

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»	
за № _____	
Дата регистрации	30.11.2020
Фамилия регистратора	

ОТЗЫВ

официального оппонента, д.т.н., доцента заведующего кафедрой технологии изготовления двигателей ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»

Хаймовича Александра Исааковича

*на диссертационную работу Янсаитовой Миляуши Исмагиловны
на тему:*

«РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ ВАКУУМНЫХ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ РЕГЛАМЕНТАЦИИ В НОРМАТИВНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ»,

*представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции*

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Создание эффективно работающего рынка высокотехнологичных промышленных товаров возможно, если государство и предприятия будут принимать меры, направленные на устранение технических барьеров. Под техническим барьером, в том числе, понимаются различия в требованиях и подходах к назначению и нормированию технических характеристик деталей содержащихся в технической документации, приводящие к невыполнению их функциональных свойств и дополнительным затратам средств и/или времени для продвижения товаров на соответствующий рынок. Таким образом, стандартизация является инструментом обеспечения не только конкурентоспособности, но и эффективного партнерства изготовителя, заказчика и продавца на всех уровнях управления. В основе программ по преодолению технических барьеров лежит деятельность государств в области технического регулирования. ФЗ № 184 «О техническом регулировании» регламентирует процессы и взаимоотношения, которые могут появляться в ходе разработки или применения обязательных норм к соответствующей продукции.

Согласно закону должны устанавливаться единые требования к продукции, процессам производства, эксплуатации и применения на всех этапах ЖЦП. Эти требования реализуются через принятие и применение технических регламентов на продукцию, техническую документацию и правила метрологии, в основе которых лежит выбор нормируемых свойств объекта стандартизации. Для потребителя каждое свойство означает необходимость обеспечения выполнения определенной функции, характеризующие потребительские свойства продукции. С этой точки зрения актуальной является разрабатываемая в диссертации задача методика, которая обеспечивает выбор

перечня свойств объекта стандартизации для регламентации в технической документации в соответствии с возможностями производителя с одной стороны и интересы потребителя связанные с выполнением потребительских функций объекта стандартизации с другой стороны.

Изложенное в полной мере относится к нормированию свойств функциональных покрытий, которые широко применяются для придания поверхности специальных свойств. В этой связи объект покрытие в диссертации рассматривается как часть системы «изделие-покрытие», т.е. свойства покрытия зависят не только от материала и технологических режимов нанесения, но также от свойств подложки с учетом условий функционирования изделия. Актуальной задачей является регламентация и нормирование всех свойств необходимых для функционирования изделия системы «изделие-покрытие», которые, как правило, не отражены в действующих стандартах.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, пяти глав, изложена на 126 страницах машинописного текста, состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы, включающего 171 источник, содержит 41 рисунок, 14 таблиц и 4 приложения на 24 страницах.

В *первой главе* проведен анализ действующих нормативных документов в предметной области покрытий различного назначения. Установлено, что в стандартах регламентируются только те свойства покрытий, которые обусловлены только технологией их нанесения: внешний вид, толщина покрытий, прочность сцепления. При этом функциональные свойства покрытия не учитываются. Это в значительной степени ограничивает возможности конструктора назначать вид покрытия, состав, его физико-химические свойства, исходя из условий эксплуатации изделия с покрытием.

Вторая глава рассматриваются функциональные взаимодействия в системе «изделие - вакуумное ионно-плазменное покрытие», а также особенности формирования свойств покрытия при реализации технологического процесса его нанесения. Для выявления взаимосвязи проведения процедуры метрологической экспертизы с операциями технологического процесса был обоснованно использован метод структурно-функционального моделирования IDEF0. Установление системных связей проводилось по следующей последовательности: определение структурно-функциональных связей технологического процесса, определение этапов формирования покрытия; проведение функционально-целевого анализа элемента «вакуумное ионно-плазменное покрытие»; проведение функционально-целевого анализа всей системы «изделие - вакуумное ионно-плазменное покрытие»

В *третьей главе* рассмотрены этапы обобщенной схемы установления системных связей в системе «изделие - вакуумное ионно-плазменное покрытие» на примере цапфы вала компрессора высокого давления газотурбинного

двигателя. Обоснована взаимосвязь этапов формирования вакуумного ионно-плазменного покрытия системы с его свойствами, определяемыми технологическим процессом. Показано, что такие свойства покрытий как толщина, адгезия, микротвердость, шероховатость, пористость определяются особенностями технологического процесса нанесения. Для их обеспечения требуется учет свойств материала покрытия и материала изделия, соблюдение необходимых геометрических размеров детали под покрытие. Соответствующие свойства самого покрытия обосновываются функциональностью детали и ее эксплуатационными свойствами: материал покрытия должен быть жаростойким и теплопроводным, зона с покрытием не должна снижать статическую прочность и выносливость детали, в ходе технологического процесса нанесения покрытия должна быть обеспечена равномерность толщины по всей площади при минимальной массе изделия с покрытием.

В *четвертой главе* диссертации приведены результаты полного факторного эксперимента определения микротвердости и толщины нанесения покрытия TiN с трехуровневой вариацией факторов - расстояний от катода и оси потока. Полученные регрессионные зависимости позволяют технологу учесть расположение деталей в вакуумной камере и обеспечить требуемую конструкторской документацией равномерность этих характеристик в покрытии. По результатам проведенных исследований для обеспечения эксплуатационных свойств деталей газотурбинного двигателя был выявлен перечень свойств покрытий, который необходимо указывать в нормативной и технической документации.

В *заключении* сформулированы основные выводы по результатам диссертационной работы.

В *приложениях* приведены:

- результаты QFD-анализа для вакуумного ионно-плазменного покрытия;
- технологическая инструкция «Вакуумное ионно-плазменное покрытие TiN на цапфу КВД»;
- акты о внедрение результатов диссертационной работы.

Автореферат диссертации соответствует ее тексту и отражает сущность проведенных исследований и полученных результатов.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научную новизну диссертационной работы Янсаитовой Миляуши Исмагиловны можно сформулировать следующим образом:

1. Обоснован научно-практический подход к выбору технических характеристик вакуумного ионно-плазменного покрытия в увязке с его эксплуатационными свойствами и функциями изделия с покрытием.
2. Разработан алгоритм выбора свойств вакуумных ионно-плазменных покрытий, отличающийся учетом функциональных связей элементов систе-

мы «изделие – покрытие» при регламентации свойств покрытия в нормативной и технической документации

3. Определена область рациональных технологических параметров формирования вакуумного ионно-плазменного покрытия TiN, обеспечивающая получение необходимых свойств в зависимости от расположения деталей в вакуумной камере для нормирования в технической документации на изделие с покрытием.

Наибольшую значимость для практики имеют следующие результаты диссертационного исследования:

1. Определены структурно-функциональные связи при осуществлении технологического процесса нанесения вакуумного ионно-плазменного покрытия, что позволяет определить свойства покрытия, необходимые для регламентации в нормативной и технической документации.

2. Разработан алгоритм выбора свойств вакуумных ионно-плазменных покрытий для регламентации в нормативной и технической документации при условии обеспечения необходимых эксплуатационных свойств изделия с покрытием.

3. Разработана и внедрена технологическая инструкция «Вакуумное ионно-плазменное покрытие TiN на цапфу КВД. Требования к нанесению, контроль» в ПАО «ОДК - Уфимское моторостроительное производственное объединение».

ОБОСНОВАННОСТЬ И ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Исследования базировались на использовании системного анализа, функционально-целевого анализа, факторного анализа, QFD-анализа, метода структурно-функциональной декомпозиции IDEF0, инструментальных методов измерения микротвердости и толщины покрытия, рентгеноструктурного анализа фазового состава вакуумного ионно-плазменного покрытия.

Достоверность основных положений диссертационной работы подтверждается корректностью постановки цели и задач диссертационного исследования, глубиной проработки основных аспектов изучаемой проблемы, творческим использованием различных методов научного исследования, логикой диссертационной работы.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДОВ ДИССЕРТАЦИИ

Основной практический результат диссертационной работы – разработка научно-обоснованной методики для выбора свойств покрытий для регламентации в нормативной и технической документации с учетом особенностей существующих технологических процессов их нанесения и необхо-

димости обеспечения соответствующих функциональных свойств изделия. Указанная методика может быть рекомендована к практическому использованию для обоснования выбора свойств вакуумных ионно-плазменных покрытий при нормировании в нормативной и технической документации на предприятиях авиадвигателестроения, общего машиностроения, автомобилестроения.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация написана ясным и точным языком, в форме, позволяющей получить полное и достаточно подробное представление о материалах исследований, проведенных соискателем. Корректность изложения материалов диссертации, наглядная иллюстрация полученных результатов позволяют объективно оценить содержание, выводы и значимость проведенных научных исследований.

Оформление работы соответствует установленным требованиям. При использовании результатов других авторов в диссертации даются необходимые ссылки.

Полученные результаты и сделанные выводы соответствуют поставленным в диссертации целям и задачам. Тема диссертации и ее содержание соответствуют заявленной научной специальности 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции.

Основное содержание работы отражено в 24 публикациях, в том числе, 8 статей опубликованы в изданиях рекомендуемых Перечнем ВАК и 1 статья в издании, индексируемом наукометрической базой Scopus. Получен патент РФ на изобретение.

Опубликованные работы в достаточной степени отражают содержащиеся в диссертации научные результаты.

ЗАМЕЧАНИЯ

По диссертации имеются следующие замечания:

1. В тексте диссертации при проведении эксперимента по нанесению ионно-плазменного покрытия TiN не указано время нанесения покрытия в вакуумной камере, которое является важным технологическим параметром. Скорость приращения толщины покрытия в разных точках детали разная, поэтому фактор времени имеет существенное значение как для расчета средней толщины покрытия, так и для определения ее неравномерности.
2. В разделе 4.2 «Факторный анализ влияния расположения деталей в вакуумной камере на толщину и микротвердость покрытия TiN методом полного

факторного эксперимента» строятся регрессионные зависимости целевых откликов - толщины слоя и его микротвердости в зависимости от расстояния образца до катода (фактор - x_1) и расстояния до оси потока (фактор- x_2). На основе полученных зависимостей решается задача об оптимальных значениях этих факторов путем поиска экстремумов откликов. При анализе был допущен ряд неточностей, приводящих к неверной трактовке некоторых полученных результатов:

По полученным моделям видно, что область оптимальных значений микротвердости явно выходит за область определения эксперимента. На границе области эксперимента в кодированных значениях $x_1=-1$, $x_2=-1$ значение микротвердости составляет по данным эксперимента 36 ГПа (табл. 4.5 стр. 88 диссертации). При подстановке оптимальных с точки зрения автора значений: $x_1 = 1,3096$ и $x_2=0,1667$ (стр. 90 диссертации) в модель (4.7) получаем значение микротвердости 22,67 ГПа. Непонятно, почему данное значение является оптимальным – оно соответствует локальному максимуму, а не глобальному.

Аналогичные выводы касаются регрессионной модели для толщины покрытия. Из физики процесса нанесения покрытия, следует, что чем ближе к оси потока будет располагаться деталь и чем меньше расстояние до катода, тем больше будет толщина покрытия. Поэтому максимальная толщина также будет находиться на границе области эксперимента, т.е. в координатах (-1,-1).

Таким образом, ценность представленных моделей состоит не в определении оптимальных значений факторов, а в определении диапазона изменений толщины покрытия и микротвердости в зависимости от расположения детали в вакуумной камере, что является необходимым условием при нормировании допусков на эти параметры и для назначения технологических режимов и условий нанесения покрытия.

3. Следовало бы оценить, хотя бы качественно, адекватность моделей анализа влияния расположения деталей в вакуумной камере на толщину и микротвердость покрытия TiN применительно к деталям сложной формы, отличной от исследованных плоских образцов.

4. В ряде фраз диссертации присутствуют неточности, например: «Методология IDEF0 базируется на принципе декомпозиции» (стр. 54 диссертации). IDEF0 – это не методология, а стандарт или метод графической нотации декомпозиции процессов. Сама методология называется SADT (методология структурного анализа и проектирования), включающая стандарты IDEF0,DFD, IDEF3. При проведении декомпозиции есть отклонения в со-

блюдении стандарта IDEF0. Было допущено одинаковое наименование «Акт по результатам контроля» для разных выходов из блоков на дочерних диаграммах декомпозиции (рисунки 2.7 на стр.56, 2.9 стр. 59 диссертации и рисунок 1 автореферата), что не позволило вынести этот документ, если подразумевается, что он один, на верхний уровень декомпозиции, как того требует соблюдение стандарта IDEF0. На диаграммах IDEF0, как это видно на указанных рисунках, такие неразрешенные «конфликты» автоматически помечаются скобками [] на выходах из блоков на дочерних диаграммах.

5. Положение вывода 1 второй главы: «Для обеспечения эксплуатационных свойств деталей газотурбинного двигателя в конструкторской документации необходимо указывать следующие свойства покрытия: толщина, шероховатость поверхности до нанесения покрытия, шероховатость покрытия после нанесения и микротвердость» носит дискуссионный характер. Конструктор в технических требованиях указывает окончательные параметры детали, которые обеспечивают ее функциональные свойства, указывает в случае необходимости способ производства заготовки и группу контроля. За назначение числа ступеней обработки, операционные размеры с допусками, шероховатость и прочее на предварительных этапах обработки отвечает технолог. Т.е. указание шероховатости поверхности (и соответственно операционных размеров) до нанесения покрытия все же целесообразно оставить в введении технолога, а не конструктора. Конструктору следует указать не только требуемые толщину, шероховатость покрытия после его нанесения и микротвердость, но также допуски на толщину и микротвердость.

6. В автореферате присутствует опечатка на стр. 12 в фразе «результаты факторного эксперимента с двухуровневой вариацией факторов». Должно быть «... с трехуровневой вариацией».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Указанные замечания не снижают ценности и значимости выполненных исследований и не влияют на положительную оценку выполненной работы.

Представленная на отзыв работа Янсаитовой Миляуши Исмагиловны на тему «Разработка методики оценки свойств вакуумных ионно-плазменных покрытий при регламентации в нормативной и технической документации» является завершённой научно-квалификационной работой. В работе содержится решение научно-обоснованной задачи - разработка методических основ для обоснования выбора свойств вакуумных ионно-плазменных покрытий при нормировании в нормативной и технической документации.

Диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует п.9 «Положения о присуждении

учёных степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), а её автор, Янсаитова Миляуша Исмагиловна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции.

Официальный оппонент
д-р техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой
технологий производства
двигателей ФГАОУ ВО
«Самарский национальный
исследовательский
университет имени
академика С.П. Королева»

Хаймович А.И.

Шифр научной специальности 05.02.09 - Технологии и машины обработки давлением

Адрес: ул. Московское шоссе, д. 34, г. Самара, 443086
ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»
Хаймович А.И.
(846) 267-45-73; (846) 335-18-17;
E-mail berill_samara@bk.ru

