

## **Резюме НИР, выполняемой в рамках ФЦП**

### **«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007 – 2013 годы»**

Номер контракта: 02.513.11.3036

Тема: Разработка плазменно-пылевой технологии производства катализаторов с наноструктурой поверхностного слоя

Исполнитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН)

Ключевые слова: пылевая плазма, технология производства катализаторов, наноструктура поверхностного слоя, композитные материалы, мелкодисперсные композиты.

#### **Цель исследования, разработки.**

Основная цель настоящей работы состоит в разработке технологических принципов получения катализаторов с использованием уникальных возможностей плазменно-пылевых структур.

#### **Основные результаты проекта.**

В ходе выполнения первого этапа проекта был проведен анализ научно-технической литературы, касающейся области изготовления и применения дисперсных композиционных материалов – то есть материалов, состоящих из микрочастиц, покрытых слоем другого вещества. Выполненный анализ показал, что плазменные способы получения таких материалов весьма перспективны и в мире предпринимаются попытки создания соответствующих технологий для широкого круга приложений, что подтверждает актуальность предложенной работы. Проведены оценки параметров процесса осаждения, необходимые для модернизации имеющейся в распоряжении участников проекта напылительной установки. Проведена модернизация магнетронной распылительной системы, рассчитан состав распыляемой мишени для напыления палладий-алюминиевого и палладий-циркониевого покрытия. Проведены исследования параметров пылевой плазмы, измерены концентрация пылевой компоненты, экспериментально проведена оценка сверху температуры частиц в реакторе в процессе осаждения циркониевого покрытия. На основании полученных зависимостей и теоретического анализа процессов диффузии покрытия в подложку и процессов агломерации частиц выбраны оптимальные параметры ВЧ и магнетронного разрядов. Проведены патентные исследования.

Полученные результаты соответствуют календарному плану и полностью отвечают требованиям технического задания.

В ходе выполнения второго этапа проекта было проведено расчетно-теоретическое моделирование систем Zr-O-Pd; Al-O-Pd; Si-O-Pd, показавшее возможность изготовления дисперсных катализаторов с наноструктурой поверхностного слоя, были получены модельные образцы неравновесных двухкомпонентных покрытий на плоских кремниевых подложках и проведено их детальное материаловедческое исследование, было исследовано влияние отжига покрытий при температуре 500<sup>0</sup>С в кислородосодержащей атмосфере на морфологию, состав и структуру поверхностного слоя, было установлено, что отжиг системы (Pd+Zr)/ZrO<sub>2</sub> приводит к практически полному закрытию активных каталитических центров оксидом циркония, а в системах (Pd+Al)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и (Pd+Si)/SiO<sub>2</sub> наблюдали эффект увеличения концентрации Pd в поверхностном слое в процессе отжига. Это свидетельствует о большей перспективности использования данных систем для решения задач катализа по сравнению с системой (Pd+Zr)/ZrO<sub>2</sub>. Кроме того, в рамках проекта были разработаны и успешно реализованы технологические основы получения катализаторов с наноструктурой поверхностного слоя в плазменно-пылевой ловушке высокочастотного разряда методом магнетронного распыления, осуществлен процесс осаждения двухкомпонентных металлических покрытий толщиной ~10 нм на микрочастицы порошка со средними размерами от 5 до 10 мкм. Полученные образцы были подвергнуты детальному анализу с использованием методов рентгеновской дифракции, сканирующей электронной микроскопии, локального рентгеноспектрального анализа и РФЭС, который показал, что изготовленные по разработанной технологии образцы представляют собой частицы оксидов, содержащие нановключения палладия в поверхностном слое. Для отработки технологии получения дисперсных катализаторов с наноструктурой поверхностного слоя и получения более точной информации об их каталитических характеристиках необходимо проведение дополнительных исследований, выходящих за рамки данного проекта.