

ОТЗЫВ

официального оппонента Муратова Владимира Сергеевича 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”.

Высокопрочные алюминиевые сплавы системы Al-Zn-Cu-Mg остаются крайне востребованным конструкционным материалом авиационной промышленности. Поиски упрочняющих технологий с целью повышения надежности этих сплавов уже на протяжении более чем 70 лет является актуальной задачей материаловедения. К достоинствам таких сплавов относится прежде их высокая прочность, высокое сопротивление действию циклических нагрузок, хорошая коррозионная стойкость и малые скорости развития трещин. Отсутствие корреляций между этими характеристиками не позволяет принять ни одну из них в качестве основной. Повышенная склонность сплава В95 к хрупкому разрушению обуславливает особое внимание к вопросу баланса вязкости разрушения и уровня прочностных свойств при разработке любых упрочняющих технологий этого сплава.

Диссертационная работа Ю.Б. Соловьевой посвящена разработке упрочняющей технологии сплава В95 с применением деформации в криогенных средах, и оценке прочностных свойств и трещиностойкости сплава с учетом структурного состояния материала с применением неразрушающего метода фотометрического анализа структурных изображений (ФАСИ).

Автором проведен подробный анализ научно-технической литературы по механизмам упрочнения конструкционных материалов, рассмотрены особенности современных способов упрочнения высокопрочных алюминиевых сплавов в РФ и за рубежом, определена значимость и

необходимость вязкости разрушения, как важнейшего критерия надежности и выявлены основные ограничения возможностей механики разрушения при оценке трещиностойкости высокопрочных конструкционных материалов.

На основании проведенного анализа автором предложен способ упрочняющей технологии сплава В95, включающий интенсивную пластическую деформацию с применением криогенных сред, который ранее показал свою эффективность на сплавах системы Al-Cu-Mg (Д16), но не был опробован на высокопрочных алюминиевых сплавах системы Al-Zn-Cu-Mg. Главной идеей предлагаемого способа обработки являлось получение мелкодисперсной структуры с высокой плотностью дислокаций за счет деформации при криогенных температурах закаленного материала и создания условий для выделения мелкодисперсных упрочняющих фаз на дислокациях и их равномерного распределения при последующем низкотемпературном старении.

Кроме того, автором предлагается оригинальный неразрушающий способ оценки трещиностойкости ФАСИ, реализуемый в условиях эксперимента in-situ, который на базе анализа спектров яркости отражения видимого света от поверхности образцов позволяет оценить компоненты локального напряженного состояния в окрестностях трещины и дает возможность определить макроскопические характеристики коэффициентов интенсивности напряжений (КИН).

К научной новизне работы следует отнести:

- Научно-обоснованная и экспериментально подтвержденная эффективность криомеханического упрочнения сплава В95, которое позволило одновременно повысить предел прочности сплава на 10% (σ_B при сжатии = 1170 МПа) и трещиностойкость на 26% ($K_I = 18,5 \text{ МПа м}^{0,5}$) по сравнению с многоступенчатой промышленной технологией обработки, включающей закалку, горячую прокатку и двухступенчатое старение в течение 24 ч и 18 ч.

- Определены и доказаны структурные механизмы упрочнения сплава В95 после криомеханической обработки.
- Доказана возможность повышения трещиностойкости сплава В95 с помощью нанесения тонких покрытий из титана на 70% по сравнению с образцами после криомеханической обработки.
- Разработанная методика определения трещиностойкости на малогабаритных образцах с использованием ФАСИ позволила получить результаты, близкие с полученными по стандартным методам по ГОСТ 25.506-85: для метода ФАСИ $K_{Ic}=51,32 \text{ МПа м}^{0,5}$, для метода линейной механики разрушения (ЛМР) по Мураками $K_{Ic}=49,12 \text{ МПа м}^{0,5}$, для ЛМР по ГОСТ 25.506-85 - $K_{Ic}=48,3 \text{ МПа м}^{0,5}$.

Научная новизна исследований и полученных результатов полностью отражена в выводах диссертации.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

Диссертационная работа Соловьевой Ю.Б. представлена на технические науки и она имеет несомненное практическое значение. Предложенная криомеханическая технология обработки может быть использована в условиях промышленного производства для упрочнения высокопрочных сильно нагруженных конструкций авиационного назначения (лонжероны, стрингеры), а дополнительное упрочнение с помощью покрытий из титана может быть применено в случае необходимости локального упрочнения отдельных элементов высоконагруженных конструкций. Неразрушающий способ ФАСИ может быть применен для оценки трещиностойкости реальных конструкционных изделий в процессе эксплуатации.

Достоверность полученных с помощью ФАСИ результатов подтверждается протоколом испытательного центра АО НПО "ЦНИИТМАШ".

Результаты работы опубликованы в научной периодике и доложены на международных и отраслевых конференциях.

Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям.

Работа Ю.Б. Соловьевой соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям. Проведён обзор актуальной зарубежной и отечественной литературы по теме диссертации, правильно установлены задачи и методы проведения исследований. Экспериментальные данные в виде таблиц и рисунков представлены четко и информативно. Полученные результаты соответствуют поставленным целям. Содержание автореферата соответствует основному содержанию диссертации.

По материалам диссертации возникли некоторые вопросы и замечания:

- Нет описания методики определения подбора параметров режимов упрочнения для каждой стадии КМО с помощью ФАСИ.
- На стр. 87 в разделе 4.4. не совсем понятно, что автор подразумевает под “ячеистой структурой”, полученной в результате применения криомеханического упрочнения.
- При оценке интегральной прочности сплава В95 по методу ФАСИ не очевидно, какими механизмами упрочнения обусловлены парциальные значения прочностей структурных составляющих.
- Использование сканирующей электронной микроскопии позволило бы получить более достоверную информацию о структуре и фазовом составе образцов с покрытиями из титана и меди. Автор в работе сформировал предположения о наличии в составе покрытия фазы $TiAl_3$, базируясь только на данных диаграммы состояния двойной системы Al - Ti.
- На стр. 94 в таблице 18 некорректно указано среднее значение предела прочности σ_B , определенное методом ФАСИ.
- Чем обоснован режим старения после криомеханического упрочнения сплава В95 (температура и длительность)? В сравнении с

промышленной технологией двухступенчатым длительного старения (I - $T=123^{\circ}\text{C}$, $t=24\text{ч}$, II - $T=165^{\circ}\text{C}$, $t=18\text{ч}$) предлагаемый автором режим старения ($T = 45^{\circ}\text{C}$, $t=30\text{ мин}$) отличается на порядок в отношении длительности старения и в несколько раз в отношении температуры нагрева.

Представленная диссертация выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу и, не смотря на отмеченные выше замечания, следует заключить, что диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.9 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённом Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., а её автор, Соловьева Юлия Борисовна, заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 - «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Официальный оппонент

Профессор кафедры "Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы" ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (СамГТУ), д.т.н. , профессор

В.С. Муратов

30.09.2020

443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Телефон 8(846) 333-37-21

адрес электронной почты muratov1956@mail.ru



Подпись
Учёный секретарь федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Самарский государственный
технический университет»
Ю.А. Малиновская