**Проект:** Разработка энергоэффективной технологии послепускового периода работы высокотемпературного электрохимического устройства получения Ir-Re-Ir с целью снижения энергозатрат

**Соглашение с Министерством образования и науки Российской Федерации**

Соглашение № 14.578.21.0238 от 26 сентября 2017 года.

Уникальный идентификатор проекта RFMEFI57817X0238.

Номер в системе Электронный Бюджет 075-15-2019-1215.

**Руководитель проекта**: д.х.н., проф. Зайков Ю.П., зав. каф. ТЭХП ХТИ УрФУ

**Цели и задачи проекта**

Разработка научно-технических основ создания и эксплуатации электрохимических устройств, работающих на принципах высокотемпературной гальванопластики с целью создания новых видов продукции с улучшенными характеристиками, для повышения конкурентоспособности продукции и уменьшения энергетических и материальных затрат при ее производстве.

**Результаты исследовательской работы**

В ходе реализации проекта выбраны и обоснованы направления исследований, связанные c определением свойств расплавов, содержащих соединения Ir или Re и электродных процессов в них. Выбраны составы расплавленных электролитов на основе галогенидов щелочных металлов. Разработаны регламенты подготовки фоновых расплавов и расплавов для электроосаждения слоев. Впервые выполнены исследования диапазонов гомогенности и свойств расплавов, содержащих рений и иридий. Определены токовые характеристики процессов осаждения. Отработаны приемы осаждения рения на воздухе из фторборатных расплавов и получения пленок рения в солянокислых растворах. Синтезированы образцы материалов Ir-Re-Ir, которые исследованы при отжиге 2000 oC. Установлено, что на границах слоев Ir-Re образуются диффузионные слои Ir/Re в продольном и поперечном направлениях. Микротвердость материала для Ir (c 320 до 520 НV) и Re (c 380 до 438 HV) слоев возрастает. Материал Ir-Re-Ir сохраняет размеры при газостатическом воздействии. Разработан лабораторный регламент подготовки иридий и рений содержащих расплавов для нанесения покрытий. Выполнена отработка режимов приготовления расплавов солей. Разработаны программы и методики исследовательских испытаний влияния горячего изостатического прессования на материал Ir-Re-Ir и контроля его фазового и химического состава. Разработано техническое задание на проектирование экспериментальной установки для получения материала Ir-Re-Ir, программа и методики испытаний экспериментальной установки. Созданная установка для получения материала Ir-Re-Ir выдержала испытаний. Характеристики подтверждены.

Разработана эскизная конструкторская документация, технические условия на изготовление экспериментальных образцов камер сгорания КС1Н и КС5Н. Изготовлены образцы материала и камер KC1Н и КС5Н. Отработаны режимы изготовления отдельных частей камер и оснастки к ним. Разработаны программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образцов камер сгорания КС1Н, КС5Н (механические и прочностные свойства, функционирование двигателя с камерами). Выполнены работы по созданию линии производства расплавов солей в составе участка высокотемпературной гальванопластики на АО «Композит». Создано производство и испытательная база для создания и испытания камеры сгорания КС1Н в составе двигателя К1Э. Выполненная подготовка была достаточной для проведения запланированных исследований. Установлено, что применительно к более мощному двигателю К5Э потребуется дооснащение стенда для огневых испытаний.

Проведенные исследовательские работы являются оригинальными. Результаты согласуются с общепринятыми научными представлениями. Экспериментальные данные согласуются между собой и дополняют друг друга. Впервые полученный трехслойный материал Ir-Re-Ir (благодаря разработанному принципу осаждения сплошного слоя на более электроположительную подложку) имеет потенциал к эксплуатации в открытой атмосфере и вакууме до 2200 oC. Разработанный полностью электрохимический подход к созданию материала Ir-Re-Ir нуждается в оценке экономической эффективности, однако очевидно, что он обладает преимуществами перед комплексом физических и химических методов. Применявшиеся решения по получению рения в расплавах солей в атмосфере воздуха проведены впервые в мире. Полученные изделия соответствуют мировому уровню, могут заместить возможные аналоги, разрабатываемые NASA. В отличие от возможных аналогов, за счет отработанного принципа осаждения на более электроотрицательную подложку камеры сгорания из Ir-Re-Ir материала пригодны к длительной эксплуатации в атмосфере воздуха.

**Партнеры проекта**

АО «Композит», г. Королев

ФГУП «ОКБ «Факел», г. Калининград