

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям,
Пермского национального

исследовательского политехнического

университета,

заведующий кафедрой физико-математических наук,

Пермского

Швейкин А.И.

«17» *сентября* 2025 г

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования**

**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертационная работа Пунькаева Вячеслава Викторовича на тему «Получение керамических изделий на основе корунда с заданными характеристиками» выполнена на кафедре «Химические технологии» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

В период подготовки диссертации соискатель Пунькаев Вячеслав Викторович работал в Федеральном государственном автономном общеобразовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» в должности младшего научного сотрудника кафедры «Химические технологии».

В 2018 году Пунькаев В.В. окончил федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» с присвоением степени магистра по направлению «Химическая технология». В 2024 году окончил аспирантуру очной формы обучения федерального государственного автономного общеобразовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению 18.06.01 «Химическая технология» (период обучения 01.10.2020-30.09.2024).

Научный руководитель – кандидат химических наук, доцент Углев Николай Павлович, работает доцентом кафедры «Химические технологии» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертационной работе, заключается в следующем: автором работы выполнен литературный обзор, проведены экспериментальные исследования, обработаны полученные экспериментальные данные, сформулированы основные выводы, подготовлены тексты публикаций по выполненной работе и основные положения диссертации.

Выполненная автором работа позволила:

- Подобрать органическое связующее для аддитивных технологий, позволяющее использовать на стадии вторичной пропитки широко применяемые водно-коллоидные связующие.
- Разработать технологию создания легкоудаляемых закладных элементов для литья по выплавляемым моделям
- Предложить метод повышения чувствительности термокаталитического керамического газового датчика путем нанесения слоя керамической теплоизоляции
- Усовершенствовать технологию снижения глубины α -слоя за счет оптимизации параметров алюмозоля при литье титановых сплавов

2. Степень достоверности результатов обеспечивается глубоким анализом литературных источников, применением стандартизированного высокоточного оборудования и использованием методов статистической обработки данных. Представленные экспериментальные данные адекватны и сопоставимы с работами других исследователей.

3. Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Впервые установлено значительное влияние состава первичного связующего, а также состава и условий пропитки керамики вторичным связующим, на механическую прочность корундовой керамики; показано, что прочность керамики увеличивается в 14 раз при увеличении содержания кремнезоля в связующем на 10%;
2. Экспериментально доказано, что проникновение мицелл кремнезоля в поры керамики определяется, в основном, адвекцией (механическим движением) коллоидного раствора, при этом смещение мицелл за счёт броуновского движения на два порядка меньше, чем продвижение за счёт адвекции. Это открывает возможность управления прочностью корундовой керамики путем регулирования адвекции вторичного связующего;
3. Впервые выявлена значительная неравномерность распределения кремния по глубине продвижения фронта дисперсной фазы связующего в порах керамики. Показано, что при пропитке керамики, выполненной из корунда марок F1000 и F280, концентрация кремния на каждые 10 мм падает на порядок при продвижении кремнезоля с исходной массовой концентрацией кремния 30%.
4. Экспериментально установлено, что нанесение дополнительного слоя керамической теплоизоляции на керамический пеллистор газового датчика повышает его чувствительность; данный эффект подтвержден с помощью

разработанной математической модели процесса окисления газа на активном пеллистоле термokatалитического датчика.

4. Теоретическая и практическая значимость работы:

1. Доказана возможность изготовления изделий из корундовой керамики с заданными физико-механическими характеристиками путем двухстадийной технологии изготовления, заключающейся в раздельной пропитке изделия связующими компонентами;
2. Разработан состав первичного органического связующего на основе фенолформальдегидной смолы с растворителем – этиловым спиртом для изготовления керамических трехмерных изделий по аддитивной технологии, обеспечивающего возможность повторной пропитки с целью получения изделий с заданными свойствами. На изобретение получен патент РФ № 2773973;
3. Предложена методика измерения механической прочности керамического изделия в отдельных точках путем определения глубины проникновения калиброванной иглы под воздействием определённого усилия внутрь керамического изделия (метод пенетрации);
4. Предложена технология создания керамических закладных элементов, применяемых для образования полостей в отливках в процессе литья по выплавляемым моделям, обеспечивающая быстрое удаление керамики из готовой детали. На изобретение получен патент РФ № 2792102;
5. На основе математической модели предложен метод повышения чувствительности термокatalитического керамического газового датчика путем нанесения слоя керамической теплоизоляции;
6. Показано, что глубина α -слоя в титановых отливках уменьшается практически в 2 раза при увеличении размера частиц пропитывающей суспензии от 140 до 160 нм при изготовлении керамических литейных форм. Проведены испытания способа снижения глубины образующегося « α -слоя» при литье титановых сплавов на предприятии АО «Протон-ПМ». Испытания показали снижение глубины « α -слоя» на отливках на 61%. На изобретение получен патент РФ №2775770.

5. Полнота изложения материалов диссертационной работы соискателем в научных изданиях:

По теме диссертационной работы опубликовано 10 печатных работ, из них 3 статьи опубликованы в издании, входящем в международную базу цитирования Web of science. Получены 3 патента Российской Федерации. Основные результаты исследований обсуждались на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Химия. Экология. Урбанистика» 2021, 2022 гг., Пермь; XXIV Всероссийской научно-технической конференции "Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации" 2023 г, Пермь; I-ой Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Передовые инженерные школы: материалы, технологии, конструкции» 2023 г., Пермь.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Пойлов В.З. Разработка органического связующего для керамических изделий, получаемых методом аддитивной технологии / Пойлов В.З., Пунькаев В.В., Калугина К.Е., Черепанова М.В., Углев Н.П. // Стекло и керамика. – 2020. - №7. – с. 3-7 (Web of Science).

2. Пунькаев В.В. Исследование однородности состава керамического изделия при пропитке связующим / Пунькаев В.В., Углев Н.П. // Стекло и керамика. – 2022. - №4. – с. 39-44 (Web of Science).

3. Пунькаев В.В. Разработка способа изготовления легкоудаляемых керамических стержней для литья по выплавляемым моделям / Пунькаев В.В., Юкеева А.А., Углев Н.П. // Стекло и керамика. 2023. - №12. – с. 25-30 (Web of Science).

Патенты:

1. Пат. 2773973 РФ, С1 МПК В22С 1/20, В33У 70/00. Органическое связующее для изготовления керамических трехмерных изделий по аддитивной технологии / Н.П. Углев, В.З. Пойлов, **В.В. Пунькаев** // заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». – № 2021135942; заявл. 07.12.2021; опубл. 14.06.2022. Бюл.№17.

2. Патент 2792102 РФ, С1 МПК В22С 9/10. Способ изготовления легкоудаляемых керамических стержней, используемых для создания внутренних полостей в металлических отливках при литье по выплавляемым моделям / Н.П. Углев, **В.В. Пунькаев** // заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». – № 2022133859; заявл. 22.12.2022; опубл. 16.03.2023. Бюл.№8.

3. Патент 2775770 РФ, С1 МПК В22С 9/04. Способ нанесения покрытия на литейные керамические формы для литья титановых сплавов / Н.П. Углев, В.З. Пойлов, Д.В. Саулин, В.В. Пунькаев, Т.Н. Компанец, Р.А. Каримов // заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». – № 2021139591; заявл. 29.12.2021; опубл. 08.07.2022. Бюл.№19.

Прочие публикации:

1. **В.В. Пунькаев**. Исследование скорости пропитки мелкодисперсных порошков водными связующими / **В.В. Пунькаев**, К.Е. Калугина, М.В. Черепанова, Н.П. Углев // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием Химия. Экология. Урбанистика. Т 2 – Пермь, 2019. – с 370-373.

2. В.З. Пойлов. Связующие для аддитивных технологий / В.З. Пойлов, М.В. Черепанова, К.Е. Калугина, **В.В. Пунькаев** // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием Химия. Экология. Урбанистика. Т 4 – Пермь, 2020. – с 136-139.

3. **Пунькаев, В.В.** Разработка составов алюмоциркониевой керамики для стержней, используемых для прецизионного литья сплавов авиационного назначения / **В.В. Пунькаев**, Н.П. Углев // Химия. Экология. Урбанистика: материалы всероссийской научно-практической

конференции с международным участием. — Пермь. — 2021. — т. 4. — с 138-140.

4. **Пунькаев В.В.** Увеличение чувствительности термokatалитических датчиков углеводородных газов за счет повышения адиабатности процесса горения / Пунькаев В.В., Углев Н.П. // Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. — 2022. - №1. — с. 24-35.
5. А.А. Юксеева. Разработка технологии регулирования прочности керамических стержней для лопаток ГТД / А.А. Юксеева, **В.В. Пунькаев**, Н.П. Углев // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием Химия. Экология. Урбанистика. Т 4 — Пермь, 2022. — с 92-95.
6. В.В. Пунькаев, Н.П. Углев. Разработка способа изготовления легкоудаляемых керамических стержней: Тез.докл. XXIV Всероссийской научно-техническую конференции "Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации". — Пермь: Издательство ПНИПУ, 2023. — с. 191-192.
7. Н.П. Углев. Разработка способа снижения величины альфа-слоя на отливках при литье титановых сплавов / Н.П. Углев, **В.В. Пунькаев**. // Материалы I Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Передовые инженерные школы: материалы, технологии, конструкции» — Пермь, 2024. — с 321-322.

В тексте диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах по теме диссертации.

6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите.

Содержание диссертационной работы соискателя Пунькаева Вячеслава Викторовича «Получение керамических изделий на основе корунда с заданными физико-механическими свойствами» соответствует паспорту научной специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ, пунктам:

п.8. Разработка теоретических основ и установление общих закономерностей проектирования и технологий изготовления неорганических материалов.

п.9. Разработка оптимальных структур и конструкций, а также инновационных технологий изготовления материалов с заданными потребительскими и технико-экономическими показателями для обеспечения снижения затрат на организацию их производства и повышение качества продукции.

7. Соответствие п. 14 Положения о присуждении ученых степеней

Соискатель корректно ссылается в тексте диссертации на авторов и (или) источники заимствования материалов, в том числе при использовании результатов научных работ, опубликованных им лично или в соавторстве.

Диссертационная работа Пунькаева Вячеслава Викторовича «Получение керамических изделий на основе корунда с заданными

физико-механическими свойствами» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ.

Заключение принято на заседании кафедры «Химические технологии» ФГАОУ ВО «Пермского национального исследовательского политехнического университета».

Присутствовало на заседании 21 чел. Результаты голосования: «за» - 21 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 7 от «13» февраля 2025 г.

/ Заведующий кафедрой
«Химические технологии»
ФГАОУ ВО «ПНИПУ»
доктор технических наук, профессор

_____ ✓

_____/Рябов В.Г./

Секретарь кафедры
«Химические технологии»
ФГАОУ ВО «ПНИПУ»

_____/Кузина Е.О./