

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

АО «Композит»

д-р. техн. наук



А.Г. Береснев

2024

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научно-технического совета акционерного общества «Композит»

о диссертационной работе Князева К.А. на тему:

«Технологические основы формирования карбонитридокремниевых волокон», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 – Технология неорганических веществ.

В период подготовки диссертации Князев Кирилл Андреевич работал в акционерном обществе «Композит» в должности начальника группы.

К.А. Князев в 2015 году окончил Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева по специальности «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов» с присвоением квалификации инженера.

В 2022 году окончил очную аспирантуру ГБОУ «Технологического университета имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова» по специальности 15.06.01 – Машиностроение, сдал кандидатские экзамены по дисциплинам «история и философия науки», «иностранный язык», и предмет по специальности 2.6.7 – «технология неорганических веществ» на «отлично».

Представленная диссертационная работа Князева К.А.. посвящена решению ряда актуальных задач, связанных с разработкой технологических

основ изготовления керамических карбонитридокремниевых волокон для их применения в новых конструкционных материалах, выполнена на высоком научно-техническом уровне, обобщает опыт предприятия по данному направлению и отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Материалы диссертации доложены и обсуждены на заседании Научно-технического совета акционерного общества «Композит».

Выписка: из протокола № 10/1 заседания научно-технического совета АО «Композит» от 14 октября 2024 года.

Присутствовали: 17 членов научно-технического совета.

Заслушали: доклад Князева К.А. о диссертационной работе на тему «Технологические основы формирования карбонитридокремниевых волокон», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 – Технология неорганических веществ.

В ходе обсуждения диссертанту были заданы следующие вопросы:

Дворецкий А.Э. (к.ф.–м.н., Первый заместитель генерального директора):

В чем преимущества разработанных карбонитридокремниевых волокон по сравнению с известными карбидокремниевыми?

Логачёва А.И. (д.т.н., начальник отделения металлических материалов и металлургических технологий):

Исследовалась ли температура работоспособности полученных SiCN-волокон в окислительной среде? Какие результаты?

Тимофеев И.А. (к.т.н., заместитель генерального директора):

На каком уровне находятся разработанные SiCN-волокна относительно мировых аналогов? Существует ли промышленное производство данных волокон за рубежом?

Богачёв Е.А. (к.т.н., начальник отделения керамоматричных композитов и окислительностойких покрытий):

В результате каких процессов в керамических волокнах присутствует кислород? Какие существуют пути его снижения?

Ленковец А.С. (к.т.н., начальник отделения металлических композиционных материалов и спецпокрытий):

Есть ли необходимость в нанесении интерфазного покрытия на данные волокна перед формированием металлической матрицы? Каковы прогнозные свойства материала на основе разработанных SiCN-волокон и титановой матрицы?

На поставленные вопросы диссертант дал четкие обосновывающие ответы.

На заседании НТС выступил научный руководитель работы – доктор технических наук, заместитель генерального директора по научной работе АО «Композит» А.Н. Тимофеев.

В обсуждении приняли участие:

- кандидат технических наук, начальник отдела керамоматричных композиционных материалов П.А. Тимофеев;
- кандидат технических наук, начальник отделения металлических композиционных материалов и спецпокрытий А.С. Ленковец;
- кандидат технических наук, начальник отделения керамоматричных композитов и окислительностойких покрытий Е.А. Богачёв;
- доктор технических наук, начальник отделения металлических материалов и металлургических технологий А.И. Логачёва;
- кандидат технических наук, заместитель генерального директора И.А. Тимофеев;
- доктор технических наук, заместитель генерального директора по научной работе А.Н. Тимофеев;
- кандидат физико-математических наук, Первый заместитель генерального директора А.Э. Дворецкий.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Актуальность работы

Растущие требования к эксплуатационным характеристикам изделий энергетического машиностроения приводят к потребности создания новых материалов, обладающих высокими механическими свойствами и работоспособных в условиях высоких температур и окислительных сред.

Особый интерес представляют металломатричные композиционные материалы (МКМ), состоящие из металлических матриц и неметаллических высокотемпературных керамических волокон. Изготовление из них различных деталей и узлов для высокоскоростных транспортных средств, корпусных элементов различных двигательных установок, термоядерных реакторов, позволит обеспечить современные требования к условиям их эксплуатации.

Основная сложность разработки подобных материалов заключается в соблюдении баланса между механическими характеристиками и плотностью. Анализ изменения предела прочности от температуры титановых сплавов показал, что прочность при комнатной температуре чистого титана марки ВТ1-0 и легированного ВТЗ-1 отличается более чем в два раза, но при 800 °С прочность практически одинакова для большинства титановых сплавов. В этой связи применение титановых сплавов ограничено температурой 0,5-0,6 от температуры плавления.

Аналогичная ситуация обстоит с алюминиевыми сплавами, у которых температура эксплуатации не превышает 300 °С, за исключением спеченной алюминиевой пудры (САП). Однако у САП есть другой недостаток – это высокая хрупкость и низкое значение трещиностойкости, что ограничивает ее применение. Таким образом, рабочая температура алюминиевых сплавов, также ограничивается 0,5-0,6 от температуры плавления.

В этой связи повышение прочности алюминиевых и титановых сплавов, в том числе при повышенных рабочих температурах является одним из наиболее актуальных и перспективных направлений на сегодняшний день.

Специалисты Великобритании (фирма TISICS) для повышения рабочих температур алюминиевых и титановых сплавов используют упрочнение непрерывными волокнами карбида кремния.

В качестве альтернативы SiC-волокнам из-за их высокой стоимости рассматриваются другие керамические волокна, в том числе карбонитридокремниевые (SiCN). Эти волокна, аналогично SiC-волокнам, проявляют стойкость к окислению до 1400 °С, обладают высокими физико-механическими свойствами, термостойкостью и достаточной для текстильной переработки гибкостью. Помимо этого, их производство предполагает снижение затрат по сравнению с SiC-волокнами благодаря относительно недорогим прекурсорам, и щадящим режимам их синтеза. Внедрение карбонитридокремниевых волокон в конструкции из металломатричных композиционных материалов позволит повысить температуру их эксплуатации на 20 %, с уменьшением массы на 30-40 %.

2. Научная новизна работы

В работе К.А. Князева содержатся следующие новые научные результаты:

- Впервые на основе анализа результатов математического моделирования определены условия структурообразования волокна из расплава полисилазана, воспроизводимые в реальном эксперименте.
- Впервые получены образцы высокопрочных керамических SiCN-волокон и определены зависимости влияния параметров процесса получения на их свойства.
- Установлена математическая зависимость прочности керамических SiCN-волокон от основных параметров процесса их получения.
- Впервые разработаны технологические основы производства SiCN-волокон.

3. Практическая значимость работы

- Создана опытная установка расплавного формования полимерных волокон.

- Разработан технологический процесс изготовления керамических SiCN-волокон (ТП № 932.02100.09525) в АО «Композит».
- Разработаны технические условия на волокно SiCN марки «KB-1» (ТУ № 20.6013-815-56897835) в АО «Композит».
- SiCN-волокна внедрены в производство новых материалов АО «Композит» (акт внедрения № 02421-24/14-2 от 01.02.2024 г).

4. Достоверность результатов

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается использованием современного оборудования и аттестованных методик исследований, применением известных математических методов обработки результатов, значительным количеством экспериментальных данных, использованием современных методов исследования, согласованием результатов теоретических исследований с полученными экспериментальными данными, выполненными в АО «Композит».

5. Личный вклад соискателя состоит:

- в проведении исследований по входному контролю волокнообразующего полисилазана;
- в разработке методики степени отверждения прекурсора и полимерного волокна;
- в разработке и изготовлении лабораторной и опытной установок расплавного формования полимерных волокон;
- в разработке режимов и изготовлении образцов полимерных волокон из расплава;
- в разработке режимов окислительного и электронного отверждения полимерных волокон;
- в разработке режимов высокотемпературной обработки и получении образцов керамических SiCN-волокон;
- в исследованиях полученных образцов SiCN-волокон;

- в выводе математической зависимости прочности SiCN-волокон от основных технологических параметров;
- в разработке рекомендаций по диапазонам технологических режимов изготовления SiCN-волокон;
- в формулировке выводов диссертации, в написании публикаций по теме диссертации, в выступлениях на конференциях.

Обсуждение и интерпретация полученных результатов проводилась совместно с научным руководителем и соавторами публикаций.

6. О возможности опубликования диссертации и автореферата диссертации

Экспертной комиссией в составе Постоянно действующей технической комиссии (ПДТК) АО «Композит» рассмотрены представленные К.А. Князевым материалы автореферата и диссертации. Установлено, что сведения, содержащиеся в рассматриваемых материалах диссертации не попадают под действие Перечней сведений, составляющих государственную тайну и подлежащих засекречиванию, не попадают под действие Перечней сведений подлежащих к отнесению к служебной тайне, а также Перечня сведений конфиденциального характера и могут быть открыто опубликованы. Выпущено соответствующее Экспертное заключение № 12-72/24 от 08.10.2024:

- о возможности открытого опубликования диссертации на тему «Технологические основы формирования карбонитридокремниевых волокон» для защиты в диссертационный совет по специальности 2.6.7 «Технология неорганических веществ».

7. Основные научные результаты диссертации опубликованы в нижеперечисленных научных работах:

Статьи:

1. Князев, К.А. Исследование зависимости прочности высокотемпературных керамических SiCN волокон от технологических параметров их производства / К.А. Князев // Химическая промышленность сегодня. – 2024. – № 1 (74). – С. 61-66.

2. Исследование жаропрочных свойств высокотемпературных керамических SiCN волокон для их применения в металломатричных композиционных материалах / К.А. Князев, П.А. Стороженко, А.Н. Тимофеев [и др.] // Неорганические материалы. – 2024. – № 1. – С. 72-81.

3. Князев, К.А. Исследование зависимости влияния технологических параметров на прочность керамических карбонитридокремниевых волокон / К.А. Князев // Информационно-технологический вестник. – 2022. – № 1 (31). – С. 182-188.

4. Определение технологических параметров, влияющих на качество керамических карбонитридокремниевых волокон на основе прекурсоров отечественного производства / К.А. Князев, П.А. Тимофеев, А.Н. Тимофеев, О.Г. Рыжова // Технология машиностроения. – 2021. – № 11 (233). – С. 5-12.

Патенты:

5. Патент 2767238 РФ, МПК C04B 35/571. Способ получения предкерамических волокнообразующих олигоорганосилазанов : № 2021107603 : заявл. 23.03.2021; опубл. 17.03.2022 / Рыжова О.Г., Стороженко П.А., Тимофеев П.А., Герасимов К.Н., Куришев А.О., Князев К.А.; заявитель, патнтообладатель АО «ГНИИХТЭОС». – 12 с.

Тезисы докладов:

6. Опыт производства бескерновой текстильно-перерабатываемой SiC –нити в АО «Композит» / К.А. Князев, А.Н. Тимофеев, П.А. Тимофеев, Д.В. Цыцаркина // Авиация и космонавтика: тезисы 21ой международной конференции, Москва, 21-25 ноября 2022 года / Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). – Москва: Издательство «Перо», 2022. – С. 458-459.

7. Князев, К.А. Разработка технологических основ изготовления керамических карбонитридокремниевых волокон на базе отечественного производства для создания нового поколения композиционных материалов / К.А. Князев, П.А. Тимофеев, А.Н. Тимофеев // 19-я Международная

конференция «Авиация и космонавтика»: Тезисы 19-ой Международной конференции, Москва, 23-27 ноября 2020 года. – Москва: Издательство «Перо», 2020. – С. 673-674.

8. Князев, К.А. PDC-метод получения неоксидных керамических волокон. Требования к прекурсорам как лимитирующий фактор получения полимерных волокон / К.А. Князев // Инновационные аспекты социально-экономического развития региона: сборник статей по материалам участников X Ежегодной научной конференции аспирантов «МГОТУ» (научоград Королев, 14 мая 2020). – Москва: Издательство «Научный консультант», 2020. – С. 108-116.

9. Керамообразующие полисилазаны для тугоплавких керамических матриц, волокнообразующих составов и покрытий / О.Г. Рыжова, П.А. Стороженко, К.Н. Герасимов, П.А. Тимофеев, С.В. Жукова, К.А. Князев, Д.Р. Гумеров, А.О. Куришев // IV Всероссийская научно-техническая конференция «Высокотемпературные керамические композиционные материалы и защитные покрытия»: материалы конференции / ФГУП «ВИАМ». – Москва: ВИАМ. – 2020. – С. 42-65.

10. Князев, К.А. Изготовление керамических карбонитридокремниевых волокон на основе отечественного сырья / К.А. Князев, П.А. Тимофеев // VIII международная конференция с элементами научной школы для молодежи «Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества», Суздаль, 05-09 октября 2020 года / Москва: Издательство ИМЕТ РАН, 2020. – С. 172-174.

11. Князев, К.А. Анализ мирового опыта получения керамических SiCN волокон / К.А. Князев // Инновационные аспекты социально-экономического развития региона: сборник статей по материалам участников IX Ежегодной научной конференции аспирантов «МГОТУ» (научоград Королев, 15 мая 2019). – Москва: Издательство «Научный консультант», 2019. – С. 255-268.

8. Апробация работы

Основные положения диссертационной работы обсуждались на: Всероссийской научно-технической конференции «Современные достижения и тенденции развития в области теплозащитных, керамических и металлических композиционных материалов» (ФГУП ВИАМ, 2019), IX и X ежегодных научных конференциях аспирантов МГОТУ «Инновационные аспекты социально-экономического развития региона» (Королев, 2019, 2020), 19-й международной конференции «Авиация и космонавтика» (Москва, 2020), VII международной конференции с элементами научной школы для молодежи «Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества» (Суздаль, 2020).

Научно-технический Совет предприятия АО "Композит" считает, что диссертационная работа Князева К.А. является завершенной научной работой, посвященной решению ряда актуальных научно-практических задач и проблем. Результаты данной работы позволяют приступить к организации опытно-промышленного производства SiCN-волокон с низким содержанием кислорода и физико-механическими свойствами, пригодными для текстильной переработки в конструкции сложной геометрии с температурой работоспособности в окислительной среде до 1200 °С.

По итогам заседания Научно-технического совета акционерного общества принято следующее заключение:

1. Сведения, содержащиеся в рассматриваемых материалах диссертации Князева К.А. на тему «Технологические основы формирования карбонитридокремниевых волокон», не попадают под действие Перечней сведений, составляющих государственную тайну и подлежащих засекречиванию, не попадают под действие Перечней сведений подлежащих к отнесению к служебной тайне, а также Перечня сведений конфиденциального характера и могут быть открыто опубликованы.

2. Считать диссертационную работу Князева К.А. на тему «Технологические основы формирования карбонитридокремниевых волокон»

отвечающей настоящим требованиям п.9 Положения ВАК о присуждении учёных степеней, предъявляемых к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук.

3. Рекомендовать диссертационную работу Князева К.А. на тему «Технологические основы формирования карбонитридокремниевых волокон» к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 – «Технология неорганических веществ» на Диссертационном совете 74.1.001.01 при ГНЦ РФ АО «ГНИИХТЭОС».

Результаты голосования членов Научно-технического совета:

«За» – 17 человек, «против» - 0 человек, воздержалось – 0 человек.

Протокол № 10/1 от 14 октября 2024 года.

Ученый секретарь
Научно-технического совета АО «Композит»



Старцев В.А.