

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе

~~ФГБОУ ВО «Дальневосточный~~

~~государственный университет путей~~

~~сообщения»~~

~~к.т.н., доцент~~

Едигарян А.Р.

« 18 » 09 2020 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения» на диссертационную работу Ерёминой Ксении Петровны по теме: «Разработка и исследование жаростойких покрытий, сформированных методом электроискрового легирования из интерметаллидов», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении)

Актуальность темы диссертации

Развитие современного машиностроения в различных отраслях современного промышленного производства существенно зависит от создания новых материалов и покрытий, предназначенных для работы в различных условиях окружающей среды. Нанесение функциональных покрытий является экономически выгодным и технологически перспективным в решении проблем экономичного использования материалов и увеличения эксплуатационных характеристик различных деталей машин и механизмов, подвергающихся интенсивному износу.

В настоящее время известны и используются многообразные методы, позволяющие обеспечить формирование покрытий, предназначенных для работы в агрессивных средах. Использование конкретного метода по

формированию покрытия зависит от необходимости обеспечения заданных свойств. Наряду с традиционными методами получения покрытий в последнее время все большее применение получают методы, основанные на использовании концентрированных потоков энергии (электронное, лазерное, ионно-плазменное и др.). К таким методам относится электроискровое легирование (ЭИЛ), в основе которого лежит импульсный электроэрозионный процесс, протекающий между двумя электродами: анодом — материалом для нанесения покрытий и катодом — деталью.

Метод ЭИЛ обладает рядом преимуществ, из которых наиболее существенными являются простота технологического процесса, высокая адгезия покрытия к катоду и незначительный нагрев катода, способствующий предотвращению термических деформаций, что выгодно отличает метод ЭИЛ от традиционных методов наплавки, сварки и ряда других. Обеспечение требуемых свойств покрытий зависит от состава, структуры и свойств анодных и катодных материалов, от технологических условий формирования покрытий и в ряде случаев от окружающей среды.

В качестве анодных материалов при ЭИЛ используют твердые сплавы, бориды, карбиды и интерметаллиды. Большая часть интерметаллидных сплавов обладает высокой твердостью и коррозионной стойкостью в агрессивных средах. Однако они имеют пониженную пластичность, что повышает их хрупкость и ограничивает область применения в условиях промышленного производства. Из интерметаллидных сплавов в последнее время все большее распространение получают алюминиды никеля, обладающие антифрикционными свойствами, высокой жаропрочностью и жаростойкостью. Например, использование этих интерметаллидов при изготовлении турбинных лопаток повышает механические характеристики жаропрочных сплавов и позволяет увеличить температуру в газотурбинных установках, что увеличивает их удельную мощность. Газотурбинные двигатели (ГТД) состоят из нескольких ступеней, и увеличение температуры на одной ступени ГТД влечет за собой поднятие температуры на других ее

ступенях, что требует использования более жаростойких материалов или формирования более жаростойких покрытий при изготовлении деталей ГТД. Для повышения эксплуатационных свойств турбинных лопаток перспективно формирование функциональных покрытий из материалов на основе системы Ni-Al.

В литературных источниках приведены работы по получению покрытий из никелевых сплавов различными методами. Однако работ, связанных с применением ЭИЛ, как метода нанесения жаростойких покрытий анодами из Ni-Al с изучением закономерностей формирования покрытий, недостаточно.

Актуальность данной работы обусловлена высокой научной и практической значимостью проблемы получения жаростойких покрытий из сплавов на основе алюминидов никеля на сталях. В работе установлены закономерности структурообразования электроискровых покрытий, определены причины снижения жаростойкости и опробованы способы повышения жаростойкости посредством формирования подслоев из Cu и Ni. Выполнение работ осуществлялось по планам научно-исследовательских работ ФГБУН Института материаловедения ХИЦ РАН (2013-2020 г.) в соответствии с темой ФНИ «Новые материалы и покрытия, в том числе наноструктурные, на основе металлических, тугоплавких, оксидных систем с повышенными эксплуатационными свойствами».

Научная новизна рассматриваемой работы заключается:

1. Установлено, что структуры электроискровых покрытий состоят из столбчатых кристаллитов $Ni_x-Al_y-Fe_z$ с изменением содержания компонентов по высоте покрытия. Концентрация компонентов анода (Ni, Al) увеличивается от поверхности катода, а содержание компонентов катода при этом — уменьшается.

2. Показана перспектива использования анодных материалов на основе алюминидов никеля (NiAl, Ni₃Al) для повышения жаростойкости на сталях

(30 и 20Х13) до 1,5 и 3 раз. При формировании Cu подслоя жаростойкость увеличивается более чем в 2 и 3,5 раза соответственно.

3. Выявлены особенности структурообразования и распределения компонентов в покрытиях (Ni, Fe, Al, Cr, Cu) в зависимости от состава анодов (NiAl, Ni₃Al), подслоя и катодов после термоциклирования.

Практическая значимость состоит в следующем:

- предложена технология получения сплавов с минимальным количеством дефектов и оптимальной структурой для использования их в качестве анодных материалов при создании жаростойких покрытий на сталях 20Х13 и 30 методом электроискровой обработки;

- установлена возможность снижения шероховатости электроискровых покрытий, сформированных в частности алюминиды никеля (NiAl, Ni₃Al) на указанных выше сталях, благодаря выявленной способности столбчатых кристаллитов покрытий пластически деформироваться под воздействием метода ультразвукового пластического деформирования;

- опробовано получение защитных покрытий, полученных методом ЭИЛ с использованием выплавленных анодных материалов, на турбинных лопатках установки ГТТ-3М ЦАО «Энергомаш». Технологические испытания показали положительный опыт использования данных покрытий и возможность рекомендовать их для использования в условиях промышленного производства.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности

Диссертация соответствует заявленной специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении) (технические науки) по пунктам паспорта специальности:

1. Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических

и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий.

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.

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

Соответствие автореферата диссертации ее содержанию

Рукопись автореферата достаточно полно отражает краткое содержание диссертационной работы. Оформление автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р.7.0.11-2011 и «Положения о присуждении ученых степеней».

Основные замечания по диссертации и автореферату

1. В главе 3 таблица 3.1 приведены анодные материалы, использованные для получения покрытий, в том числе и тройные сплавы (Ni-Al-Ti) составов №8 и №9. На каком основании автор использовал сплавы именно с этими концентрациями компонентов. Исследованы ли другие соотношения компонентов в сплаве?

2. В работе исследовалась шероховатость поверхности электроискрового покрытия после выглаживания. Почему автором приведены только три параметра шероховатости (таблица 3.9), хотя использованный в работе профилограф позволяет получить значительно больше (до 50) значений параметров. Как можно исследовать шероховатость поверхности с параметром R_{max} равным 17 мкм на атомно-силовом микроскопе, если известно, что диапазон измерений линейных размеров для данного типа приборов по оси Z равен 10 мкм?

3. В работе исследовано перспективное направление повышения жаростойкости за счет создания покрытий на основе аллюминидов никеля с подслоями из Cu и Ni. Однако относительно Ni указано, что выбор Ni в качестве подслоя обусловлен его высокими диффузионными свойствами (страница 113, автореферат-страница 18), а на странице 122 сделан вывод о том, что покрытия с никелевым и медным подслоем не обеспечивают диффузионный барьер. Автором не приведены конкретные рекомендации по использованию подслоя с Ni.

4. Автором рекомендовано применение анодных материалов системы Ni-Al для формирования жаростойких покрытий. Почему автор не рассматривает создание износостойких покрытий из этих материалов? Хотя на страницах 14, 21, 76 диссертации указано, что данные материалы обладают целым рядом уникальных свойств и для них возможно расширение области применения, в том числе их используют для создания износостойких покрытий, а на странице 27 указано, что методом ЭИЛ возможно формирование антифрикционных и износостойких покрытий.

5. В работе приведены результаты термоциклических испытаний образцов покрытий, полученных аллюминидами никеля, включая покрытия, сформированные с подслоем из Cu и Ni. Планирует ли автор провести испытания на жаростойкость покрытий, выглаженных методом БУФО?

Указанные замечания не затрагивают основных научных результатов, полученных в рассматриваемой работе, и не снижают ее общую положительную оценку.

Основные положения диссертации достаточно полно изложены в 29 публикациях, из которых в изданиях рекомендованных ВАК – 5, публикаций представленных в наукометрической базе Scopus – 2, в других изданиях, в том числе включенных в РИНЦ – 22.

Заключение

Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований представлены научные и технические решения по формированию жаростойких покрытий на сталях за счет использования в качестве материалов для покрытий сплавов системы Ni-Al, включая и покрытия с подслоем из Ni и Cu, которые успешно прошли апробацию и могут быть рекомендованы к широкому внедрению в промышленное производство.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013г. №842. Автор диссертации Ерёмина Ксения Петровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении).

Диссертация, автореферат и отзыв на нее рассмотрен на заседании кафедры 16.09.2020. Присутствовали на заседании кафедры 21 человек. Результаты голосования: «за» - 21 человек, «против» - нет. Протокол №6 от 16 сентября 2020 года.

Заведующий кафедрой «Транспортно-технологические комплексы»
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный
университет путей сообщения», кандидат технических наук, доцент

Гамоля Юрий Александрович

✓

Секретарь кафедры «Транспортно-технологические комплексы»

Примакова Евгения Николаевна

Адрес: 680021, г. Хабаровск, ул. Серьшева, дом 47
E-mail: prkp@festu.khv.ru

Подписи заверяю

Г
(
т
с

.
)
с