

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Денисова Леонида Владимировича «Обеспечение эксплуатационных свойств деталей и узлов ГТД локальным поверхностным легированием», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Актуальность темы исследования

При производстве современных авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) применяются новейшие достижения в области конструирования, обработки материалов, технологии упрочнения и других областей. Возникают задачи увеличения технического ресурса двигателя, повышения надежности работы основных узлов и агрегатов при деградации несущей способности рабочих поверхностей, разрушении защитных покрытий, изменении служебных свойств материалов. Повышение ресурса, обеспечение работоспособности деталей и узлов в жестких условиях эксплуатации, при высоких температурах, действии агрессивных сред, динамических и контактных нагрузок не всегда удается достичь путем изменения конструкции узлов и деталей ГТД. В этой связи данная работа посвящена актуальной теме – исследованию и разработке технологии поверхностного упрочнения деталей и узлов ГТД электроискровым легированием (ЭИЛ).

Наиболее значимые и новые научные результаты заключается в следующих положениях:

- выявлены функциональные связи массопереноса материала электрода-инструмента на обрабатываемую заготовку с параметрами процесса ЭИЛ
- установлено влияние технологических факторов процесса формирования покрытия на производительность процесса и его качество
- теоретически обоснована и подтверждена экспериментально взаимосвязь напряженного состояния приповерхностных слоев до и после процесса ЭИЛ.

Степень обоснованности и достоверности научных результатов

Выдвинутые автором диссертации научные положения базируются на подробном и грамотном анализе процессов, протекающих при упрочнении методом ЭИЛ, фундаментальных положениях теории пластического

деформирования, методики моделирования. Адекватность модели подтверждается согласованностью теоретических расчетов результатами экспериментальных исследований.

Основные материалы по диссертации отражены в 3 статьях, опубликованных в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ. Автором работы получены два свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ. Положения и результаты диссертации представлены на международных и всероссийских научно-технических конференциях.

Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в разработке технологии локального карбоксидирования рабочих поверхностей гидроцилиндров и рекомендациях по последующему алмазному выглаживанию. Практическая значимость подтверждается внедрением операций комбинированной обработки в технологический процесс производства газотурбинного двигателя АЛ-41, позволившей повысить ресурс работы изделия. Результаты теоретических и экспериментальных исследований внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа Денисова Л.В. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка условных обозначений, списка цитируемых источников из 159 наименований, и приложений на шести листах. Диссертационная работа изложена на 158 страницах. Материал диссертационной работы структурирован, изложен достаточно четко, написан грамотно с применением технической терминологии.

В *первой главе* автор проводит обзор работ и определяет состояние вопроса в области создания защитных и упрочняющих покрытий. Проводится классификация технологических способов ремонта и существующих методов восстановления поврежденных деталей. Обозначаются преимущества и недостатки каждого метода. Отмечается, что одним из недостатков метода ЭИЛ является возникновение в легированных и приповерхностных слоях детали после упрочнения растягивающих напряжений.

Сделан вывод, что электроискровые методы повышения работоспособности поверхностных слоев и восстановления рабочих поверхностей характеризуются простотой автоматизации, локальностью нанесения покрытий, высокой технологической надёжностью. Следует отметить, что обзор работ выполнен на высоком научно-техническом уровне

с привлечением результатов разработок и исследований в мире по данному вопросу.

Во *второй главе* представлено технологическое оборудование, материалы и изделия, методики экспериментальных исследований. Достоверность результатов экспериментальных исследований обеспечивается сертифицированными средствами измерений, апробированными методиками оценки служебных свойств получаемых покрытий.

Третья глава посвящена модели формирования упрочненного слоя при ЭИЛ. Проведено моделирование воздействия единичных искровых разрядов на поверхность тонкостенного образца, по результатам получена картина распределения остаточных напряжений по толщине образца. Рассмотрены технологические схемы ЭИЛ вращающимся электродом, и применительно к дисковому электроду, решены вопросы обеспечения равномерности получаемого упрочненного слоя.

Соискатель рассматривает процесс ЭИЛ в условиях энергетических балансов, протекающих при этом процессов. Были приняты допущения движения единиц объемов материала с каждого из электродов, в межэлектродном промежутке во время разряда, в три этапа. Сделанные при этом упрощения можно считать приемлемыми. Такое суждение позволило автору аналитически подойти к решению вопроса определения концентрации элементов в упрочненном слое. Для расчета результатов соискатель применял разработанный им программный код, позволяющий проводить вычисления с различными исходными данными.

Применительно к упрочнению внутренних поверхностей гидроцилиндров автор показывает, что оптимальной траекторией движения дискового инструмента является спиралевидная, возвратно-поступательная траектория, со взаимным перекрытием полос упрочненного материала, позволяющая обеспечить требуемые характеристики покрытия.

Четвертая глава посвящена исследованиям параметров покрытий, получаемых методом ЭИЛ. Автором последовательно приводятся результаты экспериментов по изменению напряженного состояния покрытий, отражающие логические выводы из предыдущей главы. Выносятся на рассмотрение метод упрочнения титановых сплавов углеродосодержащими электродами. Для снижения шероховатости предлагается последующее алмазное выглаживание покрытия или его раскатка роликами.

В пятой главе представлена технология комбинированного упрочнения различных типоразмеров гидроцилиндров авиационной техники. Автор отмечает возможность обработки изделий на финишных операциях, отсутствие каких-либо трудоемких подготовительных действий с изделием

перед нанесением покрытия. Затрагивается вопрос возможности залечивания поверхности гидроцилиндров. Представлено автоматизированное оборудование для получения карбооксидных покрытий и специальное приспособление, позволяющее производить выглаживание упрочненных гидроцилиндров на станках токарной группы.

В заключении кратко изложены основные выводы по результатам диссертационной работы, отражающие решение поставленных в работе задач.

Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание диссертационной работы и полученные автором результаты.

По работе можно сделать следующие **замечания**:

1. В работе не отражено, как определялась степень достоверности разработанных моделей, какими данными руководствуется автор, делая заключение о наличии минимальных растягивающих напряжений на поверхности.

2. Было бы уместно в работе представить результаты расчета характеристик получаемых карбооксидных покрытий по предлагаемой модели.

3. Недостаточно подробно описаны результаты оценки эксплуатационных свойств получаемых карбооксидных покрытий.

4. Не приведены исследование микроструктуры получаемых покрытий и ее взаимосвязи с характеристиками поверхностных слоев и технологическими режимами обработки.

5. В модели формирования остаточных напряжений не учтена операция алмазного выглаживания, являющейся частью комбинированной технологии, разработанной автором.

Указанные замечания не влияют на научную и практическую значимость результатов полученных Денисовым Л.В. в диссертационной работе.

Заключение

Диссертационная работа Денисова Л.В. «Обеспечение эксплуатационных свойств деталей и узлов ГТД локальным поверхностным легированием» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения комбинированного упрочнения деталей и узлов ГТД локальным поверхностным легированием с последующим алмазным выглаживанием.

Диссертация соответствует всем требованиям «Положения о

присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученых степеней, а её автор, Денисов Леонид Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Официальный оппонент, кандидат технических наук по специальности 05.07.05, инженер Центра проектирования, производственных технологий и материалов, автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»



Даутов Станислав Сагитович

Адрес: 143026, Россия г. Москва, Территория
Инновационного Центра «Сколково», ул. Нобеля д. 3
Тел.: +7 495 280 1481

Подпись к.т.н., инженера С.С. Даутова удостоверяю

РУКОВОДИТЕЛЬ ОТДЕЛА
КАДРОВОГО АДМИНИСТРИРОВАНИЯ
БУРДЕНКО Н. Г.

