

Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 2

Номер Соглашения Электронного бюджета: 075-15-2019-1368, Внутренний номер соглашения 14.577.21.0288

Тема: «Разработка технологии электрохимического нанесения керамикоподобных упрочняющих покрытий на сложнопрофильные поверхности изделий из вентильных металлов»

Приоритетное направление: Транспортные и космические системы (ТС)

Критическая технология: Базовые и критические военные и промышленные технологии для создания перспективных видов вооружения, военной и специальной техники

Период выполнения: 31.05.2018 - 31.12.2020

Плановое финансирование проекта: 200.00 млн. руб.

Бюджетные средства 150.00 млн. руб.,

Внебюджетные средства 50.00 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный технологический университет "СТАНКИН"

Индустриальный партнер: Федеральное государственное унитарное предприятие "Научно-производственное объединение "Техномаш"

Индустриальный партнер: Акционерное общество "Рязанское Конструкторское бюро "Глобус"

Ключевые слова: электрохимическая обработка, упрочнение материала, керамикоподобные покрытия, вентильные металлы

1. Цель проекта

Целью второго этапа является экспериментальная разработка программных средств, разработка эскизной конструкторской документации и изготовление макета установки электрохимического нанесения керамикоподобных упрочняющих покрытий на сложнопрофильные поверхности изделий из вентильных металлов.

Задачами второго этапа являются:

1. Выбрать информационные технологии, обеспечивающие функционирование аппаратных средств макета установки и первичную обработку информации мониторинга технологического процесса;
2. Разработать технические задания на управляющие программы вычислительных платформ системы мониторинга и импульсного источника питания;
3. Разработать управляющие программы вычислительных платформ системы мониторинга и импульсного источника питания в соответствии с техническими заданиями;
4. Разработать ЭКД на макет установки электрохимического нанесения керамикоподобных покрытий на сложнопрофильные изделия из вентильных металлов;
5. Изготовить в соответствии с ЭКД соответствующие узлы и блоки, а за тем макет установки и систему мониторинга;
6. Провести соответствующие лабораторные тестирования и испытания.
7. Разработать требования по обустройству технологического участка для размещения макета установки электрохимического нанесения керамикоподобных покрытий на сложнопрофильные изделия из вентильных металлов

2. Основные результаты проекта

По итогам выполнения 2 этапа проекта получены следующие научно –технические результаты:

1. Результаты выбора информационных технологий, обеспечивающих функционирование аппаратных средств макета установки и первичную обработку информации мониторинга технологического процесса;
2. ТЗ на управляющую программу для вычислительной платформы импульсного источника питания;
3. Текст и описание управляющей программы для вычислительной платформы импульсного источника питания;
4. Программа и методика лабораторных испытаний управляющей программы импульсного источника питания;

5. ТЗ на управляющую программу вычислительной платформы системы мониторинга установки;
6. Текст и описание управляющей программы для вычислительной платформы системы мониторинга установки;
7. Программа и методика лабораторных испытаний управляющей программы для вычислительной платформы системы мониторинга установки;
8. Протоколы корректировки программных продуктов по результатам испытаний;
9. ЭКД на макет установки электрохимического нанесения керамикоподобных покрытий на сложнопрофильные изделия из вентильных металлов;
10. Программа и методики тестирования и лабораторных испытаний узлов и блоков для импульсного источника питания и системы мониторинга;
11. Программа и методики тестирования и лабораторных испытаний импульсного источника питания;
12. Программа и методики тестирования и лабораторных испытаний системы мониторинга макета установки;
13. Маркетинговые исследования с целью определения перспектив коммерциализации работы;
14. Требования по обустройству технологического участка
15. Изготовлены в соответствии с разработанной ЭКД следующие части макета установки:
 - 15.1 Импульсный источник питания
 - 15.2 Система мониторинга.
16. Разработаны в соответствии с техническими заданиями следующие программные продукты:
 - 16.1 Управляющая программа вычислительной платформы импульсного источника питания;
 - 16.2 Управляющая программа вычислительной платформы системы мониторинга.

Основные характеристики полученных результатов:

- 1) Получены Результаты выбора информационных технологий, обеспечивающих функционирование аппаратных средств макета установки и первичную обработку информации мониторинга технологического процесса;
 - 1.1. Уточнен выбор микроконтроллеров для модулей контроллеров мониторинга (ST32F415RGT6) и управления (STM32F303CCT6).
 - 1.2. Для оцифровки аналоговых сигналов тока и напряжения в импульсном источнике питания выбрана технология АЦП с регистром последовательного приближения с разрядностью 12 бит и временем преобразования 0,5 мкс. Для оцифровки сигналов датчиков температуры, расхода газа и давления выбрана технология дельта-сигма преобразования разрядностью 16 бит и временем преобразования 300 мс.
 - 1.3. Фильтрация импульсных помех для измеряемых электрических сигналов осуществляется усреднением входных данных по 8 отсчетам. Далее средние, амплитудные и действующие значения измеряемых данных определяются по 512 выборкам в соответствии с выбранными численными алгоритмами расчета. Полученные расчетные значения затем фильтруются по 128 выборкам. Предложенная информационная технология первичной обработки данных измерений успешно прошла тестирование на программном эмуляторе.
 - 1.4. Для оцифровки сигналов электрического тока и напряжения в системе мониторинга технологического процесса используется технология АЦП разрядностью 16 бит с регистром последовательного приближения и интервалом преобразования в 0,5 мкс. Обеспечивающий это преобразование модуль поддерживает технологию создания виртуальных приборов LabView, что позволяет ее выбрать в качестве базовой для инструментального программного обеспечения системы мониторинга.
 - 1.5. Для управления СПК импульсного источника питания выбрана импульсно фазовая технология с детектированием моментов коммутации, позволяющая существенно повысить помехоустойчивость управления СПК. Последующее тестирование этой технологии на аппаратно-программном эмуляторе контроллера управления подтвердило ее работоспособность.
 - 1.6. Общие задачи управления ИИП и интерфейса оператора решаются с помощью информационных технологий, реализованных в ПЛК и панели оператора вычислительной платформы ИИП.
 - 1.7. Для решения задач создания и управления базой данных рецептов выбрана технология объектно-ориентированного программирования, реализуемая с помощью программы разработки интерфейса панели оператора DorSoft. Выполнено тестирование выбранной технологии путем создания и функциональной проверки работоспособности интерфейса управления для этой базы данных.
 - 1.8. Согласно с моделью OSI выбраны коммуникационные протоколы для программно-аппаратных средств вычислительных платформ ИИП и системы мониторинга технологического процесса. Для модулей контроллеров мониторинга и управления разработано программное обеспечение, тестирующее эти протоколы и проведено их успешное тестирование.

2) Изготовлен Импульсный источник питания макета установки со следующими ключевыми характеристиками:

- 2.1. Полярность выходных импульсов напряжения – положительная, отрицательная или чередующаяся знакопеременная.
- 2.2. Форма выходных импульсов – трапецеидальная, треугольная или их наложение.
- 2.3. Наибольшее действующие значение выходного тока – 120 А.
- 2.4. Диапазон изменения модуля амплитуды выходного напряжения – 0...700 В.
- 2.5. Диапазон изменения длительности выходных импульсов – 0,1...10 мс.
- 2.6. Диапазон изменения периода следования выходных импульсов – 2,5...1000 мс.
- 2.7. Наличие автоматической коррекции режима обработки по температуре электролита - да.
- 2.8. Счетчик ампер-часов, отображающий время до выработки электролита и сигнализирующий о необходимости его смены - да
- 2.9. Автоматическое прерывание проведения технологического процесса при сбоях в работе систем перемешивания и охлаждения электролита, а также вытяжной вентиляции - да
- 2.10. Защита от перенапряжений - да.

3) Изготовлена система мониторинга макета установки со следующими ключевыми характеристиками:

- 3.1. Частота дискретизации электрических параметров напряжения и тока на выходе импульсного источника питания - 20 мкс
- 3.2. Интервал обновления данных мониторинга температуры электролита в ванне - 3 с.
- 3.3 Система должна рассчитывать по полученным данным средние, действующие и амплитудные значения выходного тока и напряжения импульсного источника питания, и сохранять полученные результаты - да.
- 3.4 совместное функционирование с импульсным источником питания и обмен с ним данными по информационному каналу связи - да.

3.5 доступ к технологической базе данных и поддержка функционирования не менее трех автоматизированных рабочих мест - да.

4) Разработана управляющая программа вычислительной платформы импульсного источника питания со следующими основными функциями:

4.1 Общие задачи управления ИИП осуществляет программный компонент ПЛК.

4.2 Интерфейс управления обеспечивает программный компонент панели оператора.

4.3 Измерение, обработку и передачу данных о токе и напряжении на выходе ИИП программный компонент контроллера мониторинга электрических параметров.

4.4 Программный компонент контроллера блока управления тиристорами обеспечивает обработку команд, поступающих от ПЛК, и формирование в соответствии с ними сигналов управления тиристорами ИИП

5) Разработана управляющая программа вычислительной платформы системы мониторинга со следующими основными функциями

5.1 Отображение и контроль критически важных параметров технологического процесса МДО

5.2 Детектировать критические ситуации по ходу процесса;

5.3 Сохранять результаты мониторинга в технологической базе данных

6) Проведены маркетинговые исследования с целью определения перспектив коммерциализации результатов работы:

6.1 Методы ПЭО, в частности – МДО следует считать наиболее приемлемым для формирования многофункциональных покрытий вентильных материалов.

6.2 Основными материалами на рынке МДО-обработки являются Al, Ti, Mg и их сплавы, при этом в последнее время резко выросла доля Mg.

6.3 Несмотря на существующие сдерживающие факторы и ограничения, МДО обладает высоким инновационным потенциалом и имеет большие возможности для коммерциализации.

6.4 Наиболее перспективными для применения МДО являются авиационная, космическая, оборонная, автомобильная, машиностроительная, медицинская, биотехнологическая, инструментальная отрасли.

6.5 Во всём мире отсутствует системный подход и координация активности в области МДО.

6.6 Суммарная годовая производительность оборудования по созданию МДО покрытий у компаний, внедривших данную технологию в свой производственный процесс в России, находится на уровне 2 млрд. руб.

6.7 Объём Российского рынка услуг по нанесению МДО-покрытий находится на уровне 42 млн. руб в год.

6.8 С учетом тенденций в 2021 г. ожидается, что объём рынка МДО установок в России превысит 40 млн. руб, в соответствии с ростом рынка МДО покрытий.

7) Разработаны требования по обустройству технологического участка для размещения макета установки

7.1 Сжатый воздух класс 3 ГОСТ 17433-80 (сушка и очистка деталей, барботаж), 6-8 бар, 1200 л/мин;

7.2 Питающая электрическая сеть 3-фазы и плухо-заземленная нейтраль, 380В, 50Гц, 170кВА; при необходимости выравнивающий перекос фаз трансформатор.

7.3 Заземление на участке, не более 4 Ом;

7.4 Вода техническая с подсоединением не менее 1 дюйм (в случае проточного охлаждения) и расходом, не менее – 100 л/мин.

7.5 Вода техническая с подсоединением не менее ½ дюйма (для промывки деталей и подготовки электролита) и расходом, не менее 20 л/мин.

7.6 Вытяжная вентиляция над зоной обработки, не менее 0,8 м³/мин;

7.7 Вытяжная вентиляция в зоне приготовления электролита, не менее 0,3 м³/мин;

7.8 Приточная вентиляция не менее 1,5 м³/мин;

7.9 Основание места размещения электролитной ванны должно выдерживать постоянную расчетную сосредоточенную нагрузку от электролитной ванны в зоне максимального изгибающего момента (в случае перекрытий), не менее – 2,2 т/м²; нормативная распределенная нагрузка на перекрытие 1,6 т/м² или 0,8т сосредоточенной нагрузки от пяти опор.

7.10 Высота помещения в чистоте, не менее - 3м;

Все характеристики разработанных и изготовленных компонентов подтверждены соответствующими лабораторными тестированиями и испытаниями и полностью соответствуют требованиям Приложения №1 к соглашению о предоставлении Гранта №075-15-2019-1368.

Выполнение работ по этапу №2 обеспечивает научно-техническую и конструкторскую основу создания импульсного источника питания и системы мониторинга макета разрабатываемой установки, а также позволяет подтвердить заданные техническим заданием параметры изготовленных частей макета установки (импульсный источник питания и система мониторинга). Импульсный источник питания и система мониторинга макета установки, изготовленные и успешно выдержавшие лабораторные испытания на втором этапе выполнения работ, а также разработанная ЭКД на макет установки позволяют перейти к реализации задач 3-го этапа работ.

Материалы отчёта ПНИЭР полностью соответствуют целям и задачам, требованиям Технического задания проекта в целом, и второго этапа – в частности.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

В рамках выполнения работ по проекту на 2 этапе (2019 г.) по результатам проведенных исследований и разработок

подготовлены и поданы 2 заявки на регистрацию результатов интеллектуальной деятельности:

- 1) Электролит для анодного плазменно-электролитного модифицирования. Патент на изобретение. Дата поступления заявки в ФИПС: 18.09.2019г. Входящий №: 057803. Регистрационный №: 2019129341.
- 2) Устройство для получения изделий из композиционных порошков. Патент на полезную модель. Дата поступления заявки в ФИПС: 22.01.2019г. Входящий №: 002869. Регистрационный №: 2019101656.

4. Назначение и область применения результатов проекта

Возможные области применения результатов проекта

- 1) В рамках реализации данного проекта индустриальный партнер АО "РКБ "Глобус" планирует внедрение разрабатываемой технологии в свою производственную линию (линия изготовления теплонагруженных печатных плат). Это ключевое направление внедрения результатов данной работы.
- 2) На 3-м этапе работ планируется уточнение и расширение возможности применения данной технологии в рамках производственных мощностей индустриального партнера АО "РКБ "Глобус".
- 3) В перспективе рассматривается применение МДО в различных изделиях электроники таких, как IGBT модули, мощное светодиодное освещение (HВ LED) и др.
- 4) Использование технологии МДО возможно в таких отраслях промышленности как:
 - 4.1 Машиностроение
 - 4.2 Инструментальная промышленность
 - 4.3 Аэрокосмическая промышленность
 - 4.4 Судостроение
 - 4.5 Нефтегазовая промышленность (запорная арматура и др.)
 - 4.6 Компьютерная и мобильна техника.
 - 4.7 Медицина (эндопротезы)

Разрабатываемый в рамках данного проекта макет установки МДО относится к поколению 5+. Фактически на сегодня такого уровня установок не предлагает ни одна компания, производящая подобное оборудование. Данный факт является сильным драйвером для вывода промышленной версии данной установки на международный рынок. Помимо этого установки поколения 5+ позволяют в значительной мере продвинуть научные исследования и разработки в сфере МДО на новый уровень.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Ключевым социально-экономическим эффектом от внедрения разрабатываемого в рамках данного проекта макета установки является частичный уход от экологически опасной технологии анодирования и переход к экологически безопасной технологии микродугового оксидирования.

Основные преимущества МДО:

- малая концентрация, экологичность и неагрессивность электролитов (и процесс, и продукт экологически безопасны);
- отсутствие необходимости в специальной подготовке поверхности обрабатываемых изделий;
- возможность получения покрытий большой толщины без глубокого охлаждения электролита (и применения сложного холодильного оборудования);
- высокая твердость и износостойкость покрытий при абразивном износе и эрозии;
- устойчивый, легко воспроизводимый процесс;
- стабильность характеристик покрытий;
- простое, компактное и легко управляемое оборудование;
- возможность автоматизации технологического процесса.

Привлекательность целевых рынков связана следующими основными особенностями:

- в связи с ростом потребления Al и Mg в автомобиле- и машиностроении требуются решения, позволяющие защищать металлы от коррозии. ужесточение требований и экологических стандартов по всему миру требуют поиска альтернатив шестивалентному хрому и гальванике;
- наибольшие перспективы получить широкое промышленное применение технологии МДО в краткосрочной перспективе имеют индустрии автомобиле- и машиностроения;
- рынки строительства и медицины имеют относительно высокие барьеры для входа из-за требований к проведению долгосрочных испытаний, государственного регулирования и общей инертности индустрий.

Повышение производительности МДО ограничено высокой энергоёмкостью процесса, так как при получении толстых покрытий задают или большую плотность переменного тока, или увеличивают временную длительность проведения процесса МДО. Снизить энергозатраты при получении микродуговых покрытий возможно, к примеру, за счет использования новейших источников питания, технологических приемов, которые позволили бы минимизировать негативные последствия напряженных и супернапряженных режимов, или разработки энергосберегающих комбинированных режимов проведения МДО, что делает метод экономически эффективным.

Важно отметить, что внедрение разрабатываемого макета установки и непосредственно технологии позволит разработать новое направление развития кадрового потенциала России.

Подготовка кадров для промышленной эксплуатации является важнейшим аспектом при имплементации любой разработки. Но особенную актуальность этот вопрос приобретает применительно к высокотехнологичным, наукоёмким процессам, к которым относятся технологии электрохимического формирования керамикоподобных покрытий. На текущий момент подготовка по направлению «Электрохимическое формирование керамикоподобных покрытий» реализуется через институты и факультеты повышения квалификации. Соответствующая рабочая программа планируется к внедрению в МГТУ "СТАНКИН". Программа

призвана обеспечивать наращивание профессиональных компетенций специалистов в области технологий создания изделий из новых материалов и технологий изготовления изделий с заведомо предполагаемым комплексом механических характеристик и необходимой структурой в материале.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

1. Методы ПЭО, в частности – МДО следует считать наиболее приемлемым для формирования многофункциональных покрытий вентильных материалов.
2. Основными материалами на рынке МДО-обработки являются Al, Ti, Mg и их сплавы, при этом в последнее время резко выросла доля Mg.
3. Несмотря на существующие сдерживающие факторы и ограничения, МДО обладает высоким инновационным потенциалом и имеет большие возможности для коммерциализации.
4. Наиболее перспективными для применения МДО являются авиационная, космическая, оборонная, автомобильная, машиностроительная, медицинская, биотехнологическая, инструментальная отрасли.
5. Во всём мире отсутствует системный подход и координация активности в области МДО.
6. Суммарная годовая производительность оборудования по созданию МДО покрытий у компаний, внедривших данную технологию в свой производственный процесс в России, находится на уровне 2 млрд. руб.
7. Объём Российского рынка услуг по нанесению МДО-покрытий находится на уровне 42 млн. руб в год.
8. С учетом тенденций в 2021 г. ожидается, что объём рынка МДО установок в России превысит 40 млн. руб, в соответствии с ростом рынка МДО покрытий.

Создаваемый в рамках проекта макет установки будет внедрен в производственную линию АО "РКБ "Глобус". (Линия производства теплонагруженных плат модулей питания для гражданской продукции). Ожидаемый оборот произведенной продукции в 2021 году должен составить не менее 300 млн. руб. Расширение применения макета установки в рамках предприятия АО "РКБ "Глобус" рассматривается в направлении обработки корпусных деталей, износостойких и др. Ожидаемый ежегодный прирост оборота продукции, произведенной с помощью макета установки должен составить не менее 7%.

7. Наличие соисполнителей

Соисполнители отсутствуют

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный технологический университет "СТАНКИН"

Проректор по ФХД

(должность)

(подпись)

Абарин С.Н.

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель работ по проекту

Начальник лаборатории

(должность)

(подпись)

Перетягин П.Ю.

(фамилия, имя, отчество)

М.П.