

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и инновациям
ФГБОУ ВО «Рыбинский



государственный авиационный
технический университет
имени П.А. Соловьева

д.т.н. профессор Кожина Татьяна
Дмитриевна

2013 2018 г.

**ОТЗЫВ
ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

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 диссертационной работы

Производство двигателей авиационной и ракетной техники является сложной и наукоемкой отраслью машиностроения. Высокая надежность, ресурс, минимальный вес являются неотъемлемыми требованиями, предъявляемыми к современным авиационным двигателям, работающим в условиях высоких температур и в агрессивных средах. Конструкция двигателя должна быть ремонтпригодной. Производство должно основываться на применении эффективных материалов, прогрессивных технологий изготовления деталей и узлов, поверхностного упрочнения и нанесения защитных покрытий.

Для расширения технологических возможностей применяются многочисленные методы модификаций поверхностного слоя: легирование лазером, газотермическое напыление, упрочнение электронным лучом, электрическим разрядом и др.

Необходимость исследований в области развития новых эффективных технологий локального нанесения покрытий различного назначения, комбинированного поверхностного упрочнения определяет актуальность темы диссертации.

Научная новизна

1. Установлены функциональные взаимосвязи величины массопереноса материала легирующего электрода на обрабатываемую поверхность с технологическими параметрами процесса электроискрового легирования.
2. Выполнено моделирование процесса локального карбооксидирования с

ОБЩИЙ ОФДЕЛ МАИ
Вх. № 30 11 2018 г.

формированием карбооксидного слоя на титановых сплавах.

3. Проведены исследования влияния технологических факторов процесса локального карбооксидирования на производительность и качество формируемого покрытия на титановых сплавах.

4. Проведены исследования влияния алмазного выглаживания после локального карбооксидирования на качество получаемого покрытия.

5. Обоснованы и экспериментально подтверждены влияние технологических режимов процесса электроискрового легирования и предварительного напряженного состояния на формирование остаточных напряжений в поверхностном слое.

Практическая значимость

Предложенные в данной работе:

– методики расчета технологических показателей процесса локального карбооксидирования;

– процесс комбинированного упрочнения рабочих поверхностей гидроцилиндров локальным карбооксидированием и последующим алмазным выглаживанием;

– алгоритмы и, написанные по ним, компьютерные программы для расчета технологических показателей процесса локального карбооксидирования,

– конструкции оборудования и технологической оснастки для локального карбооксидирования и алмазного выглаживания

позволили внедрить решения в технологический процесс производства газотурбинного двигателя АЛ-41, уменьшить износ пары трения узла втулка-поршень и повысить ресурс работы изделия.

Достоверность результатов и обоснованность научных положений определяется применением при экспериментах сертифицированных средств измерений, удовлетворительной согласованности результатов экспериментальных исследований с результатами теоретических расчетов и опубликованными данными других авторов.

Общие сведения о диссертационной работе. Рассматриваемая диссертационная работа Денисова Л.В. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка условных обозначений, списка литературы и приложений. Объем диссертационной работы составляет 158 страниц. Список цитируемых источников включает 159 ссылок.

Во **введении** дано обоснование актуальности темы исследований. Представлена степень её разработанности, обоснована научная новизна работы.

В **первой главе** проведен обзор существующих технологических методов нанесения защитных и упрочняющих покрытий. Выполнено сравнение существующих методов с технологией электроискрового легирования. Указаны преимущества и

недостатки данной технологии. Сформулированы цели и задачи исследований.

Во **второй главе** рассматриваются материалы и изделия для проведения экспериментов. Представлено технологическое оборудование, контрольно-измерительное оборудование для проведения экспериментов и оценки служебных свойств покрытий.

В **третьей главе** приводятся результаты теоретических исследований процесса локального карбооксидирования на основе феноменологической модели формирования легированного слоя. При построении модели автором были сделаны ряд допущений, позволяющие рассматривать тепловые и физико-химические процессы, происходящие при электроискровом легировании на примере отдельно протекающих импульсов.

Характер и условия переноса материала с электрода на упрочняемое изделие рассматривается в несколько этапов, что позволяет рассчитывать толщину покрытия в зависимости от энергии импульсов и сопротивления электрической эрозии материалов электродов, а также при введении в зону обработки дополнительного легирующего материала. Даны рекомендации, позволяющие повысить концентрацию легирующих элементов в покрытии увеличением энергии импульсов.

Сделано заключение, что с учетом допущений, формирование слоя происходит в очень коротких временных интервалах. Концентрационное соотношение элементов в покрытии за это время стабилизируется, в результате чего толщина покрытия формируется при оптимальном времени легирования.

Представлены результаты моделирования искрового разряда на поверхность тонкостенного элемента. Образцы с предварительно созданными растягивающими напряжениями после легирования и разневоливания обладают оптимальной структурой напряженного состояния.

Представлены результаты теоретических расчетов равномерности упрочнения при использовании дискового электрода. Оптимальной считается спиралевидная траектория движения электрода в процессе электроискрового легирования.

В **четвертой главе** представлены результаты металлографических исследований получаемых покрытий. По результатам экспериментов установлено, что упрочнение поверхности с предварительно растянутыми приповерхностными слоями формирует покрытия с остаточными напряжениями сжатия.

Представлены результаты экспериментальных исследований локального карбооксидирования и последующего поверхностно-пластического деформирования деталей из титановых сплавов на различных технологических режимах. Установлено, что применение комбинированного метода поверхностного упрочнения позволяет в два-три раза повысить износостойкость деталей.

Пятая глава посвящена разработке технологии комплексного применения локального карбооксидирования и последующего алмазного выглаживания. Предложены финишные операции комбинированного упрочнения, для замены в серийном технологическом процессе производства гидроцилиндров ГТД различной номенклатуры. Спроектировано и изготовлено оборудование и приспособления для внедрения технологии на производстве. Даны рекомендации по применению методов электронского легирования и комбинированного упрочнения.

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

По теме диссертации автором опубликовано три статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, два свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ, основные положения и результаты диссертации представлены на международных и всероссийских научно-технических конференциях. Всего по теме диссертации опубликовано 20 работ.

Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы

Предлагаемая в диссертационной работе технология локального карбооксидирования зеркала гидроцилиндра из титанового сплава BT20 с последующим алмазным выглаживанием позволяет снизить износ пары трения узла втулка-поршень и повысить ресурс работы изделия. Результаты могут быть использованы при разработке и оптимизации технологических процессов упрочнения различной номенклатуры изделий на таких предприятиях как АО «Научно-производственный центр газотурбостроения «Салют», ПАО «ОДК-Уфимское моторостроительное производственное объединение», АО «Московское машиностроительное предприятие имени В.В. Чернышева», АО «ОДК-Климов» и др.

Общие замечания по содержанию и оформлению диссертации

1. Не совсем понятно, какое практическое значение имеет разработанная модель формирования легированного слоя.
2. Было бы целесообразно представить в работе более конкретизированные рекомендации по процессу алмазного выглаживания титановых сплавов после ЛКО.
3. Недостаточно освещены вопросы влияния предлагаемых технологий упрочнения на точность гидроцилиндров. Следовало бы дать более точные рекомендации по обеспечению точности.

Отмеченные замечания не снижают положительной оценки диссертационной работы и не влияют на её основные результаты.

Заключение о соответствии диссертационной работы критериям,

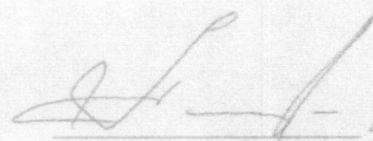
установленным в Положении о присуждении ученых степеней

Диссертация Денисова Л.В. является законченной научно-квалификационной работой, включающей в себя новые научные результаты и решения задач по разработке технологии комбинированного упрочнения деталей и узлов ГТД локальным поверхностным легированием с последующим алмазным выглаживанием. Цель работы достигнута. Диссертационная работа изложена технически грамотным научным языком, содержит последовательно изложенные теоретические и экспериментальные результаты исследований. Публикации автора достаточно полно отражают основные выводы и результаты работы.

Диссертация соответствует всем требованиям пункта 9 «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, 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».

Диссертационная работа Денисова Л.В. и данный отзыв рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «Авиационные двигатели» РГАТУ имени П.А. Соловьева, протокол № 3 от 13 ноября 2018 г.

Заведующий кафедрой
«Авиационные двигатели»,
д.т.н., профессор


А.Е. Ремизов
16 ноября 2018 г.

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Рыбинский государственный
авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева»

Адрес организации:
Россия, Ярославская область, 152934,
г. Рыбинск, ул. Пушкина, д.53
Телефон: (4855) 280-470