сварного соединения титанового сплава ВТ18У, выполненного методом дуговой сварки в аргоне. Автором показано, что в результате ультразвуковойковки в поверхностном слое толщиной до 200 мкм происходит фрагментация исходных зерен с появлением большей доли малоугловых границ и формированием градиентной структуры с увеличением расстояния от поверхности. Обнаружено повышение количества циклов до разрушения сварных соединений ВТ18У в 4,6 раза в результате обработки ультразвуковойковкой.

В четвертой главе проведено исследование влияния ультразвуковойковки поверхностных слоев на структуру, механические свойства и усталостные характеристики сварного соединения титанового сплава ВТ8-1, выполненного методом линейной сварки трением. Автором показано, что в результате ультразвуковойковки сварного соединения ВТ8-1 количество циклов до разрушения как минимум в ~ 5,7 раза превышает усталостную долговечность сварных соединений в исходном состоянии. УЗК создает на обрабатываемой

поверхности сварного соединения титанового сплава BT8-1 фрагментированный слой с высокой диспергирующей способностью.

В пятой главе исследовано влияния ультразвуковой ковки и ультразвуковой ковки с высокочастотным электроимпульсным воздействием на структуру, механические свойства и усталостные характеристики сварных соединений титанового сплава BT23, выполненных методом электронно-лучевой и лазерной сварки. Обнаружено, что в результате ультразвуковой сварного соединения BT23, выполненного методом лазерной сварки, происходит увеличение усталостной долговечности в 1,4 раза. Для сварного соединения титанового сплава BT23, выполненного методом лазерной сварки, удается повысить усталостную долговечность только в результате комбинированной обработки (ультразвуковой ковки с высокочастотным электроимпульсным воздействием).

В общих выводах приведены основные результаты, полученные при выполнении диссертационной работы.

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

Научная новизна

В работе получен ряд новых результатов. Среди наиболее важных:

Установлено, что в поверхностном слое сварных соединений титанового сплава BT18У (метод дуговой сварки в аргоне) под воздействием УЗК формируется градиентная дефектная структура с размерами зерен менее 100 нм в поверхностном слое 7–15 мкм.

Установлены закономерности влияния ультразвуковой ковки и ультразвуковой ковки в сочетании с высокочастотным электроимпульсным воздействием на прочностные характеристики, кинетику усталостного разрушения, макро- и микростроение изломов сварных соединений титановых сплавов BT18У, BT8-1 и BT23, выполненных различными видами сварки.

Методами корреляции цифровых изображений и растровой электронной микроскопии выявлены особенности зарождения и распространения трещины в обработанном сварном соединении сплава BT23, выполненном лазерной сваркой.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Результаты данной работы получены при систематическом характере проведения экспериментальных исследований и их статистической обработке, а их достоверность обеспечивается использованием современного научно-исследовательского оборудования, а

также согласованностью полученных данных с результатами исследований других авторов в смежных направлениях.

Сформулированные в диссертации положения, выводы и рекомендации обоснованы теоретическими решениями и экспериментальными данными, полученными в работе, и не противоречат известным положениям технических и фундаментальных наук, а также доказанным схожим выводам, предложенным авторами ранее проведенных исследований.

Недостатки в диссертации и автореферате

1. Неудачная формулировка положения 4, выносимого на защиту.
2. В работе не указано, каким методом были определены остаточные напряжения, какие это напряжения (макро- или микро-), приведены данные только для дуговой сварки без поверхностной обработки. Интерес представляло проследить за изменением остаточных напряжений после всех видов сварки и поверхностной обработки сварных швов.
3. Недостаточна информация по результатам EBSD анализа: на рисунках не указаны кристаллографические направления, как они соотносятся с направлением деформирования и плоскостью деформации; интерес представляет определение направления деформации, возникающей после сварки разными методами в разных зонах сварных соединений, и как они меняются после ультразвуковойковки и ультразвуковойковки в сочетании с высокочастотным электроимпульсным воздействием.
4. Почему отличия значений σ_b и $\sigma_{0,2}$ для сварного шва сплава ВТ18У (табл. 3.2) практически одинаковы (отличаются на величину ошибки их определения)?
5. В тексте диссертации встречаются некорректные выражения, например: «фактор снижения микротвердости с увеличением расстояния от поверхности содействует увеличению усталостной долговечности» (стр. 75); «лазерная сварка не обладает достаточной прочностью» (стр. 111).

Соответствие содержания диссертации указанной специальности

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» и 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».

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Значимость результатов для науки и производства

Диссертационная работа вносит существенный вклад в развитие научных представлений о роли активации наномасштабного структурного уровня в иерархии масштабов пластической деформации и разрушения сварных соединений титановых сплавов.

Практическое значение работы заключается в том, что полученные в ней результаты могут служить научной основой для разработки новых методов обработки сварных соединений современных конструкционных материалов с целью обеспечения высокой усталостной долговечности для работы в ответственных узлах и деталях авиационной техники, и других отраслях промышленности. Часть результатов работы уже использована на ряде предприятий - ПАО «Компания Сухой», «ОКБ Сухого» и ФГУП «ВИАМ».

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 научно-квалификационной работой, в которой изложены новые представления о роли активации наномасштабного структурного уровня в иерархии масштабов пластической деформации и разрушения сварных соединений титановых сплавов, а также предложены новые научно обоснованные технологические способы повышения усталостной прочности сварных соединений титановых сплавов за счет поверхностного упрочнения ультразвуковой ковкой и ультразвуковой ковкой в сочетании с высокочастотным электроимпульсным воздействием.

Диссертационная работа носит законченный характер и удовлетворяет требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, а ее автор Смирнова Анастасия Сергеевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук.

Проект отзыва подготовила главный научный сотрудник лаборатории микромеханики материалов д.т.н., доц. Пугачева Наталия Борисовна.

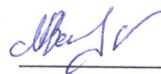
Диссертация, автореферат диссертации и отзыв обсуждены на научном семинаре отдела Физических проблем машиностроения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт машиноведения Уральского отделения Российской академии наук 13 декабря 2018 г., протокол № 211.

Председатель научного семинара,
руководитель Отдела физических проблем машиностроения,
главный научный сотрудник
лаборатории технической диагностики,
доктор технических наук, академик РАН



Горкунов Эдуард Степанович

Секретарь семинара,
Старший научный сотрудник
лаборатории микромеханики материалов,
кандидат технических наук



Мясникова Марина Валерьевна