



Kompozit
КОМПОЗИТ

Research, development
& production Corp.

Акционерное общество «КОМПОЗИТ»

Пионерская ул., д. 4, г. Королёв, Московская область,
Россия, 141070
Телеграф БЕРЕЗА

тел. (495) 513-20-28, 513-23-29
канцелярия 513-22-56, факс (495) 516-06-17
e-mail: info@kompozit-mv.ru

ОКПО 56897835, ОГРН 1025002043813, ИНН / КПП 5018078448 / 501801001

30.09.2020 исх. № 0930-1202

На _____ от _____

«Утверждаю»

Первый заместитель генерального
директора, д.т.н.

 А.Н. Тимофеев

«___» _____ 2020г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Соловьевой Юлии Борисовны

**«Разработка криомеханического упрочнения авиационного сплава В95»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических
наук.**

**Специальность 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка
металлов и сплавов».**

Актуальность темы

Создание конструкционных материалов, обеспечивающих надежность и работоспособность авиационной и космической техники в течение всего периода ее эксплуатации относится к одной из наиболее приоритетных задач промышленности. Решение этой задачи подразумевает развитие материаловедения в направлении создания материалов и технологий, обеспечивающих высокую удельную прочность и трещиностойкость.

Диссертационная работа Соловьевой Юлии Борисовны посвящена разработке технологии криомеханического упрочнения высокопрочного алюминиевого сплава В95 системы Al-Zn-Cu-Mg с целью повышения его трещиностойкости при сохранении уровня прочностных свойств. Кроме того, существующие подходы к оценке процесса разрушения, применяемые в производственной практике, ограничены возможностями линейной механики

разрушения. В диссертационной работе предложена альтернативная методика оценки коэффициентов интенсивности напряжений с учетом структурного состояния материала. В этой связи на современном этапе развития новой техники данная работа, несомненно, является актуальной.

Научная новизна исследований и результатов рассматриваемой работы, прежде всего, состоит в том, что в ней:

1) Разработанная в работе технология криомеханического упрочнения (Закалка при 460 °С с выдержкой в течение 30 минут + сжатие на 0,4% при -196 °С + старение при 45 °С в течение 30 минут) позволяет повысить прочностные свойства высокопрочного сплава В95 системы AL-Zn-Cu-Mg на 10%, с одновременным повышением его трещиностойкости на 26%.

2) опробованы малогабаритные образцы в условиях нагружения внедрением клина с синхронной видеозаписью состояния поверхности образцов для определения характеристик трещиностойкости, дающие сопоставимый результат с данными макроскопических испытаний на внецентрированное растяжение;

3) с достаточной полнотой и ясностью предложен и экспериментально обоснован метод фотометрического анализа структурных изображений (ФАСИ) для анализа процессов разрушения с учетом структурного состояния материала: для расчетов коэффициентов интенсивности напряжений, энергетических условий зарождения трещины в высокопрочном сплаве В95, оценки интегральной прочности сплава В95 с учетом вклада структурных составляющих сплава, для которых характерны различные механизмы упрочнения.

Практическая значимость и ценность полученных результатов заключается в:

1) разработке технологических параметров криомеханической обработки для повышения прочности в качестве возможной альтернативы существующей производственной технологии горячей прокатки и последующего двухступенчатого старения;

2) разработке методики на основе применения неразрушающего метода ФАСИ на малогабаритных образцах для исследования степени поврежденности натуральных;

3) исследовании возможности локального повышения прочности и трещиностойкости на изделиях с помощью криомеханической обработки с применением покрытий из титана и меди.

Применение разработанных расчетных методик оценки трещиностойкости и прочности сплавов позволят сократить количество испытаний материала на этапах разработки сплавов и отработки режимов термомеханической обработки.

Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы. Диссертация изложена на 109 страницах, содержит 38 рисунков, 18 таблиц, список литературы из 139 наименований, 1 приложения.

Во введении приведена общая характеристика работы, обоснована актуальность выбранной темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследований, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертационной работы проведен анализ общих механизмов упрочнения материалов, дано описание существующих технологий упрочнения алюминиевых промышленных сплавов, обоснован выбор параметра вязкости разрушения в качестве основной характеристики для исследования, описаны основные ограничения подхода линейной механики разрушения для оценки процессов разрушения высокопрочных алюминиевых сплавов.

Вторая глава посвящена описанию изучаемого материала, технологии обработки и используемых в работе методик исследования. Кроме стандартных методов оценки механических характеристик (механические испытания на сжатие, растяжение и трещиностойкость), в качестве оригинального метода для оценки КИН автором был предложен метод фотометрического анализа структурных изображений (ФАСИ).

В третьей главе приведены результаты механических испытаний на сжатие, растяжение и трещиностойкость с учетом энергии зарождения трещины и поверхностной энергии для сплава В95 в исходном состоянии. Показано, что введение криомеханической обработки позволяет увеличить прочность сплава В95 до 10% и трещиностойкость до 26%, а нанесение титанового покрытия еще на 70% по сравнению с образцами после КМО.

В четвертой главе представлены результаты исследования структуры сплава после упрочняющей обработки, приведен анализ дополнительных морфологических признаков сплава после различных видов обработки и определены механизмы упрочнения для сплава после криомеханического упрочнения. Показано, что после КМО мелкодисперсная зеренная структура сплава В95 преобразуется в мелкоячеистую структуру твердого раствора алюминия, дисперсноупрочненного мелкодисперсными (менее 1 мкм) частицами $MgZn_2$, $CuAl_2$, $FeAl_3$.

В пятой главе автором предлагается композиционный подход для оценки интегральной прочности сплава В95 с помощью метода ФАСИ. ФАСИ позволило определить парциальные значения прочности отдельных структурных составляющих и их вклад в общее значение прочности сплава после различных видов обработки. Автором сделано предположение, что вклад каждой структурной составляющей определяется своим механизмом упрочнения.

Достоверность результатов работы обеспечена использованием современных методов исследования и проверкой результатов расчетов с соответствующими критериями достоверности. Дополнительные аргументы в пользу достоверности полученных в работе результатов можно найти в их хорошем согласии с литературными данными по механическим свойствам для исследуемого сплава.

Замечания по содержанию диссертации и автореферата

Диссертационная работа Соловьевой Ю.Б. в целом написана простым и ясным языком, но не свободна от некоторых недостатков оформительского характера. На них указано диссертанту при обсуждении результатов его работы. По содержательной части работы можно сделать следующие замечания:

1. В литературном обзоре недостаточное внимание уделено современным методам оценки трещиностойкости, в том числе и оптическим, в качестве сравнения к предложенному методу ФАСИ.
2. Оценка прочности проведена в условиях сжатия, что не является стандартным методом при оценке комплекса механических свойств.
3. В формулах 34 и 41 различные величины обозначены символом E . в формуле 34 -это энергия, в формуле 41- модуль упругости. В работе не приведены измерения модуля упругости материала.
4. Не очевиден в работе выбор электроискрового надреза в качестве исходной предварительно нанесенной трещины взамен нанесения усталостной трещины в соответствии со стандартом ГОСТ 25.506-85.
5. Не проведены фактографические исследования и не определен фазовый состав изломов образцов.

Приведенные замечания не снижают общей научной и практической ценности работы и могут стать предметом дальнейших исследований.

Содержание диссертации полностью отражено в автореферате и в опубликованных автором статьях, в том числе в 2-х изданиях, рекомендованных ВАК РФ, в докладах на 10 международных и всероссийских конференциях.

Рекомендации по использованию результатов настоящей диссертации

Разработанный способ упрочнения с применением криогенных сред может быть рекомендован для дальнейшей апробации на производственных площадках металлургических предприятий в качестве возможной альтернативы существующим технологиям обработки высокопрочных алюминиевых сплавов.

Кроме того, предлагаемый бесконтактный метод оценки трещиностойкости может быть применен в качестве способа аттестации материалов и полуфабрикатов в исследовательских и производственных лабораториях, а также для аттестации натуральных изделий в процессе стендовых испытаний и эксплуатации. Следует отметить, что направление исследований, открытое диссертационной работой Соловьевой Ю.Б. целесообразно продолжить применительно к сплавам многокомпонентных систем и композиционным материалам.

Заключение

Диссертационная работа 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, представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, в которой получены оригинальные научные результаты, представляющие несомненную теоретическую и практическую ценность для специалистов, работающих в области материаловедения. Автореферат диссертации и публикации диссертанта дают достаточно полное представление о диссертационной работе Соловьевой Ю.Б. и полученных ею результатах, их новизне, значимости, ценности и актуальности. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы и опираются на теоретические представления и экспериментальные данные.

Работа отвечает требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» постановления правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор Соловьева Юлия Борисовна, заслуживает

присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на заседании секции НТС комплекса «Металлические материалы» АО «Композит» 29 сентября 2020г.

Протокол № 9.

Главный металлург, д.т.н.

В.Н. Бутрим

Председатель секции НТС, к.т.н.

М.С. Гусаков

Секретарь секции НТС, к.т.н.

С.Н. Богданов