

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук Нескоромного Евгения Вячеславовича на диссертационную работу Немцева Дмитрия Владимировича на тему: «Исследование влияния скорости роста трещины усталости в вакууме на ресурс дисков газотурбинных двигателей», представленной в диссертационный совет ДС 24.2.327.06 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Актуальность темы диссертационной работы

При производстве дисков из никелевых сплавов для газотурбинных двигателей (ГТД) широко применяется технология получения заготовок методами гранульной металлургии. Диски, изготовленные по этой технологии, обладают такими преимуществами, как повышенные прочностные свойства и структурная однородность материала по сравнению с технологией деформирования слитка. Однако для деталей из гранулируемых сплавов характерно наличие дефектов структуры сплава, а именно инородных неметаллических включений, служащих очагами зарождения и развития усталостных трещин при циклических нагрузках.

Исследование влияния на ресурсные показатели дисков, работающих в условиях высоких циклических и статических нагрузок, характеристик скорости роста трещины усталости (СРТУ) в вакууме, используемых при расчетах роста трещин от внутренних дефектов, является актуальной задачей, позволяющей повысить достоверность расчетов и тем самым наиболее полно использовать ресурсные возможности дисков.

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертационная работа Немцева Д.В. состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертационной работы составляет 110 страниц, 63 рисунка и 13 таблиц. Список литературы включает 95 наименований.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, приведены – постановка задач, краткая аннотация содержания работы, дана оценка научной новизны, теоретической и практической значимости полученных результатов и представлены методы исследования.

В первой главе проведен обзор работ, посвященных современному состоянию проблемы определения ресурса **основных деталей** ГТД.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«20 11 2023»

Представлены основы механики разрушения и определения характеристик трещиностойкости материалов, рассмотрены факторы, влияющие на скорость роста трещины усталости. Отдельно рассмотрен вопрос влияния окружающей среды на скорость роста трещины усталости. На основании выполненного анализа сделан вывод, что существующие методы расчета долговечности дисков ГТД от внутренних дефектов для свойств трещиностойкости, полученных в воздушной среде, дают чрезмерно консервативные оценки ресурса. Решение данной задачи предлагается путем проведения исследования влияния скорости роста трещины усталости в вакууме на ресурс дисков газотурбинных двигателей.

Вторая глава посвящена разработке образцов из сплава ЭП741НП для проведения испытаний на основе концепции, предложенной Потаповым С.Д. Автором определены геометрические размеры образцов и условия испытаний, описана технология их изготовления. Главной особенностью является то, что изготовленные образцы не требуют наличия вакуумной камеры в составе испытательной установки по сравнению со стандартными образцами, т.к. рост трещины происходит от внутреннего дефекта в условиях вакуума.

Третья глава посвящена обработке результатов испытаний вентилируемых и невентилируемых цилиндрических образцов. Выполнен детальный анализ условий разрушения каждого из образцов. В работе предложен расчетно-фрактографический способ построения кинетических диаграмм разрушенных образцов, с помощью которого определены характеристики СРТУ в вакууме, которые используются для расчета ресурсных показателей дисков, изготовленных из сплава ЭП741НП..

Приведена разработанная автором методика автоматизированного определения ширины шага усталостных бороздок, которая позволяет ускорить процесс обработки результатов наблюдений и исключить субъективность работы специалиста. Основой методики является вейлет-преобразование, которое позволяет анализировать различные частотные компоненты данных.

Сравнение результатов испытаний по числу циклов до разрушения показывает, что разрушение образцов, в которых трещина росла в воздушной среде, наступило в 12,7 раз быстрее, чем образцов, в которых трещина росла в условиях вакуума.

Четвертая глава посвящена анализу влияния характеристик СРТУ в вакууме на долговечность дисков турбины высокого давления и компрессора высокого давления, изготовленных из сплава ЭП741НП. Выбор обусловлен тем, что диски эксплуатируются в разных температурных условиях и имеют

разную геометрию, влияющую на соотношение поверхностных и внутренних дефектов.

Анализ дисков, проведенный на основе полетных циклов, соответствующих реальной эксплуатации, показал, что долговечность исследуемых дисков от внутренних дефектов при учете характеристик СРТУ в вакууме увеличивается более чем в 6 раз по сравнению с характеристиками СРТУ на воздухе.

В заключении приводятся основные выводы по результатам диссертационного исследования.

В целом обосновано и грамотно применены ссылки на научно-техническую литературу, научные работы, в том числе статьи, написанные самим автором диссертации.

Необходимо отметить детальное описание проведения испытаний образцов с высококачественным анализом результатов и разъяснением причин разрушения образцов. Причем автор не присваивает себе все работы и в тексте диссертации указывает конкретных исполнителей работ. Также диссертация насыщена фотографиями результатов экспериментальных исследований, а в тексте сделаны необходимые объяснения процессов, происходящих в материале при испытаниях.

Достоверность и обоснованность научных результатов

Достоверность и обоснованность научных результатов, полученных в диссертации, обеспечивается путем корректного применения достижений в области фундаментальных наук, теории прочности и использованием современного математического аппарата.

Научная новизна результатов исследования, полученных лично автором

Выполнено исследование влияния СРТУ в вакууме на ресурс дисков из гранульного никелевого сплава. Показано, что учет характеристик СРТУ в вакууме существенно влияет на ресурсные показатели дисков, имеющих разную геометрию и условия эксплуатации.

Разработан расчетно-фрактографический способ получения характеристик СРТУ в цилиндрических образцах с внедренным дефектом.

Получена оценка характеристики СРТУ в вакууме для гранульного никелевого сплава ЭП741НП, позволившая достоверно определять ресурсные показатели дисков из данного сплава.

Практическая значимость результатов исследований

Результаты диссертационного исследования позволяют достоверно производить оценку ресурсных показателей дисков из сплава ЭП741НП с учетом внутренних дефектов.

Высокая практическая значимость проведенной работы подтверждается актом реализации в ОКБ им. А. Люльки – филиале ПАО «ОДК-УМПО».

Основные результаты диссертации опубликованы в 10 публикациях, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 статьи. Получены 2 свидетельства о регистрации программы ЭВМ. Результаты диссертационного исследования были успешно апробированы в рамках всероссийских и международных научно-технических конференций.

В качестве недостатков и замечаний диссертации следует отметить:

1. В работе проведены испытания трех образцов для определения СРТУ в вакууме и трех образцов для определения СРТУ на воздухе. Для уменьшения дисперсии полученных результатов испытаний необходимо увеличить число образцов для испытаний, что положительно скажется на доверительной оценке полученных результатов.

2. В подразделе 4.2. выполнен расчет с использованием конечно-элементной модели в программном комплексе ANSYS без обоснования выбора типа (четырёхугольник, треугольник и т.п.) и размеров конечных элементов, особенно в вершине трещины, что может повлиять на результаты расчетов.

3. При изготовлении вентилируемых образцов применен электроискровой прожиг осевого отверстия, который привел к изменению структуры материала вдоль этого отверстия и вблизи внедренного дефекта. В работе не указано влияние этих изменений на характеристики роста трещины.

4. В работе отсутствует структурная схема предложенного способа обработки результатов испытаний цилиндрических образцов с внедренным дефектом для построения кинетических диаграмм усталостного роста трещины, включающего проведение фрактографических исследований и моделирование роста и формы трещины в образцах. Графическое представление способа, в данном случае, могло способствовать полному представлению всех взаимосвязей между этапами исследования.

5. Замечания по оформлению, грамматические и смысловые ошибки:

- стр. 6 первое предложение – нет ссылок на работы А.А. Гриффитса Дж. Ирвина и Морозова В.З;

- стр. 9. Личный вклад автора. – исследовал влияние влияние... . Повторяющееся слово;

- стр. 9. Достоверность и обоснованность научных результатов ... Экспериментальные результаты показали (удовлетворительную?) сходимость с результатами Пропущенное слово;

- стр. 23 первое предложение – Соленая вода в 10 (раз?) увеличивает Пропущенное слово;

- стр. 43 третье и четвертое предложение – применяется существительное «расслаивание», как процесс действия, необходимо применять слово «расслоение» - как результат такого действия, так как в данном случае не наблюдается динамический процесс, а наблюдаются последствия процесса;

- стр. 79 второй абзац второе предложение. Перерезанными (перерезанные) отверстиями части дисков Грамматическая ошибка.

- пункты 4.2.2 – 4.2.6 не имеют заголовков;

- на графиках не указано направление осей.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, и не снижают научной и практической ценности полученных автором результатов.

Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней

Диссертация Немцева Д.В. «Исследование влияния скорости роста трещины усталости в вакууме на ресурс дисков газотурбинных двигателей» является завершенной и самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научно-технической задачи. Диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне в соответствии с паспортом специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Автореферат и опубликованные работы в полном объеме отражают содержание диссертации и полученные автором основные научные результаты.

Диссертация Немцева Д.В. соответствует всем требованиям положения «О порядке присуждения ученых степеней» утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842,

предъявляемого к кандидатским диссертациям, а ее автор, Немцев Дмитрий Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидат технических наук по специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Доцент 73 кафедры авиационных двигателей
ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр
Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени профессора Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
к.т.н.

Евгений Вячеславович Нескоромный

«10» ноября 2023 г.

Подпись Нескоромного Евгения Вячеславовича удостоверяю.
(Ф.И.О. оппонента)

Старший помощник
начальника строевого отдела
ВУНЦ ВВС ВВА
(должность)

(подпись)

Фокин Ю.В.
(Ф.И.О.)



г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54а
Телефон: 8 980 347 95 68
E-Mail: neskor80@yandex.ru

С отзывом ознакомлен /Немцев Д.В./
20.11.2023