

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»,**
выполняемого в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным
направлениям развития научно-технологического комплекса России
на 2014–2020 годы» по этапу № 5 Соглашения о предоставлении субсидии
№ 14.575.21.0040

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

Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

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.

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 $Al_2O_3(20\% ZrO_2) - 55\% ZrW_2O_8$ ($\alpha = 0.2 \pm 0,3 \cdot 10^{-6} \text{ C}^{-1}$). 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 трения превышает 0,5. Проведено обоснование технологических условий формования керамических элементов запорной арматуры нефтегазового комплекса. Разработан проект технологического регламента формования керамических элементов запорной арматуры нефтегазового комплекса. Изготовлены экспериментальные образцы запорного элемента из керамики с размерной инвариантностью. Обоснована экономическая целесообразность использования разработанных технологических условий формования керамических элементов. Обоснованы режимы высокоточной обработки керамических элементов запорной арматуры. Проведены испытания экспериментального образца запорного элемента, показано, что наработка на отказ составляет не менее 2500 тысяч циклов, структурно-фазовые характеристики керамического композита (Al_2O_3/ZrO_2) – (ZrW_2O_8) сохраняются в интервале температур от – 190 (температура кипения жидкого азота) до 800 °С. Износ экспериментального образца запорного элемента в режиме «открыто-закрыто» 50 000 циклов составил не более 0,04 % (40 мкм). Разработаны рекомендации по использованию результатов ПНИ в реальном секторе экономики. Разработан проект ТЗ на ОТП по теме: «Разработка технологии получения запорных элементов оборудования нефтегазового комплекса из наноструктурной керамики с размерной инвариантностью». Разработано технико-экономическое обоснование разработки запорных элементов оборудования нефтегазового комплекса из наноструктурной керамики с размерной инвариантностью с учетом технологических возможностей и особенностей индустриального партнера.

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).

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 месторождении 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 объём 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.