

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе ДВФУ

К.С. Голохваст

«15» 2019 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ) на диссертационную работу Попковой Александры Александровны по теме: «Влияние структурного состояния на эволюцию усталостных повреждений титановых сплавов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - Материаловедение (в машиностроении)

На отзыв представлены рукопись и автореферат диссертации «Влияние структурного состояния на эволюцию усталостных повреждений титановых сплавов».

### **Актуальность работы**

Современные научные и инженерные исследования диктуют высокие требования к современным деталям машин, испытывающим статические и динамические нагрузки. Поэтому необходимо повышать конструкционную прочность материалов и, в частности, титановых сплавов, являющихся важнейшим конструкционным материалом, особенно для судостроения и авиакосмической промышленности.

В последние годы активно ведется работа по получению новых материалов. Наиболее активно развивающееся направление на сегодняшний день по улучшению механических свойств материала является интенсивная пластическая деформация для получения объемно структурированных материалов. В связи с появлением новых материалов необходимо детальное изучение их свойств, в том числе остаточного ресурса. Склонность ряда сплавов к разрушению при наличии концентраторов напряжений требует исследования механизмов деформации и разрушения титановых сплавов в различном структурном состоянии. Метод акустической эмиссии, благодаря своей высокой чувствительности, позволяет осуществлять мониторинг развития процессов деформации и разрушения в процессе эксплуатации, что важно для диагностики состояния конструкций.

**Научная новизна** работы заключается в следующем:

1. Определены границы областей рассеивания значений двухпараметрического распределения  $E_{AЭ}-K_f$ , позволяющие идентифицировать

тип источника, генерирующего сигнал акустической эмиссии, как дефекта кристаллического строения.

2. Установлена связь между активностью сигналов АЭ для зарегистрированных источников АЭ и стадийностью накопления усталостных повреждений. Стадия циклической микротекучности характеризуется низкой активностью источников дислокационного типа и двойников. Повышение активности источников пластической деформации соответствует стадии циклической текучести. Снижение активности АЭ, связанное с повышением концентрации дислокаций во время циклической деформации соответствует стадии циклического упрочнения. Стадия развития субмикротрещин до размеров микротрещин характеризуется началом активной регистрации сигналов соответствующих источников АЭ. Стадия развития микротрещин до размеров макротрещин характеризуется регистрацией источников АЭ, идентифицированных, как излучаемые макротрещинами.

3. Установлено влияние структурного состояния на процесс развития усталости в титановых сплавах, заключающееся в том, что уменьшение размеров зерен при переходе от крупнокристаллической (КК) структуры к субмикрокристаллической (СМК) структуре приводит к уменьшению энергии излучаемых сигналов на стадиях II-IV, выявленных по параметрам АЭ. Это приводит к более позднему выявлению стадий и снижению их протяженности в доленом отношении к общей долговечности для испытаний образцов с субмикрокристаллической (СМК) структурой в сравнении с ультрамелкозернистой (УМЗ) и крупнокристаллической (КК) структурой.

4. Разработана методика построения обобщенной диаграммы усталости, основанная на выделении стадий усталости по изменению активности сигналов АЭ, идентифицированных для различных видов источников в условиях малоциклового нагружения.

**Практическая значимость** представленной работы заключается в разработке метода определения степени структурной деградации титановых сплавов по параметрам регистрируемых сигналов АЭ, который можно использовать для прогнозирования остаточного ресурса деталей, работающих в условиях циклических нагрузок, а также в разработке методики, основанной на анализе стадийности накопления усталостных повреждений, разделяемых по видам АЭ на источники пластической деформации, применена для построения обобщенной диаграммы усталости, которая может быть использована при проведении усталостных испытаний по сокращенной программе.

#### **Структура и содержание работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных результатов и выводов, списка использованной литературы. Диссертационная работа написана на 112 страницах, содержит 49 рисунков, 2 таблицы, список литературы состоит из 130 наименований.

**Во введении** обоснована актуальность темы, обозначена основная цель, определены задачи и сформулирована научная новизна исследований, отмечена практическая ценность, основные направления реализации диссертационной работы, перечислены основные положения, выносимые на защиту, дан обзор содержания диссертации.

**В первой главе** обобщены и проанализированы современные представления в области исследования усталостных повреждений материалов. Рассмотрены теоретические основы акустической эмиссии, сопровождающей процессы пластической деформации и трещинообразования. Проанализированы критерии классификации источников акустической эмиссии.

**Во второй главе** приведены и изложены экспериментальные методики и обоснован выбор материалов, используемых диссертантом при проведении исследований.

Представленная работа объединила в себе логической связью две серии экспериментальных исследований, одна из которых была направлена на разработку критериев разделения источников акустической эмиссии для метода акустической эмиссии, являющегося одним из основных инструментов, используемых в диссертационной работе. Вторая серия включала проведение экспериментальных исследований, позволивших установить влияние структурного состояния на развитие усталостных повреждений различных видов титановых сплавов.

**В третьей главе** представлены результаты исследований кинетики накопления повреждений при статическом деформировании, полученные на основе разработанных методик по классификации и идентификации типов источников АЭ на образцах.

**В четвертой главе** представлены результаты исследований кинетики накопления повреждений при статических и усталостных испытаниях в титане ВТ1-0 методом акустической эмиссии (АЭ).

#### **Общая характеристика работы**

Диссертационная работа Попковой Александры Александровны по совокупности результатов является завершенным научным исследованием и производит впечатление цельной работы, выполненной на достаточно высоком научном и методическом уровне, что подтверждается четкой формулировкой цели и задач, обоснованностью методологии исследований.

Основные выводы базируются на большом объеме экспериментальных работ с использованием современных экспериментально-аналитических методов исследования, интерпретацией данных на основе известных положений материаловедения, также рассмотрен опыт российских и зарубежных научных школ.

Автор решил поставленные задачи и получил вполне логичные и аргументированные результаты и выводы, имеющие несомненную научную новизну.

Достоверность приведенных данных и выводов подтверждается хорошей проработкой методических вопросов, использованием дополняющих друг друга методов исследований.

Автореферат и публикации достаточно полно и объективно отражают содержание диссертации.

Оформление рукописи диссертации отвечает современным требованиям.

### **Замечания по диссертационной работе**

При ознакомлении с текстом диссертации и ее авторефератом возникли следующие замечания:

1. В работе недостаточно хорошо раскрыт вопрос, на основании каких расчетов было получено двухпараметрическое распределение сигналов акустической эмиссии для различных образцов.

2. Из текста диссертационной работы не совсем ясно, каким образом было проведено разделение на стадии деформации титановых сплавов. Также при описании стадийности процесса усталости не приведено конкретных значений для выделения границ каждой из стадий.

3. В тексте диссертации недостаточно развернуто описана методика построения обобщенной диаграммы усталости, а именно не ясно:

– как определены минимальные амплитуды напряжения, на которых нужно испытать образцы;

– по каким критериям определены стадии для обобщенной диаграммы;

– какое количество образцов на одну точку изменения необходимо брать.

4. Для усталостных испытаний применяются две разные установки и разный вид образцов. Чем это обусловлено, и каким образом это может влиять на результаты исследования?

5. В описании методик экспериментальных исследований не приведены характеристики для регистрирующей акустическую эмиссию оборудования, а именно, параметры применяемых преобразователей, коэффициент усиления и полоса пропускания усилителей.

### **Заключение**

Результаты диссертационного исследования вносят вклад в разработку экспериментальных методик, направленных на изучение влияния состояния микроструктуры на развитие дефектов в материалах с помощью метода акустической эмиссии.

С учетом актуальности темы диссертации, научной обоснованности, оригинальности и новизны технологических разработок можно сделать вывод о том, что диссертация Попковой Александры Александровны по теме: «Влияние структурного состояния на эволюцию усталостных повреждений титановых сплавов» является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на современном научно-техническом уровне.

Диссертация Попковой Александры Александровны по теме: «Влияние структурного состояния на эволюцию усталостных повреждений титановых

сплавов» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а также п. 9 «Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г. (в редакции постановлений правительства РФ от 21.04.2016 г. №335, от 02.08.2016 г. №748, от 29.05.2017 г. №650, от 28.08.2017 г. №1024, от 01.01.2018 г. №1168) и паспорту специальности 05.16.09, а ее автор, Попкова Александра Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - Материаловедение (в машиностроении).

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Материаловедение и технологии материалов» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» протокол заседания № 8 от 29 апреля 2019 г.

Заведующий кафедрой  
«Материаловедение  
и технологии материалов»  
ФГАОУ ВО «Дальневосточный  
Федеральный университет»  
доцент, кандидат технических  
наук (по специальности 05.16.06  
"Порошковая металлургия и  
композиционные материалы")

Рева Виктор Петрович

Дата: 30.04.2019г.

690922, Россия, Приморский край,  
о. Русский, п. Аякс 10. кампус  
ДВФУ.

Почтовый адрес ДВФУ: Россия,  
690091. г. Владивосток,  
ул. Суханова. 8.

Тел: 8 (800) 555 0 888 Факс: 8 (423) 243 23 15

e-mail: [rectorat@dvfu.ru](mailto:rectorat@dvfu.ru)