

Ученому секретарю диссертационного
совета Д 212.092.01ФГБОУ ВО
«Комсомольский-на-Амуре
государственный университет» 681013,
г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Ерёминой Ксении Петровны «Разработка и исследование жаростойких
покрытий, сформированных методом электроискрового легирования
из интерметаллидов», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение
(в машиностроении)

1. Структура и основное содержание диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 244 источника, и приложения. Работа изложена на 153 страницы, включая 34 рисунка и 24 таблицы. Основное содержание диссертации изложено в 29 публикациях, из них 5 статей опубликовано в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ, 2 статьи в рецензируемых изданиях, входящих в библиографическую и реферативную базу данных Scopus.

2. Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа посвящена разработке и исследованию жаростойких электроискровых покрытий на основе интерметаллидов. На сегодняшний день основной задачей современного материаловедения является поиск и совершенствование известных технологий обработки материалов, которые позволяют обеспечить повышение физико-механических и эксплуатационных свойств деталей машин и механизмов в агрессивных средах. При этом часто нет необходимости создавать деталь целиком из функционального материала, достаточно получить на ней покрытие. Из большого числа методов, формирующих покрытия, повышенное внимание уделяется методам, основанным на использовании концентрированных потоков энергии. К их числу относится метод электроискрового легирования (ЭИЛ), преимуществом которого является высокая адгезия между покрытием и основой, что определяет успешное использование ЭИЛ для создания жаростойких покрытий. В практике широко известен опыт использования ЭИЛ для покрытий с улучшенными физико-механическими и технологическими свойствами – твердость, износостойкость, жаростойкость и др. Однако недостаточная изученность механизма электроискрового процесса и формирующихся структур покрытия ограничивает распространенность технологии в условиях промышленного производства. Электроискровые покрытия являются хрупкими, и поэтому актуальным является вопрос изучения

их способности к пластическому деформированию. Совершенствование методов исследования и современное исследовательское оборудование в диссертационной работе позволяет получать новые данные о структурном строении электроискровых покрытий.

Материалами для нанесения покрытий методом ЭИЛ используются металлы и сплавы, карбиды, бориды, интерметаллиды. Интерметаллидные сплавы на основе системы Ni-Al представляют большой научный и практический интерес благодаря своим уникальным свойствам – коррозионной стойкости, жаростойкости и жаропрочности. Эти сплавы используют и при изготовлении лопаток для высокотемпературного тракта газотурбинных установок. В настоящее время, несмотря на известность многих интерметаллидных сплавов с количеством легирующих элементов до 20, в исследованиях наблюдается тенденция к снижению количества легирующих элементов в сплаве. Возрастает научный интерес к сплавам на основе системы Ni-Al с основными фазами NiAl и Ni₃Al, которые во всем мире используются, как жаростойкие и жаропрочные, что предопределяет их использование в качестве материалов для получения жаростойких покрытий.

Актуальность работы подтверждается выполнением ее в соответствии с планами научно-исследовательских работ ФГБУН Института материаловедения ХНЦ ДВО РАН (2013–2020 гг.) по теме ФНИ «Новые материалы и покрытия, в том числе наноструктурные, на основе металлических, тугоплавких, оксидных систем с повышенными эксплуатационными свойствами». Номер государственной регистрации АААА-А19-119011590011-7.

3. Научная новизна диссертационной работы и значимость результатов проведенных исследований

- Выявлено, что структурой электроискровых покрытий, сформированных сплавами из интерметаллидов никеля (NiAl, Ni₃Al) на сталях (20X13 и 30), являются столбчатые кристаллиты на основе соединения Ni_x-Al_y-Fe_z, где отмечено плавное увеличение содержание элементов анода (Ni, Al) в направлении от катода к поверхности покрытия и снижение содержания элементов катода (Fe и дополнительно Cr при использовании стали 20X13).

- Установлено, что создание покрытий методом ЭИЛ на сталях (30 и 20X13) анодными материалами на основе алуминидов никеля (NiAl, Ni₃Al) способствует повышению жаростойкости при термоциклированиях (12 циклов с нагревом до 900°C) до 1,5 и 3-х раз соответственно. При формировании электроискровых покрытий на сталях (30 и 20X13) сплавами на основе NiAl и подслоем из Cu жаростойкость увеличивается более 2-х и 3,5 раз соответственно.

- Определены закономерности распределения компонентов катодов (Fe и Cr, содержащихся в сталях 20X13 и 30), анодов (Ni, Al, входящих в фазы NiAl, Ni₃Al) и подслоя (Cu, Ni) в покрытиях после термоциклических испытаний.

4. Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы

Достоверность основных научных положений и выводов диссертационной работы подтверждается корректным использованием теоретических и экспериментальных методов обоснования полученных результатов, применением современных сертифицированных приборов и оборудования, использованием известных методик материаловедения.

Результаты работы опубликованы в рецензируемых источниках и прошли апробацию на международных конференциях во многих городах Российской Федерации.

5. Практическая ценность диссертационной работы и рекомендации по использованию и внедрению ее результатов

Ценность результатов диссертационной работы определяется их вкладом в развитие теории и практики электрофизических методов обработки материалов. Специально для формирования покрытий на сталях методом ЭИЛ, разработана технология получения интерметаллидных сплавов, имеющих однородное, мелкозернистое строение и минимальное количество пор, определены режимы и условия нанесения жаростойких покрытий из интерметаллидных сплавов. Показана перспектива уменьшения шероховатости электроискровых покрытий, методом ультразвукового пластического деформирования.

Научные и практические результаты диссертационного исследования можно рекомендовать к использованию промышленными предприятиями и проектными организациями, специализирующимися в выпуске соответствующей продукции. Технология и полученные анодные материалы апробированы в ПАО «Дальэнергомаш» в виде покрытий на турбинных лопатках установки ГТТ-3М. Технологические испытания газовой турбины в рабочем режиме показали отсутствие признаков окисления и отслаивания участков с покрытиями на поверхности лопаток.

Кроме этого, результаты научного исследования представляют интерес для образовательных организаций, реализующих программы подготовки бакалавров и магистров по направлению 29.03.04 «Технология художественной обработки материалов», что подтверждено использованием результатов исследования в учебном процессе ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет» по направлению 29.03.04.

6. Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности и установленным критериям Положения о присуждении ученых степеней

По названию, объекту исследования, методам проведения исследований и содержанию материалов диссертационная работа соответствует следующим пунктам области исследования паспорта специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении):

П.4. Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными

функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой.

П.10. Разработка покрытий различного назначения (упрочняющих, износостойких и других) и методов управления их качеством

Текст диссертационной работы оформлен стилистически грамотно и в соответствии с требованиями, терминология используется по существу и назначению. Содержание автореферата в полной мере отражает структуру, научные результаты и выводы диссертации.

По объему и структуре диссертационная работа Ерёмина К.П. соответствует установленным требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по заявленной специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении), технические науки.

7. Замечания по диссертационной работе

1. Из приведенных в работе результатов экспериментов по подогреву катода в процессе ЭИЛ (раздел 3.3) не понятно, почему при использовании интерметаллидного анода №4 (Ni_3Al) наряду с увеличением толщины покрытий в них формируется большое количество трещин и пор?

2. В диссертации (раздел 4.5) изложены положительные результаты экспериментов по термоудару (охлаждение в холодной воде образцов с интерметаллидными покрытиями, нагретых до 900°C). Почему в автореферате нет этих результатов, ведь это подтверждает правильность определения структурного строения и расширяет область применения полученных покрытий?

3. Почему автором не проведены термические испытания образцов с интерметаллидными покрытиями после выглаживания поверхности с целью понимания необходимости практического применения финишной обработки электроискровых покрытий для повышения эксплуатационных свойств изделий в агрессивных средах?

4. Чем автор руководствовался при назначении максимальной температуры нагрева - 900°C при термоциклических испытаниях образцов сталей с интерметаллидными покрытиями.

5. В качестве пожелания в дальнейшей работе автору необходимо разработать принципы формирования диффузионных барьеров для электроискровых покрытий, что имеет большую перспективу для развития метода ЭИЛ.

Указанные замечания не снижают качества диссертационной работы. Подводя итоги, можно с уверенностью сделать вывод, что решенные задачи соответствуют поставленным целям.

8. Заключение

Диссертационная работа Ерёминой К.П. является самостоятельной, завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научно-практическая задача, связанная с повышением жаростойкости сталей 20Х13 и 30 посредством получения жаростойких покрытий, сформированных методом электроискрового легирования из интерметаллидных сплавов. Работа написана технически грамотным языком, стиль изложения – научный. Иллюстративный материал даёт наглядное представление об использованных методах и установленных закономерностях.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа «Разработка и исследование жаростойких покрытий, сформированных методом электроискрового легирования из интерметаллидов» удовлетворяет требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 в отношении кандидатских диссертаций, а ее автор – Ерёмкина Ксения Петровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении).

Официальный оппонент,
Декан инженерно-физического
факультета ФГБОУ ВО «Амурский
государственный университет», кандидат
технических наук по специальности
05.02.01 (05.16.09 после изменения
номенклатуры) – Материаловедение (в
машиностроении), доцент

✓ /
Козырь Аркадий Валентинович

18.09.2020г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Амурский государственный
университет» Адрес: 675027, Амурская область,
г. Благовещенск, шоссе Игнатьевское, 21
Тел.: +7 (4162) 234-650, E-mail: a-v-kozyr@yandex.ru

Подпись заверяю

