

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Зайцева Николая Григорьевича «Повышение эксплуатационных свойств теплозащитных покрытий деталей газотурбинных установок, полученных плазменным напылением», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (Машиностроение)»

Актуальность темы. Проблема создания надежных теплозащитных покрытий (ТЗП) является актуальной задачей современного машиностроения, главная идея которой состоит в обеспечении ресурса работы деталей горячего тракта авиационных двигателей (ГТД) и энергетических газотурбинных установок (ГТУ). Достигнутые результаты не позволяют обеспечить требуемую надежность и ресурс работы машин. К аварийным ситуациям нередко приводят прогары, отслоение покрытий и их эрозионный износ на ответственных деталях ГТД и ГТУ.

Недостаточная стойкость к эрозии и постоянным теплосменам слоистых покрытий, получаемых плазменным напылением, и высокая стоимость, низкая производительность столбчатых покрытий ставят задачу поиска новых подходов формирования ТЗП.

Указанные соображения определяют несомненную актуальность темы диссертации Зайцева Николая Григорьевича, которая посвящена разработке способа повышения ресурса ТЗП, получаемых плазменным напылением, за счет последующей лазерной обработки керамического слоя на основе $ZrO_2-7Y_2O_3$, пригодного для защиты деталей горячего тракта.

Общая характеристика работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, заключения, списка литературы, содержащего 127 источников и приложения. Работа содержит 135 страниц машинописного текста, в том числе 31 таблиц, 53 рисунка и 1 приложение, объемом в 2 страницы.

Во введении и литературном обзоре представлены актуальность работы, сформированы практическая значимость и научная новизна работы. Проведен глубокий анализ литературных данных, дана общая оценка методам и способам повышения ресурса ТЗП. Во второй главе приведены методики и описание оборудования, с помощью которых проводились экспериментальные исследования. Третья глава посвящена научно обоснованному выбору режи-

мов плазменного напыления теплозащитных покрытий. Соискатель убедительно и последовательно описывает проведение отработок режимов нанесения покрытий, их исследования и испытания. Четвёртая глава посвящена разработке метода обработки плазменного покрытия лазерным излучением. Автор выбрал эффективный источник лазерного излучения и исследовал влияние режимов обработки на качество покрытия. В пятой главе представлены результаты проведённых испытаний покрытий, полученных по разработанной технологии. Материалы изложены последовательно, логично и доказательно. Поставленные на основе литературного анализа цели и задачи достигнуты и выполнены в полном объеме.

Научная новизна. Зайцевым Николаем Григорьевичем выполнен большой объем экспериментальной работы по получению покрытий, а также исследованию их состава, структуры, свойств и особенностей. К элементам научной новизны можно отнести следующие положения.

1. Автором впервые установлена возможность применения диодного лазера с П-образным распределением плотности энергии в фокальном пятне для получения сегментированной структуры с трещиноподобными каналами на поверхности и вертикальной ориентацией кристаллитов при оплавлении поверхностного слоя теплозащитного покрытия на основе диоксида циркония излучением на подложках из никелевого сплава и гамма алюминида титана.
2. Экспериментально установлено, что после лазерного оплавления повышаются эксплуатационные характеристики теплозащитного покрытия. В частности почти в два раза увеличиваются термостойкость и эрозионно стойкость покрытия по сравнению с аналогичным покрытием без лазерной обработки.
3. Автором установлены закономерности формирования под воздействием излучения диодного лазера микроструктуры нового керамического покрытия, характеризующейся повышенной микротвердостью, пористостью менее 1% и вертикально-ориентированной текстурой.

Практическая значимость. Данные, полученные соискателем позволяют сделать научно-обоснованный выбор покрытий, технологий и режимов их нанесения. В частности: Разработана и реализована в опытно-промышленном масштабе технология получения теплозащитных покрытий на основе оксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия, обеспечивающая работу деталей горячего тракта энергетических ГТУ и авиационных ГТД в температурном диапазоне 1000–1200 °С. Эта технология защищена патентами на изобретение и полезную модель.

Достоверность полученных результатов сомнений не вызывает, так как в работе использованы современные методы анализа порошковых материалов и покрытий, методики испытаний и выбранные критерии удовлетворяют научно-техническому уровню и предъявляемым требованиям в сферах применения ТЗП. Основные экспериментальные результаты сопоставлены с результатами других авторов и теоретическими данными.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Классификация автором несплошностей на поверхности после лазерной обработки как каналов, вероятно не совсем верна, так как по внешнему виду и характеру образования, скорее всего это поверхностные трещины, образующиеся в результате скоростного нагрева и охлаждения керамического покрытия лазерным излучением. В работе автором не раскрывается природа и механизм образования этих трещин. Образование этих трещин не предсказуемо, так как управлять направленностью, количеством, размером и распределённостью их по поверхности практически невозможно, что показывают металлографические исследования.
2. В работе установлен факт увеличения термостойкости покрытий после лазерной обработки с трещинами на поверхности, но не исследованы причины и механизмы явлений, приводящих к этому эффекту. Обычно образование трещин на поверхности покрытия считается дефектом.
3. В практической значимости работы указано, что разработана и реализована в опытно-промышленном масштабе технология получения покрытий, однако не указано, на каком предприятии она реализована и имеется ли акт внедрения новой технологии.
4. Испытания образцов на термоциклические испытания остановлены после 400 циклов и не доведены до разрушения, при этом не указывается с чем это связано.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации, результаты которой прошли апробацию на 11 научно-технических конференциях, опубликованы в 11 печатных работах, в том числе 3 статьях в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Зайцева Николая Григорьевича выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно-обоснованные технические решения по повышению эксплуатационных характеристик керамического слоя теплозащитного покрытия, полученного плазменным напылением с последующей лазерной обработкой. По научному уровню полученных результатов, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Зайцев Николай Григорьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – "Материаловедение (Машиностроение)".

Официальный оппонент

Шиганов Игорь Николаевич

доктор технических наук, профессор кафедры
«Лазерные технологии в машиностроении»,
МГТУ им. Баумана



3.12.2018.

Подпись Шиганова И.Н. удостоверяю.



А. Г. МАТВЕЕВ

Зам. Нач. УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ

ТЕЛ. 8499-263-67-69

Адрес организации: Москва, 2я Бауманская ул., д.5

Наименование организации: Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана

Электронный адрес: inshig@bmstu.ru

Телефон: 499 261-17-53