

В диссертационный совет Д 002.060.01  
при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки  
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова  
Российской академии наук  
119334, г. Москва, Ленинский проспект, 49

## ОТЗЫВ

официального оппонента Кунавина Сергея Алексеевича на диссертационную работу Соловьевой Юлии Борисовны на тему “Разработка криомеханического упрочнения авиационного сплава В95”, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 - “Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов”.

**Актуальность работы.** Важнейшей практической задачей авиационного материаловедения является создание материалов с высоким уровнем механических свойств, высоким сопротивлением усталости и хрупкому разрушению.

Действующие стандарты на механические испытания материалов позволяют, в предположении отсутствия в них макродефектов типа трещин, получить основные характеристики, необходимые для обоснования выбора материалов и при проведении расчетов на статическую и циклическую прочность. При этом, как при испытаниях, так и в расчетах на прочность, стадия развития трещин от исходных дефектов не учитывается. Однако, как показал многолетний опыт эксплуатации машин и конструкций, их создание без дефектов типа трещин практически невозможно и экономически нецелесообразно. Несущая способность деталей машин и элементов конструкций, на

определенных стадиях развития трещин, сохраняется на допустимом уровне, а их долговечность с трещинами может составлять 10-80% от общей.

Указанные обстоятельства заставили уделить значительное внимание исследованию процессов образования и развития трещин. Развитие теоретических основ линейной механики разрушения позволило выделить одну из наиболее важных характеристик напряженно-деформированного состояния хрупких тел с трещинами - коэффициент интенсивности напряжений (КИН), который нашел широкое применение для оценки трещиностойкости материалов.

Развитие теоретических и экспериментальных аспектов оценки трещиностойкости, совершенствование методик определения трещиностойкости при различных видах нагружения, использование характеристик трещиностойкости в расчетах на прочность дает возможность более обоснованно осуществлять выбор конструкционных материалов в условиях эксплуатации.

Однако, внедрение этих методов в промышленность связано с рядом трудностей: большими габаритами образцов для проведения испытаний и сложностью их изготовления (требуются специальные фрезерные работы), отсутствием уникального мощного прецизионного оборудования и специальной регистрирующей аппаратуры. Все это замедляет темпы внедрения характеристик трещиностойкости при разработке новых сплавов. Необходимо отметить, что дальнейший прогресс в изучении трещиностойкости конструкционных материалов связан с учетом их реальной структуры и ее роли в механизмах разрушения.

Поэтому, диссертационная работа Соловьевой Ю.Б., посвященная разработке криомеханического упрочнения авиационного сплава В95 и оценке механических свойств и трещиностойкости с помощью

оригинального неразрушающего метода фотометрического анализа структурных изображений (ФАСИ) является актуальной для развития научных и технологических подходов к процессу упрочнения и методологических подходов к оценке трещиностойкости конструкционных материалов.

Возможность применения нового подхода к оценке трещиностойкости металлов, позволяющая без дополнительных затрат, на образцах небольших размеров, оценивать долговечность конструкций, может стать альтернативой существующих методов оценки и оборудования для промышленных предприятий и заводских лабораторий.

**Научная новизна** работы заключается в разработке методики оценки трещиностойкости сплава В95 на малогабаритных образцах с помощью ФАСИ, который на базе сравнительного анализа видеоизображений и спектров яркости отражения от поверхности образцов в разные моменты нагружения позволяет оценить трещиностойкость с учетом структурного состояния материала после различных видов термо-механической обработки (закалка, сжатие в криогенной среде при  $T=-196$  °С, старение). Кроме этого, автор в своей работе предлагает оригинальный метод изучения кинетики развития разрушения сплава В95, совмещающий измерения длины трещины и ее раскрытия посредством измерения площади, охваченным контуром трещины, методику оценки энергии зарождения трещин в материале, а также новый подход в оценке интегральной прочности сплава В95 после криомеханической обработки с применением криогенных сред.

**Практическая значимость** работы заключается в изучении особенностей структурного и механического поведения сплава В95 после криомеханической обработки, в подтверждении возможности применения неразрушающего метода ФАСИ для оценки трещиностойкости реальных

изделий, а также в разработке метода оценки трещиностойкости с использованием малогабаритных образцов по схеме нагружения клина в надрез.

Также хотелось бы отметить, что проделанная Ю.Б. Соловьевой работа намечает пути для дальнейших научных исследований. В частности, практический интерес представляет решение задачи оценки мало- и многоциклового трещиностойкости условиях мало- и многоциклового усталости, как необходимой характеристики долговечности конструкционных материалов.

#### **Достоверность полученных результатов.**

Достоверность полученных в диссертационной работе результатов определяется использованием надежных методов проверки достоверности, воспроизводимостью и повторяемостью результатов, совпадением с экспериментальными данными, полученными другими исследователями, а также проверкой экспериментальных результатов независимой испытательной лабораторией в АО “НПО ЦНИИТМАШ”.

В то же время работа содержит ряд дискуссионных положений, вынесенных мной в замечания, приведенные ниже.

**Апробация** работы представлена докладами на 10 конференциях и семинарах, а также отражена в 14 научных статьях, в т.ч. в 2 статьях в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК.

#### **Соответствие автореферата диссертационной работе**

Автореферат в достаточной степени отражает все положения, содержащиеся в диссертационной работе.

#### **Замечания о диссертации/автореферату**

1. С помощью метода ФАСИ получены данные с поверхности образца. Каким образом эти данные отражают полноценную информацию относительно всего объема образца?

2. Отсутствуют пояснения к таблице 5: почему выбраны именно такие значения  $\gamma$ ?

3. Метод ФАСИ основан на расчете спектров яркости отражения, которые напрямую зависят от шероховатости материала и связаны с внутренней энергией образца. Идентичные образцы с разным уровнем шероховатости будут иметь разные уровни внутренней энергии. Каким образом автор учитывает эти отклонения? Также существует вероятность, что в процессе нагружения, нагружающая образец система, состоящая из неидеальной силовой цепочки может приводить к смещению образца в процессе нагружения или асимметрии, что также будет приводить к мнимым изменениям внутренней энергии образца.

4. Несмотря на экспериментально подтвержденное соответствие результатов оценки трещиностойкости на образцах с трещиной, зарожденной электроискровым способом, и образцах с усталостной трещиной, выбор в качестве трещины “грубого” электроискрового надрез сопряжен с повышенной вероятностью возникновения пластической зоны в вершине трещины в процессе испытания и снижения достоверности полученных результатов. В особенности это касается алюминиевых сплавов, в случае которых дислокации склонны к множественному скольжению уже на начальных этапах деформации.

Указанные замечания направлены на дальнейшее совершенствования разработанной методики и не снижают общей высокой оценки проделанной работы. В целом работа Ю.Б. Соловьевой имеет законченный характер. Сформулированные в работе задачи полностью отражены в выводах. Обращает на себя внимание стремление к

универсализации предложенного метода для решения различных задач в работе автора. Действительно при наличии корректных исходных данных спектров отражения эталонных образцов, предлагаемый метод ФАСИ можно распространить для решения широкого спектра практических задач материаловедения.

Представленная диссертация отвечает всем требованиям, предъявленным к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует п.9 “Положения о порядке присуждения ученых степеней” ВАК РФ и паспорту специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», а ее автор, Соловьева Юлия Борисовна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Официальный оппонент

Главный научный сотрудник ГНЦ РФ АО «НПО ЦНИИТМАШ»

к.т.н, доцент

Тел: +7 (495) 675-83-02 , моб. +7-916-942-43-63

email: [kun-serg@mail.ru](mailto:kun-serg@mail.ru)

Подпись заверяю:

ученый секретарь

ГНЦ РФ АО «НПО ЦНИИТМАШ»



Кунавин С.А.

Бараненко М.А.

Справочная информация:

Государственный научный центр Российской Федерации Акционерное общество «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения» (АО «НПО «ЦНИИТМАШ»), 109088, Москва, ул. Шарикоподшипниковская, дом 4;  
Тел.: +7 (495) 675-83-02; Факс: +7 (495) 674-21-96  
e-mail: [cniitmash@cniitmash.com](mailto:cniitmash@cniitmash.com)