Сведения о ходе выполнения проекта

"Разработка технологии получения и высокоточной обработки наноструктурных керамических композиционных материалов с инварным эффектом для нового класса запорных элементов оборудования нефтегазового комплекс",

выполняемого в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» по этапу № 3 Соглашения о предоставлении субсидии № 14.575.21.0040

Руководитель д-р физ.-мат. наук, профессор Кульков С.Н.

1. Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Предлагаемый проект направлен на создание керамических композитов с близким к нулю коэффициентом термического расширения, в которых размерная инвариантность при нагреве обеспечивается градиентом между тепловым расширением матричного материала (ZrO_2-Al_2O_3) и сжатием вольфрамата циркония.

Цель проекта - разработка состава, технологии получения и высокоточной обработки нового класса запорных элементов оборудования нефтегазового комплекса из наноструктурных керамических композитов с размерной инвариантностью.

Основными задачами, решаемыми в проекте, являются: исследование механизмов структурообразования в нанокристаллических высокомодульных керамиках с размерной инвариантностью и формулирование технологических условий формирования структурно-фазового состояния в керамических композиционных материалах, обеспечивающих размерную инвариантность, высокую механическую прочность и устойчивость к изнашиванию.

На данном этапе проводились исследования экспериментальных образцов керамических композитов.

2. Основные результаты проекта

Проведены выбор обоснование направления исследований, сравнительная оценка возможных вариантов решений задач ПНИ. Методом гидротермального синтеза получен порошок вольфрамата циркония. Изучено влияние условий синтеза на физические свойства, структуру, фазовый состав, параметры кристаллической решётки и морфологию частиц ZrW_2O_8. Показано, что формирование вольфрамата циркония в условиях гидротермального синтеза происходит при разложении кристаллического прекурсора до рентгеноаморфного состояния с последующим зарождением и ростом кристаллов ZrW_2O_8. Получены экспериментальные образцы керамических композитов (Al_2O_3, ZrO_2) – (ZrW_2O_8) с

разным соотношением компонентов. Проведены дилатометрические исследования керамических композитов (Al_2O_3, ZrO_2) – (ZrW_2O_8). Показано, что тепловое расширение матричных компонентов Al_2O_3, ZrO_2 компенсируется тепловым сжатием включений вольфрамата циркония в композиционном материале состава Al_2O_3(20 % ZrO_2)) – 55 вес % ZrW_2O_8 (α=0.2 ±·0,3 10^{-6} C^{-1}). Анализ структурно-фазового состояния композита с размерной инвариантностью позволил сформулировать требования к структурно-фазовому состоянию, технологическим условиям синтеза керамических композитов (Al_2O_3, ZrO_2) – (ZrW_2O_8), обеспечивающим размерную инвариантность. Проведены механические испытания полученных композиционных материалов на сжатие и трёхточечный изгиб, показано, что прочность на сжатие композитов, проявляющих «инварный эффект», превышает 1000 МПа. Проведено численное моделирование влияния структурно-фазового состояния фрикционной пары на триботехнические характеристики. Результаты моделирования на меньших масштабах позволили выявить общность структурных изменений, протекающих в условиях локализованного сдвигового нагружения. В частности, в условиях сдвига для обоих рассмотренных типов кристаллических решеток происходит возникновение многочисленных структурных дефектов, приводящих в дальнейшем к формированию разориентированной блочной структуры. Эксперименты по триботехническим испытаниям показали, что коэффициент трения композитов, проявляющих «инварный эффект», в условиях сухого трениянія превышает 0,5. Индустриальным партнёром ООО «Предприятие «Сенсор» изготовлен экспериментальный образец технологической оснастки для формования керамического элемента запорной арматуры, разработана и изготовленатехнологическая оснастка высокоточной обработки керамических элементов запорной арматуры. Соисполнитель ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН выполнил механические испытания керамических композитов (Al_2O_3, ZrO_2) – (ZrW_2O_8).

Поданы заявки на Патенты РФ «Способ получения наноструктурного порошка вольфрамата циркония» и «Способ получения композита с нулевым коэффициентом термического линейного расширения».