

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 комплекса»,

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

по этапу № 2 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.

2. Основные результаты проекта

Изучено влияния технологических параметров получения композитов, структуры, фазового состава и морфологии частиц исходных дисперсных систем на структурно-фазовое состояние керамических композитов (Al_2O_3, ZrO_2) – (ZrW_2O_8). Обнаружено, что при получении исследуемых композитов (Al_2O_3, ZrO_2) – ZrW_2O_8 формируются метастабильные модификации вольфрамата циркония, которые на сегодняшний день малоизучены. В частности, в процессе спекания под давлением образуются тетрагональный вольфрамат циркония и малоизученная полиморфная модификация ZrW_2O_8 – тригональная. Спекание в

защитной атмосфере обеспечивает формирование тетрагональной сингонии ZrW_2O_8 . Сравнительный анализ влияния технологических параметров получения композитов (Al_2O_3, ZrO_2) – (ZrW_2O_8) с размерной инвариантностью показал, что наиболее предпочтительным способом является спекания в защитной атмосфере. 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 ($\alpha=0.5 \cdot 10^{-6} \text{ C}^{-1}$). 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. Разработан проект технологического регламента получения керамических композитов (Al_2O_3, ZrO_2) – (ZrW_2O_8) с размерной инвариантностью. Проведены маркетинговые исследования. Индустриальным партнёром ООО «Предприятие «Сенсов» изготовлен экспериментальный образец технологической оснастки для формования керамического элемента запорной арматуры.

3. Назначение и область применения результатов проекта

Разработанные при выполнении исследований технологические подходы и инженерные решения получения керамических элементов запорной арматуры с нулевым коэффициентом термического расширения могут быть унифицированы в различных областях техники и ориентированы на использование отечественной сырьевой базы, что явится весомой альтернативой импортируемым керамическим наукоемким изделиям фирм экспортёров CeramTec (США), Morgan (England), Swerea IVF (Sweden).

4. Эффекты от внедрения результатов проекта

Создание по результатам проекта наукоемкой продукции и интеллектуальной собственности (патентов) обеспечит в дальнейшем перспективу коммерциализации, включая оформление лицензионных соглашений с потенциальными заказчиками на технологии производства керамических композиционных материалов и изделий из них. Преимуществами разработанных в рамках ПНИ керамических элементов запорной арматуры с размерной инвариантностью станут: высокая износостойкость; высокая стойкость к термическим воздействиям; высокая механическая прочность, что позволит эксплуатировать их при давлении в трубопроводе 40 МПа; отсутствие эффекта схватывания. По предварительной оценке экономический эффект при замене стальной запорной арматуры на керамическую с размерной инвариантностью только на Тюменском ме-

сторождении составит более 200 млн. руб. Начиная с 2020 г. общая сумма объема реализации товарной продукции, созданной с использованием разработанных в проекте технологий и конструктивных решений, в стоимостном выражении должна составлять не менее 300 млн. руб. в год. Оценочный объем отечественного рынка изделий из керамических элементов запорной арматуры нефтегазового комплекса к 2020 году составит до 100 тысяч единиц изделий или около 450 млн. руб./год.

5. Наличие соисполнителей

ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН выполнил дилатометрические исследования керамических композитов (Al_2O_3 , ZrO_2) – (ZrW_2O_8) с разным соотношением компонентов.