

В диссертационный совет Д 212.125.08 при ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».
Ученому секретарю докт. техн. наук, проф. Зуеву Ю.В.

125993, г. Москва А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4.

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, проф., профессора кафедры «Технологии и оборудование машиностроения» ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет» Саушкина Бориса Петровича 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.

1. Актуальность диссертации.

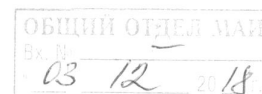
Научное производство продукции предприятий авиационной и ракетно-космической отраслей должно обладать высоким инновационным потенциалом, обеспечивающим постоянное повышение уровня качества и конкурентоспособности выпускаемых изделий.

Технологическое обеспечение воспроизводства инновационного потенциала таких предприятий и нацеленность его на создание высоконадежных изделий с высокими функциональными характеристиками с учетом эксплуатации в условиях, близких к экстремальным, является одной из важных проблем современного постиндустриального общества.

Следует отметить, что, наряду с созданием принципиально новых технологий, важным направлением инновационной деятельности в области машиностроения является улучшение существующих технологий, повышение и расширение их производственных возможностей за счет реализации потенциальных, еще не использованных резервов.

Процесс и метод электроискрового легирования известны уже около 80 лет. На их основе созданы, успешно развиваются и эффективно применяются технологии электроискрового легирования, обеспечивающие целенаправленную модификацию поверхностного слоя рабочих поверхностей деталей машин. Вместе с тем, SWOT анализ указывает на наличие высокого инновационного потенциала у этой группы технологий и подтверждает необходимость их дальнейшего совершенствования на основе получения новых знаний, в том числе выявления новых закономерностей совокупности процессов эрозионного разрушения, массопереноса, тепловых, диффузионных процессов, фазовых переходов и пр.

Поэтому тема диссертационной работы является актуальной, а проведенное соискателем исследование отвечает современным задачам и требованиям развития машиностроения.



2. Научная новизна проведенного исследования.

Научная новизна представленной диссертационной работы заключается в развитии следующих научных положений:

1. Построена модель, описывающая механизм формирования остаточных напряжений в поверхностном слое при ЭИЛ, и проведено экспериментальное подтверждение основных теоретических результатов. Экспериментально исследовано влияние параметров режима и условий обработки на величину и знак остаточных напряжений.

2. На основе сделанных допущений построена и исследована модель массопереноса при искровом легировании, позволившая выявить динамику формирования свойств покрытия.

3. Получены новые научные данные о механизме формирования карбоксидного слоя на титановых сплавах и влиянии на него параметров режима и условий протекания процесса ЭИЛ.

3. Достоверность полученных результатов.

Выдвинутые соискателем научные положения базируются на фундаментальных законах технологии машиностроения, теории упруго-пластического деформирования металлов, теории электрического разряда в газах.

Выводы и рекомендации достаточно убедительно аргументированы, а адекватность теоретических моделей подтверждена экспериментально. Основные материалы по диссертации апробированы, доложены на конференциях и симпозиумах различного уровня, известны научной общественности. По материалам исследования опубликовано 3 научных статьи в журналах, включенных в Перечень ВАК РФ. Результаты теоретических и экспериментальных работ внедрены в производство и учебный процесс.

4. Содержание работы.

Диссертационная работа общим объемом 158 с. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы из 159 наименований и приложений содержит 86 рисунков и 5 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, представлены научная новизна и практическая значимость работы.

Первая глава содержит анализ состояния вопроса в области исследования процессов и разработки технологий ЭИЛ изделий авиационного двигателестроения. Соискателем проанализировано 159 литературных источников по тематике диссертации, из которых только 24% опубликованы за последние 10 лет, преимущественно, за рубежом. Это означает, что технологическое направление ЭИЛ в РФ стагнирует, в то время, как в индустриально развитых странах оно признается перспективным. К сожалению, автор недостаточно полно проанализировал результаты работ научной школы А.Д. Верхотурова, поскольку обширный список работ этой школы не нашел должного отражения в библиографическом списке.

В целом проведенный соискателем анализ состояния вопроса, на наш взгляд, достаточно объективен и адекватен, что позволило соискателю убедительно обосновать основные задачи исследования.

Во второй главе освещена общая методика экспериментальных исследований. Приводятся материалы образцов и их характеристика, образцы изделий для натуральных исследований. Приводится описание установки ELFA 731, на которой производились технологические эксперименты, описывается перечень частных методик и приборов для оценки отдельных характеристик легированного слоя. Подробно излагается методика определения антифрикционных свойств и износостойкости покрытий.

Третья глава посвящена разработке моделей процессов электроискрового упрочнения и легирования.

С учетом сформулированных соискателем допущений, которые в целом достаточно обоснованы, предложена и исследована феноменологическая модель формирования легированного слоя, позволяющая прогнозировать его элементный состав в зависимости от физико-химических свойств материалов электродов и параметров режима обработки. Представлен алгоритм переноса материалов в межэлектродном промежутке и формирования легированного слоя. Алгоритм основан на пошаговом анализе механизма массопереноса с увеличением числа импульсов. Разработана программа для реализации этого алгоритма и получено свидетельство о государственной регистрации этой программы.

Для расчета и оценки величины и знака остаточных напряжений соискателем сформулирована общая задача термоупругости, для решения которой использована краевая задача теплопроводности. С помощью программного комплекса Deform-2D выполнено моделирование процесса воздействия точечного поверхностного источника тепла. В результате получено поле распределения остаточных напряжений в окрестностях источника тепла и проведен его анализ.

Исходя из характера изделий, выбранных для реализации технологий ЭИЛ, сформулирована задача и построена модель процесса ЭИЛ внутренней цилиндрической поверхности вращающимся дисковым электродом, на основе которой получено условие обеспечения равномерного упрочнения.

Таким образом, построены и исследованы три частные модели электроискрового легирования, которые служат основой решения соответствующих задач исследования, сформулированных ранее.

В четвертой главе исследовано влияние технологических факторов и условий обработки на состояние поверхностного слоя. Экспериментальные исследования, отраженные в этой главе, носят преимущественно качественный, описательный характер. Однако, в разделе 4.3 описана методика и результаты исследования влияния предварительно созданного напряженно-деформированного состояния на формирование остаточных напряжений в поверхностном слое. Показано, что предварительное создание в поверхностном слое образца растягивающих напряжений позволяет получить в результате ЭИЛ напряжения сжатия.

Пятая глава посвящена практической реализации результатов исследований, в ней предложены технологические рекомендации по применению технологий электроискрового и комбинированного упрочнения в производстве деталей авиационных двигателей.

Очерчена сфера целесообразного применения технологий ЭИЛ и комбинированных технологий на основе ЭИЛ для повышения эксплуатационных свойств и восстановления деталей газотурбинных двигателей. Сформулированы технологические рекомендации, разработаны средства технологического оснащения для упрочнения зеркала гидроцилиндра. Предложенные рекомендации носят унифици-

рованный характер и пригодны для разработки технологии упрочнения цилиндров авиационных двигателей разного функционального назначения.

В заключении диссертационной работы сформулированы основные результаты, которые в целом соответствуют представленному теоретическому и экспериментальному материалу работы.

5. Замечания и пожелания.

По *первой главе* имеются следующие замечания:

1.1. Следует делать ссылки на оригинальные работы авторов (Б. Лазаренко, Л. Палатник, И. Могилевский, с. 5);

1.2. Встречаются повторы фрагментов текста (с.5, 27);

1.3. В обзоре используются работы одного из классиков ЭИЛ А.Д. Верхотурова, опубликованные в 1981-1987 г.г.[7–9, 84, 86] Вместе с тем, в библиографии отсутствует ссылка и в работе не рассматривается фундаментальная монография этого автора, изданная в 2016 г. и обобщающая достижения последних десятилетий в этой области (Научные основы разработки и получение слоистых материалов на поверхности твердых сплавов. Владивосток: Дальнаука. 2016.-475 с.);

1.4. В разделе 1.6. Постановка цели и задач – нет ни цели, ни задач.

Замечания по главе 2:

2.1. В 2.1 в перечень сплавов на никелевой основе попали высоколегированные стали;

2.2. Рис. 2.3 менее информативен по отношению к рис. 2.4 и является излишним.

2.3. Следовало бы для получения полной картины представить в гл. 2 все методики экспериментальных исследований, использованные в работе.

Замечания по гл.3:

3.1. Модель формирования легированного слоя содержит смысловой парадокс (допущение 1). Эта модель в результате показывает, что стационарный режим нанесения покрытия наступает достаточно быстро (около 10 импульсов по толщине слоя). По-видимому, ее информационная ценность может быть представлена более значимо, чем это сделано в работе.

3.2. В модели формирования остаточных напряжений использовано стационарное уравнение теплопроводности, что требует, на наш взгляд, дополнительного обоснования.

3.3. Требуется уточнить тот факт, что на рис. 3.9 в нулевой точке участка L значение сжимающего напряжения - 26,4 МПа, а на рис. 3.10, б – -20,0 МПа.

Замечания по 4 главе:

4.1. Представленные в гл. 4 результаты носят, преимущественно, описательный, качественный характер. Сравнение экспериментальных данных с теоретическими результатами производится эпизодически.

Предложения по 5 главе:

5.1. Технологические рекомендации следовало бы представить в удобном для практического использования виде.

5.2. Предложения по применению результатов исследования в изготовлении гидроцилиндров следовало бы представить, как унифицированную операцию упрочнения зеркала цилиндра для группы изделий с одинаковыми конструктивными и технологическими признаками, сопроводив ее методикой выбора параметров режима.

Общие замечания по диссертации.

1. Нет оценки погрешностей экспериментальных исследований. Следовало бы в гл.2 ввести соответствующий раздел.

2. Отсутствует технико-экономическая оценка предполагаемого внедрения результатов исследования, что несколько снижает практическую ценность работы.

6. Заключение.

Диссертационная работа Леонида Владимировича Денисова на тему: «Обеспечение эксплуатационных свойств деталей и узлов ГТД локальным поверхностным легированием» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки, имеющие существенное значение в области машиностроения, а именно, технологического обеспечения стадии эксплуатации жизненного цикла изделий авиационного двигателестроения.

Тема диссертации актуальна, а результаты выполненной работы обладают научной новизной и практической значимостью. Представленные в диссертационной работе результаты научных исследований перспективны для практического использования в отрасли авиационного машиностроения.

Материалы диссертационной работы изложены достаточно четко, структурированы, обладают внутренним единством и написаны грамотно на понятном языке с использованием современного понятийного аппарата. Содержание опубликованных работ и автореферат раскрывают основные положения и выводы диссертационного исследования.

Личный вклад соискателя в проведенное исследование не вызывает сомнений.

С учетом сделанных выше замечаний считаю, что диссертационная работа «Обеспечение эксплуатационных свойств деталей и узлов ГТД локальным поверхностным легированием» по форме и содержанию, объему, актуальности, научной и практической значимости соответствует формуле и областям исследования п. 9 паспорта научной специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», а так же полностью отвечает требованиям и критериям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям определенным «Положением о порядке присуждения ученых степеней» в пункте 9, а ее автор, Денисов Леонид Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Профессор кафедры «Технологии и оборудование машиностроения» ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», докт. техн. наук по специальности 05.17.03, профессор



Саушкин Борис Петрович

Почтовый адрес: 109451, г. Москва, ул. Братиславская, 13/1, кв.304.

Контактный телефон: +7(916) 7051857, e-mail: sbp47@mail.ru

Подпись проф. Б.П. Саушкина заверяю

